

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
UNAN - León
Facultad de Ciencias Químicas
Escuela de Ingeniería de Alimentos**



Tema:

***Estudio técnico para el procesamiento de tostones pre
fritos congelados, realizado en la ciudad de León.***

Para Optar al título de Ingeniero en Alimentos.

Elaborado por:

Br. Kelvin Francisco Maradiaga Gonzalez.

Br. Everardo José Quintana Morán.

Br. Sharon Rebeca Sánchez Delgado.

Tutor:

Msc. María Elena Vargas.

Asesor técnico:

Ing. Sergio Sebastián Lugo Mayorga.

León, Nicaragua

Octubre 2011



AGRADECIMIENTO

En primer lugar a ti Dios: Por acompañarnos durante este largo camino, gracias por darnos el entendimiento y la fuerza de voluntad necesaria para terminar este proyecto, por estar con nosotros a cada momento y enriquecernos de conocimiento a través de esta experiencia.

A nuestros padres: Gracias por su apoyo y amor incondicional, por estar en cada etapa de nuestras vidas, motivarnos a seguir adelante y comprendernos en los momentos más difíciles.

A Msc. María Elena Vargas e Ing. Sergio Lugo, que por medio de sus orientaciones y paciencia nos guiaron durante el proceso de nuestro proyecto hasta el final.

A nuestros docentes por transmitirnos sus conocimientos, experiencias y consejos para formarnos como buenos profesionales.

A todas aquellas personas que de alguna forma nos apoyaron y brindaron las herramientas necesarias e información requerida a lo largo de nuestro proyecto.

A todos muchas gracias.



DEDICATORIA

A Dios nuestro señor: Por bendecirme desde el momento en que me dio la vida, y su infinita misericordia, rodearme de amor y seguridad, y por haberme permitido dar un paso más en la trayectoria de mi vida, siendo siempre la razón de mi existencia.

A mis padres: Héctor Sánchez y Sonia Delgado las personas más importantes en mi vida y que amo con todo mi corazón, quienes me permitieron tener un hogar lleno de amor y respeto, y que gracias a sus sacrificios siempre me dieron lo necesario para tener una vida plena y feliz, enseñándome a enfrentar la vida con coraje y a ser una mejor persona cada día, mis mejores amigos con quienes siempre podré contar en todo momento y a quienes les debo lo que soy.

A mis abuelitos, tíos, primos: Con quienes he compartido momentos alegres y tristes dándonos apoyo incondicional en todo momento, que por medio de sus palabras y cariño me ayudaron a ver mis errores para mejorar, a los que ya no están conmigo físicamente (Mi abuelita Estela y mi tío Oscar Danilo) que siempre los guardo en mi corazón, y que en su momento me motivaron a prepararme para ser una persona independiente y capaz de hacer lo que me propusiera siempre y cuando me esforzara para lograrlo.

Br. Sharon Sánchez Delgado.



DEDICATORIA

A Dios: Por haberme dado fuerzas para seguir en los momentos que más lo he necesitado, por ser siempre la luz que me guía durante mis días de oscuridad, por ser la fuente de sabiduría que me hace discernir entre lo correcto y lo malo, por darme el valor y no desfallecer cuando me siento cansado.

A mi madre: Lesbia Morán Silva, quien ha velado por mi futuro de manera incondicional, gracias a los sacrificios de ella hoy soy capaz de culminar mi educación superior e iniciar un escalón más en mi desarrollo personal, por ser la amiga que sabe aconsejarme cuando necesito de consejos, por ser la motivación para seguir adelante, porque ha dado lo mejor de sus años para que yo pueda tener un mejor futuro, por ser quien me ha dado su amor incondicional y guía para un mejor futuro, porque predica con el ejemplo y no solo dice palabras.

A mi padre: Jorge Quintana Flores, porque sin su apoyo no habría sido posible llevar a cabo mi educación superior en este lugar, por ser buena fuente de consejos para la vida.

A mis hermanos: por ser fuente de inspiración para seguir adelante, por ser con quienes he aprendido el significado de tener alguien en quien confiar, porque siempre están para mí cuando requiero de su ayuda, porque de sus conocimientos han compartido con mígo, porque han fomentado mi desarrollo personal.

A todos espero ser capaz de enseñar a las generaciones venideras el significado de la familia y el apoyo que la misma debe dar a sus integrantes.

Br. Everardo José Quintana Morán.



DEDICATORIA

A Dios: porque me ha concedido la vida, me ha abierto el camino y me ha dado el espíritu de seguir siempre adelante a pesar de las dificultades que he tenido y enfrentado.

A Mis Padres y Hermanos (q.e.p.d), por haber guardado sus sueños y esperanzas en mí, donde estén celebran mi triunfo. *La memoria del corazón elimina los malos recuerdos y magnifica los buenos, y gracias a ese artificio, logramos sobrellevar el pasado*. Gabriel García Márquez

A mi hermano: con quiero compartir este triunfo.

A Lic. Valeska Maldonado R: por haber estado desde el inicio de esta carrera a mi lado, por compartir los buenos y malos momentos.

A, Lic. Julián Gómez M: Gerente Propietario de Lácteos LA COMPLETA Nicaragua, por todo su apoyo, comprensión y tolerancia hacia mí, para que terminara este trabajo, sin su ayuda, escalar el último peldaño de este reto hubiese sido más difícil. *El buen amigo te ayuda hacer mejor, amigo, esposo, padre e hijo. Se hace parte de tu familia no te saca de ella.* Ismalia Jimenez

A, mi Mamá: Prof. Anita Medal Altamirano por acogerme como su hijo, y estar siempre pendiente de mí en todo momento; comparto este y muchos otros triunfos que vendrán.

Br. Kelvin Francisco Maradiaga Gonzalez



Contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. OBJETIVOS	4
V. MARCO TEÓRICO	5
1. <i>Generalidades:</i>	5
2. <i>Aspectos Tecnológicos:</i>	8
VI. DISEÑO METODOLÓGICO.	23
A. Diseño de planta	23
B. Ingeniería del proyecto.	24
C. Determinación de Costos.	26
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	27
IX. RECOMENDACIONES	31
X. LISTA DE REFERENCIAS	32
ANEXOS	35
Anexo 1 Tamaño.....	36
Anexo 2 Ubicación.....	37
Anexo 3. Características.....	38
Anexo 4 Tiempos.....	41
Anexo 5 Control de ensayos.....	45
Anexo 6 Gasto energético.....	46
Anexo 7 Flujo.....	49
Anexo 8 Carta.....	52
Anexo 9 Ficha Técnica.....	54
Anexo 10 Costo de Producción.....	55
Anexo 11 Layout de planta.....	61
Anexo 12 Imágenes.....	62



I. INTRODUCCIÓN

El plátano es un producto de clima tropical de gran importancia económica por formar parte de la dieta de la población centroamericana. Es un fruto que se produce en las regiones de poco desarrollo industrial, y se comercializa en fresco y en menor escala, como producto procesado. Del plátano se pueden extraer gran cantidad de sub-productos como alcohol, harina, vino, vinagres, puré, almidón, rebanadas fritas y tostadas al igual que otros sub-productos ricos en azúcares y proteínas. Además el plátano puede ser aprovechado como suplemento alimenticio para animales bovinos. ⁽¹⁹⁾

En los últimos años los productores plataneros se han asociado, creando conglomerados para mejorar calidad y competitividad con su producto y aprovechar las condiciones del entorno internacional. Gran parte de la producción nacional de plátano se comercializa como plátano fresco en el mercado internacional (U.E., E.E.U.U. Honduras, El salvador, Costa Rica, Guatemala, Sierra Leona.) y en el mercado nacional. ⁽²²⁾

La producción del plátano genera ingresos de corto plazo al productor, y empleos permanentes en las actividades de manejo de la plantación. 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). ⁽²²⁾

Como una manera de contribuir al desarrollo de los conglomerados de producción platanera se presenta *El estudio técnico para el procesamiento de tostones pre-fritos congelados realizado en la ciudad de León.*

En la cual se especifican los parámetros de operación 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.



II. ANTECEDENTES.

El mercado del plátano nicaragüense se está ampliando, esto se debe a que los productores de plátano se han organizado en conglomerados/cooperativas lo que les permite garantizar una producción eficiente (gracias a la asesoría de algunos organismos). Nicaragua actualmente exporta plátano fresco, sin embargo algunas cooperativas adicionan valor al plátano pelándolo y empacándolo en bolsas de polietileno, que posteriormente embalan en cajas de 50 lbs., luego dichas cajas son almacenadas a 3°C para ser exportadas, principalmente hacia Honduras (DINANT S.A.) en donde se utilizan para la elaboración de snacks. ^(20, 22, 19)

Existen tres Plantas Procesadoras de Plátano en Nicaragua dedicadas principalmente al acondicionamiento y empaque del plátano para la exportación tales como: EXPOTOSI, EXPOSUR y COFRUTARI, esta última posee tres líneas: Fritura, Vegetales y Pulpa. De las frituras, encontramos dos presentaciones, de 55 y 100 gramos las cuales vende en el mercado nacional. ⁽²²⁾

Chinandega exporta más de 150 mil libras de plátano pelado a Honduras, los productores están organizados en cooperativas, entre ellas La COPLOV y La Esperanza, cuentan con un centro de acopio, se han especializado gracias al apoyo de múltiples organismos, en procesos de pelado y empacado de frutas frescas, para su comercialización en el mercado internacional. (Boletín electrónico cuenta reto del milenio edición 167)

Actualmente no se dispone de documentos oficiales publicados en Nicaragua que muestren haber realizado estudios en los aspectos técnicos para la elaboración de tostones pre-fritos congelados.



III. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de musáceas en Nicaragua se calcula en unas 90,700 manzanas distribuidas en 51,665 unidades productivas y 83,963 productores individuales; el total del área sembrada de plátano a nivel nacional se calcula en 25,600 manzanas las que generan una producción estimada en unos 900 millones de dedos a un costo calculado de U\$55 millones de dólares.⁽²²⁾

Según el informe agropecuario acumulado del Magfor, Nicaragua exportó para junio de 2009, 11,471,900 kilos de plátano generando ingresos por U\$1,887,900 dólares.⁽²³⁾

Los productores de plátano de la zona de occidente cuentan con suficiente producción todo el año, como para cubrir la demanda del mercado local se cultivan unas 3,025 manzanas de plátano entre León y Chinandega, los precios fluctúan en algunas temporadas del año por el volumen de producción de cada plantación, por el cambio de invierno a verano y la época de siembra, y otros factores propios del cultivo.⁽²²⁾

Debido a la sobre saturación del producto en algunas temporadas, los precios del plátano son bajos y no dejan un margen de ganancia razonable a los pequeños y medianos productores, por lo que la búsqueda de alternativas para dar valor agregado al producto es una necesidad para la producción del país.

Esto motiva al desarrollo de un estudio técnico para una planta procesadora de tostones pre-fritos que sirva de guía a futuros inversionistas para motivar a la producción platanera y así mismo incrementar la disponibilidad de productos derivados del plátano, logrando de esta manera un incremento en la comercialización de plátano a nivel nacional e internacional.⁽¹⁹⁾



IV. OBJETIVOS

General

1. Realizar el estudio técnico para el diseño de una planta procesadora de tostones pre fritos congelados en la ciudad de León.

Específicos

1. Diseñar una planta para la elaboración de tostones pre-fritos congelados.
2. Optimizar el proceso tecnológico de tostones pre-fritos congelados estableciendo las características del producto terminado.
3. Diseñar la ficha técnica del producto terminado.
4. Determinar los costos de producción de tostones pre-fritos congelados.



V. MARCO TEÓRICO

1. Generalidades:

1.1. Producción Nacional.

Resultados de la encuesta de producción de banano, indican que en el período Enero-Mayo del 2009 se alcanzó un volumen de producción de 1,327.9 miles de cajas de 42 libras, lo que representa una ejecución del 61.9% con relación al estimado para el año 2009. En comparación a la producción registrada en igual fecha del período anterior, se observa que la actual es mayor en aproximadamente un 41.2%.

Del volumen total de la producción obtenida, el 72.4% correspondió a producción con calidad exportable y el 27.6% fue para el consumo interno.

El área actual sembrada se estima en 1,040 manzanas, de las cuales a la fecha se reportan en producción 1,021 manzanas. ⁽²³⁾

1.2. Estructura general de la cadena de valor del plátano en Nicaragua.

La cadena del plátano inicia con la producción primaria que se realiza en las fincas de los productores, en donde se contrata factores de producción como tierra, mano de obra, semillas, agroquímicos, maquinaria, herramientas y capital de trabajo, para obtener como producto el plátano fresco.

Las características nutricionales del plátano permiten utilizarlo en la industria y ser consumido como producto fresco después de haber pasado por un riguroso manejo post-cosecha de inspección, selección y clasificación.

Respecto al eslabón industrial, el plátano puede procesarse para la obtención de harinas, cocidos y precocidos, productos que son distribuidos de acuerdo a sus características en mercados nacionales e internacionales, a través de distribuidores mayoristas y minoristas hasta llegar al consumidor final.

Esta cadena consta de tres eslabones principales: La fase primaria o de producción agrícola, seguido del eslabón de comercialización que incluye la exportación, la comercialización en los países importadores y consumidores y la comercialización interna que incluye a la industria; y finalmente el tercer eslabón principal es el consumo. ⁽²⁰⁾



1.3. Estructura insumo-producto.

La estructura insumo-producto de la cadena del plátano de Nicaragua incluye cuatro eslabones principales: la producción primaria, el procesamiento industrial, la comercialización y el consumo.

Estos eslabones están enlazados por las funciones y agentes que trabajan las actividades de apoyo como la provisión de insumos, servicios y conocimientos. Como resultado de tal coordinación, se obtiene un producto listo para ser consumido en el ámbito local como producto fresco o procesado y para exportación como producto fresco o semi-procesado.⁽²⁰⁾

1.4. Producción Agrícola.

La producción de plátano en Nicaragua se realiza durante todo el año. Esta actividad, se concentra en la región del Pacífico principalmente en los departamentos de Rivas y Chinandega, debido fundamentalmente a la disponibilidad de infraestructura.

Se conoce que en el 2002, se contaba con un área sembrada de plátano de 6.3 mil manzanas distribuidas en los Departamentos de Granada, Rivas, Carazo, Masaya, León y Chinandega. Actualmente, se estima que el área total de producción es de 10 mil hectáreas.

Sólo en el departamento de Rivas se cultivan unos 7.5 mil hectáreas de plátano, de las cuales se comercializan 400 millones de dedos anualmente. Se estima que 1.5 mil hectáreas se encuentran bajo riego.

En este eslabón de la cadena se involucran unos 990 productores de plátanos, de los cuales, 660 son pequeños, 320 medianos y 8 grandes productores.

El 78% del total de productores se concentra en Rivas, el 10% en Granada, el 9% en Masaya y el 3% Chinandega y León. Actualmente, la producción de Chinandega es destinada al consumo interno principalmente, y la producción de Rivas se comercializa tanto en el mercado interno como externo, ya que la producción proveniente de la Isla de Ometepe se exporta a Centroamérica.⁽²⁰⁾

1.5. Características de la producción.

La producción de musáceas en Nicaragua se realiza durante todo el año, la que más sobresale en producción es el plátano, que se concentra en los departamentos de Chinandega – León – Managua – Rivas, todos de la zona del Pacífico.

Existen dos estaciones bien marcadas de producción, debido a la falta de disponibilidad de riego en la mayoría de las unidades de producción, la temporada alta, Octubre – Marzo y la temporada baja de Abril – Septiembre.



En la mayoría de los municipios los productores utilizan tecnologías tradicionales con poblaciones que oscilan entre 1,200 y 1,800 plantas por manzanas, obteniéndose rendimientos entre las 11,000 y 18,000 unidades por manzanas.

En la Isla de Ometepe se produce la variedad cuerno gigante sin sistema de riego y sin aplicaciones sistemáticas de insumos, este método de siembra es utilizado por los pequeños productores de plátano.

Una vez cosechado el plátano, se procede al manejo post cosecha, es aquí donde se presenta uno de los cuellos de botella para los y las productoras de plátano o guineo sobre la falta de recursos para manejar de una forma tecnificada el fruto, la falta de lugares con condiciones técnicas de acopio y manejo, para hacerlo llegar al mercado para su consumo ya sea como fruta o para su procesamiento industrializado.⁽²²⁾

1.6. Principales usos del plátano en la industria alimentaria.

Plátano pelado empacado y enfriado, plátano procesado industrialmente congelado en empaques especiales para la exportación, los productos chips de plátanos en bolsas laminadas y la harina de plátano para uso industrial de alimentos.⁽²⁴⁾

1.7. Consumo nacional

En primer lugar los más grandes consumidores de las musáceas son las familias rurales, seguidos por los hogares consumidores urbanos, restaurantes, negocios gastronómicos informales. Por otro lado el uso del plátano en la PYME es muy bajo en su utilización como materia prima de transformación industrial alimentaria.

La tendencia del consumo de plátano es aumentar, no solo de plátano fresco, sino también congelado. Restaurantes y supermercados prefieren el producto congelado debido a la facilidad de conservar y congelar el alimento. Así también la industria procesadora de bocadillos, alimentos infantiles, harinas, etc.



2. Aspectos Tecnológicos:

2.1. Propiedades Físicas de los alimentos.

2.1.1. Conductividad:

La conductividad térmica de un material es una medida de la capacidad de dicho material para conducir calor.

Los diferentes materiales almacenan calor en forma diferente y se ha definido la propiedad de calor específico C_p como una medida de la capacidad de un material para almacenar energía térmica.

La conductividad térmica de un material se puede definir como la relación de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de transferencia de temperatura.

- Para el agua a 20°C

$$K_{H_2O} = 0.607 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$C_p_{H_2O} = 4.18 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$$

(33)

- Para el hielo de -17.77 °C hasta 0°C.

$$C_p = 1.924 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$K = 2.2138 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 0.1239 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

(27)

- Para el aceite totalmente líquido en un intervalo de temperatura de 15°C-60°C

$$C_p = 0.462 + 0.00061 t; \text{ siendo } t \text{ una temperatura dada. (Kcal/kg}^\circ\text{C)}$$

(6)

En el caso del coeficiente convectivo de transferencia de calor:

$$h = 276 \text{ y } 261 \text{ W/m}^2\text{}^\circ\text{C} \text{ para aceite fresco y usado de soya a } 190^\circ\text{C}.$$

$$h = 261 \text{ y } 258 \text{ W/m}^2\text{}^\circ\text{C} \text{ para aceite fresco y usado de palma a } 180^\circ\text{C}$$

$$h = 265 \text{ y } 249 \text{ W/m}^2\text{}^\circ\text{C} \text{ para aceite fresco y usado de maíz a } 170^\circ\text{C}$$

(30)



- Para el caso del plátano fresco con 76% de humedad y a 27°C;

$$K = 0.481 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$C_p = 3.59 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 0.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

(33)

2.2. Fundamentos de congelación.

El empleo de bajas temperaturas es uno de los más antiguos métodos para conservar los alimentos. Cuando las bajas temperaturas solidifican el agua contenida en los alimentos, esta deja de estar disponible para reacciones que suelen constituir la degradación de alimentos.

El efecto combinado de las bajas temperaturas y la reducción de la actividad de agua causan la inhibición total o parcial de los principales agentes de la degradación de los alimentos:

1. Crecimiento y actividad de los microorganismos.
2. Actividades metabólicas de los tejidos animales y vegetales tras el sacrificio o la recolección.
3. Reacciones enzimáticas y químicas.

El empleo de bajas temperaturas en el almacenamiento de los alimentos, ya sea para refrigerar o congelar permite alargar su vida útil, tanto en productos frescos como procesados, durante periodos de tiempo relativamente largos manteniendo sus propiedades nutricionales y organolépticas.

2.2.1. Refrigeración

Es la reducción y el mantenimiento de la temperatura del alimento por encima de su punto de congelación, siendo las temperaturas más habituales las comprendidas entre 8°C y -1°C. La refrigeración solo implica cambios en el calor sensible del alimento. Al no ser muy grande la disminución de temperatura, la inhibición de los principales agentes del deterioro de los alimentos es parcial.



2.2.2. Congelación

La congelación, al igual que la refrigeración, utiliza el descenso de temperatura para prolongar el período de conservación de los alimentos. La congelación representa para muchos alimentos el mejor medio de conservación a largo plazo, pues asocia los efectos favorables de las bajas temperaturas a los de la transformación del agua en hielo.

En efecto ningún microorganismo puede desarrollarse a una temperatura inferior a -10°C ; por lo tanto el usual almacenamiento de los productos congelados es a -18°C lo que impide toda actividad microbiana, la velocidad de la mayoría de las reacciones químicas queda notablemente reducida.

La formación del agua en cristales de hielo, tiene a su favor la ausencia del agua como disolvente y como reactivo, lo que reduce la velocidad de las reacciones a casi cero; pero la formación de cristales de hielo tiene el inconveniente de originar frecuentemente un deterioro mecánico de la textura del tejido.

De los diferentes métodos de congelación existentes, por aire, por elementos criogénicos, etc., el más recomendado para el proceso de elaboración de alimentos de dimensiones reducidas congelados es el de congelación rápida individual.

Congelación Rápida Individual (IQF):

IQF son las siglas que en inglés significan Individual Quick Freezing, o congelación rápida de manera individual.

Este proceso de congelamiento rápido permite que los cristales de hielo que se forman dentro de las células de los tejidos sean de tamaño muy pequeño y de esta manera se evita que las paredes celulares que conforman los tejidos vegetales se rompan.

Por lo tanto al descongelar el producto no hay derrame de fluidos celulares, lo cual garantiza una textura, valor nutritivo y sabor igual al de un producto recién cosechado.

La diferencia sustancial entre una congelación IQF y una congelación lenta es el tamaño del cristal que se forma. En la segunda el cristal es tan grande que rompe las paredes celulares, permitiendo el derrame de fluidos internos y por ende un deterioro en textura, sabor y valor nutritivo.

Adicionalmente, el uso de este proceso garantiza que los productos no necesiten de ningún tipo de químicos o preservantes para su conservación. Además es importante recalcar que gracias a los cambios dramáticos de temperatura se reduce de forma importante la presencia de microorganismos.



2.2.3. Cálculo de la potencia frigorífica necesaria.

La congelación consiste en la transferencia de cierta cantidad de calor, de manera que se reduce la temperatura de cierto nivel inicial (mayor) a uno final (menor), que corresponde al deseado. La potencia frigorífica se define como la cantidad de calor a eliminar por unidad de tiempo (Kcal/h, Kcal/min, etc.), del producto al que se desea conservar

La cantidad total de calor a eliminar es igual al calor específico del alimento multiplicado por la diferencia entre la temperatura inicial y final

$$1 \text{ Kcal/min} = 69,767 \text{ watts}$$

2.3. **Descongelación:**

La descongelación de un alimento es más lenta que la congelación, por la formación de una capa líquida en la superficie y después en las zonas interiores del producto; la conductividad térmica del agua es unas 4 veces menor que la del hielo, que transmite mejor el calor cuanto más frío esté.

Es desfavorable el mantenimiento prolongado del producto a una temperatura ligeramente inferior a 0°C. Esto se debe a tres motivos:

1. El producto queda expuesto a condiciones relativamente altas de solutos;
2. Los cristales de hielo se agrandan;
3. Se favorece el desarrollo de microorganismos psicrófilos, debido a que el exudado se enriquece en compuestos nutritivos, etc.

Por esta razón se recomienda realizar un descongelado rápido. ^(13, 14, 18, 8, 9)

2.4. **Características del plátano**

Las Musáceas, son plantas herbáceas con pseudotallos aéreos, que se originan de cormus carnosos, en los cuales se desarrollan numerosas yemas laterales o hijos. Las hojas tienen una distribución helicoidal (filotaxia espiral) y las bases foliares circundan al tallo (cormus) dando origen al pseudo tallo. La inflorescencia es terminal y crece a través del centro del pseudo tallo hasta alcanzar la superficie. ⁽³⁴⁾



2.4.1. Descripción del Plátano:

El fruto en forma de baya pertenece a la familia de las musáceas que contienen aproximadamente unas 100 especies, los plataneros son plantas perennes, pueden medir entre 4 y 15 metros de altura.

El tallo termina en una roseta de hojas elípticas u oblongas, cada planta posee una inflorescencia con brácteas rojizas o violetas compuestas de numerosas florecitas que se sitúan al final de un gran pedúnculo que se inicia en el rizoma y atraviesa el falso tallo, las flores masculinas están situadas en la parte superior y las femeninas están en la parte inferior, estas al madurar producen los frutos; en conjunto todos ellos forman los racimos de plátano que pueden llegar a tener entre 60 y 200 frutos.

Todo el racimo pesa entre 30 y 50kg. El falso tronco se seca cuando maduran los frutos, es cortado al nivel de tierra para rebrotar al año siguiente a partir de un rizoma subterráneo.⁽⁴⁾

El fruto tarda entre 80 y 180 días en desarrollarse por completo, este tiempo depende de la temperatura ambiental, la variedad de plátano, la humedad del suelo y las prácticas hortícolas.⁽²⁵⁾

El fruto tiene una longitud que oscila de 10 a 30 cm. de largo y hasta 5 cm. de diámetro, suelen formarse desde 25 hasta 80 dedos por racimo con pesos que oscilan dentro de los 10 hasta los 20kg.⁽¹⁾

2.4.2. Bioquímica

2.4.2.1. Relaciones Hídricas.

La piel de los bananos contiene estomas y éstos continúan transpirando después de cortado el racimo. La magnitud de la transpiración depende de la temperatura y humedad. La fruta verde, inmediatamente después de cortada, muestra una baja inicial de la muestra transpiratoria y luego se estabiliza en un nivel continuo que depende de la temperatura y la humedad.

Por lo regular existe un aumento final en la pérdida de agua, lo cual está relacionado con los cambios degenerativos de la piel causados por ataques fungosos debido a que la piel en este estado está envejeciendo, la pérdida difícilmente puede atribuirse a la transpiración.

La proporción pulpa/cáscara aparenta estar regida, en gran parte por las relaciones del agua en la fruta dicha proporción es 1.2-1.6 en la fruta verde, según su estado de sazón y aumenta de 2.2-2.4 en la madurez avanzada, llegando a 3.0 o más en la fruta podrida después de un almacenamiento prolongado. El aumento de la proporción pulpa/cáscara está relacionada con la variación de las concentraciones de azúcar en los dos tejidos.⁽³⁴⁾



2.4.2.2. *Carbohidratos.*

El carbohidrato dominante en los bananos verdes es el almidón, que en la fruta madura es reemplazado, en gran parte por sacarosa, glucosa y fructosa. La maltosa también ha sido encontrada en pequeñas cantidades.

Los azúcares están presentes en las frutas verdes sólo en cantidades muy pequeñas promediando de 1-2% de la pulpa tierna, aumentando de 15-20% en la madurez y coincidiendo al inicio de dicho aumento con el período climatérico de la respiración. Simultáneamente el almidón desaparece y su contenido baja.

(34)

2.4.2.3. *Acidez.*

La acidez de la pulpa expresada en pH y acidez titulable, alcanza el máximo en el climaterio o poco después y por lo general causa luego, un ligero descenso a medida que la maduración progresa.

La piel o cáscara de la fruta muestra una tendencia similar, pero ligeramente retardada con respecto a la de la pulpa, lo que no es de extrañar en vista del hecho que la maduración se inicia desde el corazón de la masa hacia fuera de la misma.

El ácido oxálico excede al málico y al cítrico en la fruta verde pero declina con la maduración, convirtiéndose el málico en el principal componente. (34)

2.4.2.4. *Sustancias volátiles.*

Uno de los rasgos característicos en la maduración lo constituyen las sustancias volátiles, detectables por el aroma que generan. Los bananos que maduran producen etileno al igual que muchas otras frutas durante el climaterio. Los gases producidos al madurar, aceleran la maduración de la fruta preclimatérica. Este gas debe ser considerado como un importante acelerador autocatalítico de la maduración. (34)

2.4.2.5. *Pigmentos.*

La cáscara o piel de los bananos verdes contiene clorofila, caroteno y xantofila. Una de las primeras señales de la maduración visible por primera vez cuando la respiración climatérica alcanza su máximo, es un cambio del color de la piel, desapareciendo la clorofila para revelar la pigmentación amarilla causada por la xantofila y carotenos residuales. La cáscara durante la maduración le transfiere agua a la pulpa, ligeramente disminuyendo los carotenos y xantofilas totales presentes en la cáscara. (34)



2.4.3. Caracterización de la materia prima.

En el proceso de elaboración de tostones pre-fritos congelados se han de tener en cuenta las características de la materia prima a utilizar, considerando las exigencias de calidad y el rendimiento. En función de los dos aspectos mencionados con anterioridad, la variedad de plátano a utilizar como materia prima debe relacionarse con los siguientes puntos:

- Índice de madurez.
- Peso, tamaño y grosor. Con la finalidad de obtener el mayor rendimiento productivo.
- Uniformidad. Ausencia de deformaciones, lesiones visibles, coloraciones fuera de lo característico.

Composición de la pulpa de plátano (por cada 100gr.)

Agua	74,2 gr	Hierro	0,31 mg
Energía	92 Kcal	Selenio	1,1 mg
Proteínas	1,03 mg	Vitamina A	81 UI
Grasa	0,48 gr	Tiamina	0,045 mg
Carbohidratos	23,43 gr	Riboflavina	0,10 mg
Fibra	2,4 gr	Vitamina C	9,1 mg
Potasio	396 mg	Niacina	0,54 mg
Cinc	0,16 mg	Vitamina E	0,27 mg
Calcio	6 mg	Sodio	1 mg
Fosforo	20 mg	Magnesio	29 mg

Extraído de “Elaboración de harina de plátano de la variedad cuerno”⁽⁴⁾



2.5. Almacenamiento de la materia prima.

2.5.1. Respiración y actividad respiratoria:

2.5.1.1. *Producción de etileno:*

El etileno es un gas que acelera los procesos metabólicos. La producción de etileno puede estar favorecida por los daños mecánicos sobre los tejidos vegetales.

Se puede utilizar el etileno para acelerar la maduración en los frutos climatéricos debido a que se ha visto un paralelismo entre el punto climatérico y la producción de etileno en estos frutos. En los frutos no climatéricos la adición de etileno no mejorará la maduración sino que acelerará la senescencia por lo que no conviene añadir etileno en estos casos.

A medida que el proceso de maduración avanza, los azúcares complejos se degradan en azúcares más simples, a partir de la hidrólisis de almidones, siendo esta la causa del característico dulzor de las frutas maduras, se dan cambios estructurales que dan una apariencia y textura suave menos rígida y se forman compuestos volátiles que pasan a formar el aroma característico de las frutas maduras. ⁽¹²⁾

2.5.2. Condiciones de almacenamiento:

La temperatura es un factor importante para reducir la velocidad de maduración de las frutas y hortalizas, y por tanto para aumentar su vida útil en estado fresco, que es lo que se necesita para garantizar continuidad del proceso productivo de elaboración de tostones pre-fritos congelados.

Las bodegas de almacenamiento deben enfriarse antes de la entrada del producto. La temperatura de la fruta debe bajar hasta 13°C tan pronto como sea posible. La fruta verde-madura puede conservarse por 1 a 4 semanas; dependiendo de las condiciones de manejo y estado de madurez de la misma. Una vez maduro, el plátano no dura más de 2 a 4 días, dependiendo de la temperatura del medio ambiente. El plátano debe permanecer almacenado a 13°C -14°C, con una humedad relativa del 90 al 95% para el plátano verde-maduro o pintón y de 85% si está maduro. La bodega debe contar con un buen sistema de ventilación para eliminar el etileno y los otros gases producidos durante la respiración del fruto. ^(12, 2)

2.5.3. Daño por frío:

Un descenso muy agudo de la temperatura puede generar daños superficiales en el plátano.

Temperaturas de 11°C a 12°C producen daño por enfriamiento. La fruta verde-madura es ligeramente más sensible al frío que la madura.

La fruta afectada presenta decoloración de la cáscara, oscurecimiento de la pulpa y fallas en la maduración. Los síntomas del daño por enfriamiento se hacen más evidentes cuando el plátano es expuesto a temperaturas normales, después del enfriamiento. La fruta dañada por frío además es muy susceptible al daño mecánico ocasionado durante su manejo.



Unas pocas horas de exposición del producto a 10°C puede resultar en el opacamiento del color de la cáscara; en tanto que son suficientes 12 horas a 7°C para afectar la calidad de consumo de esta fruta. ^(24, 12)

2.5.4. Maduración:

El plátano madura adecuadamente a temperaturas de 14°C a 20°C y 90-95% de humedad relativa. Dependiendo de la temperatura, el tiempo de maduración varía de 4 a 10 días. Una vez que el desarrollo del color es evidente, la humedad relativa debe mantenerse en 85%.

El proceso dura aproximadamente 24 horas con control de temperatura y humedad relativa. En este caso, se prefiere mantener la temperatura entre 14°C y 18°C. Se debe mantener una buena ventilación del ambiente de almacenamiento; especialmente si la fruta está empacada en cajas, para asegurar una temperatura de pulpa uniforme en toda la carga durante la maduración del producto.

Para esto, las cajas deben ser adecuadamente apiladas y las estibas o rumas deben formarse de tal manera que permitan una adecuada circulación del aire. ^(12, 2)

2.6. Aspectos técnicos de fritura

La fritura es una operación unitaria destinada a modificar las características organolépticas del alimento. Un objetivo secundario de la fritura es el efecto conservador que obtiene por destrucción térmica de los microorganismos y enzimas presentes en el alimento y por reducción de la actividad de agua en la superficie del mismo (o en toda su masa, en los alimentos cortados en rodajas finas).

La vida útil de los alimentos sometidos a frituras depende esencialmente de su contenido en agua residual. La vida útil de aquellos que tras la fritura retienen un contenido de agua relativamente elevado es relativamente corta, debido a la migración de agua y aceites que se produce durante su almacenamiento.

Teoría:

Cuando un alimento se sumerge en aceite caliente su temperatura aumenta rápidamente y el agua que contiene se elimina en forma de vapor, por lo que su superficie empieza a deshidratarse de forma parecida al horneado y secado. Se forma una corteza y el frente de evaporación va trasladándose hacia interior del producto.

La Temperatura en la superficie del alimento alcanza la del aceite caliente y la interna aumenta lentamente hasta alcanzar los 100 °C.

La velocidad de transferencia de calor depende de la diferencia de temperatura entre este y el aceite y del coeficiente de conductividad térmica superficial. La velocidad a la que el calor penetra hacia el interior del mismo depende de su conductividad térmica.



La costra superficial desarrollada por la fritura posee una estructura porosa constituida por conductos capilares de diámetro variable. Durante la fritura, el agua y el vapor de agua que rellenan los capilares de mayor tamaño son desplazados por el aceite caliente. El agua se elimina en forma de vapor desde la capa superficial del alimento atravesando una fina película de aceite. Las velocidades de transferencia de masa y energía dependen del grosor de la capa superficial y se hallan determinadas por viscosidad y la velocidad del aceite sobre la misma.

El tiempo requerido para freír un determinado alimento depende de:

- Tipo de alimento
- Temperatura del aceite
- Sistema de fritura (superficial o por inmersión)
- El grosor del alimento
- Los cambios que se pretenden seguir.

Los alimentos que después de fritos todavía mantienen en su interior cierta proporción de agua, reciben un tratamiento de fritura de tal intensidad que su centro térmico recibe el suficiente tratamiento como para destruir microorganismos patógenos y conseguir los cambios deseados en sus características organolépticas.

La temperatura de fritura viene determinada por consideraciones económicas y por el tipo de producto a elaborar. Como a temperaturas más elevadas, los tiempos de fritura son lógicamente más cortos, la capacidad de la instalación aumenta. Sin embargo, a estas temperaturas el aceite se altera más rápidamente.

La temperatura de fritura viene también determinada por las exigencias del producto a elaborar.

Existen dos métodos de fritura:

1. Fritura por contacto

Este método resulta muy adecuado para aquellos alimentos de relación superficie/volumen favorable. En ellos, la transmisión de calor al alimento tiene lugar por conducción desde la superficie de la sartén, a través de una fina capa de aceite. El grosor de esta capa varía de acuerdo con las irregularidades de la superficie del alimento. Ello, conjuntamente con la burbujas de vapor que separan al alimento de la sartén provoca variaciones durante la fritura que son las responsables de las irregularidades en el color marrón de los alimentos fritos por este sistema. El coeficiente de transmisión de calor superficial de fritura por contacto es elevado ($200-450\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$), pero, como se ha dicho anteriormente, no se cumple por igual en toda la superficie del alimento.



2. Fritura por inmersión

En la fritura por inmersión la transmisión de calor se produce por una combinación de transmisión por convección (en la masa del aceite) y por conducción (en el interior del alimento). Este tipo de fritura, el alimento recibe en toda su superficie el mismo tratamiento térmico, lo cual le confiere un calor y aspectos uniformes. Este tipo de frituras puede aplicarse a alimentos con cualquier forma, pero los de formas irregulares tienden a retener más aceite. El coeficiente de transmisión de calor, hasta que comienza la evaporación de agua en la superficie del alimento, es de $250-300 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. En fases posteriores llega a ser de $800-1.000 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ por la violencia que el vapor produce en el aceite al eliminarse el agua del alimento. Sin embargo, si la velocidad de evaporación es demasiado elevada, se forma alrededor del alimento, una capa de vapor que reduce el coeficiente de transmisión de calor.

Efecto sobre los alimentos.

La fritura es una operación unitaria poco corriente en la que el producto (el aceite de fritura) es utilizado como medio para la transferencia de calor. El efecto de la fritura sobre los alimentos incluye, por tanto, el efecto sobre el aceite (que a su vez influye sobre la calidad del producto) y el efecto directo del calor sobre el alimento sometido a fritura

Efecto del calor de la fritura sobre los alimentos.

El principal efecto de la fritura consiste en conseguir que el alimento adquiera en su capa superficial una textura determinada y un color, aroma y bouquet característicos. Estas características se desarrollan como consecuencia de la reacción de Maillard y de la absorción por el alimento de compuestos volátiles por el aceite, los principales factores que determinan los cambios de color y bouquet en un alimento son, por tanto:

- el aceite de la fritura,
- el historial térmico del aceite y el tiempo de uso,
- temperatura y tiempo de fritura
- el tamaño y características superficiales el alimento, y
- los tratamientos a los que éste se somete tras la fritura.

Todos estos factores influyen también sobre la cantidad de aceite que el alimento retiene. La textura de los alimentos fritos se debe a cambios que se producen en las proteínas, grasas y carbohidratos poliméricos, semejantes a los que tienen lugar durante el horneado.

El efecto de la fritura sobre el valor nutritivo de los alimentos depende del tipo de fritura utilizado. Cuando se fríe a temperaturas elevadas, el desarrollo de la capa superficial del alimento, que, como consecuencia, retiene una mayor proporción de nutrientes. Por otra parte, como estos alimentos suelen consumirse rápidamente, durante su almacenamiento apenas si se producen cambios.



Aquellas operaciones de fritura que tienen como objeto deshidratar el alimento para prolongar su conservación, provocan pérdidas de nutrientes sustancialmente mayores, en especial en vitaminas liposolubles.

Así la vitamina E, es absorbida en aceite durante la fritura, se oxida durante el almacenamiento. Burnell y col. (1965) han comprobado que estas pérdidas son, a las ocho semanas de almacenamiento a temperatura ambiente, del 77%. Los fenómenos de oxidación prosiguen durante el almacenamiento a baja temperatura. Las vitaminas termosensibles y sensibles a la oxidación, también resultan destruidas a estas temperaturas. Las pérdidas de calidad de las proteínas de la corteza se producen como consecuencia de las reacciones de Maillard con los aminoácidos. Aunque existe poca información sobre las eventuales pérdidas de carbohidratos y minerales, no parece que éstas sean de importancia. El contenido graso de los alimentos fritos aumenta como consecuencia del aceite retenido y su importancia desde el punto de vista nutritivo, es difícil de determinar, ya que varía con el historial térmico del aceite y la cantidad de este retenido por el alimento.

2.6.1. Cambios y alteraciones en el aceite.

Con el aumento de la temperatura, se aceleran todas las reacciones químicas y enzimáticas, por tanto una vez que una grasa o aceite ha sido calentado su degradación es bastante acelerada, sobre todo si hay residuos que actúan como catalizadores potenciando las reacciones.

Los principales cambios y alteraciones químicas en los aceites calentados son:

2.6.1.1. *Hidrólisis:*

Se produce en presencia de agua o humedad y calor, es la ruptura del enlace éster de los triglicéridos, los cuales se descomponen para formar ácidos grasos libre, monoglicéridos y diglicéridos, entre otros.

Este proceso es más frecuente en los aceites que tienen ácidos grasos de cadenas cortas o medianas, especialmente los de coco y palma, ricos en ácido láurico y cuando se fríen alimentos congelados o ricos en agua. También influye el hecho que haya humedad al calentar o enfriar el aceite a temperaturas inferiores a 100°C, y durante los periodos entre frituras, ya que el agua no se evapora, o si se acumulan gotas en la tapa de la freidora. En las freidoras con cámaras de agua también aumenta la velocidad de este proceso. Como consecuencia de la hidrólisis:

- Decrece el punto de humo (temperatura a la que aparece humo en la superficie del aceite)
- Aparecen olores y sabores indeseables, incluso puede haber gusto a jabón
- Aumenta la acidez del aceite o grasa calentado.



2.6.1.2. Oxidación

La auto oxidación: es la alteración más frecuente en la fritura: consiste en la acción del oxígeno sobre los ácidos grasos, especialmente los poliinsaturados, formándose compuestos inestables llamados hidroperóxidos o peróxidos y radicales libres de los que depende la velocidad de reacción y la naturaleza de los productos originales. La luz actúa como catalizador. Consta de tres fases:

- Fase de iniciación o inducción: en la que se forman los radicales libres a partir de un hidroperóxido o un ácido graso con un hidrogeno lábil.
- Fase de propagación o continuación: los radicales libres reaccionan con el oxígeno u otras cadenas de ácidos grasos generando un mecanismo de reacción en cadena (el grado de oxidación aumenta a medida que progresa la reacción)
- Fase de finalización o terminación: al reaccionar dos radicales libres entre sí, se forman compuestos no radicales, en general aldehídos y cetonas.

Cuando no existen más radicales libres para reaccionar con el oxígeno, es necesario una nueva fase de iniciación para que continúe la oxidación.

La termo-oxidación se produce por el efecto de las elevadas temperaturas, de forma que favorece todavía más la alteración oxidativa.

Es evidente que el hábito de añadir aceite nuevo al ya usado o alterado, facilita su oxidación.

Algunos aceites contienen sustancias antioxidantes naturales, pero la tendencia es usarlo como aditivo en los aceites y grasas especiales para freír. Además no son estables a las altas temperaturas de la fritura. Con la oxidación se produce:

- Olores y sabores no deseables, oscurecimiento.
- Aumento de la viscosidad y formación de espumas.

(26)

La finalidad fundamental de la inmersión de las preformas de tostones en aceite a altas temperaturas además de reducir la cantidad de agua dentro del plátano es que el almidón que este contiene sufra una transformación, se gelifique, proceso que se inicia al someterlo a una temperatura de 73°C, y que finaliza hasta alcanzar los 86°C, cuando la temperatura excede los 86°C el almidón deja de ser elástico, pierde la capacidad de retención de agua por lo que el producto final tiende a ser muy quebradizo. La temperatura óptima para el proceso de gelatinización del almidón es de 79°C sobre este valor la capacidad de retención de agua empieza a disminuir.

(32)



2.7. Elaboración de tostones Prefritos Congelados

2.7.1. Recepción y Selección de Materia Prima

A su llegada a la planta, el plátano es analizado en busca de defectos visibles, y es pesado por control de calidad; el peso promedio oscila por 0.25 kilos/ unidad.

2.7.2. Selección y Pelado manual

Una vez pesado el plátano es seleccionado de acuerdo a su estado de madurez, ya que si esta pintón es separado para evaluar de forma más rigurosa su estado de madurez. El plátano verde es pelado de forma manual con cuchillos de acero inoxidable, y almacenado en tanques o gavetas con solución antioxidante para evitar su pardeamiento enzimático.

2.7.3. Corte y Clasificación

El corte puede ser realizado de forma manual, teniendo de muestra un plátano ya cortado, o con una máquina cortadora. El tamaño del corte va a variar de acuerdo al producto final que se desee obtener y a las especificaciones del cliente. Una vez realizado el corte se lo clasifica de forma manual para desechar el afrecho y los cortes que no estén de acuerdo a la especificación.

2.7.4. Inmersión en solución anti oxidante

Existen numerosos medios para impedir el pardeamiento enzimático, entre ellos:

- La adición de compuestos reductores que transforman las quinonas en fenoles, lo que permite retardar o impedir el pardeamiento enzimático, el compuesto más frecuente es el ácido ascórbico (0.5%-1% del peso del alimento)
- Inmersión en agua salada, lo que limita la entrada de oxígeno hasta el tejido y el inicio del pardeamiento.
- Descenso del pH, retarda el pardeamiento enzimático, por lo general se emplean baños de ácido cítrico. También son eficaces contra el pardeamiento enzimático el anhídrido sulfuroso y los bisulfitos, además poseen una acción antiséptica.

2.7.5. Fritura y Selección Manual

La fritura se realiza con aceite vegetal a una temperatura de retención externa del aceite no menor a 170°C y con un tiempo de retención no menor a 2 minutos. La etapa de fritura es un punto crítico de control.



2.7.6. Definición de forma del tostón y Enfriamiento

El tostón se realiza con moldes de madera de acción manual, en los que se ha predefinido la profundidad y el diámetro de los mismos para garantizar la mayor uniformidad posible en los tostones, posteriormente los tostones con su forma final se enfrían a temperatura ambiente para ser congelados y almacenados.

2.7.7. Congelación, empaçado y almacenamiento en Cámara

Los tostones a temperatura ambiente son introducidos en un túnel de congelación rápida individual IQF, las temperaturas y tiempo de retención dependen del flujo de producto y de las características del equipo utilizado. El producto sale a -20°C y es empaçado y almacenado en una cámara que está a una temperatura de -20°C o menos.

2.7.8. Empacado, Pesado y Sellado

Una vez Congelado el tostón pasa a ser empaçado en bolsas de polietileno y/o bandejas, esto se hace de forma manual, por lo que luego tiene que ser pesado y etiquetado.

2.7.9. Embalaje, almacenamiento en cámara y distribución

Las bolsas son colocadas en cajas de cartón corrugado, previamente rotuladas para su almacenamiento en una cámara a una temperatura menor o igual a -20°C hasta su distribución en contenedores congelados para mantener la cadena de frío.



VI. DISEÑO METODOLÓGICO.

El presente *Estudio técnico para el procesamiento de tostones pre-fritos congelados en la ciudad de León*, realizado en el área de Producción de Alimentos de la Planta Mauricio Díaz Müller, Facultad de Ciencias Químicas de la UNAN-LEÓN, Escuela Ingeniería de Alimentos, es un estudio de carácter experimental.

A. Diseño de planta

Para el diseño de la planta, se procedió a Definir el tamaño óptimo de la misma, el cual se determinó considerando la disponibilidad de materia prima.

La base de cálculo que se estableció para determinar el tamaño óptimo de la planta fue una pequeña finca ubicada a orillas de carretera León-Chinandega en las afueras de León, que con cuatro manzanas cultivadas es capaz de cosechar 5,000 unidades semanales en el periodo de alta cosecha.

Tomando en cuenta que se labore durante 6 días, se calculó la masa de preformas de tostones que se podría obtener de las 5,000 frutas por semana, se procedió a determinar la producción diaria y la cantidad de plátanos requeridas para cada día de proceso.

Posteriormente se inició la búsqueda de terrenos en los que se pudiese realizar la construcción, las características principales del terreno eran estar ubicado con proximidad a la carretera León – Chinandega por facilidad de acceso a los posibles proveedores de materia prima.

Una vez localizados los terrenos, se continuó con la elección del terreno más apropiado usando el método cualitativo por puntos.



B. Ingeniería del proyecto.

La materia prima con la que se trabajó fue Plátano, Cuerno Enano, con 11 semanas de cosechado, facilitada por la finca *El pegón* ubicada carretera la Ceiba León Nicaragua, propiedad y administrada por UNAN- León.

Para caracterización de materia prima, se evaluó el diámetro promedio, densidad, concentración de sólidos solubles y rendimiento, en esta etapa, se realizaron mediciones individuales a las muestras, los datos registrados se utilizaron para obtener un valor promedio de los parámetros evaluados.

Para la medición del diámetro se utilizó una cinta, se realizó la medición en la parte central del plátano, el valor leído en la cinta es el perímetro de una circunferencia para ese punto dado y utilizando la ecuación $P = D \cdot \pi$, obtenemos el diámetro en centímetros.

Para la densidad se midió el volumen de cada fruto previamente pelado y pesado y el cociente de la masa/volumen nos expresa la densidad de la pulpa.

Para conocer el rendimiento de los plátanos, se pesó la fruta con cáscara y posteriormente la pulpa (solo la porción de pulpa que es útil para la elaboración de tostones), el resultado de la división del peso de la pulpa, entre el peso del fruto completo y multiplicado por cien es el rendimiento obtenido por cada fruto expresado en porcentaje.

Para la determinación de sólidos solubles en la materia prima se realizaron análisis bajo el método AOAC 932.14 b. para frutas y derivados en los que se necesita hacer dilución de la muestra debido a sus características físicas.

En estos ensayos de caracterización de materia prima, también se evaluaron el espesor de la preforma de tostón, el uso de bisulfito de sodio como antioxidante y el tiempo de fritura para el tostón pre-frito congelado.

Para la determinación del tiempo teórico de fritura se utilizó la ecuación

$$\frac{T(r,x,t)-T_{\alpha}}{T_0-T_{\alpha}} = P(x,t) C(r,t)$$
 Y los diagramas de Heisler para determinar el tiempo en que se alcanza en su línea central una temperatura de 75°C, en un ambiente convectivo a 180°C.

**Ensayos y variables evaluadas.****Tabla 1. Ensayos y tiempos de fritura evaluados.**

Tiempos	5 min	5.5 min	6 min	7 min	9 min	11 min	14 min
Ensayos	10	3	6	9	3	3	1

Tabla 2. Ensayos y espesores evaluados.

Espesor	3 cm	2.7 cm	2.5 cm
Ensayos	9	6	20

Tabla 3. Ensayos y solución antioxidante usada

Solución antioxidante	H ₂ O	NaCl 5%	NaHSO ₃
Ensayos realizados	4	22	9

Los tostones obtenidos al final de cada ensayo, fueron empacados y rotulados según los parámetros bajo los cuales fueron procesados; posteriormente se procedió a congelarlos en el Freezer de la planta piloto Mauricio Díaz Müller (Marca General Electric, Modelo FCM15SPBWM, que alcanza una temperatura de -8°C.) donde se almacenaron hasta la evaluación de las características de los tostones procesados con diferentes espesores y tiempos de fritura.

Las muestras fueron congeladas y alcanzadas dos semanas en almacenamiento, se procedió a evaluar la fritura de los tostones prefritos congelados. Para esta etapa se utilizó el aceite resultante de los ensayos anteriores, se calentó hasta los 180°C y se sometieron a fritura muestras congeladas que fueron procesadas a 7 min (Bisulfito de sodio como agente antioxidante); a 5 min con H₂O y a 5 min con NaCl 5%. Para hacer una degustación y verificar si la sustancia antioxidante genera un cambio significativo en las características de los tostones.

Los tostones se evaluaron al alcanzar un mes de congelados (-8°C) para verificar que en las condiciones de congelación el producto conserva sus propiedades sensoriales significativamente invariables.

Se determinó la cantidad de energía necesaria para el proceso de fritura usando la ecuación $Q = mCp\Delta T$, haciendo consideración que se utilice aceite de palma para llevar a cabo dicho proceso.

Optimizado el proceso tecnológico se procedió a elaborar la ficha técnica para tostones Prefritos congelados.



C. Determinación de Costos.

Para la determinación de los costos de producción se requiere cantidades y precios de materia prima, cantidades y precios de los insumos necesarios para llevar a cabo el proceso productivo, gasto energético, gas y de agua potable y el precio de dichos servicios, recursos humanos, datos que fueron tabulados para facilitar el cálculo del costo de producción de tostones prefritos congelados por unidad de masa.

Para la definición de cantidades y precios se visitó la finca El Pegón y una pequeña finca ubicada en las afueras de la ciudad de León, de las visitas se obtuvo información sobre capacidades de cosecha de las mismas, periodos de alta y baja cosecha, precios promedios en ambos periodos y áreas cultivadas.

En lo que a insumos refiere se visitó el mercado la Terminal de Buses en busca de una cotización de precios promedios para el caso de aceite y sal, que cumpliera con las especificaciones de calidad para el buen desarrollo del proceso productivo.

Se visitó la página electrónica de UNION FENOSA (actual distribuidos del servicio de energía eléctrica) en busca del precio de Kwh en función de la carga contratada. Haciendo uso de las especificaciones técnicas de los equipos necesarios para el proceso productivo se calculó la carga eléctrica probable para el sistema productivo y el costo del servicio de energía eléctrica en periodo productivo.

Se realizaron llamadas a TROPIGAS-León para consultar el precio de los cilindros vacíos de 100 lbs de capacidad y el costo de rellenar los mismos con el gas que ellos proveen.

Se realizaron estimaciones de la cantidad de agua potable que se requiere por día para el buen desarrollo del proceso productivo, se consultó a ENACAL el precio del m³ de agua potable para el sector comercial y se elaboró una tabla donde se reflejen dichos datos.

Se procedió con la definición del personal necesario, sus funciones y el salario propuesto para los mismos, además de otros beneficios ajustados a las leyes vigentes en el país.



VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La planta procesadora de tostones prefritos congelados, está diseñada para una capacidad de producción de 5,950.6 kg al mes, laborando 6 días a la semana, tiene una capacidad de 247.94 kg al día, para un turno de 8 horas aproximadamente. Determinándose en base a la disponibilidad de materia prima, tomando en cuenta la cantidad de 5,000 unidades de plátanos cosechados semanalmente, dato que refiere la capacidad de cosecha de una finca, ubicada a orillas de la carretera León Chinandega, siendo la capacidad máxima de producción el doble de la base de cálculo. (Ver Anexo 1)

El área construida es de 1,026 m², dentro de la que se incluye la construcción de dos cuartos fríos (82.8 m²), un túnel de congelación (12 m²) y la distribución del área de proceso y el área de administración. El área construida responde a la capacidad de producción calculada, a la distribución de equipos según normas vigentes en nuestro país, y a la flexibilidad de crecimiento hacia futuro (Ver Anexo 11 Anexo 11 Layout de planta)

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 50%, el plátano tiene un peso promedio de 297.3 gr., la materia prima utilizada no excedía de los 2°Brix en cuanto a concentración de sólidos solubles refiere, el diámetro promedio de la materia prima aún con cáscara oscilaba los 4.6 cm, con un espesor promedio de la cáscara de 0.9 cm. Para un diámetro promedio de la pulpa de 3.7 cm. (Ver anexo 3 Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4)

En los ensayos realizados se evaluó el espesor de la preforma de tostón utilizando 3 cm., 2.7 cm. y 2.5cm. como medidas. Las referencias bibliográficas expresan que el espesor de la preforma oscila entre 3 y 4 cm., se inició la evaluación con el espesor de 3 cm., al realizar el proceso de compresión los tostones quedaban muy agrietados, por lo que se decidió evaluar espesores menores al inicial, se procedió a realizar los ensayos con 2.5cm., pero los tostones carecían de uniformidad en su tamaño final, por lo que se definió un valor intermedio entre los anteriormente evaluados, surgiendo así un espesor de 2.7 cm.; no se consideraron otros espesores por la dificultad de mantener cortes con diferencias milimétricas.

Se realizó la evaluación a temperatura constante (180°C) durante lapsos de tiempo de 5min, 5.5 min, 6 min, 7 min, 9 min, 11 min y 14 min; para tiempos de estancia en el aceite mayores de 7 minutos, en cualquier espesor de preforma, el producto obtenido estaba muy deshidratado y por consiguiente los tostones quedaban muy quebrados, por ello en los ensayos finales se enfatizó en la evaluación en tiempos más próximos al valor teórico ideal (de aproximadamente 6 minutos para 3.7cm de diámetro y 2.7cm de espesor).



En todos los tiempos de fritura el tostón elaborado a partir de preformas con 3cm. de espesor quedaban con características similares a las de los prefritos por más de 7 minutos (no mantenían una forma estable, quebradizos), de todos los espesores el que expresó mayor uniformidad y menor deterioro en el proceso de compresión fue el de 2.7 cm.

En los tiempos evaluados (5, 5.5, 6 min) el que permitía preformas más flexibles era el de 5 min. y el de 5.5 min., quedando establecido este último por mayor cercanía con el tiempo teórico de pre-fritura, a los 6 minutos la estructura del plátano se conservaba sin fisuras pero en el proceso de compresión los tostones se fragmentaban parcialmente. (Ver Anexo 4)

La evaluación realizada sobre el uso de solución antioxidante en el plátano, (agua potable, sln de bisulfito de sodio al 0.25% y solución de NaCl al 5%), en todos los ensayos se observa que no se presentó pardeamiento enzimático en el proceso de elaboración del tostón, sin embargo, la Solución de NaCl 5% mejoró las características sensoriales del producto terminado, en comparación a los otros dos elementos, el bisulfito de sodio afectó de manera negativa el sabor del tostón.

El tiempo promedio de congelación fue de 5 horas y 20 minutos. Debido a que para el proceso de congelación no se disponía de un equipo adecuado y se utilizó un Freezer domestico capaz de alcanzar una temperatura mínima de -8°C el tiempo de congelación se vio significativamente ampliado con respecto a lo establecido en la teoría que establece que se utilicen sistemas de congelación rápida, capaces de alcanzar temperaturas por debajo de los -20°C y tiempos de congelación inferiores a los 10 minutos. 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.

Finalizados los ensayos para optimizar el proceso de elaboración de tostones pre-fritos, se estructuró el flujograma del proceso tecnológico con los parámetros optimizados. (Ver Anexo 7)

Se elaboró ficha técnica del Tostones Prefritos congelados, la que se muestra en el Anexo N°8

En la determinación del costo de producción se parte que los gastos en materia prima ascienden a USD 2,677.77 por 10,000 unidades de plátano a un costo promedio de 1.5 córdobas por unidad. Se gastarían de forma mensual USD 1,420 en aceite de palma, siendo este el elegido por su precio accesible, en el caso de los empaques se gastaría de manera mensual USD1,428; los empaques son Serigrafados para garantizar un atractivo visual en los mismos; solo se considera mano de obra directa a un costo de USD 2,309.



El gasto mensual en gas licuado de petróleo (GLP) asciende a USD 57.3, los costos se vuelven significativamente grandes al considerar el consumo eléctrico de los equipos de congelación y refrigeración, se tiene un total de USD 1,888.39 de manera mensual solo en el área de proceso, los gastos de agua potable son de USD 52 aproximadamente, el gasto total en el proceso productivo asciende a USD 10,801.93 para una producción de 12,893 empaques de 500 gr. aproximadamente, el costo individual por empaques de presentación de 500gr es de USD 0.84. (Ver Anexo 10)



VIII. CONCLUSIONES

Se realizó el estudio técnico de una planta procesadora de tostones pre-fritos congelados que incluye el diseño de la planta, la adecuada distribución de las áreas productivas y administrativas.

Se optimizaron parámetros de proceso para obtener producto de buena presentación y características organolépticas agradables con un tiempo de almacenamiento mayor a los 2 meses.

Se determinaron costos de producción para la elaboración de los tostones prefritos congelados en presentaciones de 500gr.



IX. RECOMENDACIONES

- Realizar un Estudio de Vida útil del producto 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.
- Realizar un estudio para el aprovechamiento de desechos sólidos provenientes del proceso de elaboración de tostones Prefritos, orientado así a una producción más limpia.
- Diseñar equipos innovadores para el corte de las preformas de plátano, logrando un producto uniforme y menor tiempo en la etapa de corte, durante el procesamiento.



X. LISTA DE REFERENCIAS

1. A., Marcelino Lenardo (2004) Cultivo de plátano en Panamá. Manual de recomendaciones técnicas para el cultivo del plátano (musa paradisiaca L). Impresora pacífico S.A. Panamá.
2. Adel A. Kader. (2007). Banano (Plátano), Recomendaciones para mantener calidad postcosecha. Recuperado el día 13 de Octubre del 2010 de <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Banano.shtml>
3. Albani Cifuentes, Pietro Nicola. (2001) Estudio de factibilidad para la producción de tajaditas fritas congeladas de plátano maduro en Guatemala. Tesis de grado (Ingeniero agrónomo). Honduras, Zamorano.
4. Alduvin Cáceres, F. del Rosario., Duarte Ramírez M. D., & Quintana Zelaya J. A. (2006) Elaboración de harina de plátano de la variedad “cuerno”. Tesis para optar al Título de Ingeniero en Alimentos. Unan- León; León, Nicaragua.
5. Alvarado, J. de Dios., Coba, O., & Guanoluiza, M. A. (s.f.) Calor de respiración de Bananos. Universidad técnica de Ambato Centro de investigaciones Facultad de ciencia e ingeniería en alimentos. Recuperado el 18 de Febrero del 2011, de <http://www.uta.edu.ec/cibiavi/images/cibia/Art.Calor.Resp.pdf>
6. Bayley Alton. E. (1951) Aceites y grasas Industriales. Obra indispensable a Químicos e Ingenieros interesados en la producción y fabricación de aceites y grasas. Buenos Aires, Reverte.
7. Buitrago,G.V., López, A. P., Coronado, A.P. & Osorno, F.L.(2004) Determinación De Las Características Físicas Y Propiedades Mecánicas De Papa Cultivada En Colombia. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient. Recuperado el 22 de Abril del 2011, de http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662004000100015&script=sci_arttext&tIng=eses
8. Cheftel, J.C., & Cheftel, H. (1976). Introducción a la bioquímica y tecnología de Alimentos. Volumen I. Traducido del francés por Francisco López Capont. Zaragoza :Acribia.
9. Cheftel, J.C., & Cheftel, H. (1977). Introducción a la bioquímica y tecnología de Alimentos. Volumen II. Traducido del francés por Francisco López Capont. Zaragoza: Acribia.
10. Cuenta reto del milenio (2010). Productores de plátano ganan premio “Exportador revelación” (167). Recuperado el 14 de Abril del 2011, de http://www.cuentadelmilenio.org.ni/Comunicacion/Boletines%20Electronicos/Bol167/Boletin_167.htm.
11. Dadzie, B.K., & Orchard J.E., (1997). Evaluación post-cosecha de híbridos de bananas y plátanos. Recuperado el 14 de Abril del 2011, de http://bananas.bioversityinternational.org/files/files/pdf/publications/tg2_spa.pdf



12. Fao. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales. Recuperado el 24 de Febrero del 2011, de <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s04.htm>
13. Fernández Sevilla, J.M. (2005). Congelación. Tecnología de Alimentos Departamento de Ingeniería Química – UAL. Recuperado el 18 de Febrero del 2011, de <http://www.ual.es/docencia/jfernand/TA/Tema9/Tema9-Congelacion.pdf>
14. García Saltos, A.X. & Vicuña Vera, C.G. (2010) “Diseño de una Pequeña Fábrica dedicada a la Producción de Alimentos Congelados listos para el Consumo y la Metodología para su Constitución”. Escuela superior politécnica del litoral. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil Ecuador. Recuperado el 11 de Noviembre del 2010, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/11976>
15. García, Y. V., Baruk, P. & colaboradores (2011) Oxidación del almidón nativo de plátano para su uso potencial en la fabricación de materiales de empaque biodegradables: caracterización física, química, térmica y morfológica, *Revista Iberoamericana de Polímeros. Volumen 12(3), pp:125-135*
16. Guías técnicas INIBAP 2. Consultado: 27/04/2011
17. Gutiérrez H., Lardizabal R. (2006). Manual de producción de plátano de alta densidad. USAID-RED, Proyecto de diversificación económica Rural. Recuperada el 23 de Febrero del 2011, de http://www.fintrac.com/cpanelx_pu/USAID%20RED/USAID_RED_Manual_Produccion_06_Platano_09_06.pdf
18. Hernández Goribar, Eduardo. (1990). Fundamentos del aire acondicionado y refrigeración. Editorial Limusa S.A. de C.V.
19. Macotto Oquelí, A., & Masís Muñoz, F. (2009). Estudio de factibilidad para la producción y exportación de tostones desde Rivas, Nicaragua hacia el mercado de Miami, EEUU. Tesis de grado (ingeniero en agro negocios) Zamorano, Tegucigalpa, Honduras.
20. MAGFOR, IICA, JICA. 2004. Cadena Agroindustrial del Plátano. Recuperada el 16 de Octubre del 2010, de http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/cadenasAgroindustriales/Cadena_Platano.pdf.
21. MAGFOR. (2006). Informe anual de producción agropecuaria ciclo agrícola 2005/2006 y período pecuario 2005. Recuperada el 16 de Octubre del 2010, de http://www.magfor.gob.ni/estadisticas/descargas/estadi_anual/Informe_Prod05-06.pdf
22. MIFIC. (2009). Ficha plátano. Recuperada el 06 de Febrero del 2011, de <http://www.mific.gob.ni/LinkClick.aspx?fileticket=MFssfeU0ZzQ%3D&tabid=339&language=en-US>
23. Ministerio Agropecuario y Forestal, Dirección de Estadísticas (Magfor) (2009) Informe de producción agropecuaria acumulado a junio 2009. Recuperado el 14 de Abril del 2011, de <http://www.magfor.gob.ni/descargas/estadis/Junio2009.pdf>



24. Morrelli, K. & Kader, A (s.f.). Plátano. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. University of California, Davis. Recuperado el 24 de Febrero del 2011, de <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/platano.pdf>
25. Munguía Díaz M. V., Sirias Martínez A. S., & Soriano Duran N.I. (2007) Alternativa de industrialización del plátano hawaiano (hua moa) a través de la deshidratación por la técnica de fritura. Tesis Para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Unan- León; León, Nicaragua.
26. P, Fellows. (s.f.). Principios y prácticas. Tecnología de procesado de los alimentos. (pp.343-351).
27. Pitts D.R., & Sissom L.E. (1979) Transferencia de calor teoría y 296 problemas resueltos. Traducido de la primera edición de Heat Transfer. McGraw Hill Latinoamérica S.A. Bogotá, Colombia.
28. Ramirez Juidias, E., & Leon Bonillo, M.J. (s.f). Predicción de tiempos de congelación y descongelación de alimentos. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de la universidad de Sevilla. Recuperado el 18 de Febrero del 2011, de <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/01292.pdf>
29. Una herencia africana (2009, Marzo 3) Diversidad varietal y usos de plátano y banano en Colombia. Dufour Dominique – Seminario interno CIAT. Descargado el 16 de Octubre de 2010, de http://www.ciat.cgiar.org/Newsroom/Documents/pdf_seminars/2009_03_11_D_Dufour.pdf.
30. Velez, J.F. & Hernández J.X. (1999) Proceso de fritura de alimentos, Una revisión. *Centro de Información Tecnológica*. (Puebla, México). Vol. 10 N°2, pp: 127-134.
31. Villacreses, S., & Castillo, P. (s.f.). Optimización de un proceso de congelación en Patacón congelado IQF. Escuela Técnica Superior del Litoral Centro de Investigación Científica y Tecnológica (CICYT). Guayaquil Ecuador. Recuperado el 18 de Febrero del 2011, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6318/1/Optimizacion%20de%20un%20proceso%20de%20congelacion%20en%20patacon%20congeladoa%20IQF.pdf>
32. Yagüe Aylón, M. Angeles., (2003) Estudio de Utilización de aceites para fritura en establecimientos alimentarios de comidas preparadas. Recuperado el 5 de Mayo del 2011, de <http://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/mangeles-aylon-blog.pdf>
33. Yunus A. Çengel (2007) Transferencia de calor y masa un enfoque práctico. Traducido de la tercera edición de: *Heat and mass transfer. A practical Approach*; Traducción: José Hernán Pérez Castellanos. Tercera edición. México, McGraw-Hill Interamericana.
34. Zapata Espinoza, A. A., Maradiaga Reyes M. C., & Mondragón López A. E. (2001) Caracterización Físico-Química de siete variedades nuevas y tres variedades nativas de bananos, guineos y plátanos. Investigación para Optar al Título de Licenciado en Tecnología de Alimentos. Unan- León; León, Nicaragua.



ANEXOS



Anexo 1 Tamaño Tamaño óptimo de la planta

Datos

$$A = 5,000 \text{ unidades}$$

$$D = \frac{A.B.C}{1000}$$

$$B = 297.53 \text{ g}$$

$$C = 50\% = 50/100 = 0.5$$

$$D = ?$$

A = Capacidad de cosecha de plátano en una finca de 4 manzanas cultivadas.

B = Peso promedio de cada plátano, obtenido de ensayos realizados.

C = Rendimiento del plátano, obtenido de ensayos.

D = Masa de plátano útil para la elaboración de tostones.

1000; factor de conversión de gramos a kilogramos.

$$D = \frac{(5,000)(297.53)(0.5)}{1,000} = \frac{743,825}{1,000} = 743.825 \text{ Kg.}$$

Esta cantidad sería la producción semanal; considerando que la planta opera 6 días a la semana tenemos que

$$D = \frac{743.825}{6} = 123.97 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Debido a la variación en el peso del plátano este se procesaría por unidades más que por peso; proponiéndose procesar 830 unidades/día, durante 5 días y al sexto día 850 unidades.

Lo que significaría aproximadamente:

$$D = \frac{(830)(297.53)(0.5)}{1,000} = 123.47 \text{ Kg/día.}$$

Durante 5 días de procesamiento y:

$$D = \frac{(850)(297.53)(0.5)}{1,000} = 126.45 \text{ kg}$$

Para el día restante de proceso.



Anexo 2 Ubicación

Tabla 1. Ubicación del proyecto.

<i>Factor relevante</i>	<i>Peso asignado</i>	<i>A</i>		<i>B</i>	
		<i>Calificación</i>	<i>Calificación ponderal</i>	<i>Calificación</i>	<i>Calificación ponderal</i>
Precio de Propiedad	0.3	10	3.00	5	1.5
Disponibilidad de materia prima	0.24	5	1.20	6	1.44
Terreno Flexible	0.24	9	2.16	7	1.68
Fácil acceso vehicular	0.11	6	0.66	6	0.66
Acceso a servicios Básicos	0.06	5	0.30	7	0.42
Disponibilidad de mano de obra	0.05	6	0.30	6	0.3
Suma	1		7.62		6

A: Propiedad ubicada carretera León Chinandega; a tres kilómetros de León.

1Mz x 25 000 usd

B: Propiedad Ubicada detrás de la biblioteca del banco central León

0.5Mz x 60 000 usd



Anexo 3. Características

Tabla 2. Características Físicas del plátano.

Ensayo	Muestra	Diámetro cm.	Densidad g/cc.	Fecha
1	1	3.66	1.17	21/06/2011
	2	3.66	1.17	
	3	4.14	1.14	
	4	3.66	1.01	
	5	3.50	0.97	
	6	3.82	1.09	
	7	3.34	1.31	
	8	3.50	1.00	
	9	3.12	1.10	
	10	3.76	1.08	
	11	3.79	1.01	
	12	4.01	1.15	
2	1	3.98	1.01	22/06/2011
	2	3.76	1.03	
	3	3.63	0.94	
	4	3.63	1.05	
	5	3.63	1.03	
	6	3.66	1.09	
	7	3.76	0.98	
	8	3.69	0.97	
	9	3.79	0.96	
	10	3.66	0.94	
	11	3.63	1.04	
	12	3.98	1.01	
3	1	3.76	1.03	23/06/2011
	2	3.69	1.01	
	3	3.92	1.08	
	4	3.66	1.06	
	5	4.07	0.94	
	6	3.98	1.05	
	7	3.69	1.05	
	8	4.04	0.99	
	9	3.82	0.93	
	10	3.69	0.84	
	11	3.66	0.97	
	12	3.66	0.95	
Promedio		3.73	1.03	

Fuente: Ensayos realizados en planta piloto Mauricio Díaz Müller



Tabla 3. Rendimiento de Plátanos

Ensayo	Muestra	Peso neto g.	Peso pulpa g.	Rendimiento %	Fecha
1	1	250	146	58.40	21/06/2011
	2	264	146	55.30	
	3	360	224	62.22	
	4	256	144	56.25	
	5	272	139	51.10	
	6	337	195	57.86	
	7	218	117	53.67	
	8	271	143	52.77	
	9	391	216	55.24	
	10	300	173	57.67	
	11	321	181	56.39	
	12	382	226	59.16	
2	1	304	180	59.21	22/06/2011
	2	292	165	56.51	
	3	264	151	57.20	
	4	268	150	55.97	
	5	283	165	58.30	
	6	267	155	58.05	
	7	296	157	53.04	
	8	290	156	53.79	
	9	301	172	57.14	
	10	299	168	56.19	
	11	273	149	54.58	
	12	343	199	58.02	
3	1	278	166	59.71	23/06/2011
	2	277	162	58.48	
	3	333	192	57.66	
	4	255	152	59.61	
	5	344	168	48.84	
	6	353	206	58.36	
	7	270	150	55.56	
	8	349	194	55.59	
	9	298	166	55.70	
	10	310	179	57.74	
	11	263	156	59.32	
	12	279	152	54.48	
Promedio		297.53		56.53	
4	24 unidades	7119	3547	49.82	19/06/2011
5	12 unidades	3624	2108	58.17	21/06/2011
6	18 unidades	6042	3114	51.54	28/07/2011
Promedio de los 6 ensayos				54.02	

Fuente: Ensayos realizados en planta piloto Mauricio Díaz Müller

**Tabla 4. Sólidos Solubles en muestras.**

Muestra	Sólidos Solubles
1	0.67
2	0.67
3	1.00
4	2.00
5	1.00
6	1.00
7	0.80
8	0.67
9	0.87
10	1.20
11	1.53
12	1.53
13	1.33
14	0.87
15	1.33
16	1.3

Fuente: Ensayos Realizados en planta piloto Mauricio Díaz Müller



Anexo 4 Tiempos

Tiempos de pre-fritura

Datos:

$$\begin{array}{lll}
 T(r,x,t) = 75^{\circ}\text{C} & h_1 = 261 \text{ W/m}^2\text{C} & h_2 = 258 \text{ W/m}^2\text{C} \\
 T\alpha = 180^{\circ}\text{C} & T_0 = 30^{\circ}\text{C} & K = 0.481 \text{ W/m}^{\circ}\text{C} \\
 \rho = 1,030 \text{ kg/m}^3 & CP = 3.59 \text{ Kj/kg}^{\circ}\text{C} & t=? \\
 D = 0.037 \text{ m} & X = 0.025 \text{ m} = 2L &
 \end{array}$$

$T(r,x,t)$ = Temperatura que debe alcanzar el centro de la preforma de tostón para que se dé la gelatinización del almidón y la preforma comprimida conserve su forma y consistencia.

$T\alpha$ = Temperatura que debe alcanzar el aceite.

ρ = Densidad de los plátanos frescos.

D = Diámetro de la preforma de tostón.

h_1 = Coeficiente Convectivo de transferencia de calor para el aceite de palma fresco.

T_0 = Temperatura inicial de las preformas de tostones (temperatura ambiente)

CP = Calor específico del plátano fresco.

h_2 = Coeficiente convectivo de transferencia de calor para el aceite de palma usado

K = Conductividad térmica del plátano fresco.

t = Tiempo de fritura óptimo.

X = Espesor de la preforma de tostón.

α = Difusividad térmica de plátano fresco.

Bi = Biot; Fo = Fourier

$$\alpha = \frac{K}{\rho CP} \quad Bi = \frac{hr_0}{2k} = \frac{hl}{k} \quad Fo = \frac{\alpha t}{r_0^2} \quad C(r,t)P(x,t) = \frac{T(r,x,t) - T\alpha}{T_0 - T\alpha}$$

$$C(r,t) = \frac{T(r,t) - T\alpha}{T_0 - T\alpha} \quad P(x,t) = \frac{T(x,t) - T\alpha}{T_0 - T\alpha}$$

$$\alpha = \frac{0.481 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}}{\left(\frac{1.030 \text{ kg}}{\text{m}^3}\right) \left(\frac{3.590 \text{ W s}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}\right)} \quad \alpha = \frac{0.481}{3,697,700} \text{ m}^2/\text{S} \quad \alpha = 1.3 * 10^{-7} \text{ m}^2/\text{S}$$



1. Cálculos de tiempo de pre-fritura de preformas de tostones con 3.7 cm de diámetro; 2.5 cm de espesor; y usando aceite fresco de palma.

$$Bi = \frac{(261)(0.0185)}{2(0.481)} \quad Bi = \frac{4.8285}{0.962} \quad Bi = 5.019; \quad \frac{1}{2Bi} = 0.99 \cong 0.1$$

$$\frac{75^{\circ}\text{C}(0, t) - 180^{\circ}\text{C}}{30^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}} = \frac{-105}{-150} = 0.7 = C(r, t)$$

Usando estos datos y el diagrama de Heisler; Temperatura en el eje para un cilindro infinito de radio r_0 . Se obtiene el valor de Fourier

$$F_o = 0.14$$

Despejando de la ecuación $F_o = \frac{\alpha t}{r_0^2}$ para obtener el tiempo.

$$\frac{(0.14)(0.0185)^2}{0.00000013} = \frac{(0.14)(0.000342)}{0.00000013} t = \frac{0.0000479}{0.00000013} = 368.57s \cong 6.14 \text{ min} \\ \cong 6 \text{ minutos y } 8 \text{ segundos.}$$

a. P(x,t) Para el caso de una placa.

$$Bi = \frac{(261)(0.0125)}{0.481} = \frac{3.2625}{0.481} = 6.7827, \quad \frac{1}{Bi} = 0.147 \cong 0.15$$

$$\frac{T(0, t) - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \frac{75^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}}{30^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}} = \frac{105}{150} = 0.7 = P(x, t)$$

Con los datos anteriores y haciendo uso del diagrama de Heisler; Temperatura en la línea central de una placa, se despeja el tiempo de la ecuación $F_o = \frac{\alpha t}{L^2}$ Para

$$F_o = 0.26$$

$$t = \frac{(0.26)(0.0001563)}{0.00000013} = \frac{0.0000406}{0.00000013} = 312.68s \cong 5.21 \text{ minutos} \\ \cong 5 \text{ minutos y } 12 \text{ segundos}$$



2. Cálculos de tiempo de pre-fritura de preformas de tostones con 3.7 cm de diámetro; 2.5 cm de espesor; Con aceite usado de palma.

a. C(r,t) Para el caso de un cilindro infinito

$$Bi = \frac{(258)(0.0185)}{2(0.481)} \quad Bi = \frac{4.773}{0.962} \quad Bi = 4.962; \quad \frac{1}{2Bi} = 0.1$$

$$\frac{75^{\circ}C(0, t) - 180^{\circ}C}{30^{\circ}C - 180^{\circ}C} = \frac{-105}{-150} = 0.7 = C(r, t)$$

$$F_0 = 0.143$$

$$\frac{(0.14)(0.0003423)}{0.00000013} = t = \frac{0.0000479}{0.00000013} = 368.58s \cong 6.14 \text{ min}$$

$\cong 6 \text{ minutos y } 8 \text{ segundos.}$

a. P(r,t) Para el caso de una placa.

$$Bi = \frac{(258)(0.0125)}{0.481} = \frac{3.225}{0.481} = 6.704, \quad \frac{1}{Bi} = 0.149 \cong 0.15$$

$$\frac{T(0, t) - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \frac{75^{\circ}C - 180^{\circ}C}{30^{\circ}C - 180^{\circ}C} = \frac{105}{150} = 0.7 = P(x, t)$$

$$F_0 = 0.26$$

$$t = \frac{(0.26)(0.0001563)}{0.00000013} = \frac{0.0000406}{0.00000013} = 312.6s \cong 5.21 \text{ minutos} \cong 5 \text{ minutos y } 12 \text{ segundos}$$



3. Cálculos de tiempo de pre-fritura de preformas de tostones con 3.7cm de diámetro; 2.7 cm de espesor; Con aceite fresco de palma.

a. **P(x,t) Para el caso de una placa.**

$$Bi = \frac{(261)(0.0135)}{0.481} = \frac{3.5235}{0.481} = 7.3254, \frac{1}{Bi} = 0.137 \cong \mathbf{0.14}$$

$$\frac{T(0,t) - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \frac{75^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}}{30^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}} = \frac{105}{150} = \mathbf{0.7} = P(x,t)$$

Con los datos anteriores y haciendo uso del diagrama de Heisler; Temperatura en la línea central de una placa, se despeja el tiempo de la ecuación $F_0 = \frac{\alpha t}{L^2}$ Para

$$F_0 = 0.26$$

$$t = \frac{(0.26)(0.0001823)}{0.00000013} = \frac{0.0000474}{0.00000013} = 364.5s \cong \mathbf{6.1 \text{ minutos}} \\ \cong \mathbf{6 \text{ minutos y } 6 \text{ segundos.}}$$

Debido a que lo que ha variado en la preforma es el espesor (solo se ven afectados los cálculos para la evaluación de una placa) y todos los demás parámetros permanecen constantes para este caso $C(r,t)$ sigue con $t = 6$ minutos 8 segundos.

**Anexo 5 Control de ensayos****Tabla 5. Control de ensayos para optimización de espesor de preforma y tiempo de pre-fritura**

Variables a controlar	E1	E2	E3
	Espesor		
Tiempos de fritura	2.5 cm	2.7 cm	3.0 cm
5 min			
5.5 min			
6 min			
7 min			
9 min			
11 min			
14 min			
Total unidades			
Peso neto g.			
Peso desechos g.*			
Peso preformas g.			
Rendimiento			

***Utilizar para determinación de sólidos Solubles**

- Temperatura constante; 180°C
- Solución antioxidante; NaCl 5%



Anexo 6 Gasto energético

Gasto energético para el proceso de fritura

Datos para el aceite

$$M_1 = 49.59$$

$$C_{p1} = 0.4815 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 32^\circ\text{C}$$

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

Datos para el plátano

$$M_2 = 247.93\text{Kg}$$

$$C_{p2} = 0.858 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 32^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 75^\circ\text{C}$$

$$Q = mCP\Delta T$$

Dónde:

Q = Calor.

M = Masa

Cp = Calor específico

ΔT = 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:

$$Q = (49.59 \text{ Kg}) \left(0.4815 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \right) (180^\circ\text{C} - 32^\circ\text{C})$$

$$Q = (49.59)(0.4815)(148)\text{Kcal}$$

$$Q = 3,533.88\text{Kcal.}$$

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:

$$Q_R = Q/C$$

$$Q_R = \frac{3,533.88}{0.7} = 5,048.4\text{Kcal.}$$

Siendo realmente necesario suministrar 5,048.4 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)

$$Q = (247.93kg) \left(\frac{0.858Kcal}{kg^{\circ}C} \right) (75^{\circ}C - 32^{\circ}C)$$

$$Q = (247.93)(0.858)(43)Kcal$$

$$Q = 9,147.13 Kcal$$

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

$$Q_R = \frac{Q}{c}$$

$$Q_R = \frac{9,147.13}{0.7}$$

$$Q_R = 13,067.33 Kcal$$

Para llevar a cabo el calentamiento de los plátanos (desde 32°C hasta 75°C) se deben suministrar 13 067.33 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.

$$Q_T = Q_{R.aceite} + Q_{R.plátano}$$

$$Q_T = 5,048.4Kcal. + 13,067.33 Kcal$$

$$Q_T = \mathbf{18,115.73 Kcal.}$$

Para el proceso de fritura de los plátanos se necesitan **18,115.73** Kcal. (Bajo las condiciones planteadas)

**Cantidad de Combustible requerida para el proceso de fritura.**

Partiendo de que para llevar a cabo el proceso de fritura de 247.93Kg de plátano usando 49.59Kg de aceite se necesitan **18,115.73 Kcal** y que 1 Kg de GLP (90% Propano y 10% Butano) suministra por combustión completa, 11,812.4 Kcal.

$$M = \frac{E_n}{K}$$

Dónde:

M: Masa de combustible necesaria.

E_n : Energía necesaria (18,115.73 Kcal)

K: Capacidad calorífica (11,812.4Kcal/Kg GLP)

$$M = \frac{18,115.73 \text{ Kcal}}{11,812.4 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}} = 1.534 \text{ Kg}$$

Se necesitarían 1.534 kg de GLP para el proceso de fritura en las condiciones dadas, solo si el GLP tuviera una eficiencia de combustión del 100%; considerando una eficiencia en la combustión en quemadores carburados de 90% tendríamos que:

$K = 10,631.16 \text{ Kcal/Kg}$; Corrigiendo en la ecuación anterior.

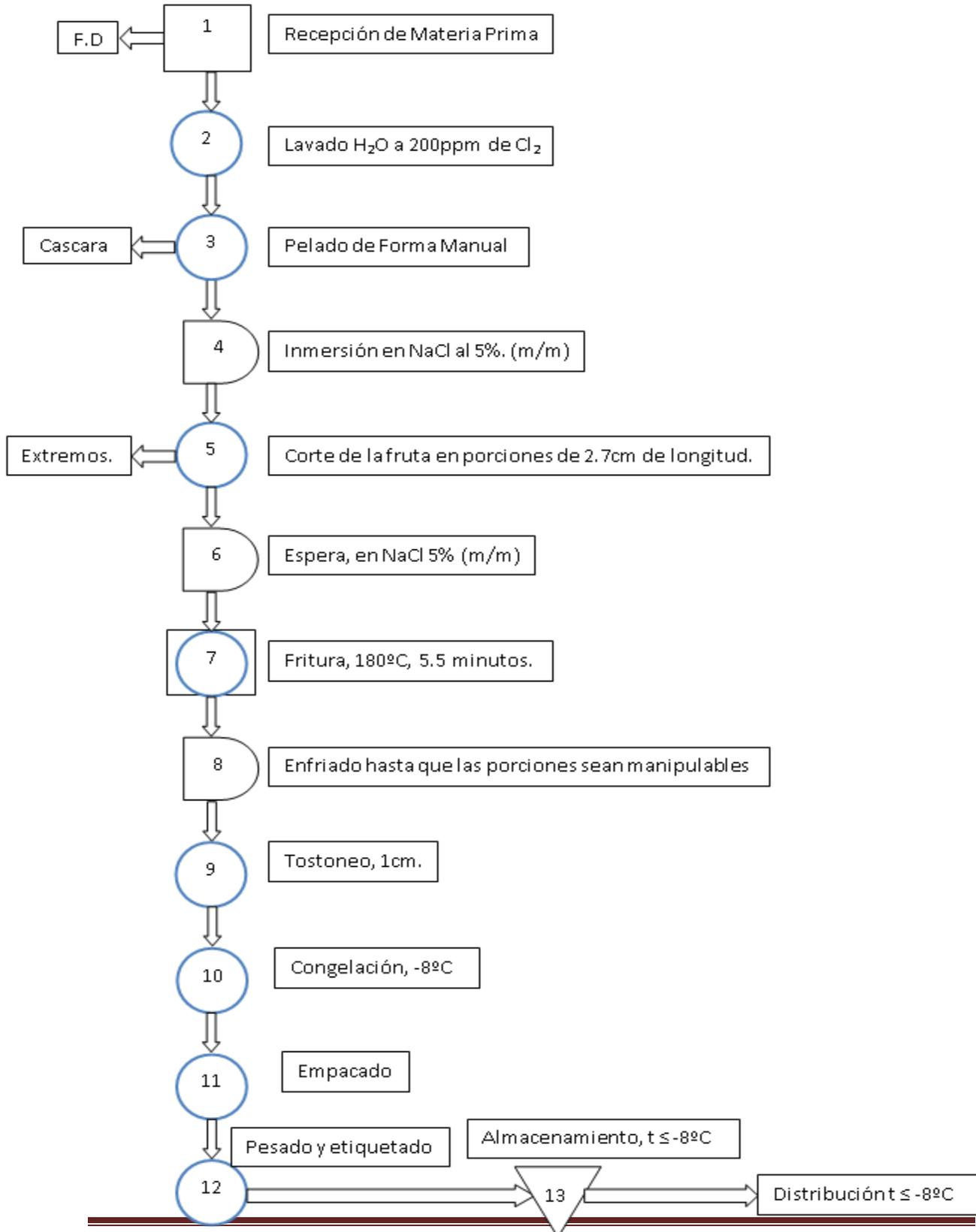
$$M = \frac{18,115.73 \text{ Kcal}}{10,631.16 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}} = 1.7 \text{ Kg}$$

Para el proceso de fritura de 247.93Kg de plátano, usando 49.59Kg de aceite de palma se necesitarían 1.7Kg de GLP. (El cual sería el gasto por día a máxima capacidad de producción)

El precio del GLP actualmente oscila los 63.74USD por cada cilindro de 100lbs, para un precio por kilo de 1.404 USD.



Flujograma de proceso de Elaboración de Tostones Prefritos Congelados





Descripción del flujograma de proceso de elaboración de tostones prefritos congelados.

Este flujograma parte de materia prima almacenada en la planta procesadora, no es materia prima provista directamente del proveedor.

- 1. Recepción de Materia prima:** En esta etapa se verifica que la materia prima no tiene un diámetro menor a 4.4cm; todas las frutas están libres de defectos físicos visibles y no hay frutas con forma extraña. Se verifica que la cantidad de materia prima corresponde a la producción del día (pesado). Se retiran las frutas defectuosas.
- 2. Lavado:** Las frutas que han sido aceptadas en la recepción de materia prima son sumergidas en una solución clorada a 200ppm para reducir la carga microbiana en la superficie de las mismas, para reducir la posibilidad de contaminación.
- 3. Pelado:** Las frutas después de lavadas son peladas de forma manual utilizando cuchillos de acero inoxidable. (se pesa la pulpa y los desechos para llevar registros) Como desecho quedan las cascaras.
- 4. Inmersión NaCl 5%:** Los plátanos que han sido pelados, inmediatamente son sumergidos en una solución de NaCl al 5% para reducir la velocidad del pardeamiento enzimático en las frutas mientras se da continuidad al proceso.
- 5. Corte:** Los plátanos que están en la solución de NaCl al 5% son cortados a partir de 1 cm de un extremo y se prosigue cortando cada 2.7 cm para la obtención de preformas uniformes. Se separan los extremos por ser poco uniformes.
- 6. Espera:** Las preformas con 2.7 cm de longitud son sumergidas nuevamente en la solución de NaCl al 5% mientras se cumplen las condiciones adecuadas de fritura.
- 7. Fritura:** Para el proceso de fritura se utiliza aceite vegetal de palma calentado hasta 180°C, una vez el aceite ha alcanzado esta temperatura las preformas son introducidas en la canastilla de fritura y son mantenidas durante 5 minutos y 30 segundos, en aceite caliente.
- 8. Enfriado:** Las preformas pre-fritas son escurridas y se ubican en una mesa para evitar accidentes en la siguiente etapa.
- 9. Tostoneo:** Las preformas aún calientes son manipuladas con cuidado y comprimidas en tostoneras con aproximadamente 1cm de profundidad en cada molde y 8 cm de diámetro, para garantizar uniformidad en las preformas.
- 10. Congelación:** Una vez se han formado los tostones, estos se dejan enfriar hasta la temperatura ambiente para posteriormente ubicarlos en bandejas metálicas en donde serán congelados de forma individual en un sistema de congelación de alta velocidad hasta que los tostones hayan alcanzado -8°C.
- 11. Empacado:** Los tostones congelados de forma individual son empacados en bolsas plásticas de polietileno.
- 12. Pesado y etiquetado:** Las bolsas de tostones son pesadas y etiquetadas para facilitar su control. (se etiqueta si el empaque nos es Seri grafiado)



- 13. Almacenamiento:** Los tostones prefritos congelados empacados y debidamente rotulados son almacenados en un congelador con una temperatura por debajo de los -8°C hasta el momento de la distribución.
- 14. Distribución:** Los tostones prefritos congelados son distribuidos en un vehículo con sistema de congelación que pueda mantener temperaturas menores o iguales a los -8°C hasta que estos son entregados a los clientes.



Anexo 8 Carta Carta Tecnológica

Carta tecnológica del proceso de elaboración de Tostones Pre-fritos Congelados

Operaciones	Descripción	Especificación	Maquinaria
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.
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%.	Tinas plásticas de 15 galones de capacidad.
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 preformas 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 preformas 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.
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)



Anexo 9 Ficha Técnica
Ficha Técnica del Tostón pre-frito Congelado

NOMBRE DE LA EMPRESA:	PRODUCTO:	CONTROL DE CALIDAD	
		CODIGO:	PRODUCTO TERMINADO:
		TOSTONES PREFRITOS CONGELADOS	
COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL R.L	TOSTONES		
NOMBRE DEL PRODUCTO	Tostones pre fritos congelados.		
DESCRIPCIÓN FÍSICA	Preformas circulares no mayores de 8cm de diámetro con 1 cm de espesor de color amarillo característico de consistencia rígida por efecto de congelación.		
INGREDIENTES PRINCIPALES	Plátanos verde y salmuera al 5%		
CARACTERÍSTICAS SENSORIALES	Color: amarillo característico Olor: Característico		
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	<i>Escherichia Coli</i> < NMP/g <i>Salmonella spp./25gr</i> Ausencia <i>Listeria Monocytogenes./25gr</i> Ausencia		
FORMA DE CONSUMO Y POTENCIALES CONSUMIDORES	Consumo indirecto. Apto para todo publico		
EMPAQUE Y PRESENTACIÓN	Empacado en bolsas Seri grafiada de polietileno, en presentaciones de 500grs ±30grs.		
VIDA ÚTIL ESPERADA	6 meses		
INSTRUCCIONES EN LA ETIQUETA	Según NTON 03 021-99		
CONTROLES ESPECIALES	Temperaturas ≤8°C		



Anexo 10 Costo de Producción Costos de producción

Tabla 6. Costo de materia prima

Cantidad	Precio unitario	Peso Promedio	Rendimiento	Masa Kg	Costo C\$/kg	Costo mensual C\$
5000	1.5	0.297	0.5	743.83	10.1	30,000
10000	1.5	0.297	0.5	1487.65	10.1	60,000

Tabla 7. Coste de producción por kilogramo

Concepto	Cant/mes (Kg)	Precio USD Kg/unidad	Gasto mensual USD
Plátano	5,950.6	0.45	2,677.77
Aceite	1,190	1.2	1428
Bolsas	12,893	0.11	1,418.23
Mano de obra	-	-	2,397
Gas	40.8	1.404	57.3
Electricidad	8,992.32 Kw	0.21/Kw	1,888.39
Agua Potable	53.52 m ³	0.972	52.02
Sal	66.32	0.3	19.89
Depreciación de equipos	-	-	540.94
Transporte	-	-	297.39
Mantenimiento	-	-	25
Total			10,801.93

Tabla 8. Consumo eléctrico en el área de producción

Equipos	Cantidad	Carga eléctrica Kw	Uso Hrs/mes	Consumo Mensual KW
Selladora	3	0.05	96	14.4
Cuarto frío	1	6	720	4,320
Túnel de congelación	1	7	48	336
Balanza	2	0.005	192	1.92
Cuarto refrigerado	1	7	576	4,032
Lámpara	30	0.04	240	288
Total				8,992.32

Se utilizarán, 400 lts de agua para lavar los 1,667 plátanos por día; aproximadamente 210 lts para preparar NaCl al 5% y aproximadamente 1,620 lts para el proceso de limpieza y sanitización; lo que equivale a un gasto mensual de aproximadamente 53.52 m³ de agua potable; a un costo de 0.972 USD/m³

**Tabla 9. Costo Mano de obra Directa.**

Puesto	N° de trabajadores	Total salario mes USD	Total salario Anual USD	Treceavo mes USD	INSS Patronal 15%	Costo Mano obra (año)	Total de USD
Operario	12	1,728	20,736	1,728	3,110.4	25,574.4	
Supervisor	1	216	2,592	216	388.8	3,196.8	
Total	13	1,944	23,328	1,944	3,499.2	28,771.2	

*A los operarios se les pagarán 6 USD por día; al supervisor 9USD/ día.

*Para un costo mensual de mano de obra equivalente a USD 2,397.6



Tabla 10. Equipos y Utensilios.

Equipo	Cantidad	Especificaciones generales	Gasto Total USD.	Depreciación mensual
Mesa	4	Acero inoxidable, 1 x 1.5 m	4 400	36.7
Cuchillos	8	Acero inoxidable	56.9	0.99
Balanzas	2	Digital, con cap. de 75kg	1 400	11.7
Tinas	6	Plásticas, 15 galones de cap.	80	1.35
Freidora industrial	2	Dos canastillas, 25lb de capacidad	1 300	7.74
Tostonera	4	Elaboradas de madera	18	0.5
Cuarto Frío	1	Ensamblado, 2.5x3x6 mts.	18 000	100
Túnel de congelación	1	Ensamblado 2.5x3x6 mts	18 000	100
Selladora	3	15 pulg. de longitud, resistencia variable	336	5.6
Vehículo Refrigerado	1	KIA, 2 Ton de cap.	25 000	173.6
Vehículo transporte	1	KIA 2006, Diesel, usado	9 000	93.75
Tanque de Gas	2	100 lb de capacidad	128	0.89
Tanque de agua	1	10 000 lts de capacidad	1112	4.63
Termómetro	2	Digital	33.2	0.69
Tabla de picar	8	De plástico	71.11	2
Afila cuchillo	4		21.3	0.8
Total			78956.51	540.94

**Energía necesaria para el proceso de refrigeración de la materia prima.**

Partiendo de:

- Para la operación a máxima capacidad se requieren 10 000 unidades de plátano. $\cong 2975$ kg
- Cada Kg de plátano produce 8ml CO₂ por hora; para Mantener la temperatura del ambiente de almacenamiento a 14°C hay que eliminar 0.04067 Kcal/kg.hr de plátano ⁽¹⁹⁾
- En el cuarto frío hay dos luminarias de 40w C/U. $\cong 34.4$ Kcal C/U.
- Cada persona suministra aproximadamente 363Kcal/h. (3 personas dedicadas)
- No se ha definido el material y dimensiones de los pallets que se utilizaran para almacenar la materia prima.
- El cuarto de refrigeración tiene; 3m de alto, 4m de ancho y 8m de largo; paredes de ladrillo común (12 cm) una capa de cemento de 2 cm y 1cm de cerámica; techo de 20 cm de cemento.
- Q₁ Cantidad de energía que hay que eliminar del plátano para que este alcance 14°C.
- Q₂ Calor de respiración producido por la masa de plátanos por hora.
- Q₃ Flujo de calor a través de paredes y techo.

$$Q_1 = mCp\Delta T$$

$$Q_1 = (2,975.3kg)(0.858 \frac{Kcal}{Kg} ^\circ C)(32^\circ C - 14^\circ C)$$

$$Q_1 = (2,552.81Kcal/^\circ C) (18^\circ C) \cong \mathbf{45,950.53 Kcal}$$

Para el proceso inicial de enfriamiento de los plátanos hay que eliminar del sistema **45,950.53Kcal**.

Para el enfriamiento de la materia prima se necesitan 6 horas; por lo que la cantidad de calor a remover del sistema sería de **319.1Kcal/h**. (al dividir el calor total necesario entre 144hr)

$$Q_2 = \left(0.04067 \frac{Kcal}{Kg h}\right) (2975.3Kg) \cong \mathbf{121Kcal/h}$$

**Tabla 11 Distribución del gasto energético en el proceso de refrigeración de M.P.**

Día	Masa Kg.	Cantidad de calor Kcal/h	Calor retirado por día Kcal
1	2,975.3	121	2,904
2	2,479.42	100.84	2,420.16
3	1,983.54	80.67	1,936.08
4	1,487.66	60.5	1,452
5	991.78	40.34	968.16
6	495.9	20.17	484.08
Total a la semana			10,164.48
Calor a retirar por hora			70.59

$$Q_3 = \frac{\Delta T}{\epsilon Ri}$$

$R_i = \frac{L}{(K)(A)}$ Es la Resistencia a la transferencia de calor que ofrecen los materiales.

$$K_1 = 0.72 \text{ W/m}^\circ\text{C} \text{ (Ladrillo Común)}^{31}$$

$$K_2 = 1.4 \text{ W/m}^\circ\text{C} \text{ (Cemento)}^{31}$$

$$K_3 = 1.34 \text{ W/m}^\circ\text{C} \text{ (Ladrillo de arcilla refractaria)}^{31}$$

Las condiciones varían según la posición de las paredes, en el caso de la pared más expuesta al sol:

$$Q_a = \frac{(45^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C})}{\frac{0.12\text{m}}{(0.72 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}})(24\text{m}^2)} + \frac{0.02\text{m}}{(1.4 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}})(24\text{m}^2)} + \frac{0.01\text{m}}{(1.34 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}})(24\text{m}^2)}}$$

$$Q_a = \frac{31^\circ\text{C}}{\frac{0.12}{17.28 \text{ w/}^\circ\text{C}} + \frac{0.02}{33.6 \text{ w/}^\circ\text{C}} + \frac{0.01}{32.16 \text{ w/}^\circ\text{C}}}$$

$$Q_a = \frac{31^\circ\text{C}}{(6.94 \times 10^{-3} \text{ w}^{-1}^\circ\text{C}) + (5.95 \times 10^{-4} \text{ w}^{-1}^\circ\text{C}) + (3.11 \times 10^{-4} \text{ w}^{-1}^\circ\text{C})}$$

$$Q_a = \frac{31^\circ\text{C}}{7.846 \times 10^{-3} \text{ w}^{-1}^\circ\text{C}} = 3,951.1 \text{ W} \cong \mathbf{3,397.91 \text{ Kcal}}$$

Para el caso de la pared opuesta a la anterior; (misma área y propiedades de los materiales, pero, la pared no está expuesta al sol)

$$Q_b = \frac{(40^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C})}{7.846 \times 10^{-6} \text{ w}^{-1}^\circ\text{C}} = \frac{26^\circ\text{C}}{7.846 \times 10^{-6} \text{ w}^{-1}^\circ\text{C}} = 3,313.79 \text{ w} \cong \mathbf{2,849.86 \text{ Kcal}}$$

Para el caso de las paredes de menor dimensión (mismas condiciones de la pared anterior, varía el área.

$$Q_c = \frac{26^\circ\text{C}}{\frac{0.12\text{m}}{(0.72 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}})(12\text{m}^2)} + \frac{0.02\text{m}}{(1.4 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}})(12\text{m}^2)} + \frac{0.01\text{m}}{(1.34 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}})(12\text{m}^2)}}$$



$$Q_c = \frac{26^\circ C}{\left(\frac{0.12}{8.64} + \frac{0.02}{16.8} + \frac{0.01}{16.08}\right) W^{-1} C} = \frac{26}{0.015692 W^{-1}} = 1,656.89 W \cong \mathbf{1,424.93 Kcal}$$

Como son Dos paredes de iguales dimensiones y materiales el flujo total de calor, a través de las dos paredes sería $2Q_c$, $\cong \mathbf{2,849.86 Kcal}$.

Para el caso del techo de la cámara, está bajo techo. Tenemos que:

$$Q_d = \frac{KA}{L} \Delta T$$

$$Q_d = \frac{\left(1.4 \frac{W}{m^2 C}\right)(32m^2)}{0.2m} (45^\circ C - 14^\circ C) = \left(224 \frac{W}{C}\right) (31^\circ C)$$

$$Q_d = 6,944 W \cong \mathbf{5,971.8 Kcal}$$

Las pérdidas totales de calor a través de las paredes de la cámara frigorífica ascienden a:

$$Q_3 = \varepsilon Q_{paredes}$$

$$Q_3 = 3,397.91 Kcal + 2,849.86 Kcal + 2,849.86 Kcal + 5,971.8 Kcal$$

$$Q_3 = \mathbf{15,069.43 Kcal}$$

El cuarto de refrigeración opera las 24 horas al día durante 6 días a la semana, sabiendo que las pérdidas de calor a través de las paredes durante las horas más cálidas del día (9 am-4pm) es la anteriormente calculada, lo que daría una razón de transferencia de calor por hora de 4,395.25 Kcal/h.

Asumiendo que las luminarias funcionan por 6 horas al día, estas suministrarían:

$$Q = (2)(34.4)(6)(6) = 2476.8 Kcal/sem \cong 17.2 Kcal/h$$

Si el personal permanece un total de 3 horas en el cuarto frío, estas suministrarían:

$$Q = (3)(3)(363)(6) = 19,602 Kcal/sem \cong 136.125 Kcal/h$$

Para obtener la potencia del sistema de refrigeración solo hay que sumar todos los calores calculados;

$$Q = 319 + 70.59 + 4,395.25 + 17.2 + 136,125 = \mathbf{4,938.17 Kcal/h}$$

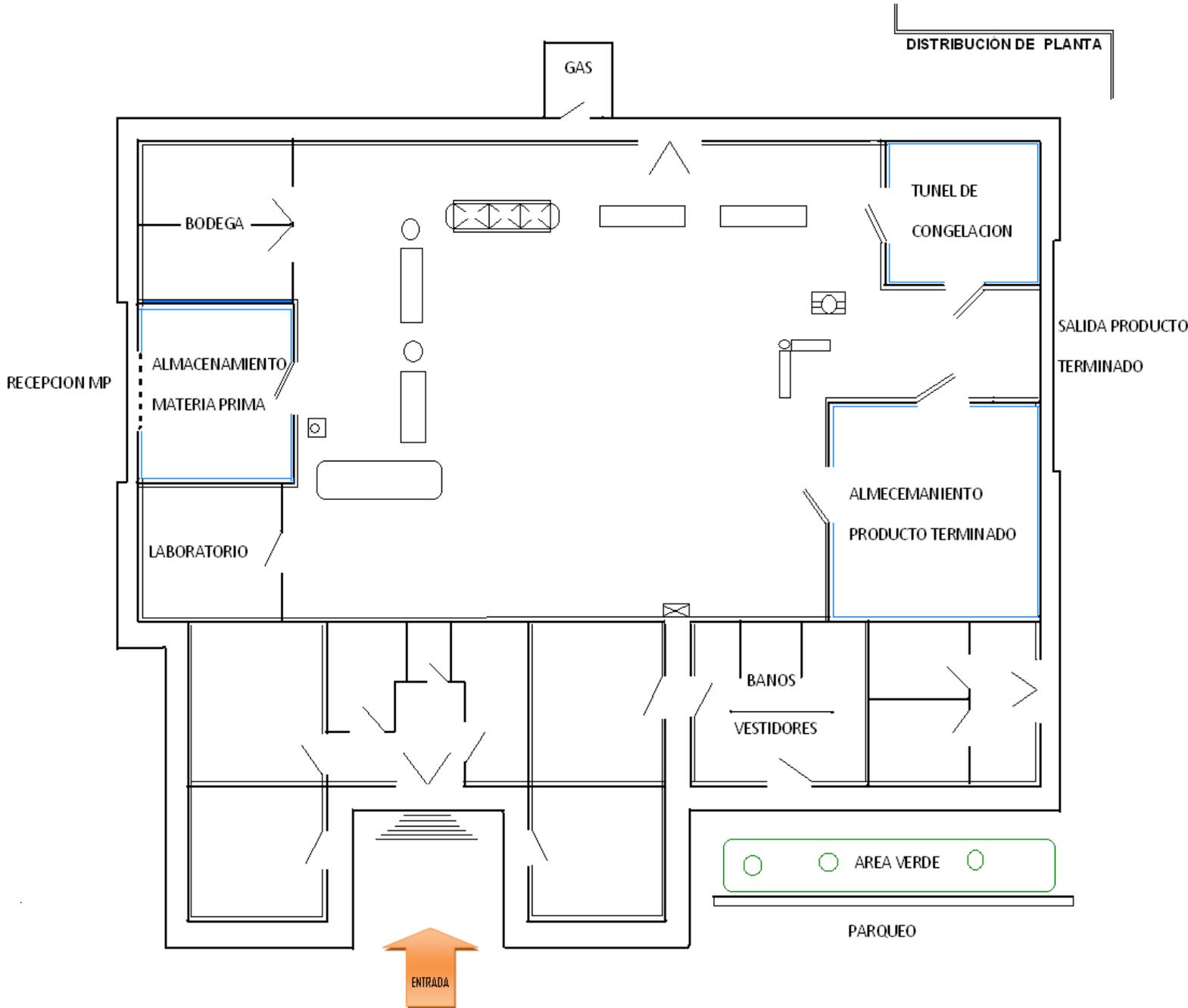
Considerando un 10% como margen de seguridad tendríamos que

$$Q = 4,938.17 + 493.82 = 5431.99 \cong 5,432 Kcal/h \cong 21,554.14 Btu/h \cong \mathbf{6.32 Kw/h.}$$



Anexo 11 Layout de planta

COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL R.L





Anexo 12 Imágenes



Materia prima



Rotulación de M.P



Pesado de desechos



Inmersión en sln. Antioxidante



Determinación de S.S



Inmersión en sln. Antioxidante



Fritura



Tostoneado (Compresión)



Empacado y rotulado



Tostones Congelados



Fritura de tostones congelados



Tostones listos para consumo