

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA



Evaluación de las características fisicoquímicas y organolépticas en frituras de yuca (*Manihot esculenta*) y plátano (*Musa sapientum*) utilizando procesos de blanqueado y secado como pre tratamiento

Trabajo de graduación presentado por
Cristina Cosillo Aragón para optar al grado académico de Licenciada
en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala
2012

Evaluación de las características fisicoquímicas y organolépticas en frituras de yuca (*Manihot esculenta*) y plátano (*Musa sapientum*) utilizando procesos de blanqueado y secado como pre tratamiento

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

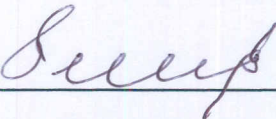


Evaluación de las características fisicoquímicas y organolépticas en frituras de yuca (*Manihot esculenta*) y plátano (*Musa sapientum*) utilizando procesos de blanqueado y secado como pre tratamiento

Trabajo de graduación presentado por
Cristina Cosillo Aragón para optar al grado académico de Licenciada
en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala
2012

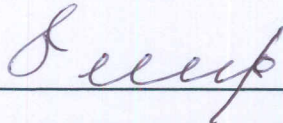
Vo Bo:

(f) 

Ingeniero Henry Daniel Cukier Alcah 

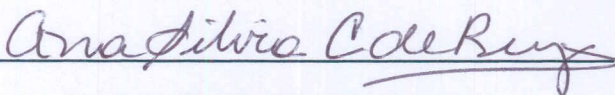
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) 

Ingeniero Henry Daniel Cukier Alcah 

Asesor

(f) 

Licenciada Ana Silvia Colmenares

(f) 

Licenciada Patricia de Palomo

Fecha de aprobaci n: Guatemala, 24 de enero de 2012

PREFACIO

Este trabajo de graduación surgió como una idea sobre las nuevas tendencias en el consumo de frituras y el especial interés en la tecnología de alimentos para asumir los nuevos retos y cumplir con los requerimientos de la industria y sus consumidores.

Considero este trabajo de graduación como el resultado de un gran esfuerzo realizado por varias personas. Por lo que agradezco principalmente a Dios por ser el centro de mi vida y darme todas las herramientas necesarias para alcanzar y llegar a esta meta tan importante. De igual forma, agradezco a mi madre Dacia Aragón por entregar su vida entera a mi educación y formación. A mi hermano Irving Eduardo Cosillo Aragón por acompañarme y estar a mi lado en todo momento.

Agradezco también al Departamento de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala por su constante apoyo, enseñanzas y motivación. Considero que es un departamento de alto desempeño el cual me dio un sinfín de herramientas para desarrollarme como persona y profesionalmente.

Por último agradezco a todos mis amigos y familia que fueron parte de mi vida a lo largo de este camino.

CONTENIDO

PREFACIO.....	V
CONTENIDO.....	VI
LISTA DE CUADROS Y TABLAS.....	VII
LISTA DE GRÁFICAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
III. METODOLOGÍA.....	8
IV. JUSTIFICACIÓN.....	11
V. OBJETIVOS.....	12
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
VII. CONCLUSIONES.....	24
VIII. RECOMENDACIONES.....	26
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	27
X. APÉNDICE.....	30

LISTADO DE CUADROS Y TABLAS

		Página
1.	Contribución de los lípidos en tres atributos de los alimentos	2
2.	Porcentajes de disminución de absorción de grasa para la comparación de los pre tratamientos de blanqueado mezclados con secado y únicamente blanqueado	15
3.	Comparación de porcentajes de disminución de absorción de grasa para las frituras con pre tratamientos y la muestra control	15
4.	Disminución de humedad en porcentaje para la comparación de los pre tratamientos de blanqueado con secado y únicamente blanqueado	16
5.	Disminución de humedad en porcentaje para las frituras con pre tratamientos y la muestra control	16
6.	Peso en gramos necesario para determinar la fracturabilidad de las frituras de yuca y plátano sometidas a distintos procesos de pre tratamiento	20
7.	Medias de prueba de aceptabilidad para las frituras de plátano sometidas a diferentes pre tratamientos	21
8.	Medias de prueba de aceptabilidad para las frituras de yuca sometidas a diferentes pre tratamientos.	21
9.	Costo en quetzales por kilogramo de alimento procesado para utilizar un deshidratador de 1kW ó vapor para realizar el blanqueado	22
10.	Fotografías de las frituras de plátano sometidas a diferentes tipos de pre tratamiento.	30
11.	Fotografías de las frituras de yuca sometidas a diferentes tipos de pre tratamiento.	31
12.	Pesos de muestra y cálculo para el porcentaje de grasa en frituras de yuca.	32
13.	Pesos de muestra y cálculo para el porcentaje de grasa en frituras de plátano.	32
14.	Pesos de muestra y cálculo para el porcentaje de humedad en frituras de yuca	32
15.	Pesos de muestra y cálculo para el porcentaje de humedad en frituras de plátano	33
16.	Mediciones de los parámetros de color para las frituras de yuca	33
17.	Mediciones de los parámetros de color para las frituras de plátano	34
18.	Promedios y desviación estándar de los parámetros de color determinados para las frituras de yuca	34
19.	Promedios y desviación estándar de los parámetros de color determinados para las frituras de yuca	35
20.	Datos originales y cálculos de promedio y desviación estándar para el análisis de textura en frituras de yuca.	35

21.	Datos originales y cálculos de promedio y desviación estándar para el análisis de textura en frituras de plátano	36
22.	Resultados de la prueba de aceptabilidad para las frituras de yuca	36
23.	Resultados de la prueba de aceptabilidad para las frituras de plátano	37
24.	Orden de presentación de muestras para las frituras de plátano y yuca durante el análisis sensorial	37
25.	Cálculo de costo de secado	38
26.	Cálculo de costo de vapor para el proceso de blanqueado	38
27.	Análisis ANOVA de un factor para análisis de grasa en frituras de yuca	39
28.	Análisis ANOVA de un factor para análisis de grasa en frituras de plátano	39
29.	Análisis ANOVA de un factor para análisis de humedad en frituras de yuca.	39
30.	Análisis ANOVA de un factor para análisis de humedad en frituras de plátano.	39
31.	Análisis ANOVA de un factor para análisis de textura en frituras de yuca.	40
32.	Análisis ANOVA de un factor para análisis de textura en frituras de plátano.	40
33.	Análisis ANOVA de un factor para análisis de luminosidad en frituras de yuca.	40
34.	Análisis ANOVA de un factor para análisis de luminosidad en frituras de plátano.	41
35.	Análisis ANOVA de un factor para análisis del factor (a) de color en frituras de yuca.	41
36.	Análisis ANOVA de un factor para análisis del factor (a) de color en frituras plátano.	41
37.	Análisis ANOVA de un factor para análisis del factor (b) de color en frituras plátano	42
38.	Análisis ANOVA de un factor para análisis del factor (b) de color en frituras de yuca	42

LISTA DE GRÁFICAS

	Página
1. Parámetros de L, a y b para frituras de plátano	13
2. Parámetros de L, a y b para frituras de yuca.	14
3. Porcentaje de grasa absorbido por cada fritura sometida a diferentes tratamientos previos a su procesamiento	15
4. Porcentaje de humedad en frituras sometidas a distintos pre tratamientos	17
5. Fracturabilidad de frituras sometidas a distintos pre tratamientos	19

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Esquema de la transferencia de masa durante el freído	4
2. Formato de prueba de análisis sensorial realizado en frituras de yuca y plátano con pre tratamiento	43

RESUMEN

Las frituras son un alimento procesado de mucha aceptación a nivel mundial, estos se encuentran en diversas formas y sabores. El proceso de fritura es uno de los métodos más antiguos y ampliamente utilizados para preparar alimentos crujientes y de buen sabor, su elaboración comprende una serie de reacciones químicas y físicas en las cuales se generan numerosos compuestos que dan origen al sabor principal en el producto. En cuanto a la materia prima, las frituras más conocidas a nivel mundial son las papas fritas. En Guatemala, además de las conocidas papas fritas, son comunes las frituras de de yuca y plátano por ser alimentos de fácil cultivo en la región.

Sin embargo, a pesar que la demanda de productos fritos aún es alta, las tendencias en alimentos cambian y el mercado pide productos que contengan un menor contenido de grasa sin sacrificar el sabor característico de las frituras. La preferencia del consumidor por los productos bajos en grasa ha conducido a la industria a buscar alternativas para la producción de frituras con una baja absorción de aceite sin sacrificar el sabor deseado.

Es por esta razón que la presente investigación tuvo como objetivo principal la evaluación de procesos de secado, blanqueado por inmersión y blanqueado por vapor como tratamientos previos al proceso de fritura, y de esta forma determinar su influencia en la absorción de aceite, humedad final, cambios de color, textura, apariencia y sabor.

Se concluyó que los pre tratamientos lograron reducir la absorción de aceite y humedad final en las frituras de yuca y plátano, siendo la combinación de secado y blanqueado uno de los más efectivos. El pre tratamiento de secado aumentó la fracturabilidad en las frituras mejorando su textura. No se logró determinar una diferencia organoléptica significativa entre las diferentes pre tratamientos realizados con respecto a las frituras que fueron tratadas previamente. Por último, se determinó el costo adicional de utilizar un pre tratamiento por kilogramo de alimento procesado, lo cual puede considerarse como un beneficio debido al valor agregado que da al producto debido a la menor absorción de grasa principalmente.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación pretende evaluar los procesos de secado, blanqueado por inmersión y vapor como pre tratamientos a la fritura del alimento. Con esta evaluación, se desea determinar los beneficios en cuanto a los parámetros de absorción de aceite, humedad final, textura, color y cambios organolépticos. Así como también la relación de costo-beneficio al utilizar un pre tratamiento para el proceso de fritura.

La metodología consistió en la separación de las muestras de yuca y plátano en cinco grupos, los cuales se sometieron a los tratamientos de blanqueado por vapor en inmersión junto con el proceso de secado y la muestra de control respectivamente. Posteriormente, se realizaron determinaciones de color, textura, humedad, absorción de aceite, y un análisis sensorial. Para el análisis de costo se tomó en cuenta los recursos energéticos necesarios para el secado y generación de vapor en el proceso de blanqueado.

Como resultado del trabajo de investigación se concluyó la efectividad de los pre tratamientos estudiados al lograr reducir la absorción de aceite, siendo la combinación de secado y blanqueado por inmersión con la que se logró un menor porcentaje de aceite. No se logró determinar una diferencia significativa organoléptica para las frituras de yuca y plátano sometidas a diferentes pre tratamientos. Se observó que el porcentaje final de humedad es principalmente afectado por el proceso de secado, naturaleza del alimento y no por el proceso de blanqueado por vapor o inmersión. Se determinó que el proceso de secado aumentó la fracturabilidad de la yuca y plátano. Finalmente se determinó el costo por kilogramo de producto de los pre tratamientos de secado, blanqueado por vapor y la combinación entre estos dos. El cual puede tomarse como una inversión considerando el beneficio de un producto con un bajo contenido de grasa.

II. MARCO TEÓRICO

A. Lípidos

Los lípidos son grupos de compuestos constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, aunque también contienen fósforo y nitrógeno. Las grasas y los aceites son los principales lípidos que se encuentran en los alimentos, contribuyen a la textura y, en general, a las propiedades sensoriales y de nutrición. Sus principales fuentes son las semillas oleaginosas y los tejidos animales, terrestres y marinos, ya que las frutas y las hortalizas presentan normalmente muy bajas concentraciones, con algunas excepciones como el aguacate, las aceitunas y algunos tipos de nueces. (Badui 2004)

Cuadro No1. Contribución de los lípidos en tres atributos de los alimentos

Calidad

Textura, dan consistencia y estructura a muchos productos

Lubricación y saciedad al consumirlos

Color, debido a los carotenoides

Sabor, gracias a las cetonas, aldehídos y derivados carbonilos

Nutrición

Fuente de energía importante por la β -oxidación

Vehículo de vitaminas liposolubles

Son ácidos grasos indispensables, linoléico y linolénico

Promueven la síntesis de miscelas y de bilis

Facilitan la absorción de las vitaminas liposolubles

Biológico

Fuentes de vitamina A,D, E y K

El ácido linoleico es componente de las acilglucoceramidas de la piel

El colesterol es precursor de la vitamina D2, de corticosteroides y de ácidos biliares

El inositol favorece la transmisión de señales

(Badui 2004)

B. Freído

Se define como el proceso donde el alimento es cocinado mediante la inmersión de este en un aceite o grasa a una temperatura superior al punto de ebullición del agua. Este proceso se realiza tradicionalmente a presión atmosférica a temperaturas cercanas a 140-180°C. (Mariscal, 2008)

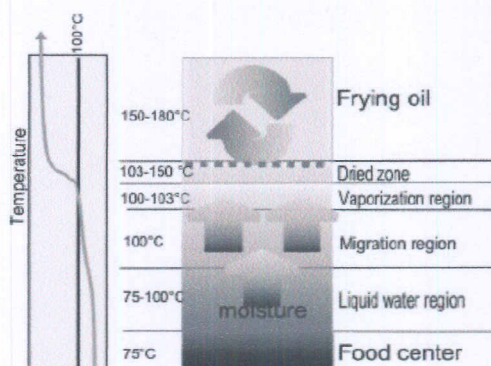
El proceso de freído es complicado debido al calentamiento y la transferencia de masa entre el alimento y el medio de freído que cambia progresivamente debido al deterioro del aceite o grasa. Adicionalmente, durante el proceso se llevan a cabo diferentes cambios como la gelatinización de almidón, reacción de Maillard, desnaturalización de la proteína y la disminución de humedad en el alimento. Estos cambios suelen manifestarse con el hinchamiento del producto, formando una pequeña costra o con la aparición de un color dorado, textura y sabores atractivos. (Kochhar 2004)

Las altas temperaturas provocan la deshidratación de los alimentos, parcial en el caso de carnes y casi total en el de botanas, lo que ocasiona la absorción de aceite en los espacios que deja el agua. El vapor generado favorece la hidrólisis de los triglicéridos y la liberación de ácidos grasos, de mono y diacilglicéridos y de glicerina; si el aceite es láurico (coco, palmiste), se generan jabones y si los ácidos libres son de cadena larga, actúan como espumantes y solubilizan los metales, facilitando la oxidación de los insaturados. Con la inclusión de oxígeno por efecto de la aireación se forman hidroperóxidos muy reactivos que provocan síntesis de aldehídos, cetonas, ácidos, etcétera, con olores característicos a rancidez. El aceite, al ser un disolvente no polar, extrae los pigmentos y las vitaminas liposolubles y los vuelve más sensibles al calor y al oxígeno. Todos estos cambios se reflejan en un incremento de la viscosidad y de los ácidos grasos libres, de generación de colores oscuros y de espuma. (Badui 2006)

El diseño del freidor es el tercer elemento que influye para lograr una buena operación industrial. El acero inoxidable es lo ideal, y tiene que ser lo más hermético posible para evitar la luz y el oxígeno, así como tener una relación mínima superficie/volumen; las bombas de recirculación de aceite no deben provocar turbulencia e inclusión de oxígeno. Un programa permanente de limpieza es necesario

para evitar la acumulación de polímeros que a su vez puedan propiciar más oxidación. (Badui 2006)

Figura #1. Esquema de la transferencia de masa durante el freído.



(Kochhar 2004)

C. Efectos de pre tratamientos

Los pre tratamientos tienen como propósito mejorar la calidad de los alimentos en el producto final. Entre estos se puede mencionar el blanqueo, la deshidratación osmótica, secado previo y congelación. (Troncoso et al 2009)

Deshidratación osmótica: Esta tiene como propósito incrementar la cantidad de sólidos para mejorar la textura. Moreira y Da Silva (2008:512) determinaron que las papas freídas al vacío sumergidas en una solución de 50% de maltodextrina poseían una textura mejor que las papas freídas convencionalmente. Adicionalmente, se sumergieron en una solución de ácido cítrico para disminuir la decoloración.

Secado: Este tiene como desventaja la disminución del rendimiento. Sin embargo, esto se debe por la disminución del porcentaje de agua lo cual reduce el contenido de grasa absorbido. (Troncoso et al 2009)

En la producción de frituras de papa, las rodajas son lavadas y secadas sobre planchas calientes para remover la mayor cantidad de almidón y agua posible. (Troncoso et al 2009)

Según Moyano (2005:286) algunas plantas procesadoras de frituras utilizan el blanqueo para mejorar el color del producto. La solución de blanqueo posee una temperatura entre 65-95°C y el blanqueo dura aproximadamente un minuto.

Posteriormente se remueve el exceso de agua y las rodajas del alimento son llevadas mediante un proceso continuo a un freidor con una temperatura de 170 a 190°C por 3 minutos. El tiempo depende realmente del flujo insertado a la freidora, la humedad inicial del producto y el color deseado. Como alternativa al blanqueo, el alimento también puede ser deshidratado lo cual reduce la absorción de aceite en el producto final.

En una investigación sobre los efectos de los pre tratamientos en freído Moyano y Pedreshi (2005:290) concluyeron que la cantidad de aceite absorbido incrementó a medida que la temperatura descendió de 180 a 120°C para los tratamientos de secado, blanqueado y secado, y la muestra control. Contrario a lo esperado, las muestras blanqueadas absorbieron la misma o más cantidad de aceite que las frituras de control. Sin embargo, las muestras blanqueadas y secadas si presentaron una menor cantidad de aceite que las muestras blanqueadas y de control.

D. Efecto del proceso de freído sobre el color

Una investigación realizada en papas fritas por Crokida *et al.* (2001:225) revelo que los parámetros del color L, a y b son afectados principalmente por el grosor de las rodajas y la temperatura del aceite. El cambio de color es más intenso a medida que aumenta la temperatura y disminuye el grosor de la rodaja.

E. Efecto de la textura sobre las frituras

Piedreshi (2004:289) concluyó que las papas fritas que no fueron sometidas a un proceso de blanqueamiento, presentaron una mayor fuerza de quiebre que las que si fueron blanqueadas. En esta investigación también se utilizó el horneado como tratamiento previo al proceso de freído, por lo que se concluyó que la textura final de las papas horneadas es independiente de la temperatura de fritura y el pre tratamiento recibido para las temperaturas correspondientes. La textura final depende principalmente del contenido de humedad.

F. Yuca

Es un cultivo de bajo costo de producción y perenne con alta producción de raíces reservantes, como fuente de carbohidratos y follajes para la elaboración de harinas con alto porcentaje de proteínas. Las características de este cultivo permite su total utilización, el tallo para su propagación vegetativa, sus hojas para producir harinas y las raíces reservantes para el consumo en fresco, agroindustria o exportación. La yuca también es rica en carbohidratos, pobre en proteínas y grasas, y muy buena fuente de vitaminas del grupo B, vitamina C, magnesio, potasio, calcio y hierro. (Universidad Nacional Agraria La Molina)

En Guatemala la demanda de yuca fresca para el consumo humano se encuentra satisfecha dado que la producción es suficiente para los requerimientos del mercado interno. Respecto a la exportación, Estados Unidos es el principal mercado para la exportación de yuca fresca de buena calidad para consumo humano. (Desarrollo de Productos de Raíces y Tubérculos)

G. Plátano

Es una fruta con forma alargada y algo curvada. El color puede cambiar en función de la variedad, la piel puede ser de color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo. Se destaca por su sabor dulce, intenso y perfumado. Entre sus propiedades nutritivas destaca su contenido de carbohidratos, magnesio, ácido fólico y sustancias de acción astringente; elevado contenido de fibra y potasio. (Universidad Nacional Agraria La Molina)

El plátano es la fruta tropical más cultivada y una de las cuatro más importantes en términos globales, sólo por detrás de los cítricos, la uva y la manzana. Los países latinoamericanos y del Caribe producen el grueso de los plátanos que entran en el comercio internacional, a pesar de que los principales productores son India y China, siendo el principal cultivo de las regiones húmedas y calidas del sudoeste asiático. Los principales importadores son Europa, Estados Unidos, Japón y Canadá. Los consumidores del norte lo aprecian sólo como un postre, pero constituye una parte esencial de la dieta diaria para los habitantes de más de cien países tropicales y subtropicales.

El plátano es uno de los cultivos más importantes del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Además de ser considerado un producto básico y de exportación, constituye una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo. (Desarrollo de Productos de Raíces y Tubérculos).

III. METODOLOGÍA

A. Preparación de muestra

Se cortaron rodajas de 3-5 mm de yuca y plátano, las cuales se dividieron en cinco grupos. Cada grupo fue sometido a uno de los siguientes pre tratamientos:

- Blanqueado por inmersión sin secado
- Blanqueado por inmersión con secado
- Blanqueado por vapor sin secado
- Blanqueado por vapor con secado
- Control (No se realizó pre tratamiento)

El blanqueado por inmersión se realizó a una temperatura de 85°C por 3.5 minutos; el blanqueado por vapor se realizó por cinco minutos. (Moyano 2005)

El proceso de secado se realizó en un deshidratador marca Garden Master (1KW) con un motor de 2,400 RPM, a una temperatura de 71°C por 10 minutos. El proceso de fritura se realizó a una temperatura de 175 ±10 °C por 5 minutos para la yuca y 10 minutos para el plátano. (Moyano 2005)

B. Determinación de color

La determinación del color fue realizada con un colorímetro Hunter Lab modelo D25A-9000, iluminante tipo C. Se manejó la escala Hunter LAB, en la cual (L) representa la luminosidad (0, es negro y 100, es blanco); (a) representa los colores rojo y verde (los valores positivos son rojos y los valores negativos son verdes, 0 representa neutro); (b) representa los colores azul y amarillo (los valores positivos son amarillo y los negativos son azul). (Krokida 2001)

Para la medición de cada muestra se procedió a su homogenización y vertido en el cubo para su ajuste en el lente de medición.

C. Determinación de grasa

Se utilizó la metodología de extracción soxhlet No 934.01 de la AOAC.

D. Análisis de humedad

Una vez realizada la fritura, se utilizó un mortero para homogenizar la muestra. Se colocó aproximadamente 5 g en una cápsula de aluminio con su tapa previamente tarada. Luego se dejó secar en el horno a 110°C por un promedio de 12 horas. Transcurrido el tiempo, se procedió a pesar la muestra fría y determinar el porcentaje de humedad.

$$\text{Porcentaje de humedad (\%)} = \left(\frac{h2 - h3}{h2 - h1} \right) \times 100$$

Ecuación No.1

Donde:

H1: peso de la cápsula vacía con tapadera en gramos

H2: peso de la cápsula con la muestra y tapadera antes del secado en gramos

H3: peso de la cápsula con tapadera y muestra después del secado en gramos.

E. Análisis de textura

La fritura fue colocada en un texturómetro el cual utilizó una velocidad de 10mm/s y una distancia de 3 mm desde la sonda hasta la muestra. Para cada muestra realizada se tomaron diez datos del peso máximo necesario en gramos para fracturar el alimento. (Mazumder 2007)

F. Análisis sensorial

Se realizó una prueba de aceptabilidad de apariencia, textura y sabor dirigida al consumidor para cada fritura sometida a distinto pre tratamientos.

1. Preparación de muestra. Se prepararon cinco tipos de fritura de plátano y yuca, de las cuales cuatro tipos fueron sometidas a los pre tratamientos de blanqueado por inmersión, blanqueado por inmersión y secado, blanqueado por vapor, y blanqueado por vapor con secado; la última se trató de una muestra control la cual no fue tratada previamente al proceso de fritura.

2. Presentación de muestras. El panel se realizó con diez personas entre 18 y 46 años. A cada participante se le presentó dos platos con las cinco muestras de cada fritura. Durante la prueba, el panelista debió indicar el grado de aceptación y preferencia de cada atributo requerido en cada muestra de acuerdo a la escala hedónica de cinco puntos presentada en la boleta de prueba.

3. Análisis de datos. Para la presentación de resultados se realizó un promedio del puntaje indicado para los panelistas de acuerdo a la escala hedónica utilizada en la prueba. Estos fueron agrupados de acuerdo a los parámetros de apariencia, textura y sabor analizados.

G. Análisis de costos

1. Costo de secado. Se tomaron las especificaciones del deshidratador marca Garden Master (31°-71°C) con una potencia de 1 kW y motor de 2,400 RPM. Inicialmente se midió el tiempo y cantidad de alimento secado en gramos. Posteriormente se utilizó la tarifa simple dada por la Empresa Eléctrica establecida en la ciudad de Guatemala para obtener el costo del secado por kilogramo de alimento procesado.

2. Costo de vapor. Para la generación de vapor se asumió un 77% de eficiencia de la caldera ubicada en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala. Debido a que las pruebas se realizaron experimentalmente, se midió la cantidad de agua utilizada y se asumió un 25% de evaporación. Posteriormente, se calculó el calor necesario para evaporar la cantidad de agua medida y con la capacidad calorífica y costo del diesel, se determinó el costo del vapor por kilogramo de alimento procesado.

IV. JUSTIFICACIÓN

El proceso de fritura es bastante complejo, uno de los grandes problemas es el efecto de la temperatura y oxígeno sobre el aceite o grasa que se utilice. Estos dos últimos factores desencadenan reacciones de degradación, que a su vez polimerizan y generan compuestos que pueden dar un mal sabor, olor rancio al aceite y por lo tanto al alimento. Al mismo tiempo, los efectos de estos compuestos y las altas temperaturas degradan al alimento causando la disminución de la calidad organoléptica del producto deseado. Esta es una de las principales razones por las que durante la última década se han desarrollado nuevos procesos que permitan reducir la cantidad de aceite absorbido en la fritura sin comprometer las características sensoriales tan apreciadas por el consumidor. Entre ellas se encuentran diferentes métodos de pre tratamiento como por ejemplo, el secado o inmersión en soluciones de maltodextrina y ácido cítrico; blanqueado y secado o deshidratado. Estas lo que permiten es la reducción de la humedad para minimizar la absorción de agua o el aumento de sólidos para mejorar la textura y disminuir la decoloración en el caso de la inmersión en soluciones.

Además de esto, numerosos estudios han revelado que el exceso en el consumo de grasa, contribuye al incremento de enfermedades cardiovasculares, cáncer de colon, próstata y mama. Debido a esta incidencia, se ha observado una creciente tendencia al consumo de comida sana y saludable. Sin embargo, también se ha notado que el consumidor aún no está dispuesto a sacrificar las características sensoriales y organolépticas de las frituras.

Pensando en un mejor aprovechamiento de los recursos tecnológicos, alimentos tradicionales y de fácil acceso como el plátano y la yuca, se ha pensado en evaluar y comparar las características fisicoquímicas y sensoriales obtenidas con la utilización de pre tratamientos de blanqueado y secado en el proceso de fritura convencional. Para de esta forma conocer las ventajas en cuanto a las características físicas, sensoriales y el costo y beneficio de utilizar pre tratamientos en procesos de freído.

V. OBJETIVOS

A. **Objetivo general**

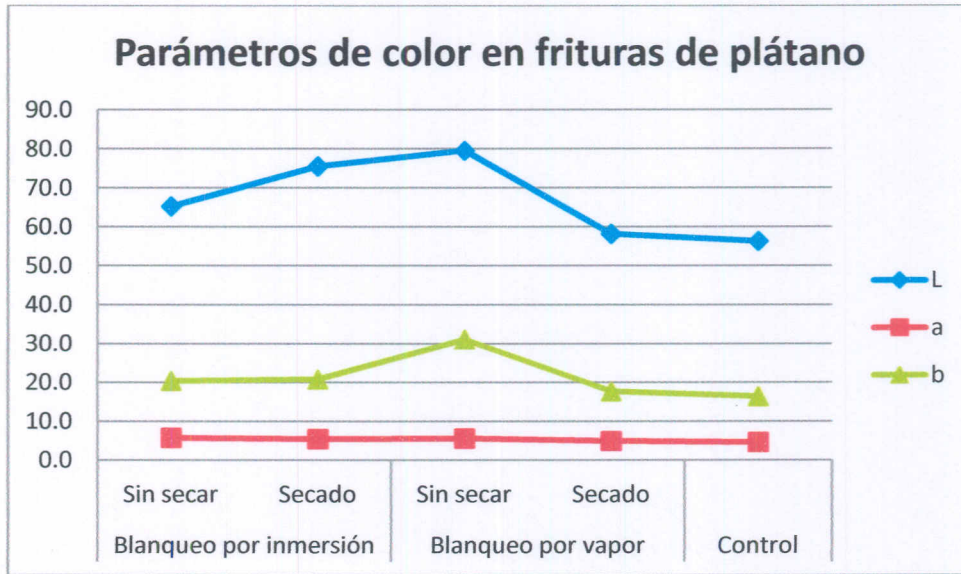
- Evaluar los procesos de secado, blanqueo por inmersión y blanqueo por vapor como pre tratamiento para frituras de yuca y plátano

B. **Objetivos específicos:**

- Determinar y comparar características fisicoquímicas como textura, color, humedad y grasa de las frituras de yuca y plátano sometidas a distintos procesos de pre tratamiento.
- Comparar las características organolépticas de las frituras de yuca y plátanos realizadas con distintos pre tratamientos.
- Determinar las diferencias obtenidas entre las frituras con pre tratamiento y las frituras sin pre tratamiento
- Evaluar el costo y beneficio de utilizar los procesos de secado y blanqueado por vapor.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

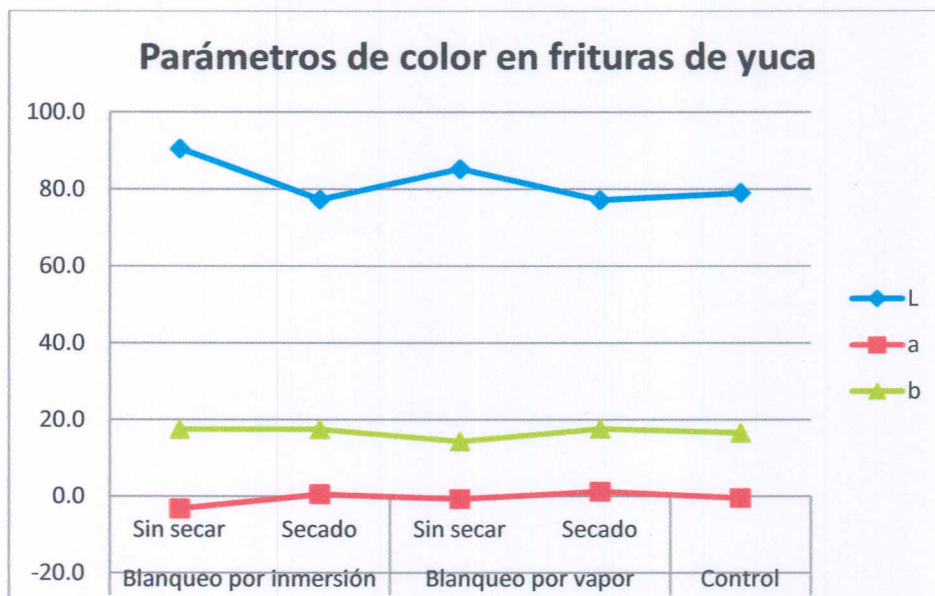
Gráfico No.1. Parámetros de L,a y b para frituras de plátano.



L: luminosidad; a: valores positivos tendencia al rojo y valores negativos tendencia al verde; b: valores positivos tendencia al amarillo y valores negativos tendencia al azul.

Como se puede observar en el Gráfico No.1, se obtuvieron valores positivos para los parámetros de a y b, lo cual indica una tendencia al color amarillo y naranja. Los valores altos de L indican una tendencia elevada al color blanco, lo cual puede interpretarse como frituras con un color claro y definido sin daño alguno por el proceso térmico.

Gráfico No.2. Parámetros de L, a y b para frituras de yuca.



L: luminosidad; a: valores positivos tendencia al rojo y valores negativos tendencia al verde; b: valores positivos tendencia al amarillo y valores negativos tendencia al azul.

El análisis de color para las frituras de yuca mostró al igual que en las frituras de plátano, altos valores de L, por lo que ambas muestras se consideran brillantes y no se muestra ninguna opacidad debida a un proceso de fritura excesivo. Es decir, un producto quemado.

En el Gráfico No.2 también se muestran valores positivos para b y valores cercanos a cero, exceptuando por el proceso de blanqueado por inmersión sin secado que indica un valor negativo. Esto indica una tendencia a un color amarillo pálido, lo cual es esperado para la fritura de yuca.

Al comparar los procesos de pre tratamiento para las frituras de yuca y plátano, se observa muy poca variación entre los parámetros determinados, exceptuando por el tratamiento de blanqueado sin secado que mostró valores altos de luminosidad para ambas muestras. Por lo tanto, se considera que los cambios de color no están directamente influenciados por el tratamiento realizado. Se cree que los parámetros de temperatura, estado de maduración y tiempo de freído son más determinantes en los cambios de color que los pre tratamientos analizados.

Gráfico No.3. Porcentaje de grasa absorbido por cada fritura sometida a diferentes tratamientos previos a su procesamiento

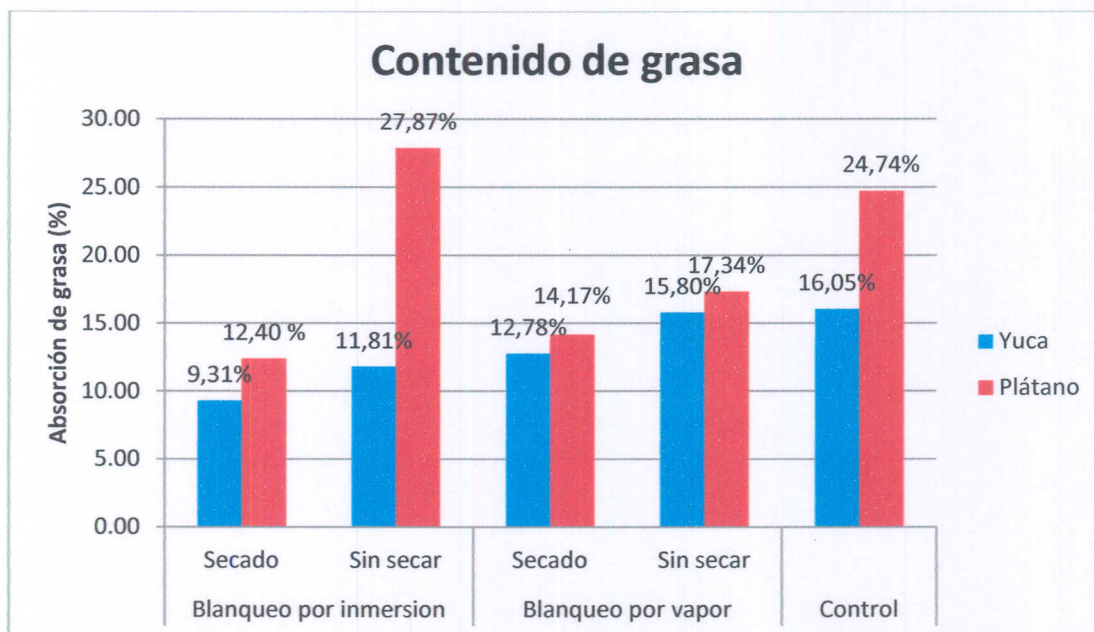


Tabla No.1. Porcentajes de disminución de absorción de grasa para la comparación de los pre tratamientos de blanqueado mezclados con secado y únicamente blanqueado

		Yuca (%)	Plátano (%)
Blanqueado por inmersión	Secado	$2.5 \pm 3.7 \times 10^{-2}$	15.5 \pm 1.9
	Sin secar		
Blanqueado por vapor	Secado	$3.0 \pm 3.1 \times 10^{-1}$	$3.2 \pm 3.9 \times 10^{-1}$
	Sin secar		

Tabla No.2. Comparación de porcentajes de disminución de absorción de grasa para las frituras con pre tratamientos y la muestra control

		Yuca (%)	Plátano (%)
Blanqueado por inmersión	Secado	$6.7 \pm 2.5 \times 10^{-2}$	12.3 \pm 1.6
	Sin secar	$4.2 \pm 2.9 \times 10^{-2}$	-3.1 \pm 1.0
Blanqueado por vapor	Secado	$3.3 \pm 2.8 \times 10^{-1}$	10.6 \pm 0.4
	Sin secar	$0.2 \pm 1.4 \times 10^{-1}$	7.4 \pm 0.1

Como se puede apreciar en la gráfica No.3, se observó que el porcentaje de grasa absorbido por las frituras sometidas a un pre tratamiento fue menor al de la muestra control, excepto en el pre tratamiento de blanqueo por inmersión sin secado del plátano. Se cree que en este caso particular, el plátano pudo haber absorbido una mayor cantidad de agua aumentando su humedad original, lo que permitió un mayor intercambio de aceite durante el proceso de fritura.

Para las muestras de yuca y plátano sometidas al secado posterior al blanqueo, se obtuvo un menor porcentaje de grasa en comparación con las muestras que fueron únicamente blanqueadas. Esto se debe a que la evaporación del agua previamente, facilitó la deshidratación del alimento durante el proceso de freído debido al intercambio de calor, y como consecuencia, una menor absorción de aceite.

Al comparar los tratamientos de blanqueo, es necesario analizar la yuca y el plátano por separado. En el primer caso, se sabe que la yuca es un alimento con un alto contenido de almidón, por lo que el blanqueo por inmersión permitió un contacto directo con el agua caliente (85°C) causando la gelatinización del almidón y formando una capa de gel alrededor de cada rodaja que funcionó como barrera para disminuir el intercambio de agua y aceite durante el proceso de freído. El mismo efecto, pero en menor proporción se vio reflejado en el ligero aumento de grasa para el blanqueo con vapor, esto pudo deberse a una menor gelatinización del almidón por poco intercambio de calor y vapor de agua.

Para las frituras de plátano se puede observar que se obtuvo una menor variación de absorción de grasa entre las muestras secas y no secas en comparación con el tratamiento de blanqueo por inmersión. En este caso es necesario mencionar la importancia del estado de maduración del plátano, el cual es un factor sumamente importante a tomar en cuenta, ya que si se utiliza plátano en estado de maduración tardío se corre el riesgo de una absorción de agua durante el blanqueo por inmersión debido a la conversión casi total o total del almidón en azúcares, lo cual pudo haber sucedido en esta prueba.

En la Tabla No.1, se compara la disminución de grasa absorbida al utilizar un tratamiento de secado mezclado con un blanqueo por inmersión o vapor, y un tratamiento previo de blanqueo únicamente para las dos opciones mencionadas. En ella se puede observar que el porcentaje de disminución de grasa en las frituras de

yuca fue mayor al utilizar un blanqueado por vapor. Por el contrario para el plátano, este fue mayor utilizando el blanqueado por inmersión. Esto indica para la fritura de yuca el blanqueado por vapor y secado fue más efectivo que el blanqueado por inmersión y secado. Mientras que en el plátano, se obtuvo una mayor eficiencia con el blanqueado por inmersión y secado. Con estos resultados, se considera que no es posible establecer una relación directa para determinar el tipo de blanqueado más efectivo, únicamente se puede deducir la efectividad del secado junto con un tipo de blanqueado para reducir el porcentaje de grasa final en las frituras de yuca y plátano.

En la Tabla No.2, se muestra el porcentaje de disminución de absorción de grasa de todas las frituras con pre tratamientos comparados con la muestra control que únicamente fue sometida al proceso de fritura. Esta tabla puede ser comparada con la anterior, ya que al observar detenidamente, es claro que en el caso de la yuca el pre tratamiento de secado y blanqueado por vapor disminuyó el porcentaje de grasa en mayor cantidad que al utilizar el blanqueado por inmersión. Sin embargo, el blanqueado por inmersión y secado fue más efectivo ya que disminuyó en mayor cantidad la grasa absorbida en comparación con la muestra control.

Gráfico No.4. Porcentaje de humedad en frituras sometidas a distintos pre tratamientos.

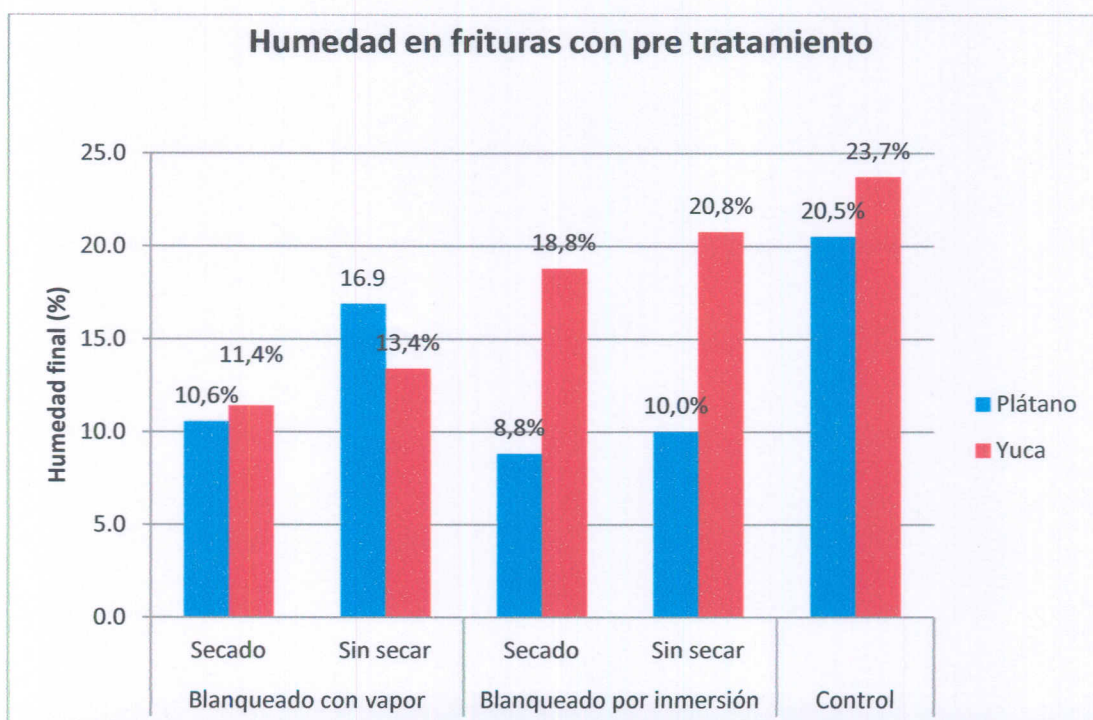


Tabla No.3. Disminución de humedad en porcentaje para la comparación de los pre tratamientos de blanqueado con secado y únicamente blanqueado

		Yuca (%)	Plátano (%)
Blanqueado por inmersión	Secado	2.0±0.9	1.2±0.2
	Sin secar		
Blanqueado por vapor	Secado	2.0±0.7	6.3±0.2
	Sin secar		

Tabla No.4. Disminución de humedad en porcentaje para las frituras con pre tratamientos y la muestra control

		Yuca (%)	Plátano (%)
Blanqueado por inmersión	Secado	4.9±0.4	11.7±0.4
	Sin secar	2.9±0.9	10.5±0.4
Blanqueado por vapor	Secado	12.3±0.5	10.0±0.4
	Sin secar	10.3±0.8	3.6±0.4

Se determinó el porcentaje final de humedad en cada muestra de fritura, como se observa en el Gráfico No.4, todas las muestras que fueron secadas después del proceso de blanqueado correspondiente presentaron menor humedad en comparación con las que fueron solamente blanqueadas y la muestra control. Sin embargo, se esperaba un menor porcentaje de humedad para las muestras blanqueadas con vapor debido a que no se tuvo un contacto directo con el agua, lo que solo ocurrió para las muestras de yuca. Por el contrario, las frituras de plátano blanqueadas por inmersión sin secado y con secado, presentaron menor humedad que las que fueron sometidas al proceso de blanqueado por vapor. Por lo tanto, no se puede establecer una diferencia para la humedad entre el blanqueado por inmersión y vapor.

Durante este proceso pudieron haber afectado varios factores como la variación de temperatura y tiempo de freído, ya que un aumento en cualquiera de estos representaba una mayor deshidratación en el producto final.

En la Tabla No.3, se muestra los porcentajes de humedad que se lograron reducir utilizando el proceso de secado posterior al blanqueado por vapor o inmersión

para la yuca y el plátano. Como se puede observar, en el caso de la yuca se logró reducir el 2% de humedad con el proceso de secado luego del blanqueo por inmersión y vapor. De los resultados obtenidos se pudo determinar que los resultados no fueron los esperados en las frituras de yuca ya que se esperaba una diferencia significativa entre el secado y posterior blanqueo por inmersión o vapor. Sin embargo, este no fue el caso para las frituras de plátano, ya que se obtuvo una diferencia de 6.3% para el secado y blanqueo por vapor y 1.2% para el secado y blanqueo por inmersión.

En la Tabla No.4, se muestran la cantidad de humedad reducida en porcentaje con cada pre tratamiento en comparación con la muestra control. Los resultados muestran que las frituras que fueron secadas y luego blanqueadas presentaron una mayor reducción en el porcentaje de humedad. Siendo el proceso de secado y blanqueo por vapor más efectivo para la yuca con una reducción del 12.3% de humedad y el de secado y el de secado y blanqueo por inmersión para el plátano con una reducción del 11.7% de humedad con respecto a la muestra control.

Gráfico No.5. Fracturabilidad de frituras sometidas a distintos pre tratamientos

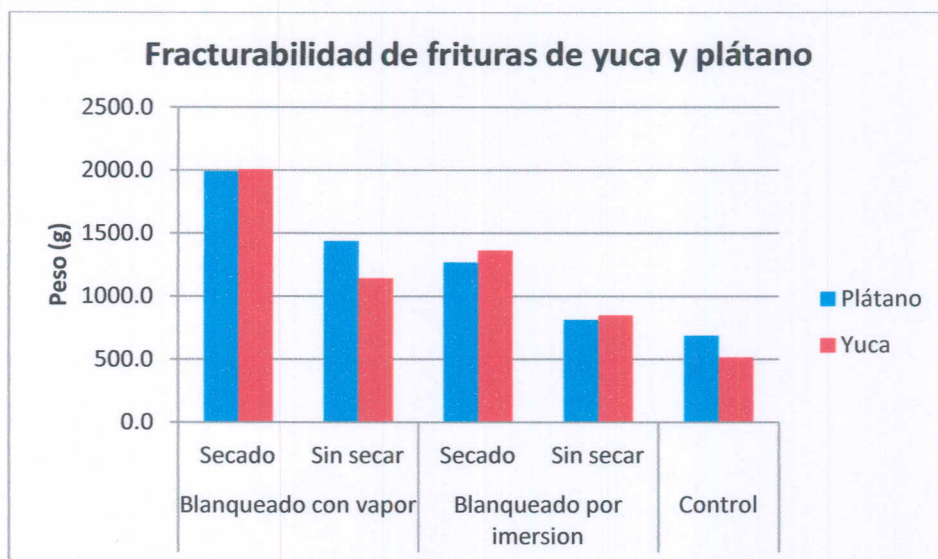


Tabla No.5. Peso en gramos necesario para determinar la fracturabilidad de las frituras de yuca y plátano sometidas a distintos procesos de pre tratamiento.

		Yuca (g)	Plátano (g)
Control		513.8±192.0	688.5±111.9
Blanqueado por inmersión	Secado	1363.2±309.2	1267.4±341.3
	Sin secar	849.6±192.1	814.9±364
Blanqueado por vapor	Secado	2007.1±499.9	1990.6±491.3
	Sin secado	1140.8±523.9	1437.2±306.3

Se analizó las fracturabilidad de cada fritura. Es decir, la resistencia a la fractura. Lo cual puede reflejarse en una sensación crujiente para el consumidor. Los resultados de la prueba fueron los esperados, ya que las muestras sometidas a un proceso de secado posterior al blanqueado expresaron mayores valores de fracturabilidad. Al reducir la humedad inicial mediante el secado, se disminuyó también la entrada de aceite al alimento durante el freído, permitiendo de esta forma una textura más crujiente.

Al comparar los procesos de blanqueado se puede observar en el Gráfico No.5, que la yuca blanqueada con vapor presentó los mayores valores de fracturabilidad, este resultado puede estar directamente relacionado con diversos factores como el tiempo y temperatura de freído, cantidad de aceite absorbida y humedad inicial. Por lo tanto, no es posible relacionarlo únicamente con la humedad final de las frituras. Sin embargo, es importante resaltar la tendencia de las muestras a mayores valores de fracturabilidad con el blanqueado al vapor en comparación con la muestra control y el blanqueado por inmersión.

A. Características organolépticas

Tabla No.6. Medias de prueba de aceptabilidad para las frituras de plátano sometidas a diferentes pre tratamientos.

		Apariencia (± 1)	Textura (± 1)	Sabor (± 1)
Control		3	2	2
Blanqueado por vapor	Secado	3	3	2
	Sin secar	3	3	3
Blanqueado por inmersión	Secado	3	3	3
	Sin secar	2	2	3

Tabla.7. Medias de prueba de aceptabilidad para las frituras de yuca sometidas a diferentes pre tratamientos.

		Apariencia (± 1)	Textura (± 1)	Sabor (± 1)
Control		2	2	2
Blanqueado por vapor	Secado	2	3	2
	Sin secar	2	3	2
Blanqueado por inmersión	Secado	3	3	2
	Sin secar	2	2	2

En las tablas No.6 y No.7, se pueden observar las medias de los puntajes de la escala hedónica de cinco puntos que se manejó durante la prueba sensorial realizada con veinte personas. En donde 1 significaba "Me gusta mucho" y 5 "Me disgusta mucho". Esta prueba tuvo como objetivo principal conocer la aceptabilidad de las frituras de yuca y plátano sometidas a distintos pre tratamientos. Los resultados de la prueba no muestran una variación significativa, ya que en su mayoría los puntajes corresponden a 3 "Ni me gusta ni me disgusta" para la apariencia, textura y sabor de las frituras de plátano. Al comparar los resultados para cada pre tratamiento realizado no se observa una diferencia considerable. Por lo tanto, se puede inferir una aceptabilidad general para las frituras de plátano tratadas con diferentes procesos de blanqueo y secado.

Al igual que en las frituras de plátano, los resultados del análisis sensorial para las frituras de yuca mostró una aceptabilidad uniforme y poca variación para los

parámetros de apariencia y textura, con la única diferencia de haber obtenido un puntaje más alto para el sabor. Lo cual indica la aceptación de la fritura de yuca en general.

De acuerdo a los resultados del análisis sensorial realizado, se puede deducir que no existe una diferencia organoléptica perceptible en cuanto al tipo de pretratamiento utilizado para cada fritura, lo cual podría ser tomado como una ventaja, ya que el objetivo que se busca al utilizar el blanqueado y secado como tratamientos previos al freído, es mejorar el rendimiento del alimento por medio de la reducción en la absorción de grasa sin perder los atributos que lo hacen atractivo para el consumidor. Sin embargo, es importante mencionar que los resultados de esta prueba deben tomarse como una guía y no un resultado definitivo, debido a que por ser una prueba sensorial dirigida al consumidor debió realizarse con un número mayor de participantes.

B. Análisis de costos

Tabla No.8. Costo en Quetzales por kilogramo de alimento procesado para utilizar un deshidratador de 1kW o vapor para realizar el blanqueado.

Tipo de proceso	Costo por kg de alimento (Q/kg)
Secado (deshidratado)	8.53
Blanqueado por vapor	1.45
Secado y blanqueado por vapor	9.99

Una vez identificados los beneficios de los procesos de secado y blanqueado en la realización de frituras de yuca y plátano es importante considerar el costo adicional al proceso para verificar si los beneficios como la disminución de absorción de aceite compensan el costo adicional. En la tabla No.8, se presentan los costos en quetzales por kilogramo de alimento estimados por medio de las especificaciones técnicas del equipo utilizado para los fines de esta investigación. Sin embargo, si se desea aplicar para una línea de producción es necesario verificar algunos aspectos del estudio técnico. Entre ellos los insumos y suministros, selección de maquinaria, capacidad de producción, la descripción y representación de procesos. Al mismo tiempo también debe determinarse los costos de operación como materia prima, mano de obra y depreciación de equipo entre otros.

Es importante mencionar que al considerar realizar una inversión para mejorar el alimento como se desea en este caso es de vital importancia conocer la naturaleza de la materia prima, como lo sería en la presente investigación, la yuca o plátano. Debe determinarse como primer paso, el tipo de blanqueo óptimo para el tipo de alimento ya que como se observó anteriormente cada alimento puede reaccionar de distinta forma a cada uno. Finalmente, si se desea utilizar una mezcla de pre tratamientos de blanqueado y secado, es evidente el aumento en el costo. En este último caso debe considerarse que los beneficios de pre tratamientos de blanqueado y secado como disminución de grasa, humedad y cambios leves en los parámetros organolépticos son características que darán un valor agregado al producto final.

VII. CONCLUSIONES

1. Se comprobó que los parámetros de color L, a y b no son afectados por los pre tratamientos de blanqueado por inmersión, vapor y secado en las frituras de yuca y plátano debido a la poca variación entre cada proceso.
2. Se determinó que el tratamiento de secado logró reducir la absorción de grasa en un mayor porcentaje para las frituras de yuca blanqueadas por vapor y en las frituras de plátano blanqueadas por inmersión.
3. Para las frituras de yuca y plátano se determinó que el pre tratamiento más efectivo fue el de secado y blanqueado por inmersión. Ya que al comparar con las frituras sin pre tratamiento, éste logró disminuir la absorción de grasa en un $6.7 \pm 2.5 \times 10^{-2} \%$ para la yuca, y un $12.3 \pm 1.6\%$ para el plátano.
4. En comparación con las frituras que fueron únicamente blanqueadas, el proceso de secado logró reducir un mayor porcentaje de humedad en las frituras de yuca y plátano.
5. No se logró establecer una diferencia de humedad para las frituras de yuca únicamente blanqueadas por vapor e inmersión y las que fueron secadas posteriormente, ya que en ambos casos se obtuvo un $2.0 \pm 0.7\%$ de humedad final.
6. El pre tratamiento de secado aumentó la fracturabilidad en las muestras de frituras de plátano y yuca sometidas a pre tratamientos de blanqueado por vapor en inmersión. Lo cual puede ser útil para mejorar la textura en las frituras de yuca y plátano.
7. No se logró determinar una diferencia significativa organoléptica para las frituras de yuca y plátano sometidas a diferentes pre tratamientos.
8. Se determinó el costo de tres pre tratamientos, el de secado, blanqueado por vapor y la combinación de estos dos. Los cuales fueron Q8.53, Q1.46 y Q9.99 por kilogramo de alimento procesado respectivamente. Se concluyó que el costo

adicional al proceso puede tomarse como una inversión y beneficio para obtener frituras con un bajo contenido de grasa, lo cual será apreciado por el consumidor.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Verificar la influencia del estado de maduración, temperatura de freído en el cambio de color para las frituras de yuca y plátano.
2. Investigar el efecto de otros pre tratamientos como deshidratación osmótica o inmersión en soluciones de ácido cítrico o cloruro de sodio.
3. Evaluar el pre tratamiento de secado utilizando diferentes tiempos y temperaturas para establecer una curva de secado y su relación con la humedad final en una fritura determinada.
4. Realizar un análisis sensorial con un número mayor a cincuenta personas para establecer si existe una diferencia significativa en la aceptabilidad y preferencia del consumidor para las frituras con pre tratamiento.
5. Evaluar el proceso de freído al vacío como una alternativa para la fabricación de una fritura reducida en grasa.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Agostini *et al.* *Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente.* Universidad Nacional de Salta. Argentina. 2004. Vol. 54. No. 1.
2. Aladedunye Felix A; Przybylski Roman. *Protecting oil during frying: A comparative study.* *Lipid Science Technology.* 2009, 111, 893-901.
3. Anese Monica, Suman Michele, Nicoli Cristina M. *Technological Strategies to Reduce Acrylamide Levels in Heated Foods.* *Food Engineering* (2009) 1:169-179
4. Badui Salvador. 2006. *Química de Alimentos.* 4ta ed. México. Pearson Educación. 736 págs.
5. Board on Science and Technology for International Development. 1975. *Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value.* Estados Unidos.
6. Da Silva Paulo, Moreira Rosana. *Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks.* *Food Science and Technology* 41 (2008) 1758-1767.
7. Kochhar Parkash S; Gertz Christian. 2004. *New theoretical and practical aspects of the frying process.* *Journal of Lipid Science Technolgy.* 106(2004): 722-727.
8. Krokida, M.K, *et al.* 2001. *Colour changes during deep fat frying.* *Journal of Food Engineering.* 48(2001): 219-225.
9. Liu-ping Fan *et al.* *The Optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips.* Key Laboratory of Food Science and Safety, Ministry of Education, Southern Yangtze University, Wuxi 214036. China. 2004.
10. Mariscal M, Bouchon P. *Comparison between atmospheric and vacuum frying of Apple slices.* *Food Chemistry* 107 (2008) 1561-1569.
11. Mazumder Pritam; ROopa B.S.; Bhattacharya Suvendu. 2007. *Textural attributes of a model snack food at different moisture contents.* *Journal of Food Engineering.* 79(2007): 511-516
12. Moreira Rosana G. *et al.* *Deep-Fat frying, fundamental and applications.* Aspen Publication. EE.UU.1999

13. Moreira Rosana; Garayo Jagoba. *Vacuum frying of potato chips. Journal of Food Engineering* 55 (2002) 181-191.
14. Moyano, Pedro; Pedreschi, Franco. 2005. *Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. Food Science and Technology*.38 (2005): 599-604
15. Nielsen S. Suzanne. *Food Analysis*. Tercera Edición. Editorial Springer. Estados Unidos. 2003
16. Parkash Kochhar; Gertz Christian. *New theoretical and practical aspects of the frying process. Lipid Science Technology* 106(2004).
17. Pedreshi, Franco; F.Segnini, et al. 2004. *Evaluation of the texture of fried potatoes. Journal of Texture Studies*.35(2994): 277-291
18. Pokorny Jan et al. *Antioxidantes de los alimentos. Aplicaciones prácticas*. Editorial Acribia. España, Zaragoza. 2001
19. Poll. E. *Tubérculos y Rizomas, Malanga. Revista Científica*. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. U.S.A.C. Vol. 1, No. 1.
20. Robin van den Berg et al. *The predictive value of the antioxidant capacity of structurally related flavonoids using the Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay. Food Chemistry* 70 (2000) 391-395.
21. Sharma Om P et al. *DPPH antioxidant assay revisited. Food Chemistry* 113 (2009) 1202-1205.
22. Tanumhardjo T. Sun. *An Integrated Approach to Evaluate Food Antioxidant Capacity. Journal of Food Science*. Vol.72, Nr.9, 2007.
23. Troncoso E. et al. *Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. Food Science and Technology* 42 (2009) 187-195.
24. Troncoso E.; Pedreshi F.; Zúñiga R.N. 2009. *Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. Food Science and Technology*. 42(2009): 187-195
25. Witting Emma. *Una metodología actual para tecnología de alimentos*. 2001. Biblioteca digital de la Universidad de Chile.
26. La Molina Universidad Nacional Agraria. Yuca[en línea]. [Fecha de consulta: 1 de diciembre de 2011]. Disponible en:
<http://www.lamolina.edu.pe/investigacion/programa/yuca/>

27. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. "Monografía de la Malanga".

<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/TAB4003236/MONOGRAF%20DE%20MALANGA.PDF>

28. Desarrollo de Productos de Raíces y Tubérculos. Vol II. América Latina. [Fecha de consulta: 4 de febrero de 2012]. Disponible en:

http://books.google.com.gt/books?id=LGpHyLGxCroC&pg=PA39&lpg=PA39&dq=yuca+guatemala&source=bl&ots=BlfGKE6_kQ&sig=g6tdpUC8latPPB1AWIFvfUQQtIQ&hl=es&sa=X&ei=OcuT6TpD9SCtqfghPXJDw&ved=0CFMQ6AEwBQ#v=onepage&q=yuca%20guatemala&f=false

X. APÉNDICE

Tabla No.9. Fotografías de las frituras de plátano sometidas a diferentes tipos de pre tratamiento.

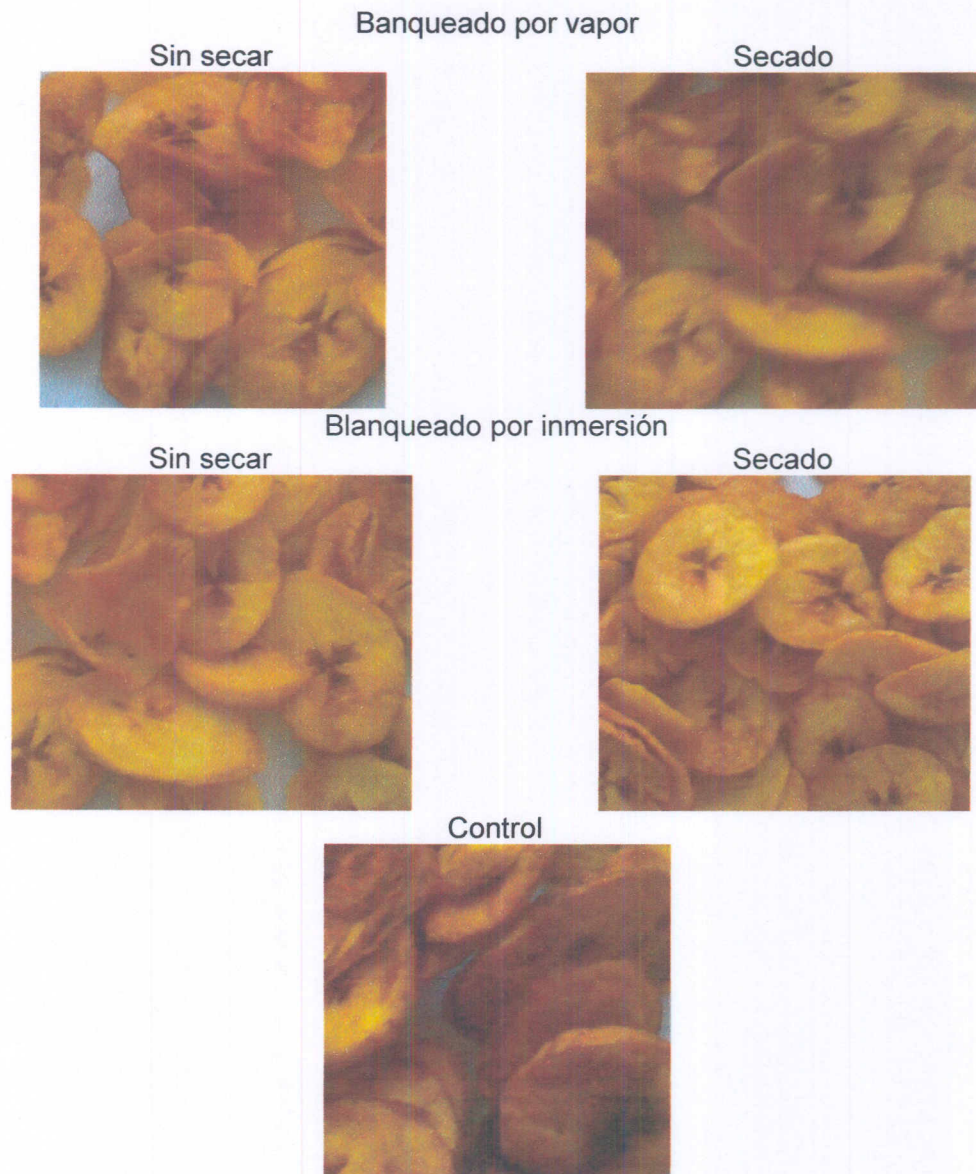


Tabla No.10. Fotografías de las frituras de yuca sometidas a diferentes tipos de pre tratamiento.

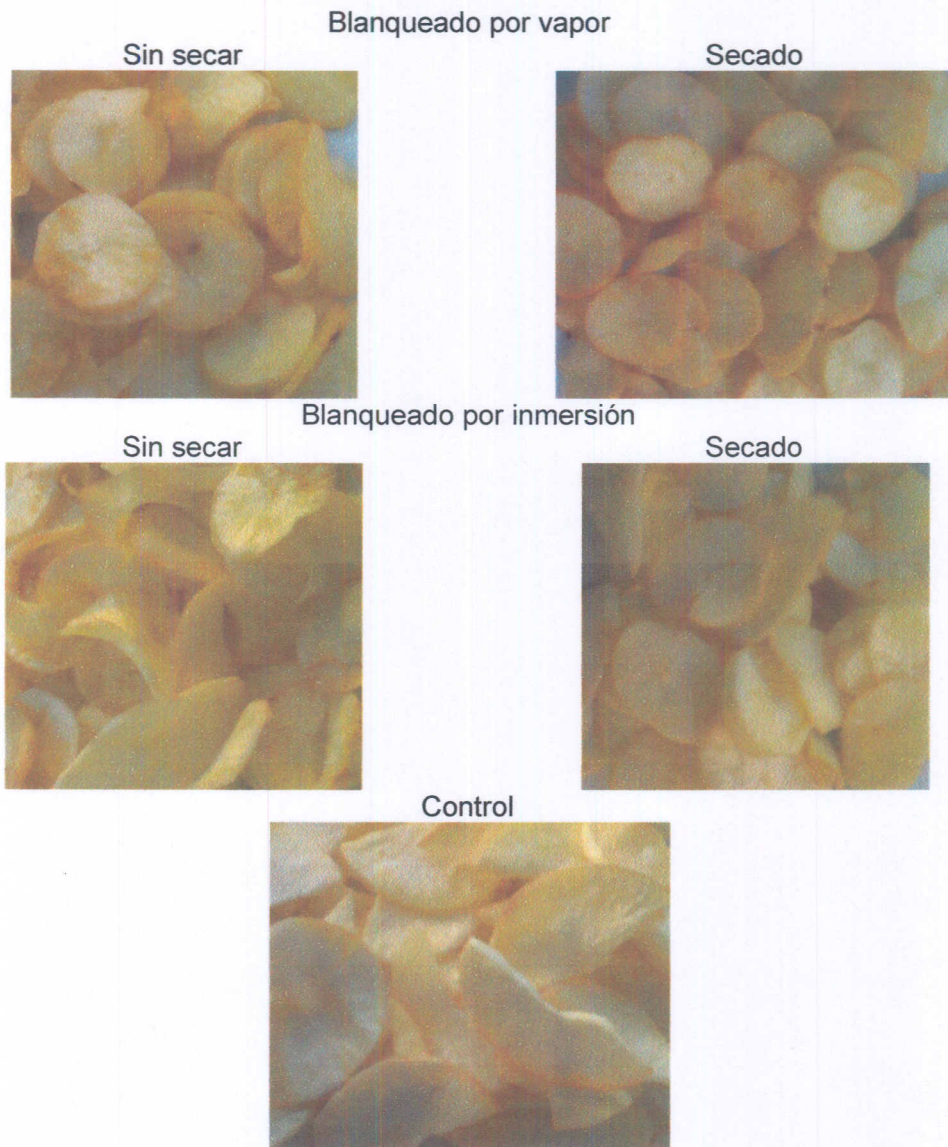


Tabla No.11. Pesos de muestra y cálculo para el porcentaje de grasa en frituras de yuca.

	Tara	Muestra 1	Muestra 2	Peso final	Peso final	% grasa	% grasa	Promedio	Desviación estándar
Vapor sin secar	76,4	5,0	5,0	77,1	77,1	13,0	12,6	12,8	2,8E-01
Vapor seco	77,0	5,0	5,0	76,2	76,2	15,7	15,9	15,8	1,4E-01
Inmersión sin secar	75,5	5,1	5,0	76,1	76,1	11,8	11,8	11,8	2,8E-02
Inmersión seco	75,2	5,1	5,0	75,7	75,7	9,3	9,3	9,3	2,4E-02
Control	76,4	5,0	5,0	77,2	77,2	16,0	16,1	16,1	8,4E-03

Tabla No.12. Pesos de muestra y cálculo para el porcentaje de grasa en frituras de plátano.

	Tara	Muestra 1	Muestra 2	Peso final	Peso final	% grasa	% grasa	Promedio	Desviación estándar
Control	76,5	5,1	5,0	77,7	77,7	24,7	24,8	24,7	0,1
Vapor seco	74,3	5,0	5,0	75,1	75,0	14,4	13,9	14,2	0,4
Vapor sin secar	75,2	5,1	5,0	76,1	76,1	17,4	17,3	17,3	0,1
Inmersión sin secar	75,5	5,1	5,1	77,0	76,9	28,6	27,1	27,9	1,0
Inmersión seco	75,0	5,0	5,0	75,7	75,6	13,5	11,3	12,4	1,6

Tabla No.13. Pesos de muestra y cálculo para el porcentaje de humedad en frituras de yuca

		Peso inicial 1 (g)	Peso inicial 2 (g)	Peso final 1 (g)	Peso final 2 (g)	Humedad 1 (%)	Humedad 2 (%)	Promedio	Desviación estándar
Blanqueado con vapor	Secado	41,0	40,4	36,4	35,7	11,2	11,6	11,4	0,3
	Sin secar	43,2	40,2	37,2	35,0	13,9	12,9	13,4	0,7
Blanqueado por inmersión	Secado	39,7	40,1	32,3	32,5	18,6	19,0	18,8	0,2
	Sin secar	41,6	40,7	33,2	32,0	20,2	21,4	20,8	0,8
Control		42,1	40,5	32,0	31,0	24,0	23,5	23,7	0,4

Tabla No.14. Pesos de muestra y cálculo para el porcentaje de humedad en frituras de plátano

		Peso inicial 1 (g)	Peso inicial 2 (g)	Peso final 1 (g)	Peso final 2 (g)	Humedad 1 (%)	Humedad 2 (%)	Promedio	Desviación estándar
Blanqueado con vapor	Secado	49,0	47,5	43,8	42,5	10,6	10,5	10,6	0,1
	Sin secar	41,8	42,3	34,7	35,2	17,0	16,8	16,9	0,1
Blanqueado por inmersión	Secado	41,2	40,4	37,6	36,8	8,7	8,9	8,8	0,1
	Sin secar	41,5	40,3	37,3	36,3	10,1	9,9	10,0	0,1
Control		41,3	42,5	32,7	33,9	20,8	20,2	20,5	0,4

Tabla No.15. Mediciones de los parámetros de color para las frituras de yuca

		L	a	b
Blanqueo por inmersión	Sin secar	90,35	-2,78	17,78
		89,49	-4,32	17,73
		91,73	-2,61	16,98
	Secado	77,23	0,49	17,56
		77,56	0,5	17,6
		77,12	0,53	17,62
Blanqueo por vapor	Sin secar	86,03	-0,78	15,13
		85,37	-0,75	14,82
		84,35	-0,71	13,05
	Secado	77,28	1,21	18,24
		76,89	1,13	17,23
		77,34	1,22	17,45
Control		78,98	-0,51	16,54
		79,12	-0,48	16,58
		79,01	-0,5	16,61

Tabla No.16. Mediciones de los parámetros de color para las frituras de plátano

		L	a	b
Blanqueo por inmersión	Sin secar	67,28	6,41	20,33
		64,99	5,4	20,45
		63,71	5,49	20,36
	Secado	73,49	5,46	21,54
		77,39	5,34	21,32
		75,82	5,5	21,11
Blanqueo por vapor	Sin secar	77,39	5,72	33,52
		80,73	5,45	30,07
		80,67	5,67	29,83
	Secado	59,01	4,93	17,67
		57,11	4,87	17,7
		58,67	4,9	17,8
Control		56,34	4,2	16,45
		55,98	4,79	16,47
		56,76	4,8	16,35

Tabla No.17. Promedios y desviación estándar de los parámetros de color determinados para las frituras de yuca

		L		a		b	
		Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Blanqueo por inmersión	Sin secar	90,5	1,1	-3,2	9,4E-01	17,5	4,5E-01
	Secado	77,3	0,2	0,5	2,1E-02	17,5	3,1E-02
Blanqueo por vapor	Sin secar	85,3	0,8	-0,7	3,5E-02	14,3	1,1E+00
	Secado	77,2	0,2	1,2	4,9E-02	17,6	5,3E-01
Control		79,0	0,1	-0,5	1,5E-02	16,6	3,5E-02

Tabla No.18. Promedios y desviación estándar de los parámetros de color determinados para las frituras de yuca

		L		a		b	
		Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Blanqueo por inmersión	Sin secar	65,3	1,8	5,8	0,6	20,4	0,1
	Secado	75,6	2,0	5,5	4,6E-02	20,8	0,7
Blanqueo por vapor	Sin secar	79,6	1,9	5,6	0,1	31,1	2,1
	Secado	58,3	1,0	4,9	3,0E-02	17,7	7,1
Control		56,4	0,4	4,6	0,3	16,4	7,0

Tabla No.19. Datos originales y cálculos de promedio y desviación estándar para el análisis de textura en frituras de yuca.

	Blanqueado con vapor		Blanqueado por inmersión		Control
	Secado	Sin secar	Secado	Sin secar	
1	2499,7	922,0	1250,6	987,6	318,4
2	1761,5	572,7	1338,0	950,3	466,6
3	2292,2	1267,7	1747,2	433,1	667,4
4	1821,5	669,8	1297,3	849,7	221,6
5	2236,1	1529,0	1642,7	1050,2	636,6
6	933,1	1158,8	971,0	838,3	382,1
7	2245,6	2173,7	1697,0	930,7	698,2
8	2267,3	832,9	962,0	756,9	719,6
Promedio	2007,1	1140,8	1363,2	849,6	513,8
Desviación estándar	499,9	523,9	309,2	192,1	192,0

Tabla No.22. Resultados de la prueba de aceptabilidad para las frituras de plátano

	Apariencia					Textura					Sabor				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	3	4	2	2	3	3	4	2	2	3	2	3	2	2	2
2	4	2	3	4	4	4	2	3	2	4	3	4	2	3	1
3	2	4	3	2	3	1	4	2	2	4	1	2	1	2	2
4	3	4	4	1	1	2	4	4	4	1	1	3	4	3	5
5	4	4	2	4	2	3	2	2	2	3	2	1	2	2	2
6	2	2	2	2	2	1	2	3	3	2	1	1	2	3	3
7	4	2	3	4	1	4	3	2	3	2	4	3	4	4	3
8	2	1	3	2	1	1	3	2	1	3	1	2	4	2	3
9	3	4	4	1	1	2	4	4	4	1	1	3	4	3	5
10	4	4	2	4	2	3	2	2	2	3	2	1	2	2	2
Media	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	2	3	3	3
Desviación estándar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla No.23. Orden de presentación de muestras para las frituras de plátano y yuca durante el análisis sensorial

		Plátano	Yuca
Control		A	E
Blanqueado por vapor	Secado	B	B
	Sin secar	C	A
Blanqueado por inmersión	Secado	E	D
	Sin secar	D	C

Tabla No.24. Cálculo de costo de secado

	Precio (Q)	Consumo (kWh)	Importe (Q)
Cargo por generación y transporte (Sin IVA)	0,4471	0,17	0,07
Total (IVA incluido)			0,08
Cargo fijo por cliente sin IVA (Q)	7,3616		7,36
Cargo por distribución sin IVA	0,1841	1,00	0,18
Total (Sin IVA incluido)			7,55
Total (IVA incluido)			8,45
Costo total de energía consumida			8,53

Tabla No.25. Cálculo de costo de vapor para el proceso de blanqueado

Altura del agua en olla (m)	0,2
Radio olla (m)	0,12
Altura olla (m)	0,35
Volumen de agua en olla (m3)	9,05E-03
Total de agua evaporada (m3)	2,26E-03
Total de agua evaporada (Kg)	2,17
Kg de alimento blanqueado	0,16
Kg de vapor por kg de alimento procesado	13,54
Eficiencia de caldera	0,77
Calor necesario (KJ)	5661,44
Cp Diesel (KJ/Kg)	44800
Requerimiento de Diesel (Kg)	0,13
Solo se quema el 77% del diesel	0,03
Cantidad de Diesel utilizada (Kg)	0,16
Cantidad de Diesel utilizada (galon)	0,05
Costo Diesel (Q/galon)	30
Costo de vapor por Kg de alimento blanqueado (Q)	1,45

Tabla No.26. Análisis ANOVA de un factor para análisis de grasa en frituras de yuca

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	64,2449	4	16,0612	817,3803	3,1853E-07	5,1922
Dentro de los grupos	0,0982	5	0,0196			
Total	64,3432	9				

Tabla No.27. Análisis ANOVA de un factor para análisis de grasa en frituras de plátano

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	361,7657	4	90,4414	122,1196	3,5906E-05	5,1922
Dentro de los grupos	3,7030	5	0,7406			
Total	365,4687	9				

Tabla No.28. Análisis ANOVA de un factor para análisis de humedad en frituras de yuca.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	206,6422	4,0000	51,6605	1119,8563	1,4517E-07	5,1922
Dentro de los grupos	0,2307	5,0000	0,0461			
Total	206,8728	9,0000				

Tabla No.29 Análisis ANOVA de un factor para análisis de humedad en frituras de plátano.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	206,6422	4,0000	51,6605	1119,8563	1,4517E-07	5,1922
Dentro de los grupos	0,2307	5,0000	0,0461			
Total	206,8728	9,0000				

Taba No.30. Análisis ANOVA de un factor para análisis de textura en frituras de yuca.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	10176661,0640	4	2544165,2660	18,3363	3,3176E-08	2,6415
Dentro de los grupos	4856267,8938	35	138750,5113			
Total	15032928,96	39				

Taba No.31. Análisis ANOVA de un factor para análisis de textura en frituras de plátano.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	8702949,0485	4	2175737,2621	18,2307	3,5462E-08	2,6415
Dentro de los grupos	4177073,1313	35	119344,9466			
Total	12880022,18	39				

Taba No.32. Análisis ANOVA de un factor para análisis de luminosidad en frituras de yuca.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1273,2006	4	318,3002	133,1384	1,2567E-08	3,4780
Dentro de los grupos	23,9075	10	2,3907			
Total	1297,1081	14				

Tabla No.33. Análisis ANOVA de un factor para análisis de luminosidad en frituras de plátano.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	411,8277	4	102,9569	243,8698	6,4007E-10	3,4780
Dentro de los grupos	4,2218	10	0,4222			
Total	416,0495	14				

Tabla No.34. Análisis ANOVA de un factor para análisis del factor (a) de color en frituras de yuca.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	402,5968	4	100,6492	116,4490	2,4175E-08	3,4780
Dentro de los grupos	8,6432	10	0,8643			
Total	411,2400	14				

Tabla No.35. Análisis ANOVA de un factor para análisis del factor (a) de color en frituras plátano.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	34,1760	4	8,5440	47,9049	1,7265E-06	3,4780
Dentro de los grupos	1,7835	10	0,1784			
Total	35,9595	14				

Tabla No.36. Análisis ANOVA de un factor para análisis del factor (b) de color en frituras plátano.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	23,7862	4	5,9465	17,0453	1,8352E-04	3,4780
Dentro de los grupos	3,4887	10	0,3489			
Total	27,2748	14				

Tabla No.37. Análisis ANOVA de un factor para análisis del factor (b) de color en frituras de yuca.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	402,5968	4	100,6492	116,4490	2,4175E-08	3,4780
Dentro de los grupos	8,6432	10	0,8643			
Total	411,2400	14				

Figura No.2. Formato de prueba de análisis sensorial realizado en frituras de yuca y plátano con pre tratamiento.

Prueba sensorial

Nombre: _____ Sexo: M F

Fecha: _____

Instrucciones: A continuación se le presentarán cinco muestras de frituras de yuca y plátano, deguste cada muestra empezando por la que tiene a su izquierda. Indique el grado en que le gusta o disgusta cada muestra seleccionando el puntaje en la Tabla No.1 y colocando el valor en la Tabla No.2 y No.3 correspondiente al código de la muestra.

Tabla No.1 Escala hedónica

Puntaje	Descripción
1	Me gusta mucho
2	Me gusta un poco
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta un poco
5	Me disgusta mucho

Tabla No.2 Evaluación

Atributo	Fritura de yuca				
	Código	Código	Código	Código	Código
Apariencia					
Textura					
Sabor					

Atributo	Fritura de plátano				
	Código	Código	Código	Código	Código
Apariencia					
Textura					
Sabor					

Después de haber calificado cada atributo, por favor indique cual de las muestras prefiere. Luego indique el por qué de su elección

Fritura de yuca

Fritura de plátano
