



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**Tesis monográfica para optar al título de  
Ingeniero Agroindustrial**

**Evaluación de tres métodos de conservación del plátano  
mediante: escaldado, inmersión en salmuera y la combinación  
de ambos métodos, para la producción de tostones pre-fritos a  
escala de laboratorio”**

**AUTORES**

Br.	Katherine Alicia Huete Gutiérrez	<b>N de Carne:</b> 2011-38360
Br.	Aristides José Montoya Díaz	<b>N de Carne:</b> 2009-30700
Br.	Neydi Alina Rodríguez Rodríguez	<b>N de Carne:</b> 2008-21189

**TUTOR**

Ing. Mariliana Videa Bustillo

**ASESOR**

Ing. María Elena Ramírez Chavarría

**Estelí, 09 mayo de 2019**





## **Resumen Ejecutivo**

El estudio realizado se basó en la evaluación de tres métodos de conservación de plátano; siendo estos: salmuera utilizando una solución de 1,000ml de agua a 5% g de sal siendo 50g por cada 1,000ml de agua, otro método evaluado fue escaldado sumergiendo en agua a 75°C durante 60, 75 y 90 segundos, al evaluar estos métodos se procedió a establecer si al combinar ambos (método combinado) mantenían las características de las muestras.

Antes de realizados el proceso de evaluación de los tres métodos, la muestra de plátano fue caracterizada donde se realizaron análisis fisicoquímicos; logrando determinar el contenido de almidón presente mediante la prueba de yodo indicando que las muestras evaluadas presentaron una coloración azul negro indicando contenido de almidón por su estado inmaduro, en lo que respecta al porcentaje de acidez este contenía en promedio entre 0.03% hasta 0.04% de ácido málico en las muestras analizadas lo que evidencia que estas no estaban maduros ya que su índice de maduración se encontraban en un promedio de 21.70, el pH reportado en las muestras fue de 5.63 en promedio y solidos solubles totales de 0.70 lo cual indica que la materia prima esta verde por sus baja concentración de azúcar y un potencial de hidrogeno alto por el incremento del ácido málico.

En la caracterización física de la materia prima se evaluó la textura, color, olor y sabor ensayando con diferentes diámetros de preforma los cuales fueron 2.7mm, 3mm y 2.3mm; llegando a determinar que el grosor de la preforma 2.3mm fue el más adecuado para conseguir un tostón de tamaño uniforme estableciendo las especificaciones grosor del tostón 1cm y diámetro 5cm.

Durante el desarrollo de la investigación y determinación del método de conservación más adecuado, se logró establecer que el tiempo óptimo de permanencia en la salmuera al 5% fue de media hora ya que las preformas (2.3 mm de grosor) eran más aceptables porque contenían menos concentración de sal y por lo tanto, sabor agradable al paladar en relación a las otras que estuvieron durante la experimentación además este presento mejor color y textura. En lo que respecta al método de escaldado se estableció que las preformas de 1 minuto (60 segundos)

de escaldado a 95°C, es la que mostraba una buena coloración y un sabor agradable.

Al establecer estas condiciones se planteó hacer uno en el que se incorpore tanto el método en salmuera como el de escaldado y así evaluar las características de las preformas al combinar los métodos. Para su análisis se tomaron en cuenta el tiempo de salmuera y escaldado que presentaron los mejores resultados. Para realizar este procedimiento se evaluaron tres métodos: media hora de salmuera – un minuto de escaldado, escaldado por un minuto- salmuera por media hora y un minuto de escaldado en salmuera; estableciendo que el tercer método (combinado) el que presenta las mejores características de los tostones, ya que se evidencia un color amarillo intenso, buen sabor y textura.

Una vez determinado que el método combinado es el más adecuado para la conservación de las preformas se procedió a establecer que el tiempo de cocción de 8 minutos a una temperatura de 180°C son las que presentaban color, textura, olor y sabor aceptables al paladar de los investigadores.

En lo que respecta al almacenamiento de las muestras estas se empacaron al vacío y se sometieron a refrigeración (temperatura de congelación 16°C) durante dos semanas lo que evidencia que el producto no presentaban variabilidad en cuanto a sus características organolépticas durante el almacenamiento.

Una vez evaluados estos factores se realizó un análisis sensorial con la finalidad de determinar la percepción que tiene el producto ya elaborado a un público seleccionado al azar logrando establecer que los tostones pre congelados tuvieron buena aceptación ya que no vieron ninguna diferencia en la color, sabor y textura en relación a la muestra testigo (preforma que solamente se sofrió). Otro aspecto que se tomó en cuenta en la encuesta realizada fue si el panelistas estaría dispuesto a comprar los tostones pre fritos logrando establecer que el 84% estarían dispuestos a comprarlo.

El presupuesto parcial realizado logro establecer que se tuvo un gasto de C\$ 217.43 para la realización del estudio experimental los cuales fueron costos fijos en la

compra de la materia prima e insumos y variables en el gasto de agua y energía consumidas.

## Índice de contenido

I. INTRODUCCION .....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. OBJETIVOS .....	4
3.1. Objetivo general .....	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
IV. JUSTIFICACION .....	5
V. MARCO TEORICO .....	6
5.1. Caracterización de la materia prima.....	6
5.1.1. El plátano (musa paradisiaca) .....	6
5.1.2. Descripción de la materia prima .....	6
5.1.3. Producción de plátano .....	7
5.1.4. Uso del plátano.....	7
5.1.5. Información nutricional.....	8
5.1.6. Composición química del plátano .....	8
5.2. Métodos de conservación del plátano .....	9
5.2.1. Método de escaldado .....	9
5.2.2. Método de salmuera .....	10
5.2.3. Proceso de elaboración de tostones pre fritos.....	10
5.2.4. Diagrama de flujo.....	11
5.2.5. Equipo requerido para la producción de tostones pre-fritos congelados	12
5.3. Pruebas sensoriales.....	13
5.3.1. Tipos de pruebas sensoriales .....	13
5.3.2. Escalas de medición.....	14

5.3.3.	Análisis estadístico .....	14
5.3.4.	Presupuestos parciales.....	15
5.3.4.1.	Elementos del presupuesto parcial .....	15
VI.	HIPÓTESIS .....	17
VII.	METODOLOGÍA.....	18
7.1.	Ubicación del estudio .....	18
7.2.	Tipo de investigación.....	18
7.3.	Actividades por objetivos específicos.....	19
7.4.	Análisis y procesamiento de la información .....	24
VIII.	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	25
8.1.	Características químicas del plátano.....	25
8.1.1.	Determinación del contenido de almidón.....	25
8.1.2.	Determinación del contenido de acidez .....	26
8.1.3.	Determinación del índice de madurez (IM) .....	28
8.1.4.	Medición de pH.....	30
8.1.5.	Medición de sólidos solubles totales (°BRIX) .....	31
8.2.	Características físicas del plátano.....	33
8.3.	Métodos de conservación aplicados .....	33
8.3.1.	Preparación de la salmuera .....	33
8.3.2.	Procedimiento de escaldado .....	35
8.3.3.	Métodos combinados.....	35
8.3.4.	Tiempo de cocción.....	36
8.3.5.	Método de congelación y vida útil.....	37
8.3.6.	Punto de humeo .....	38
8.4.	Análisis sensorial .....	39



8.5. Cálculos de rendimiento de los tostones.....	43
8.5.1. Balance de materiales .....	44
8.5.2. Balance de energía.....	45
8.6. Presupuesto parcial.....	47
IX. CONCLUSIONES.....	49
X. RECOMENDACIONES.....	51
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	52
XII. ANEXOS .....	56

## Índice de ilustración

Ilustración 1: Diagrama de flujo .....	12
Ilustración 2. Ubicación del estudio .....	18
Ilustración 3: Muestras para pruebas de yodo (almidón).....	26
Ilustración 4: Pruebas de contenido de acidez .....	26
Ilustración 5. % de acidez en las muestras .....	28
Ilustración 6: Medición de pH .....	31
Ilustración 7: Medición de solido soluble °Brix .....	32
Ilustración 8: Grosor del Tostón .....	33
Ilustración 9: Muestras en salmuera a 5% .....	34
Ilustración 10: Muestras de escaldado .....	35
Ilustración 11: Muestras de los 3 métodos a evaluar .....	36
Ilustración 12: Pre forma pre fritas .....	37
Ilustración 13: Pre frito de las preformas .....	37
Ilustración 14: Muestras congeladas .....	38
Ilustración 15: Punto de humeo.....	39
Ilustración 18. Balance de materiales del tercer sistema .....	45

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1. % de acidez en las muestras .....	19
Ecuación 2. Índice de madurez .....	20

## Índice de tablas

Tabla 1. Especificaciones para aceite de fritura .....	21
Tabla 2. Gastos de hidróxido de sodio en las muestras .....	27
Tabla 3. Peso molecular y mili equivalente del ácido málico.....	27
Tabla 4: Tabla de prueba T del color.....	41
Tabla 5: Tabla de prueba T del sabor .....	41
Tabla 6: Tabla de prueba T de la textura .....	41
Tabla 7: Resumen de resultados.....	42
Tabla 8. Presupuesto parcial en la compra de materia prima e insumos .....	47

Tabla 9. Ponderado del test por atributo de color.....	57
Tabla 10. Ponderado del test por atributo de sabor .....	58
Tabla 11. Ponderado del test por atributo de textura .....	58
Tabla 12. Consolidado de las características físico químicas en las muestras de plátanos.....	58
Tabla 13. Porcentaje de rendimiento del plátano .....	58
Tabla 14. Características físicas de las muestras .....	58
Tabla 15. Ponderado de las muestras sensoriales del tiempo de las frituras.....	59
Tabla 16. Carta tecnológica del proceso de elaboracion de los tostones pre fritos	59

### **Índice de gráficos**

Grafico 1. Índice de madurez en las muestras .....	29
Grafico 2. Potencial de Hidrogeno en las muestra .....	30
Grafico 3. Solidos Solubles Totales en las muestras .....	32
Grafico 4. Gráfico de barra de intervalos de confianza de las muestras .....	40
Grafico 5. Decisión de compra del producto .....	43

## **I. INTRODUCCION**

La siembra de plátano (y de las musáceas en general) data del arribo al Caribe y Latinoamérica con la llegada de los españoles, cuando se relata su entrada desde las Islas Canarias. Fue cultivado con éxito tanto durante la colonia como hasta nuestros días, su consumo es parte de la dieta diaria; así como de la cultura culinaria de todos los nicaragüenses.

El plátano es un producto básico en la alimentación de los países en vías de desarrollo, la producción del plátano genera ingresos de corto plazo al productor, y empleos permanentes en las actividades de manejo de la plantación. Junto con raíces y tubérculos aporta el 40% del total de la oferta alimenticia en términos de calorías a nivel mundial, después del arroz, el trigo y maíz

La producción platanera en Nicaragua se centra en el pacífico en donde se cultivan variedades como cuerno enano y cuerno gigante. Los departamentos de León y Chinandega aportan el 3% de la producción nacional del plátano, en donde se cultiva cuerno enano (en mayor proporción) y cuerno gigante (en menor proporción). (Lopez & Ochoa, 2014).

La investigación fue del tipo experimental, descriptivo, cualitativo y cuantitativo con la finalidad de evaluar y determinar cuál de los tres métodos mantiene las características organolépticas de los tostones pre-fritos.

El siguiente documento detalla la metodología que se aplicó para el desarrollo de la investigación estableciendo los parámetros de operación del proceso experimental que conllevó el desarrollo de una alternativa de consumo para darle valor agregado a esta materia prima que solamente tienen una transformación primaria, con la finalidad fue obtener resultados de la valoración al aplicar tres métodos de conservación del plátano, los cuales fueron escaldado, inmersión en salmuera y la combinación de ambos métodos para la elaboración de tostones pre-fritos a escala de laboratorio, logrando obtener un producto final de calidad.

## II. ANTECEDENTES

A través de los años el plátano se ha convertido en un alimento básico en todas las zonas agrícolas del país y últimamente ha cobrado relevante importancia como un cultivo económicamente rentable, tanto para satisfacer el mercado interno como para exportación. La producción platanera en Nicaragua está, en su gran mayoría, en manos de pequeños productores que se han inclinado por su cultivo debido a las ventajas comparativas que ofrece, ya que ecológicamente se adapta a amplias zonas donde produce buenas cosechas que aseguran ingresos constantes y empleos en la zona rural.

Se encontraron algunos estudios de la producción y exportación de subproductos del plátano, en Honduras la Universidad Zamorano realizó un Estudio de Factibilidad para la producción y exportación de tostones desde Rivas, Nicaragua hacia el mercado de Miami, EE.UU. en el año 2009. En la investigación, se concluyó que la materia prima está disponible durante todo el año debido a que la ciudad (Rivas) se encuentra en un clúster de producción de plátano, lo que abarata los costos por compra de insumos, produciendo una reducción considerable del costo unitario del producto. El producto se vendería congelado en bolsas de 50 unidades con un peso aproximado de 5 lb, empacado al vacío. El espesor del tostón sería de 1 cm con un diámetro de 6 a 7 cm aproximadamente y un color amarillo tenue dorado. (Macotto, Masis, Gallo, & Molina, 2012).

Y en Nicaragua en el año 2003, una aventura empresarial similar es la que animó a Antonio Jaen Morales, Gerente General de Nicaragua Agro Industrial, S.A. (Naisa), una industria alimenticia que está elaborando tostones con queso y sin queso, así como maduros, congelados o pre fritos, para incursionar al mercado norteamericano de la mano de Río Grande Food, otra gran proveedora de productos alimenticios étnicos en Estados Unidos. (El Nuevo Diario, 2014)

También se encontró un Estudio técnico para el procesamiento de tostones pre fritos congelados, realizado en la ciudad de León, Nicaragua en octubre del 2011 en la cual se especificaron los parámetros de operación y la optimización del proceso y de la planta, buscando de esta manera que se comercialicen más alimentos con

mayor nivel de procesamiento y valor agregado para que los productores tengan mayores beneficios que al comercializar solo materias primas o el fruto fresco. (Maradiaga, Quintana, & Sánchez, 2011)

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

Evaluar tres métodos de conservación del plátano, utilizando escaldado, inmersión en salmuera y la combinación de ambos métodos para la producción de tostones pre-fritos a escala de laboratorio.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar la materia prima (*Musa balbusiana*) mediante pruebas físico químicas estableciendo los parámetros de calidad del plátano.
- Comparar los tres métodos de conservación del plátano para establecer el proceso más óptimo a través pruebas organolépticas y sensoriales.
- Realizar una evaluación sensorial con el método de conservación más óptimo por medio de un panel de degustación para definir el nivel de aceptación de los tostones pre-fritos.
- Calcular el rendimiento de la producción de tostones mediante cálculos de balance de materia y energía para la determinación de residuos generados en el proceso productivo.
- Estimar los costos de producción de los tostones pre-fritos mediante cálculos matemáticos para definir el presupuesto parcial.

#### **IV. JUSTIFICACION**

Las familias de hoy buscan productos que les sean más cómodos para desenvolverse mejor en esta sociedad tan dinámica, es por esto que el producir tostones pre-fritos congelados de plátano verde es una buena opción a la hora de cocinar un alimento de forma rápida y que sea además nutritivo. Se escogió como materia prima el plátano y no un tubérculo como la malanga o la papa por ser uno de las principales opciones de las familias para acompañar sus comidas, por su fácil obtención y preparación en diferentes presentaciones.

Siendo los tostones pre-fritos congelados de plátano verde un producto no tradicional y cuyo mercado está iniciando, y a pesar de que no existe mucha información sobre su proceso, según investigaciones realizadas sobre este contenido, es un producto que ya se comercializa en otros países como Estados Unidos, de forma pre frita, empacada y congelada. (Macotto, Masis, Gallo, & Molina, 2012)

Por lo tanto en esta investigación se evaluaron tres métodos de conservación del plátano los cuales fueron escaldados, sometidos a inmersión en salmuera y la combinación de ambos métodos, además del congelamiento y empaque al vacío los que se consideraron adecuados para su producción, conservación y mejora de las propiedades sensoriales de los tostones.

De tal manera que esta investigación podría presentar al sector agrícola de Nicaragua una forma de comercializar sus productos, incentivando la implementación de valor agregado y abriendo más ventanas de mercado, siendo necesario encontrar opciones que generen divisas, promoviendo el emprendedurismo e impulsando una ventaja competitiva al país.



## V. MARCO TEORICO

Estas fueron las representaciones de los parámetros utilizados en el proceso que se ejecutó para obtener los resultados de la experimentación de los tres métodos seleccionados para la conservación de la materia prima.

### 5.1. Caracterización de la materia prima

#### 5.1.1. El plátano (*musa paradisiaca*)

Según (Corporación Colombiana Internacional, 2000) citado en (Gualtero, 2011) “El plátano hartón verde o macho pertenece a la misma especie del plátano común, es el plátano verde o para cocer que se cultiva como si fuera una hortaliza en zonas de la selva tropical; su especie es *Musa paradisiaca* y pertenece a la familia de las Musáceos, su origen es asiático y se cultiva en todas las regiones tropicales y subtropicales de América.”

**Familia:** Musaceae.

**Nombre Científico:** *Musa paradisiaca* L.

**Nombre común:** Plátano.

#### 5.1.2. Descripción de la materia prima

*Musa sapientum* sinonimia botánica del plátano es una planta herbácea de la familia *Musaceae*. Se cree es originaría de las regiones tropicales del sur de Asia.

El plátano es uno de los cultivos más comunes en todos los países con clima tropical, de todo el fruto lo único que es consumido por el humano es la pulpa por lo que se generan grandes cantidades de desperdicio, este generalmente se coloca en basureros municipales lo que contribuye a la existencia de problemas ambientales. El pseudotallo del plátano mide 2-5 m, y su altura puede alcanzar 8 m con las hojas.

Los frutos son bayas falsas sin semillas, cilíndricos distribuidos en manos de racimos de 30-70 plátanos que miden 20-40 cm de largo y 4-7 cm de diámetro, 4

las partes de la platanera: hojas, frutos, rachis, bellota y pseudotallo. (Blasco & Gómez, 2014)

El Plátano macho es más grande que el plátano común, su color es verde y al llegar a su estado óptimo de maduración se torna amarillo con manchas y rayas marrones; su sabor en crudo es muy amargo y al cocer se vuelve blando, suave y mantecoso. El plátano tiene un contenido de agua de aproximadamente 65%. (Zevallo, 2015)

### **5.1.3. Producción de plátano**

Con un área de siembra cercana a las 9,000 manzanas de plátanos, y con un rendimiento promedio de 41,650 unidades por manzana, el sureño departamento de Rivas coloca la fruta pelada en Estados Unidos, donde la convierten en “snacks” o “chips” ( El Nuevo Diario, 2013)

En Ometepe, 10 mil manzanas están dedicadas al cultivo de musáceas, las cuales están en manos de 2,500 pequeños y medianos productores. Estos últimos obtienen una cosecha de 620 millones de unidades, representando el 75% de la producción nacional de este rubro. En la Isla de Ometepe se encuentran las mayores áreas cultivadas. (El Nuevo Diario, 2014)

### **5.1.4. Uso del plátano**

El plátano puede ser consumido verde o maduro. El interior de la fruta es cremosa, amarillo claro o rosa. Cuando la piel es verde o semi- amarilla, el sabor de la pulpa es insípido y la textura es almidonada. A medida que la piel se vuelve café o negra, tiene un sabor más dulce y más parecido al banano, aunque mantiene una textura firme si se cocina. (Zevallo, 2015)

El plátano ha sido utilizado desde tiempos muy antiguos en una gran variedad de platos. Se utiliza como un alimento similar a las patatas. El plátano se consume principalmente cocinado cuando aún está verde. Se cocina hervido, frito, al vapor o en otras fórmulas de procesamiento como por ejemplo, los chips (patacones o Tostones, chifles).

Por su constitución, el plátano se usa sobre todo en la cocina, aunque al estar muy maduro es posible comerlo como fruta fresca. En Nicaragua, de hecho, el plátano constituye una comida básica en casi todos los rincones del país, y se le prepara en la cocina, friéndolo o hirviéndolo. (Zevallo, 2015)

#### **5.1.5. Información nutricional**

Según Alduvin, F; Duarte M & Quintana J. (2006) citado en (Maradiaga, Quintana, & Sánchez, 2011), establece que por cada 100 g de plátano consumido se aportan: 110 Calorías procedentes de materia grasa; 29 g Carbohidratos; 4 g de fibra; 21 g de azúcares; 1 g de proteínas; la grasa, el colesterol y el sodio son depreciables.

#### **5.1.6. Composición química del plátano**

El plátano se encuentra constituido químicamente de agua (70-74%), proteínas (1%), grasas (0.3-0.5%), cenizas (1%), carbohidratos totales (20-30%), (similar al contenido en maíz y papa, que en la actualidad son la fuente más utilizadas para la obtención de almidón) fibra bruta (0.5%) fibra dietaría (3-5%), alcanzando un contenido energético de 4 kcal/g aproximadamente. En la pulpa del plátano cuando esté en estado inmaduro el carbohidrato predominante es el almidón, aunque cuando está maduro es transformado en gran parte a sacarosa, glucosa y fructosa. (Casallas, 2010)

Según (Criseno, Giraldo, & Villamizar, 2014), la composición fisicoquímica del plátano al momento de la cosecha en su estudio realizado presentó el 66.2 % de agua, 0.3% grasas, 1.3% proteínas, 1.1 % fibra, 0.8% vitamina y cenizas y 30.7% Carbohidratos. El almidón es el carbohidrato predominante en el fruto verde, mientras que en estado maduro presenta mayor contenido de azúcares invertidos. La fibra en la pulpa del fruto tiene bajas concentraciones y no cambian su concentración durante la maduración.

(Cayón *et al*, 2000) citado en (Criseno, Giraldo, & Villamizar, 2014) argumenta que “El ácido predominante del plátano es málico y en menor proporción cítrico y oxálico cuyos niveles se incrementan pasando del estado verde con 0.7 % a 1.5 % en estado maduro”.

## **5.2. Métodos de conservación del plátano**

Son numerosos y a veces complejos los métodos empleados para la conservación de alimentos y especialmente a escala industrial. Se describe brevemente los métodos a utilizar para preservar el plátano en tostones pre frito.

### **5.2.1. Método de escaldado**

El escaldado es un proceso de uso generalizado en las industrias alimentarias que procesan verduras y algunas frutas. Este tratamiento forma parte de una etapa previa a otros procesos, cuyo principal objetivo es inactivar enzimas, aumentar la fijación de la clorofila (de especial importancia en los vegetales verdes) y ablandar el producto para favorecer su posterior envasado.

El escaldado es anterior a la congelación, que busca la destrucción de enzimas que afectan al color, sabor y contenido vitamínico, microorganismos, enzimas, reacciones químicas, temperatura, humedad, presencia de oxígeno, insectos, luz o el paso del tiempo son los principales motivos de alteración en los alimentos. Las maneras de regular estos problemas son unas buenas condiciones de almacenamiento o la aplicación de algún tratamiento térmico, como frío, calor o un buen envasado. Pero los vegetales deben someterse antes a otros procesos, uno de ellos es el escaldado.

La temperatura y tiempo de escaldado cruciales en una primera fase de calentamiento del producto, oscila a una temperatura entre 70°C y 100°C. A esta etapa le sigue otra, que consiste en mantener el alimento durante un periodo de tiempo, que varía entre 30 segundos y dos o tres minutos, a la temperatura deseada. El último paso es realizar un enfriamiento rápido. De lo contrario, se contribuye a la proliferación de microorganismos termófilos, resistentes a la temperatura. (Morato, 2012).

### 5.2.2. Método de salmuera

La salmuera es una solución altamente concentrada de sal, por encima de 100 mil mg de sal por litro de agua.

Por extensión, también se llama salmuera de una sal (distinta de la común, NaCl) a una disolución altamente concentradas de ésta. Son ejemplos de ello la salmuera de cloruro de calcio y la de dicromato sódico.

El uso de la sal para la conservación de los alimentos está muy extendido, debido a que aporta sabor, ejerce un efecto conservador e influye en la textura y otras características de los encurtidos. (Leon, 2013)

La sal empleada debe de ser de buena calidad, es decir, debe presentar un bajo contenido en calcio, magnesio y hierro, un color blanco y debe encontrarse libre de bacterias halofíticas y materias extrañas.

### 5.2.3. Proceso de elaboración de tostones pre fritos

A continuación se detalla el proceso de elaboración de tostones pre-fritos, congelados y empacados al vacío.

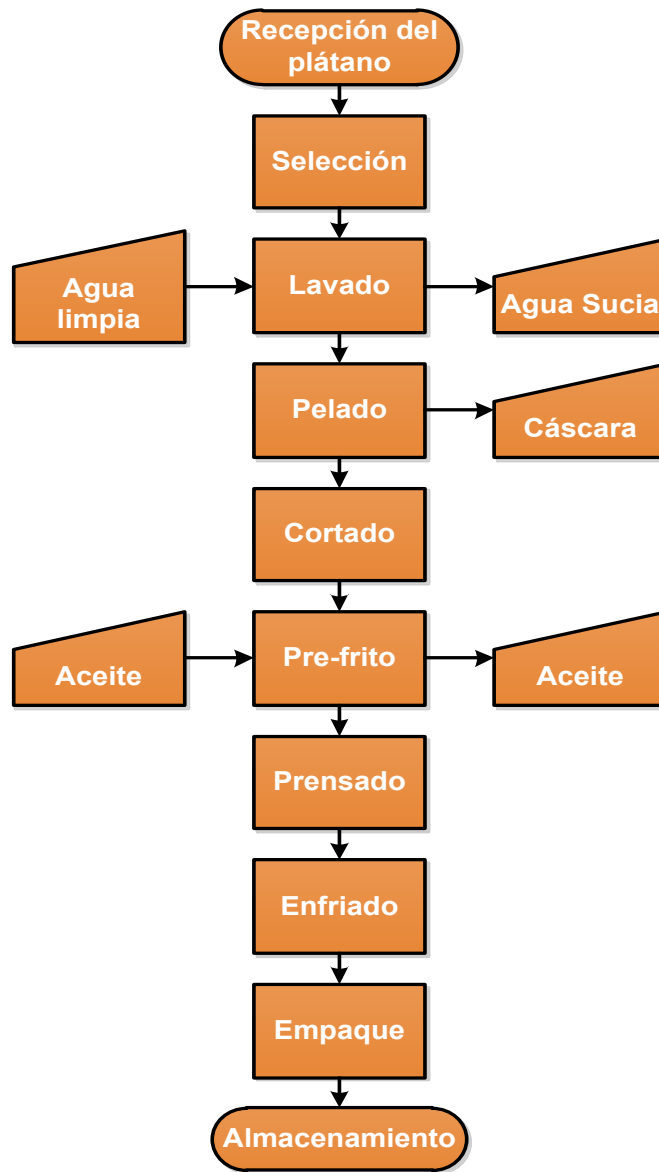
- **Recepción y selección:** En esta operación se separa todo el producto (plátano verde) que presente grados de maduración diferentes al establecido y que presente defectos que impidan su procesamiento tales como roturas o daños por bacterias, hongos, etc. Se escogieron los plátanos que cumplieran con los estándares necesarios.
- **Lavado:** Se emplea agua con una concentración de cloro a 150 ppm. Para eliminar material extraño y/o contaminante.
- **Pelado:** Su objetivo es eliminar la cáscara en el plátano verde, este proceso resulta un poco complejo debido a la adherencia de la cáscara con la pulpa y a la presencia de látex. Para que el pelado sea más fácil se hizo un corte longitudinal en uno de los ángulos, el corte debe ser de la profundidad de la corteza, sin tocar el interior del plátano.

- **Cortado:** Se cortaron rodajas de aproximadamente de 2.3mm de espesor, preferiblemente, para elaborar tostones de tamaño uniforme.
- **Escaldado en salmuera:** Al llegar a una temperatura de 85°C se introducen las preformas por un minuto y se dejan escurrir
- **Pre-freído:** se calentó la freidora en su máximo de temperatura (180°C) y se sometieron a fritura por 8 minutos.
- **Prensado:** se retiraron los plátanos y se usó una tostonera, para aplastarlos con cuidado para que no se fracturen.
- **Escurrido y enfriado:** Se dejan escurrir y enfriar antes del empaque utilizando papel absorbente.
- **Empaque:** El producto ya congelado deberá empacarse en bolsas de polietileno o en bolsas de empaque al vacío para esto se utilizó una selladora al vacío. Posteriormente de empacados se mantuvieron congelados a temperaturas entre -18° C y -10° C con el fin de mantener su calidad.
- **Congelado:** El producto ya formado se congelo rápidamente para favorecer la formación de pequeños cristales de hielo y evitar el daño de la estructura física del producto y la liberación de agua en el proceso de fritura final.

#### 5.2.4. Diagrama de flujo

Lo antes explicado en la descripción del proceso de producción de tostones pre-fritos a continuación se presenta un diagrama de flujo: (Macotto, Masis, Gallo, & Molina, 2012)

**Ilustración 1: Diagrama de flujo**



#### **5.2.5. Equipo requerido para la producción de tostones pre-fritos congelados**

- Mesas de selección.
- Tanques o mesas de lavado con aspersores.
- Mesas de pelado.
- Tablas y cuchillos con y sin filo.
- Freidor y campana de extracción.
- Formadores manuales o sistema semi-automático de prensado.

- Túnel de congelación IQF (Individual Quick Freezing por sus siglas en inglés).
- Selladora de bolsas normal o al vacío.
- Cámara de mantenimiento.

### **5.3. Pruebas sensoriales**

La evaluación sensorial es definida como una disciplina científica, que permite medir, analizar e interpretar las reacciones ante aquellas propiedades que caracterizan a ciertos alimentos y materiales, tal a como se perciben a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto y el gusto. La metodología empleada en este tipo de evaluaciones está relacionada con tratamientos estadísticos que permiten la toma de decisiones para diferentes datos.

Las pruebas empleadas para determinar las diferencias entre productos o para medir características sensoriales se conocen como pruebas orientadas al producto y se realizan con pequeños paneles entrenados. Sin embargo de acuerdo a lo establecido en Métodos Sensoriales Básicos en la Evaluación de Alimentos por (B.M Watss, 1992) se necesita un panel no entrenado para pruebas orientadas al consumidor de entre 100 a 500 personas; (B.M Watss, 1992) explica que “Debido a que este proceso es caro y requiere bastante tiempo, frecuentemente se utilizan paneles internos de consumidores en la etapa inicial de los estudios de aceptabilidad de un producto”.

Esto permite que sea más organizado y puede estar integrado por personas de la misma organización, este tipo de panel puede estar integrado por 30 a 50 panelistas no entrenados, para desarrollar la evaluación sensorial, ellos son importantes en la identificación entre los productos para medir la intensidad de características tales como: color, olor, sabor, textura entre otros.

#### **5.3.1. Tipos de pruebas sensoriales**

A continuación se describen los principales tipos de pruebas y su aplicación en el análisis sensorial.

- **Pruebas descriptivas**



Tratan de precisar las propiedades organolépticas de un alimento y valorar la magnitud o intensidad de los atributos de los alimentos. Aportan una mayor información, pero requieren del empleo de jueces con intenso adiestramiento, a los que se les exige una ordenación de las muestras en función de un determinado parámetro.

- **Pruebas discriminatorias**

Son las que permiten encontrar diferencias significativas entre las muestras o entre ellas y un patrón. Además deben permitir cuantificar la diferencia significativa.

- **Prueba de aceptación**

En estas el equipo o panel de catadores clasifica las muestras con relación a la preferencia que sienten por ella o a su nivel de satisfacción.

### **5.3.2. Escalas de medición**

Se utilizan para cuantificar la información de las pruebas sensoriales. Existen diferentes tipos de escalas: nominal, ordinal, de intervalo y racional. Dado que el tipo de análisis estadístico que se llevará a cabo se ve afectado por el tipo de escala seleccionado.

- **Escalas nominales**

En este tipo de escala los números no tienen valor numérico real ya que se emplean para designar o nombrar categorías. Los panelistas escriben el número correspondiente a cada característica presente en cada muestra y el encargado del panel tabula la frecuencia en que aparecen las diferentes características para cada muestra. Luego los productos se compran observando la frecuencia de cada característica en las muestras. (Minitab, 2016)

### **5.3.3. Análisis estadístico**

Los resultados sensoriales se analizan estadísticamente para que el experimentador pueda hacer inferencias u obtener conclusiones acerca de las poblaciones o alimentos, en base a una muestra obtenida de esas poblaciones. (Cornejo & González, 2014)

- **Pruebas estadísticas**

Empleadas para analizar los datos obtenidos en los estudios sensoriales. Con ello se pretende determinar si existen diferencias entre las muestras, tratamientos o poblaciones y si estas diferencias a su vez dependen de otras variables o parámetros.

Los datos de las escalas nominales y ordinales se analizan empleando análisis estadístico no paramétricos, mientras que los datos de escalas de intervalo y racionales se analizan empleando pruebas estadísticas paramétricas. Los métodos no paramétricos no requieren que los datos tengan una distribución normal e independiente. Los métodos paramétricos requieren escalas que tengan intervalos o categorías constantes; de lo contrario las categorías deberán considerarse datos nominales y analizarse utilizando métodos no paramétricos.

#### **5.3.4. Presupuestos parciales**

Según (Ingeniería Rural, 2009) Un presupuesto consiste en la valoración “a priori” de un producto o servicio. Se basa en la previsión del total de los costes involucrados incrementados con el margen de beneficio previsto. Representa el coste de cada unidad constructiva. Cuando se prevé un solo constructor, o cuando la obra es pequeña, el presupuesto parcial coincide con el presupuesto general. Por lo tanto, el presupuesto parcial sirve para evidenciar la conveniencia económica de las alternativas analizadas. (Miranda, 2002)

##### **5.3.4.1. Elementos del presupuesto parcial**

Para (Miranda, 2002) el cálculo de los presupuestos parciales se utilizan los **costos directos** involucrados con la decisión bajo análisis. Es decir que hay que tomar en cuenta todos los costos de bienes y servicios que son requeridos para la actividad en cuestión. En este tipo de análisis se consideran **costos indirectos** a todos los demás costos que no son afectados por la decisión que se analiza. No obstante, (Rojas, 2014) establece que un costo directo es el que se identifica plenamente con una actividad, departamento o producto mientras que un costo indirecto es el que no se puede identificar con una actividad determinada y estos se puede clasificar según su comportamiento en **costos variables** que son aquellos

que cambian o fluctúan en relación directa a una actividad o volumen dado y **costos fijos** siendo aquellos que permanecen constantes dentro de un periodo determinado, sin importar si cambia el volumen de producción.

## **VI. HIPÓTESIS**

Al menos uno de los tres métodos planteados (Escaldado, salmuera y la combinación de ambos) para la conservación del plátano en la elaboración de tostones, tiene mayor tiempo de vida útil y no varía las características sensoriales que los que son elaborados a partir de plátano fresco.

## VII. METODOLOGÍA

### 7.1. Ubicación del estudio

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de agroindustria de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino, sede Regional del Norte, ubicada en la ciudad de Estelí Nicaragua, entrada la Tunosa.

**Ilustración 2.** Ubicación del estudio



### 7.2. Tipo de investigación

En la presente investigación se estudió tres métodos de conservación del plátano, además de la congelación y el empaque al vacío, en la producción de tostones pre-fritos. Caracterizando la materia prima, estudiando la vida útil, haciendo un análisis sensorial y calculando el rendimiento por medio de balances de materia y energía.

Esta investigación fue del tipo experimental, descriptivo, cualitativo y cuantitativo, debido a que se describirá la materia prima y los procesos, se harán pruebas experimentales en laboratorio para determinar tiempo de vida útil y análisis estadísticos cuantitativos de los datos recogidos en el análisis sensorial de los tratamientos.

### 7.3. Actividades por objetivos específicos

A continuación se describen las actividades que se desarrollaron en este estudio por cada objetivo específico planteado:

**Objetivo 1: Caracterizar la materia prima (*Musa balbusiana*) mediante pruebas físico químicas estableciendo los parámetros de calidad del plátano.**

Para el cumplimiento de este objetivo se tomaron en cuenta las características físicas del plátano, se seleccionó el plátano en estado de madurez intermedio (pintón), con un color verde – amarillo con diez días después de su cosecha sin que se encuentre en ambiente modificado, se utilizaron los plátanos que se hayan conservado en ambiente controlado, debido a que en ambiente modificado tienden a madurar con mayor rapidez y el producto primario se vuelve perecedero. Para mayor confiabilidad los plátanos a elegir son los de la variedad Gigante.

Se realizaron pruebas químicas al plátano para determinarlas características que debe poseer en cuanto a:

- **Contenido en almidón:** El yodo reacciona con el almidón produciendo un color morado cuando hay presencia de este en el producto.
- **Contenido en acidez:** A mayor madurez menor contenido en ácidos. El cálculo de acidez titulable se hace utilizando 50 gramos de la pulpa de plátano y se mezcla con 200 gramos de agua destilada, se agregan 3 gotas de fenolftaleína y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH)

Se calcula el porcentaje de acidez con la siguiente formula:

**Ecuación 1.** % de acidez en las muestras

$$\% \text{ Ácido Málico} = \frac{N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot m.\text{eq. Ácido málico}}{ml \text{ de muestra}}$$

**Dónde:**

**% ácido málico**= acidez titulable de toda la muestra de análisis (plátano + agua destilada)

**V<sub>NaOH</sub>** = gasto de NaOH

**N<sub>NaOH</sub>** = normalidad del NaOH

**m.eq. Ácido málico** = mili equivalente del ácido predominante en el plátano

**ml de muestra** = volumen de la muestra

- **Contenido en azúcares:** Se midió el porcentaje de sólidos solubles presentes en el plátano (°Brix). Para ello se usó el refractómetro de 0 – 30° a 25 °C. Se colocan unas cuantas gotas de la muestra filtrada en la luna del refractómetro. Este procedimiento se repitió dos veces y se encontró el promedio de los tres.
- **Índice de madurez (IM)** = Este se encuentra con la relación de los grados Brix y la acidez titulable. (Chavarria, 2013)

### **Ecuación 2. Índice de madurez**

$$\text{IM} = \frac{\text{°Brix}}{\% \text{ de acidez del ácido}}$$

Luego se tomaron nota de cada aspecto evaluado preliminarmente para hacer la selección de la materia prima antes del procesamiento. Todos estos datos se almacenaron en una hoja de recolección de datos (Ver anexo 1)

**Objetivo 2: Comparar los tres métodos de conservación del plátano para establecer el proceso más óptimo a través pruebas organolépticas y sensoriales.**

Los métodos de conservación de los tostones elaborados para su valoración se detallan a continuación:

- **Escaldado:** El objetivo del escaldado es evitar la oxidación del producto terminado, para determinar el tiempo de escaldado, se hizo probando a 95 °C el tiempo óptimo de inactivación de la enzima Peroxidasa.

La función normal de la peroxidasa es convertir el peróxido de hidrogeno (HOOH), producido en ciertas reacciones metabólicas, en agua (H<sub>2</sub>O) y oxígeno (O<sub>2</sub>). La reacción que cataliza se puede representar según:



La acción de la enzima se puede medir por la formación del oxígeno (Reyes, 2010). El tiempo óptimo de escaldado estará dado por el momento en que ya no se observe formación de oxígeno por la adición de peróxido de hidrógeno o agua oxigenada.

- **Salmuera:** El objetivo de la inmersión en salmuera es mejorar la textura y el sabor de los tostones elaborados, lo que se comprobó con el análisis sensorial de las muestras. La sal, además de mejorar el sabor, se agrega para favorecer y mejorar la textura y firmeza (Valderrama, 1999). Los plátanos serán sumergidos en una solución de sal (NaCl) al 5% m/m. Se probaron los tiempos de inmersión en ½ hora, 1 hora, 1 ½ hora, para decidir de forma rápida en el laboratorio, de acuerdo al sabor y textura, el mejor tiempo.
- **Combinación de ambos métodos:** una vez decidido el tiempo de escaldado, este se hizo, para la combinación de ambos métodos, el escaldado en la salmuera, a 95 °C, en agua con 5% de sal.

Se analizó el tiempo de vida útil de los tostones de plátano pre fritos mediante la comparación de método de conservación en frío y a temperatura ambiente.

Para realizar el pre-frito de los tostones, se utilizó aceite vegetal (insumo) monoinsaturado, ya que los aceites poliinsaturados no son tan estables y no presentan una buena calidad sensorial y presentan ventajas con respecto a las grasas saturadas o parcialmente hidrogenadas, desde el punto de vista de salud. Un ejemplo del tipo de aceite a utilizar, sería aceite de soja. De manera general, un aceite para fritura debe presentar las siguientes especificaciones:

**Tabla 1.** Especificaciones para aceite de fritura

<b>Criterio</b>	<b>Parámetro</b>
Color (unidades Lovibond rojo)	2 máximo, Claro
Gusto	Ninguno
Sabor	Ninguno



Ácidos grasos libres	0.1% máximo
Índice de peróxidos	1-2 meqO <sub>2</sub> <sup>4</sup> /kg grasa
Punto de humo	200 – 220°C mínimo
Humedad	0.005 – 0.1% máximo
Ácido linoleico	2 – 3%

Fuente (CPML, 2012)

**Objetivo 3: Realizar un análisis sensorial con el método de conservación más óptimo por medio de un panel de degustación para definir el nivel de aceptación de los tostones pre-fritos.**

Para el análisis sensorial de las muestras, las degustaciones se aplicaron a una cantidad de 30 personas siendo esta la cantidad adecuada para tener un resultado confiable. La prueba sensorial es de tipo discriminatoria debido a que se busca encontrar diferencias significativas entre las muestras y un patrón o testigo.

El panel de degustación utilizado para esta prueba es un panel de tipo no entrenado y se encontraron en la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Augusto C. Sandino (UNI – RUACS). Cada evaluador lleno una hoja de evaluación sensorial. Ver Anexo 3.

Esta etapa del estudio se realizó en horario de 09:00 am a 11:00am en un período de un día, en el laboratorio de Agroindustria de la UNI – RUACS, con muestras rotuladas y se acompañaron con agua por cada muestra consumida.

Las muestras fueron rotuladas con códigos a estas se les tomaron en cuenta el color, sabor y textura de ambas muestras, el código **710** pertenece a la muestra testigo y el **325** al tostón pre-congelado.

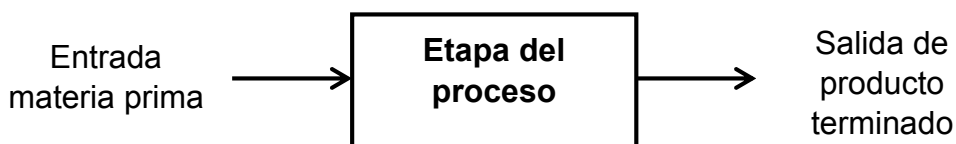
La prueba estadística para analizar los datos, preliminarmente es el análisis de varianza (ANDEVA) que permite encontrar diferencias significativas entre cuatro tratamientos que son:

- **T0:** es grupo de tostones testigo, al cual no se someterá a ningún tratamiento de extensión de vida útil.

- **T1:** son los tostones de plátanos que se someten tratamiento con calor, es decir escaldado y se le agregará ácido cítrico para evitar el pardeamiento enzimático y conferir una textura firme a los tostones.
- **T2:** se refiere al tratamiento en salmuera.
- **T3:** se refiere a la combinación de los métodos.
- **T1 y T2** para comprobar la efectividad de la extensión de la vida útil y la incorporación de sabor en el producto final.

**Objetivo 4: Calcular el rendimiento de la producción de tostones mediante cálculos de balance de materia y energía para la determinación de residuos generados en el proceso productivo.**

Durante la realización de los productos se llenó una tabla de recolección de datos de los pesos iniciales y finales por cada etapa del proceso (Ver anexo 4), tanto para la materia prima como para los insumos y aditivos, esto con el propósito de calcular el rendimiento de masa se realizará a partir de los porcentajes de las entradas y salidas tanto de materia prima, cáscaras, aceite y producto terminado. Utilizando diagramas de flujo como el que se muestra a continuación:



De igual manera se hará un cálculo de balance de energía utilizando la ecuación:

$$Q=M \times C_p \times \Delta T$$

**Donde:**

**Q=** Calor

**M=** Masa

**C<sub>p</sub>=** capacidad calorífica

**ΔT=** variación de temperatura

Esta ecuación es para la etapa del escaldado y de la fritura, donde se tomarán datos de temperatura iniciales y finales (Ver anexo 5), estos datos se utilizarán para realizar un presupuesto parcial del producto, con las cantidades de aceite, agua y gas licuado (GLP) que se utilicen para generar el calor necesario para estos procesos. De igual manera el balance de masa indicará las cantidades de materia prima e insumos necesarios para elaborar la cantidad de producto necesario. Y de esta forma determinar el presupuesto para la elaboración de tostones pre fritos con los tres métodos planteados.

Los equipos necesarios para los cálculos de masa y calor serán: balanza analítica precisión 0.1 gr y termómetro hasta 200 °C.

**Objetivo 5: Estimar los costos de producción de los tostones pre-fritos mediante cálculos matemáticos para definir el presupuesto parcial.**

Establecer los gastos de compra de materia prima e insumos por cada método para establecer el presupuesto que está sujeto a la elaboración de los tostones congelados y pre-fritos.

**7.4. Análisis y procesamiento de la información**

Para el análisis de estadístico de los resultados se empleará el programa INFOSTAT, para la redacción del informe final se utilizará el programa Microsoft Word 2016 y para el cálculo del presupuesto parcial, se utilizará el programa Microsoft Excel 2016.

## VIII. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 8.1. Características químicas del plátano

Para cumplir el primer objetivo específico que es la caracterización de la materia prima se realizaron análisis físico-químicos a los plátanos en donde se evaluaba contenido de almidón, contenido en acidez, contenido en azúcares e índice de madurez. A continuación se describen los resultados se expresan en la tabla número 2.

#### 8.1.1. Determinación del contenido de almidón

Para el proceso de realización de las pruebas se tomó una muestra de 7.2 gramos de plátano, el cual se dividió en tres muestras significativas las cuales se le agregaron una gota de yodo para comprobar si este contiene almidón. Al reaccionar el yodo con el almidón producirá un color violeta ya que el yodo se introduce entre las espiras de la molécula de almidón en la muestra.

Tomando en cuenta esto, las muestras de plátano evaluadas muestran una reacción positiva logrando constatar que estos tienen moléculas de almidón en su estructura, ya que es un alimento que aporta propiedades bastantes significativas de hidratos de carbono complejos, almidones, y que la mayoría de almidones del plátano verde son almidones retrógrados, es decir, que actúan como fibra, porque no son asimilables para el organismo. Cabe destacar que, según (Aguilar, Carrillo, Diaz, Parreño, & Vallejo, 2014) durante la realización de un estudio en muestras de plátanos verdes con yodo presenta una coloración violeta, esto se debe a que cuando el lugol (yodo) reacciona con las dos estructuras que forman el almidón, con la amilosa proporciona un color azul y cuando reacciona la amilopectina proporciona un color rojo y la combinación de estos dos colores nos proporciona el color violeta característico del almidón.

Es importante destacar que las muestras evaluadas presentan una coloración azul negro (Ver ilustración 3), lo que indica que el fruto contiene elevadas cantidades de almidón cuando está inmaduro, en cambio cuando el fruto es maduro no se tiñe la prueba debido a que el almidón que contiene se ha transformado en azúcar.

**Ilustración 3:** Muestras para pruebas de yodo (almidón)



### 8.1.2. Determinación del contenido de acidez

Se tomaron 50 gr de pulpa de plátano y se maceraron añadiéndole 200ml de agua destilada y 3 gotas de fenolftaleína y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) hasta lograr una coloración rosa en las tres muestras (Ver las coloraciones de las muestras en la ilustración 4). Con esta prueba se logró calcular el gasto de NaOH utilizado para poder determinar la acidez titulable. A continuación se representa los cálculos:

**Ilustración 4:** Pruebas de contenido de acidez



**Tabla 2.** Gastos de hidróxido de sodio en las muestras

Muestras	Gasto de NaOH (ml)	Normalidad del NaOH	Mili equivalente del ácido málico (C4H6O5)	Volumen (ml)
Muestra 1	1.1	0.1	0.067045	25
Muestra 2	1	0.1	0.067045	20
Muestra 3	1.1	0.1	0.067045	25

**Tabla 3.** Peso molecular y mili equivalente del ácido málico

Peso molecular (PM) del málico=	<b>134.09</b>
Peso equivalente (Peq) del málico=	134.09/2= 67.045
Mili equivalente=	67.045/1000= 0.067045

Fuente: (Instituto Tecnológico de Orizaba, 2007) e (Dirección General de normas, 1961)

**Ecuación 1.** % de acidez en las muestras

$$\% \text{ Ácido Málico} = \frac{N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot m.\text{eq. Ácido málico}}{\text{ml de muestra}}$$

**Muestra 1**

$$\% \text{ Ácido Málico} = \frac{N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot m.\text{eq. Ácido málico}}{\text{ml de muestra}}$$

$$\% \text{ Ácido Málico} = 0.1 \times 1.1 \text{ ml} \times 0.067045 / 25 \text{ ml}$$

$$\% \text{ Ácido Málico} = 0.000294998 \times 100 = 0.0294998$$

**Muestra 2**

$$\% \text{ Ácido Málico} = \frac{N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot m.\text{eq. Ácido málico}}{\text{ml de muestra}}$$

$$\% \text{ Ácido Málico} = 0.1 \times 1.1 \text{ ml} \times 0.067045 / 20 \text{ ml}$$

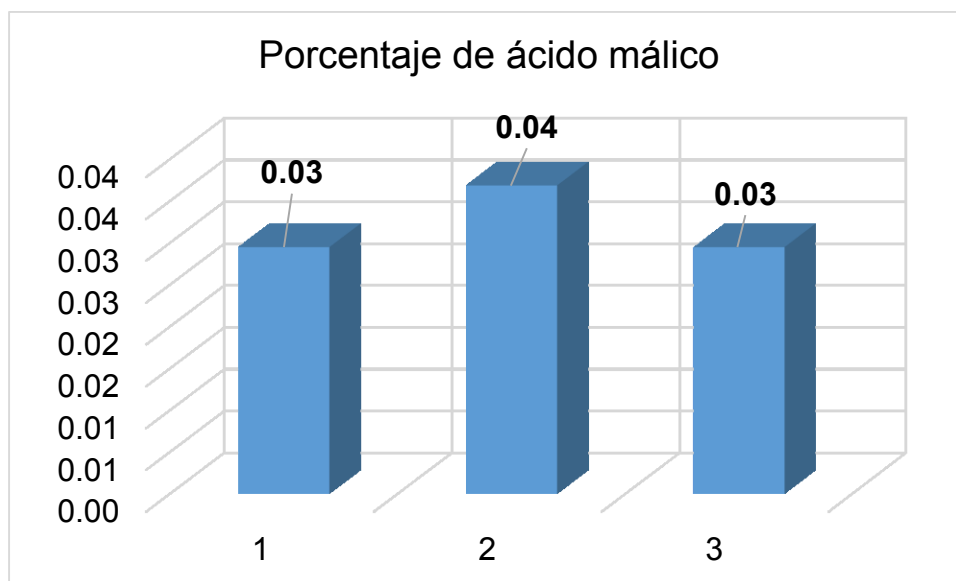
$$\% \text{ Ácido Málico} = 0.0003687475 \times 100 = 0.03687475$$

**Muestra 3**

$$\% \text{ Ácido Málico} = \frac{N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot m.\text{eq. Ácido málico}}{\text{ml de muestra}}$$

$$\% \text{ Ácido Málico} = 0.1 \times 1.1 \text{ ml} \times 0.067045 / 25 \text{ ml}$$

$$\% \text{ Ácido Málico} = 0.000294998 \times 100 = 0.0294998$$



**Ilustración 5.** % de acidez en las muestras

En el gráfico 5 evidencia que en la primera y última muestra la acidez titulable es de 0.03%, la segunda muestra fue de 0.04%. Según Beltrán et al. (2010) Citado en (Valerio, 2014) reportan un 0.5% de ácido málico del plátano en estado inmaduro. Estos valores están debajo de los proporcionados en el estudio lo que puede indicar que las muestras no presentaban índices de maduración siendo este una evidencia su estado inmaduro, con estos datos obtenidos se logra constatar que los plátanos eran verdes los cuales se encuentran en condiciones óptimas para la elaboración de tostones, ya que la acidez titulable (ácido málico) se incrementa durante la maduración del fruto, ocasionando un aumento del porcentaje de acidez y disminución del pH.

### 8.1.3. Determinación del índice de madurez (IM)

Este parámetro se obtuvo del cociente de los sólidos solubles entre la acidez del plátano. A continuación se presenta el IM de las muestras analizadas.

#### Ecuación 2. Índice de madurez

$$IM = \frac{^{\circ}\text{Brix}}{\% \text{ de acidez del ácido}}$$

- **Muestra 1**

Índice de madurez (IM)=  $0.6/0.03=20$

Índice de madurez (IM)= **20**

- **Muestra 2**

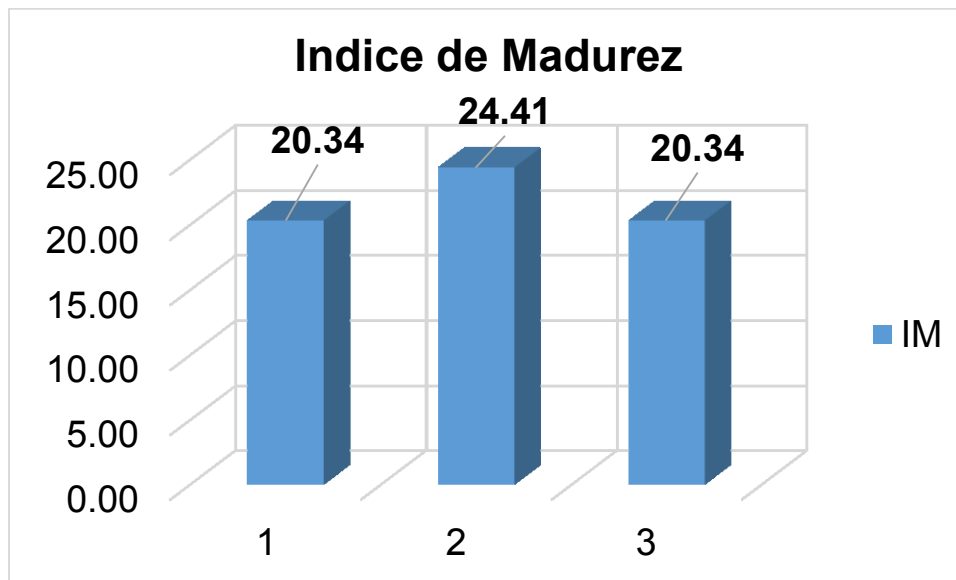
Índice de madurez (IM)=  $0.9/0.04$

Índice de madurez (IM)= **22.5**

- **Muestra 3**

Índice de madurez (IM)=  $0.6/0.03$

Índice de madurez (IM)= **20**



**Gráfico 1.** Índice de madurez en las muestras

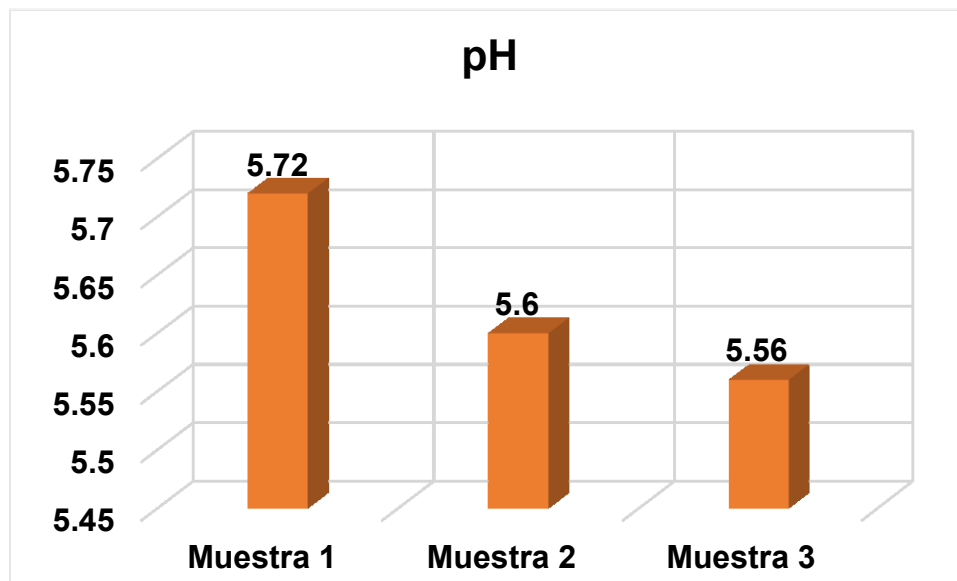
Durante el proceso de determinación de la madurez de las muestras se obtuvo un promedio de 21.70, debido a que las muestras mostraban valores de madurez entre los 20.34-24.41 como se muestra en el gráfico 1. En el estudio realizado por (Valerio, 2014), el índice que mostraron las muestras de plátanos fueron de 33.3 lo cual indica que este valor es mayor al obtenido en la presente investigación debido a que los índices de acidez (0.268%) eran mayores y la cantidad de azúcares (0.09°Brix) que presentaban eran menores.



Por otra parte, (Mejia, 2013) en su investigación presento un aumento del índice de maduración en las muestras de plátano hartón los cuales se presentaban valores máximos de 26.18, 24.8, 24.7, 23.7 y 23.52 para los frutos de 14, 15, 16, 17 y 18 semanas respectivamente, además señala que los frutos de mayor edad tienen mayor actividad enzimática, los °Brix finales son menores a menor edad de cosecha, pero la acidez aumenta en menor proporción, razón por la cual el índice de madurez, al final del proceso de maduración, es mayor para los frutos de menor edad. Con esto se puede decir que los plátanos procesados presentaban un índice de maduración menor a las semanas evaluadas en la investigación planteada.

#### 8.1.4. Medición de pH

Se usó un pHmetro para medir los iones de hidrógeno registrando el pH de las muestras de plátanos mostrado en la ilustración 5. En el siguiente gráfico se presentan los resultados obtenidos en las muestras de plátano analizado.



**Gráfico 2.** Potencial de Hidrogeno en las muestra

Aunque en el estudio realizado por (Valerio, 2014) el pH obtenido fue de 5.93 cercano al reportado con las muestras analizadas las cuales presentaron valores de 5.72, 5.6 y 5.56 con un promedio de 5.63. El estudio realizado por (Criseno, Giraldo, & Villamizar, 2014) estableció que los valores de pH presentaron una disminución progresivo a través del tiempo de almacenamiento debido al incremento de ácido málico. Por lo tanto se puede decir, que al haber un aumento en las concentraciones de ácido málico los valores de pH disminuyen durante el proceso de maduración del fruto desde el estado verde oscuro hasta el estado amarillo intenso.

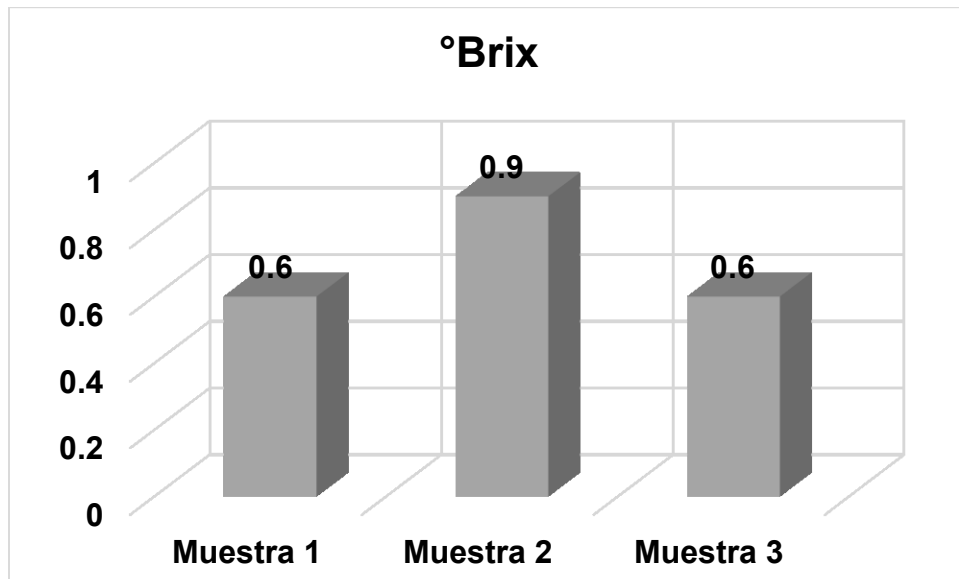


**Ilustración 6:** Medición de pH

#### **8.1.5. Medición de sólidos solubles totales (°BRIX)**

Se utilizó un refractómetro de 0-30° a 25°C para calcular el contenido de azúcares en las muestras de plátano representado en la ilustración 6. A continuación se presentan los resultados obtenidos durante la determinación de °Brix.

### Ilustración 7: Medición de solido soluble °Brix



**Grafico 3.** Solidos Solubles Totales en las muestras

En el grafico se muestran los valores de solidos solubles totales en las muestras evaluadas las cuales tienen un promedio de 0.70, lo que indica que la materia prima evaluada esta verde ya que presenta concentraciones bajas de azucares tal y como lo indica (Hernández, citado por Hernández 2004, p. 3) citado en (Valerio, 2014) "El estado verde del plátano, el almidón constituye la mayor fracción de los hidratos de

carbono, los azúcares presentes en la fruta verde son pequeñas cantidades, promediando alrededor del 1-2 % de la pulpa tierna, aumentando a 15- 20 % en la madurez”.

## **8.2. Características físicas del plátano**

Para complementar la caracterización de la materia prima se evaluaron las propiedades físicas como textura, color, olor y sabor ensayando con diferentes diámetros de la preforma los cuales fueron de 2.7 mm, 3 mm y 2.3 mm. Donde se eligió un grosor de 2.3mm debido que fue el más adecuado para conseguir un tostón de tamaño uniforme; quedando con las siguientes especificaciones grosor del tostón 1cm y diámetro 5cm.

**Ilustración 8:** Grosor del Tostón



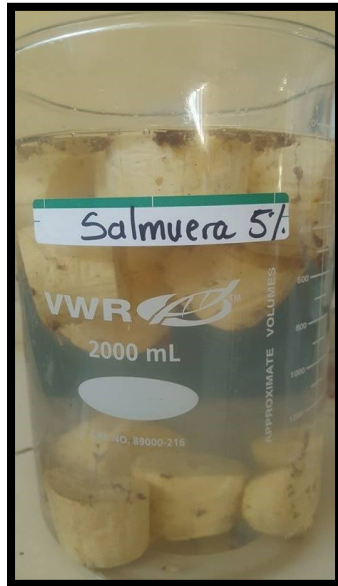
## **8.3. Métodos de conservación aplicados**

### **8.3.1. Preparación de la salmuera**

Se realizaron pruebas de salmuera para escoger el tiempo de sumersión de las muestras tal y como se muestra en la ilustración 9. Para realizar la formulación de la solución de la sal en agua para la elaboración de las salmuera se utilizaron las siguientes proporciones: 1000mL de agua a 5% gr de sal siendo su relación 50 g de sal por cada 1000 mL de agua.

Una vez establecida la solución y realizada la mezcla se procedió a introducir las preformas elegidas con grosor de 2.3 mm, para someterlos a tres tiempos de sumersión media hora, una hora, hora y media.

**Ilustración 9:** Muestras en salmuera a 5%



Durante el tiempo de residencia de las preformas se realizaron pruebas sensoriales con un panel conformado por docentes de agroindustria e investigadores tomando como criterios de selección la textura, sabor y color de las muestras, logrando llegar a la conclusión que el tiempo óptimo de permanencia en la salmuera al 5% fue de media hora ya que las preformas eran más aceptables porque contenían menos concentración de sal y por lo tanto, sabor agradable al paladar en relación a las otras que estuvieron durante la experimentación además este presento mejor color y textura.

### 8.3.2. Procedimiento de escaldado

Pruebas de escaldado según (Morato, 2012) a una temperatura entre 80 a 85°C se interpolaron los tiempos de residencia para determinar cuál es el tiempos más óptimo en un rango entre 60 y 90 segundos.

Aunque (Morato, 2012) señala esos tiempos y por motivos de evaluar las características de las preformas al aumentar el tiempo de residencia; se seleccionaron 60, 75 y 90 segundos de escaldado a una temperatura de 95°C la cual es la temperatura óptima para la inactivación de la enzima Peroxidasa. Logrando establecer que en las muestras de 75 segundos las preformas presentaron un color amarillento y las de 1 minuto color pálido (Ver ilustración 10). En lo que respecta a las propiedades que fueron evaluadas para la elección del tiempo fueron el color y sabor, además este procedimiento se realizó para inactivar enzimas.

Ilustración 10: Muestras de escaldado



Analizando las características presentadas por las proformas (sin escaldado) y su cambios durante el proceso de escaldado se estableció que las preformas de 1 minuto de escaldado a 95°C, es la que mostraba una buena coloración y un sabor agradable.

### 8.3.3. Métodos combinados

Durante la valoración de los métodos anteriores se planteó hacer uno en el que se incorpore tanto el método en salmuera como el de escaldado y así evaluar las características de los tostones al combinar los métodos.

Para su análisis se tomaron en cuenta el tiempo de salmuera y escaldado que presentaron los mejores resultados. Para realizar este procedimiento se evaluaron tres métodos:

- a. Media hora de salmuera – un minuto de escaldado: sabor poco agradable.
- b. Escaldado por un minuto- salmuera por media hora: textura dura.
- c. Un minuto de escaldado en salmuera: buena textura y sabor.

**Ilustración 11:** Muestras de los 3 métodos a evaluar



En la ilustración 11 se muestran los tres métodos evaluados de los cuales se tomaron en cuenta la variable textura y sabor siendo el tercer método (combinado) el que presenta las mejores características de los tostones, ya que se evidencia un color amarillo intenso, buen sabor y textura.

#### **8.3.4. Tiempo de cocción**

Tomando de referencia la máxima temperatura a la que alcanza la freidora (Ilustración 12) que es de 180°C, se dispuso a encontrar el tiempo óptimo de cocción de la preforma, donde se concretaron los rangos de tiempo 6, 7 y 8 minutos según (Maradiaga, Quintana, & Sánchez, 2011).

Para determinar el tiempo de pre frito de la preforma se tomó en cuenta los rangos descritos anteriormente (6, 7 y 8 minutos) a los cuales se evaluara el color, la textura, el olor y sabor. Esta valoración será establecida por los tesisistas en el laboratorio llegando a establecer que:

- a. Durante 6 minutos con espesor de 2.3mm el color, la textura, el olor y el sabor fue regular en una escala del 1 al 5.

- b. Durante 7 minutos con espesor de 2.3mm el color, la textura, el olor y el sabor fue regular en una escala de 1 al 5.
- c. Durante 8 minutos con espesor de 2.3mm el color, la textura, el olor y el sabor fue buena o aceptable en una escala de 1 al 5.

Por los resultados anteriores se definió que el tiempo un tiempo de 8 minutos para pre fritura ya que fueron los tostones que cumplía con los criterios evaluados (color, textura, olor y sabor) siendo aceptables al paladar de los tesisistas.

Ilustración 12: Pre forma pre fritas



Ilustración 13: Pre frito de las preformas



### 8.3.5. Método de congelación y vida útil

Una vez pre frito los tostones estos se empacaron al vacío se rotularon según el método, fecha y hora de almacenamiento tal y como se muestra en la ilustración 14.



Ilustración 14: Muestras congeladas



Seguidamente se sometieron a refrigeración con una temperatura de salida de 16°C, el tiempo de almacenamiento que estuvieron sometidos los tostones pre fritos fueron durante dos semanas, demostrando que el producto se mantiene conservado, sin presentar ningún rastro de deterioro. Cabe destacar que según (Cayón, Giraldo & Arcila, 2000) citado en (Criseno, Giraldo, & Villamizar, 2014) establece que la vida útil del plátano mínimamente procesado (pre congelados) ha alcanzado 15 días, en las frituras y pre cocidos 3 meses y las harinas de 6 a 9 meses. Además (Maradiaga, Quintana, & Sánchez, 2011) argumenta que aún con las condiciones de congelación y almacenamiento de las que se disponían los tostones no presentaron gran variabilidad en cuanto a características organolépticas aun permaneciendo durante más de un mes en congelación.

### 8.3.6. Punto de humeo

Según (Mendez, 2013) el punto de humeo es la temperatura a la cual una grasa o aceite comestible comienza a descomponerse. El proceso de descomposición se hace visible con la presencia del humo al sobrecalentarse, pero lo que ocurre a nivel interno es que los triglicéridos se separan al calentarse, en ácidos grasos y glicerol. El glicerol seguidamente se transforma en una sustancia algo irritante y tóxica conocida con el nombre de acroleína. La acroleína es una sustancia (aldehído)

líquida de fácil evaporación. Es tóxica para el hígado si es consumida y también es perjudicial respirarla.

Realizar esta es importante ya que se debe de tomar en cuenta la temperatura a la que pueden llegar los aceites al momento de freír un alimento. En el estudio se evaluó debido a que las pre formas fueron sometidas a un previo proceso de freído con la finalidad de obtener como producto final los tostones pre fritos. Cabe destacar que las grasas al pasar su punto de humo pueden volverse amargo perdiendo su valor nutricional y aportar malos sabores.

Para la realización de esta prueba (ver ilustración 15), se utilizó medio litro (500 ml) de aceite vegetal o aceite de soya el cual se utilizó para freír las preformas, logrando establecer que este alcanza una temperatura de 280°C antes que los triglicéridos se separen y el glicerol se convierta en acroleína.

Ilustración 15: Punto de humeo



#### **8.4. Análisis sensorial**

La encuesta que se presentó a los panelistas tiene 2 códigos para hacer referencia al tostón testigo y al tostón pre congelado para con la finalidad de que los criterios evaluados sean evaluados con transparencia por los panelistas ya estos no identificaran las muestras. El 325 establecido en la muestra esta designado para valorar el tostón fresco, en cambio el 710 para la muestra de tostón pre congelado, refiriendo a una escala del 1 al 7 para seleccionar los atributos del producto tales como: sabor, color y textura de los tostones fresco y pre congelados. Contando con

un espacio para que los panelistas nos hagan saber lo que gusto o disgusto de las muestras presentadas. (Ver encuesta en anexo 1).

La muestra de panelistas seleccionada fueron 32 los cuales fueron estudiantes y docentes de la Universidad, a continuación se presentan los resultados obtenidos.

En el grafico 4 muestran el comportamiento de los datos, el cual muestra que el color de la muestra 710 (tostón pre congelado) y 325 (tostón fresco) son diferentes para los panelistas gustando más la muestra 710. Y en sabor y textura muestran una leve diferencia en los resultados 710 y 325.

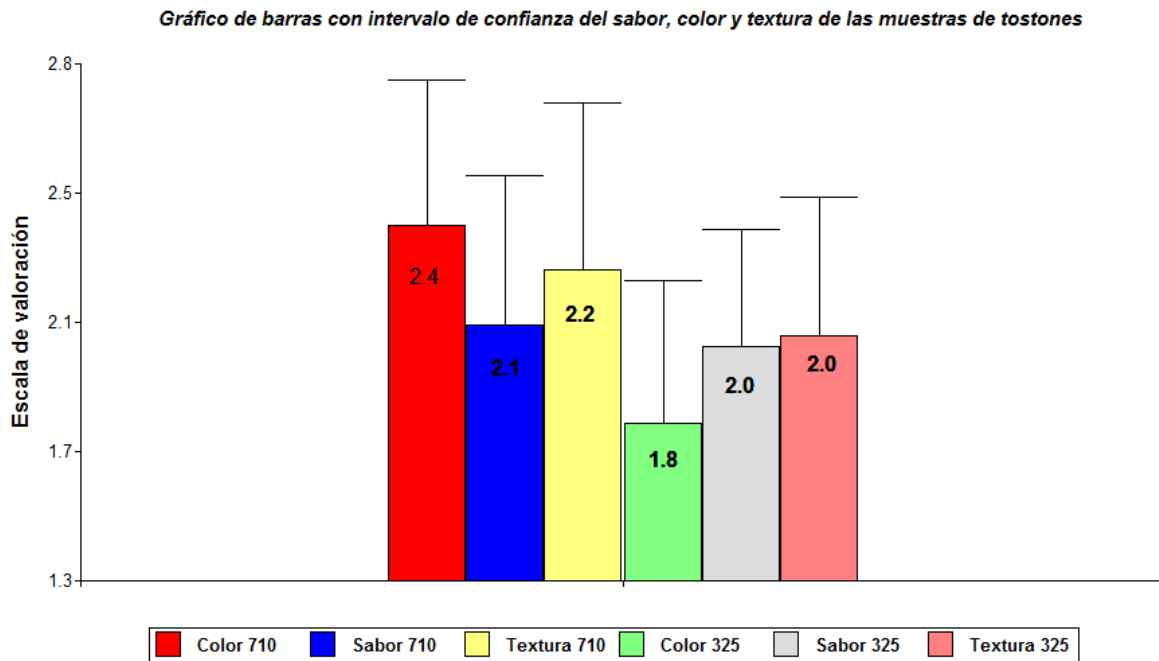


Gráfico 4. Gráfico de barra de intervalos de confianza de las muestras

- **Pruebas de hipótesis (T)**

**Tabla 4: Tabla de prueba T del color**

<b>Obs (1)</b>	<b>Obs (2)</b>	<b>N</b>	<b>Media (1)</b>	<b>Media (2)</b>	<b>T</b>	<b>Bilateral</b>
Color 710	Color 325	31	2.35	1.77	1.89	0.0681

El valor de P es igual a 0.0681 indicando una hipótesis nula, las personas no encontraron diferencia en el color de ambas muestras, lo que puede ser atribuido a que el color amarillo del tostón se mantiene tanto con el método combinado y el testigo. Es un factor positivo, ya que el producto mantiene el color al igual que uno recién elaborado.

**Tabla 5: Tabla de prueba T del sabor**

<b>Obs(1)</b>	<b>Obs (2)</b>	<b>N</b>	<b>Media (1)</b>	<b>Media (2)</b>	<b>T</b>	<b>Bilateral</b>
Sabor 710	Sabor 325	32	2.06	2.00	0.20	0.8466

El valor de P es 0.5983 indicando que los panelistas no encontraron diferencia en las muestras. Este dato, es importante ya que se esperaba que el producto no cambie el sabor en comparación con uno recién elaborado, esto indica que el método combinado mantiene el sabor del tostón y que la refrigeración no cambia este atributo en el alimento.

**Tabla 6: Tabla de prueba T de la textura**

<b>Obs(1)</b>	<b>Obs (2)</b>	<b>N</b>	<b>Media (1)</b>	<b>Media (2)</b>	<b>T</b>	<b>Bilateral</b>
Textura 710	Textura 325	31	2.23	2.03	0.53	0.5983

El valor de P es 0.5983 demostrando que los panelistas no encontraron ninguna diferencia en la textura de ambas muestras, por lo tanto, los tostones pre fritos mantienen su textura durante la refrigeración en comparación a la testigo,

corroborando que el método combinado es el adecuado para la conservación del producto.

**Tabla 7: Resumen de resultados**

<b>Resumen</b>	<b>Color 710</b>	<b>Sabor 710</b>	<b>Textura 710</b>	<b>Color 325</b>	<b>Sabor 325</b>	<b>Textura 325</b>
<b>N</b>	31	32	31	31	32	31
<b>Media</b>	2	2	2	2	2	2
<b>Mín</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Máx</b>	5	5	6	5	4	5
<b>Suma</b>	73	66	69	55	64	63

La suma de las opiniones del color de la muestra 325 indica que gusto más que el resto de variables. Y en el caso del color 710 suma 73 mostrando que este no fue aceptado en la evaluación por su apariencia seca y falta de color por lo tanto un punto para mejorar. Aunque este criterio puede haber o no afectado la aceptación del producto se puede argumentar que el método combinado para elaborar tostones pre fritos es una buena alternativa de conservación y comercialización.

En cuanto al promedio de las valoraciones, todas las muestras obtuvieron un valor igual, que significa que les gusta moderadamente, lo que se vio confirmado en las pruebas de hipótesis.

El valor máximo obtenido es 1 que significa que les gustó mucho, así que todas las muestras tuvieron excelente aceptación en los panelistas. Y el valor máximo fue 6 que significa que les disgustó poco refiriéndose a la muestra de tostones congelados en cuanto a la textura, y se observó en las hojas de evaluación que un panelista sugirió mejorar la textura de esta.

En una sociedad cambiante como la actual, diferentes aspectos han producido una racionalización del gasto y una modificación de los hábitos de consumo. Se introduce al mercado un nuevo producto desatancándose por una elaboración de alta calidad, donde satisfacer el gusto del cliente es el objetivo principal.

### Decisión de compra del producto

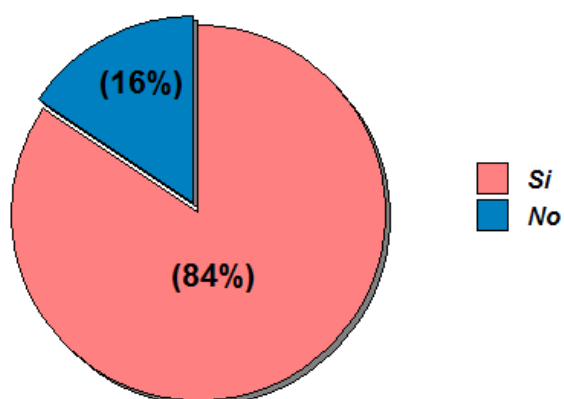


Grafico 5. Decisión de compra del producto

De los panelistas encuestados el 84% está dispuesto a comprar y solo el 16% lo rechaza. Este dato es positivo ya que los tostones pre fritos son aceptados y por lo tanto puede tener un mercado al momento que este sea comercializado. Este proyecto sin duda puede ser una alternativa de consumo para la población de Estelí, ya que las familias en la actualidad necesitan productos que les ahorre tiempo de preparación.

#### 8.5. Cálculos de rendimiento de los tostones

Se realizó el cálculo de los rendimientos en la producción de tostones pre fritos mediante balance de materia y energía para contabilizar las entradas y salidas de la materia prima para conocer las pérdidas que permita diseñar y establecer los tiempos de preparación. Este balance fue realizado aplicando el método combinado, ya que este fue el que presentó mejores características al momento de su elaboración y en las pruebas sensoriales realizadas.

### 8.5.1. Balance de materiales

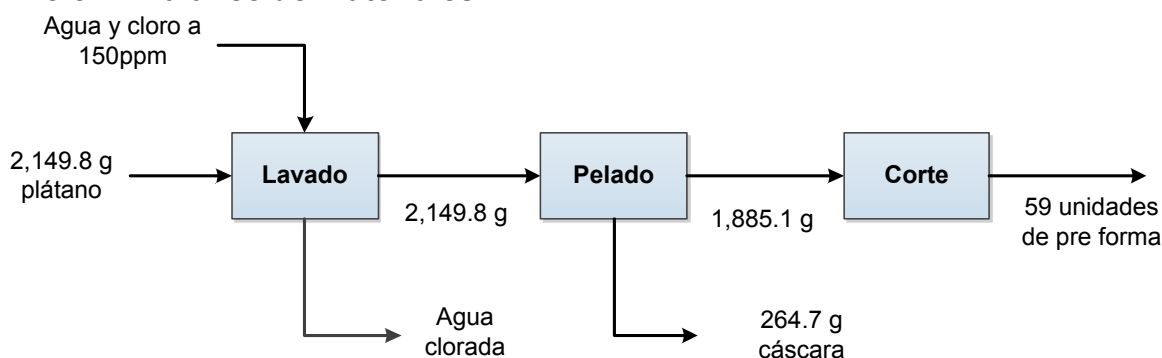


Ilustración 16. Balance de materiales del primer sistema

Para la optimización del proceso tecnológico se inició con la caracterización de la materia prima lo que arrojó como resultado que el rendimiento del plátano es de aproximadamente el 88%, los plátanos tuvieron un peso promedio de 2149.8 g ya que solamente fueron utilizados 6 con diferentes pesos, obteniendo pérdidas mínimas de cáscara (264.7g) durante el pelado. En el proceso de corte se obtuvieron 59 unidades de preformas de 2.3mm de espesor y diámetro de 5cm dado a que el peso promedio de cada una era de 31.95g y por cada plátano se obtenían 7 preformas.

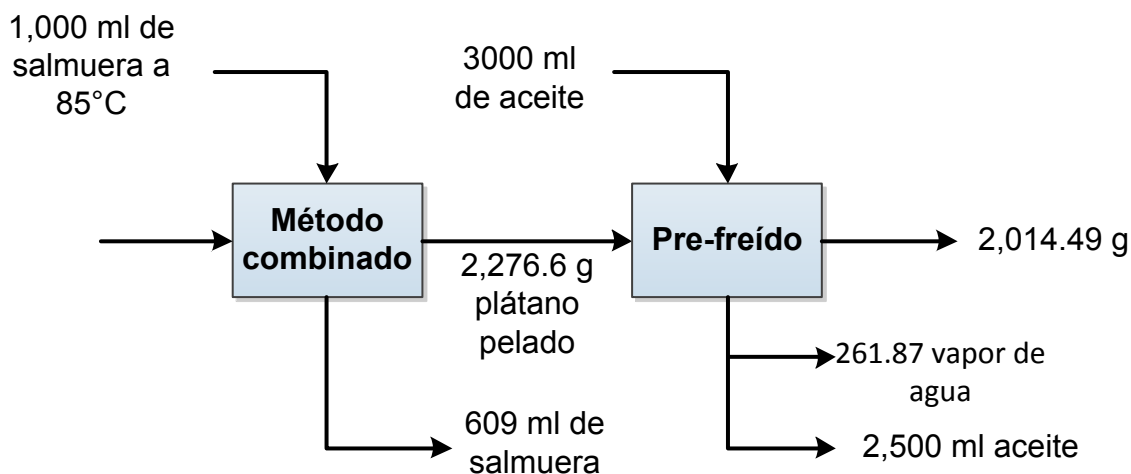


Ilustración 17. Balance de materiales del segundo sistema

Durante el proceso de preparación del método combinado las preformas aumentaron en peso dado a la interacción con la solución de salmuera a 85°C ganando 391g. Durante el pre frito disminuyó en peso debido a la pérdida de agua

durante la transferencia de calor por el aceite a 180°C, liberándose en forma de vapor de agua y dichas moléculas fueron sustituidas por grasas saturadas del aceite.

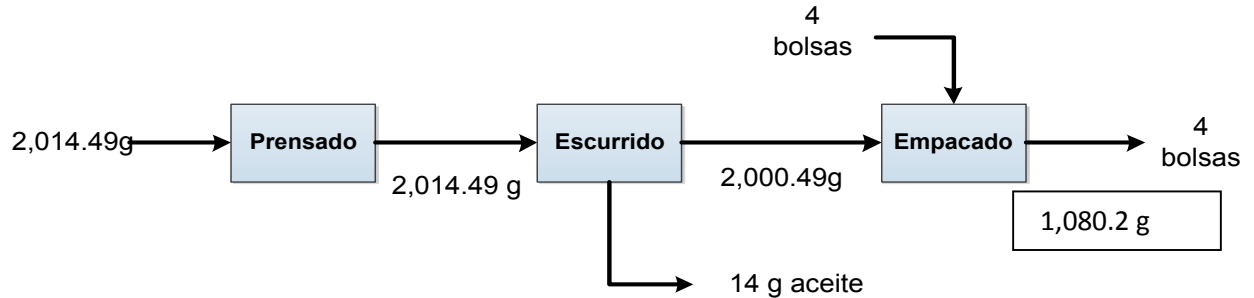


Ilustración 18. Balance de materiales del tercer sistema

Durante el escurrido de los tostones pre fritos se liberaron 14g de aceite que se habían incorporado en la fritura logrando obtener al final cuatro bolsas de tostones de 15 unidades en peso.

### 8.5.2. Balance de energía

Para el balance de energía se determinó la cantidad de calor emitida por el aceite para permitir la fritura de las preformas el cual se presenta de forma detallada a continuación:

#### Datos para el Aceite

$$m_1 = 3000\text{kg}$$

$$cp_1 = 0.458\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 30^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 180^\circ\text{C}$$

**Dónde:**

**Q** = Calor.

**M** = Masa

**Cp** = Calor específico



$\Delta T$  = Variación de temperatura.

Para el caso de la cantidad de energía que hay que suministrarle al aceite para que este alcance la temperatura adecuada para el proceso de fritura tenemos que:

$$Q = m \, c_p \, \Delta t$$

$$Q = (3000\text{kg})(0.458\text{kcal/kg}^\circ\text{C})(180^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})$$

$$Q = (3000\text{kg})(0.458\text{kcal/kg}^\circ\text{C})(150^\circ\text{C})$$

$$Q = \underline{206,100 \text{ kcal}}$$

Considerando que el sistema termodinámico no es ideal, y tiene una eficiencia térmica del 70% (C), se debe introducir un factor de corrección en los resultados anteriormente expresados. Quedando que:

$$Q_R = \frac{206100}{0.7} = 294,428.57 \text{ Kcal}$$

Siendo realmente necesario suministrar 294,428.57 Kcal al aceite para que este alcance la temperatura deseada (180°C).

Para el caso de la cantidad de energía necesaria para el proceso de fritura de los plátanos (preformas).

**Datos para el Plátano:**

$$T_2 = 80^\circ\text{C}$$

$$m_2 = 2.276000\text{kg}$$

$$Q = (2.276000\text{kg})(0.858\text{kcal/kg}^\circ\text{C})(80^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})$$

$$c_{p2} = 0.858\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$Q = 78.11232 \text{ Kcal}$$

$$T_1 = 40^\circ\text{C}$$

Aplicando el factor de corrección, en consideración de la eficiencia térmica de la freidora, tenemos que:

$$Q_R = \frac{78.11232}{0.7} = 111.5890 \text{ Kcal}$$

Para llevar a cabo el calentamiento de los plátanos (desde 40°C hasta 80°C) se deben suministrar 111.5890 Kcal.

Teniendo la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura del aceite y la del plátano se procede a la sumatoria de los términos individuales para obtener el total.

$$Q_T = Q_R \text{ aceite} + Q_R \text{ plátano}$$

$$Q_T = (294428.57 \text{ Kcal}) + (111.58990 \text{ kcal})$$

$$Q_T = 294,540.16 \text{ Kcal}$$

Para el proceso de fritura de los plátanos se necesitan 294,540.16 Kcal. (Bajo las condiciones planteadas).

### 8.6. Presupuesto parcial

Durante el proceso de evaluación de los métodos de conservación para la elaboración de tostones pre congelado se realizó la compra de la materia prima e insumos para realizar el proceso, para esto se detallan algunos costos que estuvo sujeta la investigación detalladas en la tabla 8.

Tabla 8. Presupuesto parcial en la compra de materia prima e insumos

<b>Materia prima e insumo</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costos total</b>
Plátanos	Unidad	12	C\$ 5.00	C\$ 60.00
Aceite	Litro	3	C\$ 30.00	C\$ 90.00
Sal	Libra	0.5	C\$ 2.00	C\$ 1.00
Agua	galón	6	C\$ 10.03	C\$ 60.18
Luz	KW/H	5	C\$ 0.95	C\$ 4.75
	KW	15	C\$ 0.10	C\$ 1.50
<b>Total</b>				<b>C\$ 217.43</b>

Dentro de los costos variables en gasto de materiales tenemos: compra de plátanos, sal y aceite haciendo un total de C\$151. En lo que respecta al costo fijo (agua, y energía) no se tiene contabilizado el gasto generado y por lo tanto no se tiene un valor exacto en lo que respecta a este costo por lo que se tomó un valor en promedio. Cabe señalar, que este gasto se realizó para la evaluación del método combinado.

## IX. CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar tres métodos de conservación para la elaboración de tostones pre fritos a escala de laboratorio, para lograr dicha evaluación se realizó la caracterización de los plátanos verdes realizando pruebas físicas de textura, olor y sabor con tres diámetros de preformas (2.3mm, 2.7mm y 3mm) donde se tomó el 2.3mm de grosor ya que fue el más adecuado para conseguir un tostón de tamaño uniforme. Durante la realización de las pruebas químicas se determinó que las muestras de plátano contenían almidón en su estructura ya que el ensayo realizado con la solución de yodo dieron positivo por la coloración azul negro en estas, el ácido málico contenido en las muestras presentaron valores de 0.03% y 0.04%; lo cual indica que los plátanos se encontraban en estado inmaduro, el índice de madurez presento un 21.7 en promedio, el pH y Brix obtenido fueron de 5.93 y 0.70 respectivamente.

Entre los métodos de conservación evaluados se empleó el de salmuera utilizando sal al 5% por cada 1000 ml de agua, seguidamente se sumergieron las preformas (2.3mm) dejándola en reposo durante tres tiempos (media hora, una hora, hora y media), que durante la valoración se eligió el tiempo de media hora, debido a que este presento mejores resultados en lo que respecta a la textura, color y sabor.

Otro método evaluado fue el escaldado que consistía en sumergir las preformas en agua a 95°C durante 60,75 y 90 segundos, la que de igual forma se valoró el color y sabor, logrando establecer que las preformas de 1 minuto de escaldado, es la que mostraba una buena coloración y un sabor agradable.

Una vez evaluados estos dos métodos se realizó el método combinado que consistió evaluar el tiempo escaldado y salmuera que presentaron mejores resultados en las preformas siendo el método seleccionado la de un minuto de escaldado en salmuera ya que presenta las mejores características de los tostones (color amarillo intenso, buen sabor y textura) logrando establecer que el método combinado es el que le confieren las mejores características a los tostones.

Una vez obtenidas las preformas se sometieron a un pre frito en aceite de soya; cabe mencionar que a esta grasa se le realizó el punto de humeo que es la temperatura a la cual una grasa o aceite comienza a descomponerse siendo en este caso 280°C. El proceso de pre frito consistió en someter las muestras de plátano en una freidora durante 6,7 y 8 minutos donde de igual manera se valoró el color, la textura, el olor y sabor siendo las de 8 minutos que presentaron atributos aceptables en comparación con la de 6 y 7 minutos respectivamente. Además de realizada esta prueba se dejaron las muestras durante dos semanas en refrigeración demostrando que la vida útil de los tostones rondan entre quince días a un mes.

Al realizar la evaluación sensorial con los panelistas se logró establecer que las muestras de tostones pre congelados y la muestra testigo no presentaban diferencias alguna en cuanto a su color, sabor y textura, sin embargo plantearon mejorar la textura lo cual es un atributo a considerar al momento de realizar otros estudios. Cabe señalar, que los tostones pre congelados tienen buena aceptación por lo que un 84% de los panelistas estarían dispuestos a comprarlos.

Al realizar el balance de materiales se logró establecer que el rendimiento del plátano fue de un 88% ya que solamente se obtiene un 12% de residuos orgánicos (cáscara), en el caso de las unidades de preformas obtenidas fueron 59 unidades con un peso promedio de 31.95 a partir de 1,885.1 gramos de plátano sin cáscara. En la etapa del empaque de los tostones elaborados se logran obtener 4 bolsas de 15 unidades en peso. En lo que respecta a la energía suministrada al aceite fue de 294,428.57 kcal y la que necesitaran las preformas para el proceso de fritura es de 111.5890 kcal.

Se evaluó el presupuesto parcial donde se establece que se tiene un gasto de C\$ 217.43, los cuales son los costos fijos y variables a los que estuvo sometida la investigación. (Revisar galería de fotos en anexos).

## **X. RECOMENDACIONES**

- Realizar un estudio para el aprovechamiento de desechos sólidos provenientes de la elaboración de tostones pre fritos, orientando así a una producción más limpia.
- Diseñar equipos innovadores para el corte de las preformas del plátano, logrando un producto uniforme y disminuyendo el tiempo en la etapa de corte, durante el procesamiento.
- Realizar estudio de vida útil del producto en un laboratorio con la finalidad de establecer con exactitud las variaciones en las características físico-químicas y organolépticas después de un tiempo transcurrido mayor a dos meses.
- Realizarles a los tostones análisis bromatológicos para determinar el valor nutricional del producto en un laboratorio de alimentos para establecer la tabla de información nutricional.
- Se recomienda poner en marcha el proyecto ya que existe un mercado para el producto, y en el estudio de campo realizado, por los autores se demuestra la viabilidad y su factibilidad en la iniciación de este.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- El Nuevo Diario. (21 de enero de 2013). *El Nuevo Diario*. Obtenido de El Nuevo Diario: <http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/275024-rivas-principal-exportador-platano/>
- Agroindustrial, N. C. (2004). Platano. En C. Agroindustrial, *Platano* (pág. 12). Nicaragua. Obtenido de <http://www.renida.net.ni/renida/IICA/e14-j60-pl.pdf>
- Aguilar, C., Carrillo, F., Diaz, S., Parreño, J., & Vallejo, L. (25 de Mayo de 2014). *Prueba del almidon (prueba de yodo)*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/laboratoriosbioquimica/bioquimica-i/prueba-del-almidon>
- Amaya, C. (noviembre de 2010). *propiedades fisicoquimicas de la digestibilidad del almidon de platano*. Obtenido de propiedades fisicoquimicas de la digestibilidad del almidon de platano: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/9621/1/182.pdf>
- Blasco, G., & Gómez, F. (27 de Noviembre de 2014). *Propiedades funcionales del plátano (Musa sp)*. Obtenido de [https://www.uv.mx/rm/num\\_anteriores/revmedica\\_vol14\\_num2/articulos/propiedades.pdf](https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf)
- Casallas, L. (2010). *Evaluacion del analisis fisicoquimico del banano comun (Musa sapientum l) transformado por la accion de la levadura Candida guilliermondii*. Obtenido de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis605.pdf>
- Chavarria, E. (2013). *Indices de madurez del plátano*. Recuperado el Marzo de 2016, de <http://es.slideshare.net/ELVISCHAVARRICHOLAN/indices-de-madurez-del-platano>
- Cifuentes, P. N. (2001). *Estudio de factibilidad para la producción de tajaditas fritas congeladas de plátano maduro*. Honduras.
- Conglomerado Agícola. (julio de 2011). *file:///C:/Users/Ing.%20Alejandro%20R/Downloads/35-Documento-Platano-*

20\_07\_2011.pdf. Obtenido de  
file:///C:/Users/Ing.%20Alejandro%20R/Downloads/35-Documento-Platano-  
20\_07\_2011.pdf: file:///C:/Users/Ing.%20Alejandro%20R/Downloads/35-  
Documento-Platano-20\_07\_2011.pdf

Cornejo, J. G., & González, V. C. (2014). *Producción de papas (Solanum Tuberosum L.) Precocidas Congeladas para propuesta de distribución de una planta procesadora en la Cooperativa Amistad del Chimborazo, Jinotega*. Estelí, Nicaragua: UNI.

CPML. (Agosto de 2012). *DISEÑO CONCEPTUAL Y BÁSICO PARA EL PROCESO DE "TAJADAS FRITAS DE PLÁTANOS PARA EXPORTACIÓN"*. Recuperado el 04 de Abril de 2016, de <http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Portal%20Empresarial/121009%20Dise%C3%B1o%20conceptual%20y%20b%C3%A1sico%20proceso%20tajadas%20fritas%20de%20pl%C3%A1tanos.pdf>

Criseno, M., Giraldo, G., & Villamizar, R. (01 de Febrero de 2014). *Caracterización fisicoquímica del plátano (Musa paradisiaca sp. AAB, Simmonds) para la industrialización*. Obtenido de <http://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/viewFile/313/578>

Dirección General de normas. (7 de Abril de 1961). *Ley General de Normas y de Pesas y Medidas*. Obtenido de Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-102-S-1978.PDF>

El Nuevo Diario. (28 de abril de 2014). *El Nuevo Diario*. Recuperado el Enero de 2016, de El Nuevo Diario: <http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/318103-genera-75-produccion-nacional-platano/>

Gualtero, M. (28 de Noviembre de 2011). *Incidencia en la cantidad de grasa absorbida en platano harton verde (musa paradisiaca) en fritura, por el uso de aceite de mezcla de aceites vegetales reutilizados*. Obtenido de Pontificia



Universidad

Javeriana:

<https://repository.javeriana.edu.co:8443/bitstream/handle/10554/8905/tesis839.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ingenieria Rural. (01 de 2009). *Tema 8. Las mediciones y el presupuesto*. . Obtenido de [https://previa.uclm.es/area/ing\\_rural/AsignaturaProyectos/Tema%208.pdf](https://previa.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema%208.pdf)

Instituto Tecnológico de Orizaba. (22 de Enero de 2007). *Ficha de seguridad química*. Obtenido de <http://ssfe.itorizaba.edu.mx/ntec13/webext/secure/hoja/WINKLER%20COMPLETO/ACIDO%20MALICO%20WINKLER.pdf>

Leon, J. (abril de 2013). *Plan de negocios para la produccion de mermeladas y conservas en almibar de la asociacion de pensamiento y corazon de las mujeres de San Cristobal Totonicapan*. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_3434.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3434.pdf)

Lopez, E., & Ochoa, J. P. (02 de abril de 2014). *analisis de la cadena productiva de platano para Chifle en los cantones: Palanda, Chinchipe, Centinela de Condor, Yantzaza, El Pangui y Nangaritza, provinica de Zamora Chinchipe y Gualaquiza; provincia de Morona Santiago*. Obtenido de <http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/cea3748b86dc6ad03de4c366288d2500.pdf>

Macotto, A., Masis, F., Gallo, E., & Molina, M. (29 de Septiembre de 2012). *Estudio de Factibilidad para la producción y exportación de tostones desde Rivas, Nicaragua hacia el mercado de Miami, EE.UU*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/249>

Maradiaga, K., Quintana, E., & Sánchez, S. (Octubre de 2011). *Estudio técnico para el procesamiento de tostones pre fritos congelados, realizado en la ciudad de León*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Leon): <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3637/1/220381.pdf>

- Mejia, L. (2013). *Evaluacion del comportamiento fisico y quimico poscosecha del platano dominico Harton (musa AAB Simonds) cultivado en el municipio de Belalcazar (caldas)*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9479/1/01107468.2013.pdf>
- Mendez, A. (13 de Agosto de 2013). *Punto de humeo*. Obtenido de <http://quimica.laguia2000.com/general/punto-de-humeo#ixzz4hBK6G2Ai>
- Minitab. (6 de Abril de 2016). *Minitab*. Obtenido de minitab: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/hypothesis-tests/basics/what-is-a-hypothesis-test/>
- Miranda, O. (02 de Abril de 2002). *Presupuestos parciales para la administracion de fincas*. Obtenido de Hoja informativa para el sector agropecuario: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210657.pdf>
- Morato, G. N. (1 de Junio de 2012). *Eroski consumer*. Obtenido de Eroski consumer: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2009/05/25/185488.php>
- Paritarios. (9 de mayo de 2017). [https://www.paritarios.cl/especial\\_propiedades\\_ventajas\\_platano.htm](https://www.paritarios.cl/especial_propiedades_ventajas_platano.htm). Obtenido de [https://www.paritarios.cl/especial\\_propiedades\\_ventajas\\_platano.htm](https://www.paritarios.cl/especial_propiedades_ventajas_platano.htm): [https://www.paritarios.cl/especial\\_propiedades\\_ventajas\\_platano.htm](https://www.paritarios.cl/especial_propiedades_ventajas_platano.htm)
- Reyes, H. I. (2010). *Propiedades de las Enzimas*. Recuperado el 04 de Abril de 2016, de [http://members.tripod.com/biol\\_uprponce/images/pdfs/ag04/Lab\\_06\\_Prop\\_Enzimas\\_s.pdf](http://members.tripod.com/biol_uprponce/images/pdfs/ag04/Lab_06_Prop_Enzimas_s.pdf)
- Rojas, R. (2014). *Contabilidad de costos*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12101/1/ricardorojasmolina.2014.pdf>
- Valderrama, J. O. (1999). *Información Tecnológica*. Brasil: Editorial del Norte.

Valerio, F. (15 de diciembre de 2014). *Determinación de los parámetros para la extracción de almidón del plátano bellaco (Musa paradisiaca)*. Obtenido de <http://revistascientificas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/517>

Vianica. (05 de Abril de 2015). <https://vianica.com/sp/go/specials/14-frutas-de-nicaragua.html>. Obtenido de <https://vianica.com/sp/go/specials/14-frutas-de-nicaragua.html>: <https://vianica.com/sp/go/specials/14-frutas-de-nicaragua.html>

Zevallo, N. (1 de Noviembre de 2015). *Producto Peruano*. Obtenido de Producto Peruano: <http://expoferiaproductosperuanos.jimdo.com/pl%C3%A1tano-verde/>

## **XII. ANEXOS**

### **Anexo 1. Test sensorial**

**Título:** Análisis sensorial de tostones de plátanos pre-fritos

N° \_\_\_\_\_

**Objetivo:** Comparar muestras de tostones pre fritos para encontrar diferencias significativas entre ellas.

A continuación se presentan muestras de tostones pre fritos donde los parámetros a evaluar son color, sabor y textura. Favor marcar con una X donde crea conveniente.

1. Me gusta mucho
2. Me gusta moderadamente
3. Me gusta poco
4. No me gusta ni me disgusta
5. Me disgusta moderadamente
6. Me disgusta poco
7. Me disgusta mucho

COLOR	1	2	3	4	5	6	7
710							
325							

SABOR	1	2	3	4	5	6	7
710							
325							

TEXTURA	1	2	3	4	5	6	7
710							
325							

Observaciones: \_\_\_\_\_

¿Estaría dispuesto a comprar este producto? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

## Anexo 2. Resultados del test sensorial

Tabla 9. Ponderado del test por atributo de color

Color	1	2	3	4	5	6	7
-------	---	---	---	---	---	---	---

<b>710</b>	8	10	9	1	3	0	0
<b>325</b>	16	10	2	1	2	0	0

Tabla 10. Ponderado del test por atributo de sabor

<b>Sabor</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>710</b>	14	8	6	2	2	0	0
<b>325</b>	12	8	11	1	0	0	0

Tabla 11. Ponderado del test por atributo de textura

<b>Textura</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>710</b>	12	8	7	2	1	1	0
<b>325</b>	14	8	7	0	2	0	0

### Anexo 3. Información complementaria

Tabla 12. Consolidado de las características físico químicas en las muestras de plátanos

<b>Características</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Promedio</b>
<b>pH</b>	5.72	5.6	5.56	5.63
<b>% acidez</b>	0.03	0.04	0.03	0.03
<b>Brix</b>	0.6	0.9	0.6	0.70
<b>IM</b>	20.34	24.41	20.34	21.70

Tabla 13. Porcentaje de rendimiento del plátano

<b>Rendimiento del plátano</b>		
<b>Peso neto (g)</b>	<b>Peso Cascara(g)</b>	<b>Rendimiento %</b>
2149.8	1885.1	88%

Tabla 14. Características físicas de las muestras

<b>Características físicas de las muestras</b>	
<b>Ensayo</b>	<b>Diámetro</b>
1	2.7
2	3
3	2.3

Tabla 15. Ponderado de las muestras sensoriales del tiempo de las frituras

<b>Control de ensayos para optimización de espesor de preforma y tiempo de pre-fritura</b>			
<b>Variables a controlar</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
	<b>Espesor</b>		
<b>Tiempos de fritura</b>			
6 minutos	Regular	Regular	Regular
7 minutos	Regular	Regular	Regular
8 minutos	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Tabla 16. Carta tecnológica del proceso de elaboración de los tostones pre fritos

<b>Operación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Especificación</b>	<b>Equipo y/o herramientas necesarias</b>
Recepción de materia prima	Se selecciona y separa la materia prima no apta para el proceso productivo por no cumplir con parámetros de calidad	Frutas con lesiones deformaciones o muy alto grado de madurez, no son aptas para proceso.	Actividad realizada de forma manual en pila de lavado
Lavado	Las frutas aptas para proceso son sumergidas en agua clorada y frotadas de forma manual a fin de eliminar desechos sólidos adheridos a la cáscara de la fruta y reducir la carga microbiana de la misma.	Se utiliza agua preparada con una concentración de 200ppm de cloro	Pila de concreto y guantes para la protección del personal
Pelado	Remoción de la cáscara de las frutas a fin de exponer la pulpa de las mismas y facilitar las etapas posteriores	Remover la cáscara de forma individual y manual procurando el mínimo de pérdidas o deterioro de la fruta	Cuchillos de acero inoxidable, mesas de acero inoxidable.

<b>Operación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Especificación</b>	<b>Equipo y/o herramientas necesarias</b>
Inmersión NaCl 5%	Las frutas peladas son almacenadas en tinas con una solución de salmuera a fin de prevenir el pardeamiento, a espera de seguir en el proceso productivo	Las frutas limpias y peladas se sumergen en una solución de salmuera al 5%.	
Corte	La pulpa se extrae de la solución de salmuera por partes manipulables y son cortadas para dar origen a la preforma del tostón	Los cortes son transversales con un espesor de 2.7 cm aproximadamente, iniciando el corte a 1cm después de un extremo.	Cuchillos de acero inoxidable, tablas plásticas para picar, mesas de acero inoxidable.
Fritura	Las pre formas son sumergidas en aceite caliente para reducir la humedad de las mismas.	Aceite de palma a 180°C Durante 5.5 minutos	Freidora de 25 lb de capacidad de canastillas dobles, cronómetro (reloj).
Tostoneo	Las preformas fritas y aun calientes, pero manipulables son ubicadas en moldes para ser comprimidos hasta su forma final.	Las pre formas son comprimidas desde 2.7 cm hasta 1 cm de espesor alcanzando un diámetro de hasta 8cm.	Tostonera de madera con orificios de 8cm de diámetro y una profundidad de 0.5cm en cada cara de la misma.
Congelación	Los tostones una vez han alcanzado la temperatura ambiente son dispuestos en bandejas para ser congelados.	Los tostones son introducidos en un sistema de congelación con temperaturas menores a los -8°C.	Congelador de gran potencia y velocidad de congelación.

<b>Operación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Especificación</b>	<b>Equipo y/o herramientas necesarias</b>
Empacado	Los tostones ya congelados son empacados por un número promedio de unidades por bolsa.	Se empacan en bolsas Seri grafiadas con toda la información de producción, vencimiento, recomendaciones y peso.	Selladora, mesa de acero inoxidable, bolsas plásticas Seri grafiadas.
Pesado	Los tostones ya empacados son pesados y el peso de cada bolsa es indicado de forma individual.	Las bolsas deben tener un peso aproximado a los 500gr con una desviación de 30gr.	Balanza digital, etiquetadora, mesa de acero inoxidable.
Almacenamiento	Las bolsas debidamente identificadas son almacenadas en un congelador para garantizar su vida útil	La temperatura de almacenamiento debe ser menor o igual a -8°C	Cuarto frío de gran capacidad de enfriamiento (- 30°C)

## Galería de fotos







Selección de los plátanos



Pruebas de acidez



Proceso de pruebas de acidez





Resultados de las pruebas de acidez



Contenido de almidón



Selección de tamaño de preformas para los tostones

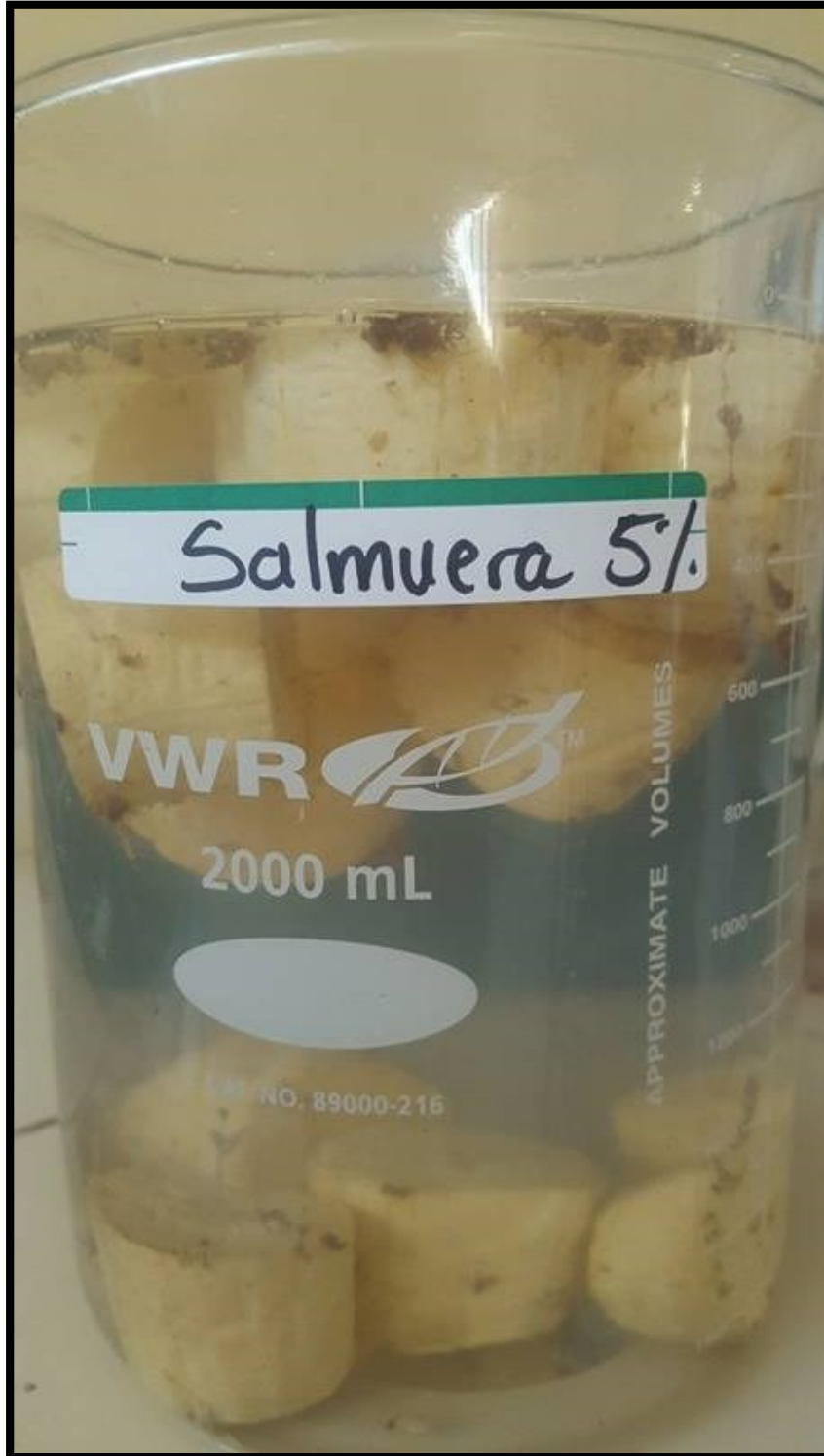




Pre frito de las pre formas



Primeras muestras de tostones



Muestras de ore formas en salmuera al 5%



Muestras del método de salmuera para congelar



Muestras de escaldado para congelar



Los tres métodos para congelar



Muestras congeladas después de 2 semanas



















Pruebas sensoriales