INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LA MANUFACTURA DE MARRANITAS

SEBASTIÁN OTERO GÓMEZ
RAFAEL SAAVEDRA CASTRO

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTIAGO DE CALI
2011

INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LA MANUFACTURA DE MARRANITAS

SEBASTIÁN OTERO GÓMEZ
RAFAEL SAAVEDRA CASTRO

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero de Alimentos

Dirigido por

Aída Rodríguez de Stouvenel, Ph. D.

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTIAGO DE CALI
2011

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia por su constante apoyo y orientación, a mi compañero, profesores y a todas las personas que estuvieron incondicionalmente a mi lado para culminar este logro profesional.

Rafael Saavedra Castro

Agradecimientos enormes a mis padres por su esfuerzo y motivación, a mi compañero de trabajo, profesores de la facultad y aquellos que me acompañaron en esta etapa y logro de vida.

Sebastián Otero Gómez

AGRADECIMIENTOS

A la profesora Aida Rodríguez de Stouvenel por la dedicación, orientación, apoyo y empeño brindado para lograr el buen desarrollo de este documento de investigación.

A los profesores Carlos Julián Giraldo, Claudia Ochoa, Cecilia Madriñan y Alberto Díaz por su disposición y colaboración en el desarrollo de este proyecto.

A la Escuela de Ingeniería de Alimentos y todo su personal por brindarnos el apoyo necesario para culminar satisfactoriamente esta etapa profesional.

A Ester Inés Orozco, Rigo Alberto Magón y Luz Karime Quintero por su disposición, consejos y confianza durante el uso de los laboratorios, disponibilidad y motivación.

TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE TABLAS ..... *¡Error! Marcador no definido.*

RESUMEN ***9***

INTRODUCCIÓN ***10***

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ***12***

2. JUSTIFICACIÓN ***13***

3. OBJETIVOS ***14***

3.1 OBJETIVO GENERAL ***14***

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ***14***

4. MARCO TEÓRICO ***15***

4.1 GENERALIDADES ***15***

4.1.1 Marranitas **15**

4.1.2 Plátano **15**

4.1.3 Tocino **16**

4.1.4 Aceite de palma **17**

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE FRITURA ***18***

Los factores que intervienen en el proceso de fritura son: **19**

4. 3 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DEL PROCESO DE CONGELACIÓN ***21***

4.4 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE CONGELACIÓN ***22***

4.4.1 Temperatura **22**

4.4.2 Velocidad de congelación **22**

4.4.3 Tiempo de congelación **23**

4.5 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS ***23***

4.5.1 Contenido de humedad **23**

4.5.2 Pérdida de peso **24**

5. ANTEDENTES ***29***

5.1 Investigaciones realizadas sobre la fritura **26**

5.2 Investigaciones realizadas sobre almacenamiento en condiciones de congelación ***29***

6. HIPÓTESIS ***29***

7. MATERIALES Y METODOS ***31***

7.1 Materia Prima ***31***

7.2 Equipos ***31***

7.3 Elaboración de las marranitas ***32***

7.3.1 Preparación del tocino. 32
7.3.2 Fritura del platano. 32
7.3.3 Moldeo de marranitas 33
7.3.4 Congelación de las marranitas 33
7.4 Diseño experimental 34
7.5 Determinación de propiedades fisicoquímicas 36
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 37
8.1 Tocino 37
8.2 Plátano 39
8.2.1 Pérdida de peso 39
8.2.2 Humedad final (bh) 40
8.3 Análisis estadístico 42
8.3.1 Pérdida de peso del plátano (%) 42
8.3.2 Cambio de humedad del plátano (%) 44
8.3.3 Humedad del tocino después de la congelación (%) (bh) 46
8.3.4 Humedad del plátano después de la congelación (%) (bh) 49
9. CONCLUSIONES 52
10. BIBLIOGRAFÍA 54
11. ANEXOS 58

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Participación del plátano hartón en el abastecimiento del mercado mayorista para abril de 2008.....16

Figura 2. Seguimiento de la temperatura en la fritura del tocino.....38

Figura 3. Pérdida de peso de cilindros de plátano en función del tiempo de fritura. 39

Figura 4. Cambio de humedad en el plátano en función del tiempo de fritura. 41

Figura 5. Gráficas de caja para pérdida de peso por temperatura (a) y por tiempo de fritura (b). 43

Figura 6. Interacción de las medias de humedad entre los factores temperatura y tiempo de fritura. 43

Figura 7. Gráficas de caja para humedad (%) por tiempo (a) y por temperatura de fritura (b). 45

Figura 8. Gráfica de caja para humedad tocino (%) por tiempo congelación (días). 47

Figura 9. Gráficas de caja para humedad del tocino (%) por tiempo y temperatura de fritura.....48

Figura 10. Gráfica de caja para humedad plátano (%) por tiempo congelación (días).....48

Figura 11. Gráficas de caja para humedad del plátano (%) por tiempo y temperatura de fritura. 51

Figura 12. Gráficas de caja para humedad del plátano (%) por tiempo y temperatura de fritura. 52

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Métodos de fritura 201

Tabla 2. Diseño experimental para la evaluación estadística de datos en el proceso de fritura. 34

Tabla 3. Diseño experimental para la evaluación estadística de datos en el proceso de congelación..... 36

Tabla 4. Características del tocino después de la fritura..... 37

Tabla 5. Cambio de humedad durante la fritura..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 6. Modelo lineal general: Pérdida de peso (%) vs. Temperatura (ºC); Tiempo (min)42

Tabla 7. Modelo lineal general: Pérdida de peso (%) en función de la temperatura (ºC); Tiempo (min)..... 44

Tabla 8. Modelo lineal general: Humedad tocino (%) en función del tiempo de congelación (días); tiempo fritura (min); temperatura fritura (ºC)..... 46

Tabla 9. Teoría de la fritura por inmersión..... 59

Tabla 10. Contenido de tocoles en el aceite de palma..... 590

RESUMEN

Con el objetivo de establecer la influencia del tiempo, la temperatura de fritura del plátano y el tiempo de almacenamiento bajo temperaturas de congelación en la manufactura de marranitas, se realizó un análisis sobre parámetros fisicoquímicos como pérdida de peso y humedad al plátano y al tocino después de su fritura y congelación. Para la fritura del plátano se empleó una freidora con un módulo de adquisición electrónica de datos que permite controlar la temperatura del aceite para la fritura del plátano y para el tocino se realizó fritura plana. Estadísticamente se evidenció que la temperatura y el tiempo de fritura para el plátano afectan las variables de respuesta, después de la fritura y la congelación, mientras que el tiempo de congelación no afecta la humedad en el plátano; en el caso del tocino el único factor que tuvo influencia sobre la humedad después de la congelación fue el tiempo de almacenamiento, el cual aumentó de forma directamente proporcional.

Palabras calves: tiempo de almacenamiento, pérdida de peso, humedad, tiempo y temperatura de fritura.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, alrededor del 20% de los alimentos consumidos son fritos, compuestos principalmente por chips (hojuelas) de papa, de plátano, productos de maíz y productos de piel de cerdo (Villada et al., 2009). Las marranitas pertenecen a la categoría de alimentos fritos que abarcan una gama de productos reconocidos por la población nacional desde empanadas rellenas hasta papas y patacones prefritos listos para consumir o empacados para preparar. Estos alimentos prefritos se pueden incluir esporádicamente en la alimentación y su proceso de manufactura se basa una fritura previa para luego ser congelados y asegurar mayor tiempo de conservación (Zuleta, 2004).

El freído es una operación unitaria destinada a modificar las características organolépticas del alimento con un efecto conservador por la destrucción térmica de los microorganismos y los efectos generados en el alimento al reducir la actividad de agua en su superficie (Rosell, 1998). Para lograr un proceso de fritura adecuado es necesario sumergir el alimento en un medio líquido que pueda mantener una temperatura alta y constante sin que se pierdan las características nutricionales del mismo por efecto de calentamiento, y adquiriendo ciertas características de color, textura y aroma como consecuencia de la reacción de Maillard y absorción de compuestos volátiles (Villada et al., 2009; Melnick, 1957).

La congelación como método de conservación de alimentos alcanza por lo general productos de buena calidad para el consumo. Su efecto depende del proceso de

congelación aplicado, las condiciones de almacenamiento y las características del alimento. Para que la temperatura del producto disminuya hasta alcanzar la temperatura inicial de congelación dependerá de la velocidad de congelación. A tasas lentas de congelación se producen estructuras cristalinas de tamaño considerable, mientras que a tasas rápidas se tienden a formar cristales esféricos transparentes y de pequeño tamaño (Barreiro, 2006). Esta, al igual que el resto de variables de proceso afectará en cierta forma las propiedades físicas como la textura, el color y el sabor.

En el día de hoy a las marranitas no se les conoce un proceso estándar de manufactura ni de conservación, lo que trae como consecuencia la carencia de certificaciones de calidad necesarias para los procesos de comercialización en los mercados locales. Es un alimento netamente artesanal y propio de una receta regional, por lo general, sin un registro de variables en su manufactura. Esto limita no sólo la aceptación del producto sino también la posibilidad de expansión.

En el presente estudio se propone una alternativa en la manufactura de las marranitas a partir de una receta casera y se evalúan propiedades determinantes en la calidad durante el proceso de conservación (congelación). Con ello, se determina la interacción entre los componentes del alimento y las condiciones de almacenamiento en función del tiempo y del deterioro organoléptico.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La seguridad de los alimentos se ha convertido en una prioridad para los consumidores incluso llegando a exigir que cumplan con los requisitos de calidad y certifiquen su inocuidad. Esta presión se incrementa continuamente a través de los medios de comunicación, las asociaciones de consumidores, organizaciones ecológicas y otros organismos comunitarios, lo que obliga a los estados a mejorar los esquemas de protección de alimentos para garantizar los que se consumen en su territorio y eliminar barreras para su comercialización. A diferencia de otras características como el sabor, el color o el costo, la seguridad de un alimento no es negociable (Arenas, 2004).

Las marranitas como un alimento autóctono del Valle del Cauca se encuentran en mercados de cadena bajo procesos de manufactura y conservación que aún no han sido estandarizados. Su comercialización también se observa en restaurantes y sitios de comida tradicional en los que la receta, por lo general, va por cuenta de la casa. Esto implica de forma tácita que no existe un conocimiento general acerca de la interacción de sus componentes (plátano y tocino) de los cuales depende la calidad final del alimento.

La principal variación que surge en la calidad de las marranitas se presenta en la pérdida de crujencia por parte del tocino debido a la ganancia de humedad en condiciones de almacenamiento (al ambiente, refrigeración, congelación). De igual forma, se ha detectado endurecimiento por parte del plátano al ser sometida a bajas temperaturas, otorgando una pérdida en la calidad sensorial en el alimento. Una vez evaluadas las propiedades más importantes en sus componentes bajo parámetros definidos en el proceso de elaboración y durante el almacenamiento, se podrán establecer las condiciones necesarias para que las marranitas satisfagan las exigencias de calidad.

2. JUSTIFICACIÓN

En una cultura como la caleña cuya gastronomía se destaca por la variedad de alimentos y con una marcada tendencia a innovar en la elaboración de nuevas recetas, algunos productos fritos han pasado de ser elaborados de forma casera y artesanal a ser producidos en gran escala para luego ser distribuidos en puntos de cadena o comercializados en sucursales.

Según Arboleda et al., (2006) los datos disponibles en la literatura sobre el proceso de fritura de alimentos se han enfocado en los cambios físicos y químicos que ocurren en las grasas así como en los productos fritos. Pero también para el productor, desde el punto de vista organoléptico, es importante conocer sus cambios fisicoquímicos en las condiciones de almacenamiento ya que se convierte en un factor fundamental en el crecimiento y desarrollo de nuevas empresas.

Dentro de la extensa variedad de productos a base de plátano, la aceptación que tienen las marranitas por sus características organolépticas y su composición es alta. Ésta razón ha incentivado a elaborar el presente proyecto, que pretende establecer las variables de proceso para una alternativa de manufactura de marranitas con el propósito de obtener un alimento con las características deseadas. Asimismo, evaluar su deterioro en el almacenamiento a partir de variables de respuesta a un diseño planteado, proporcionando conocimientos sobre la interacción de las materias primas y su efecto en la calidad final.

El estudio de parámetros en la manufactura y conservación de marranitas, servirá no sólo para incentivar el consumo de alimentos autóctonos sino también para futuros estudios sobre los mismos. Éstos, a su vez podrán ser aprovechados para ampliar la posibilidad de su inclusión en los mercados y así ampliar la productividad de pequeña a gran escala llevando de la mano la innovación desde la ingeniería como campo de aplicación.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Establecer la influencia de las variables de proceso en la manufactura de marranitas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir las condiciones del proceso de fritura y de congelación que permitan un mejor comportamiento del producto durante su almacenamiento.

- Evaluar los cambios de humedad del tocino y del plátano durante el almacenamiento bajo condiciones de congelación.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 GENERALIDADES

4.1.1 Marranitas

La marranita es un plato típico Vallecaucano que hace las veces de entrada o comida ligera. Puede tener variaciones en la receta o adición de nuevos ingredientes, pero los materiales principales siempre serán plátano y chicharrón. Es un alimento de forma esférica, preparado de forma artesanal; tiene un alto contenido de calorías (300 cal/marranita) por la grasa aportada por el tocino y el aceite absorbido por el plátano en su fritura.

4.1.2 Plátano

El plátano es un producto básico de la canasta familiar de los colombianos, su mercado se hace principalmente en fresco, registrando pérdidas del 10% y daños durante su distribución al consumidor (Gómez et al., 2002). En el país se manejan diferentes variedades, de las cuales las más importantes por volumen de comercialización interno son el comino, el dominico y el hartón, siendo este último más representativo para el comercio mayorista, donde ocupa el segundo lugar en volumen ingresado después de la papa con una participación del 7% (ver Figura 1).

El plátano hartón cuenta con gran aceptación para la comercialización en grandes sectores por su aspecto y en la industria por el fácil desprendimiento de la cáscara. Se diferencia de los otros tipos por ser de mayor tamaño y es menos dulce (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2008).

Industrialmente, el plátano es utilizado en la preparación de pasabocas comestibles (snacks), harinas, productos procesados para consumo humano y alimentos concentrados para consumo animal. Entre los productos para consumo humano se encuentran los patacones prefritos congelados, elaborados a partir de plátano verde que son sometidos a fritura, posteriormente se prensan para darles forma y volver a freír, para obtener un producto de color amarillo dorado de textura crujiente (Martínez, 2005).

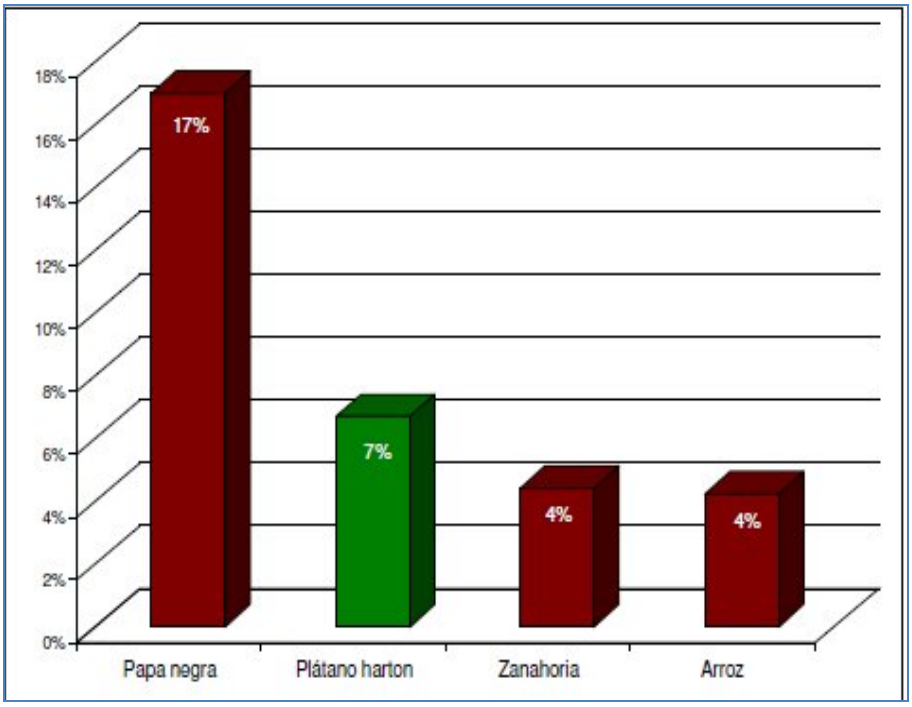


Figura 1. Participación del plátano hartón en el abastecimiento del mercado mayorista para abril de 2008

4.1.3 Tocino

El tocino es la parte de acumulación de grasa que se encuentra entre la carne y la piel del cerdo. Se destaca por su olor característico y dependiendo de la zona de donde se haya extraído, recibe el nombre de tocino de lomo, tocino magro, entre otros. Los tejidos grasos se componen de grasa o lípidos (85% de grasa aproximadamente) contenidos en las células de tejido conectivo compuestas de

colágeno y otras sustancias. Es muy rico en proteínas y aporta gran cantidad de calorías (6730 Kcal). También es rico en minerales como el calcio, el hierro, sodio, fósforo y potasio. El chicharrón es el material residual después de un proceso de fundición (Raken, 2003).

4.1.4 Aceite de palma

El aceite de palma es de origen vegetal y se obtiene del mesocarpio del fruto de la palma *Elais guineensis*. Su color es rojo anaranjado por su alto contenido en carotenos. Su composición es aproximadamente 49 % de ácidos grasos no saturados y 51% en ácidos grasos saturados por lo que es estable a la oxidación confiriéndole una vida útil larga (Bailey, 2001).

Según Arboleda & Chávez (2006), la elección del aceite que se utiliza en la fritura depende principalmente de la frecuencia de renovación durante el proceso y del costo. El aceite de palma por su presencia natural de 500 ppm de tocoferol (componentes del grupo de la vitamina E) y de ácidos grasos palmíticos, es una materia prima útil en procesos industriales de producción de alimentos.

El aceite de palma es único entre los aceites vegetales comunes por su contenido tocoferoles insaturados. Mientras posee una actividad biológica menor de α-tocoferoles, los tocotrienoles tienen una actividad antioxidante mejor que los mismos componentes saturados. Una importante función de tocoferoles en el aceite de palma, es proteger los componentes de los ácidos grasos insaturados de la oxidación (Berger, 2005).

Para la elaboración de productos prefritos es ideal el empleo de aceites estables (con alto grado de saturación) que requieren frituras continuas puesto que su composición se mantiene por largos períodos a altas temperaturas. Los principales componentes del aceite de palma son la oleína, que es líquida y la estearina que es sólida.

Oleína

Es la fracción líquida obtenida del fraccionamiento del aceite de palma. Tiene una composición reducida de triglicéridos y se mezcla perfectamente con cualquier otro aceite de origen oleaginoso. Se encuentran principalmente dos tipos de oleína, la estándar y la súper oleína (proveniente de un doble fraccionamiento) que tiene un punto de turbidez menor que la estándar.

Estearina

Es la fracción con punto de fusión elevado obtenida del fraccionamiento del aceite de palma. A pesar de que la estearina es la fracción pequeña (la proporción promedio de estearina/oleína es de 25/75), es un aceite de mucha importancia comercial a nivel mundial. Puede obtener en un muy amplio rango de puntos de fusión y valores de Yodo. Es sólida a temperatura ambiente (Arboleda & Chávez, 2006). Este aceite se emplea en fritura industrial y en margarinas, por su bajo precio y mayor resistencia a la oxidación en relación a grasas más insaturadas.

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE FRITURA

La fritura es uno de los procedimientos más populares para la preparación de alimentos. Es utilizado para la cocción, la formulación y/o cambio de textura de un producto alimenticio con el fin de obtener productos organolépticamente aceptables y de calidad. Esta última, es influenciada por los procesos y las condiciones de operación comprometiendo al producto manufacturado desde el cortado, escaldado, cocinado, freído, enfriado y empaquetado (Cozzolino et al., 2005).

El volumen de alimentos fritos comercializados aumenta constantemente debido a las nuevas demandas del mundo industrial por caracterizar a nivel nutricional estos productos transformados, ya sea valorizando la presencia de componentes

de interés, o por el contrario, limitando la aparición de posibles compuestos antinutricionales (Bohuon, 2005). Los métodos de fritura se resumen en la Tabla 1.

Los factores que intervienen en el proceso de fritura son:

-Temperatura del aceite

Es determinante en la cantidad de aceite que pueda absorber el alimento las temperaturas demasiado bajas en la fritura dan como resultado un alimento con mucha grasa. Las más usadas en el proceso de fritura de alimentos se encuentran en el intervalo de 150 a 180 ºC a presión atmosférica ya que se conservan sus propiedades y se forma una capa superficial (costra) que impide la excesiva absorción de aceite (Díaz et al., 1999). Las temperaturas altas no implican cortos los tiempos de cocción sin embargo llevan a un rápido deterioro del medio de fritura y aceleran la formación de acrilamida en los alimentos que contienen almidón.

- Tiempo de fritura

El control del tiempo en el proceso de fritura es un factor que estima la cantidad de aceite que puede ser absorbida por el alimento. Si el tiempo de fritura llega a sobrepasar el óptimo las características organolépticas del producto frito pueden llegar a deteriorarse: un oscurecimiento mayor, la textura no será la ideal y el sabor no será apetecible (Gil, 2010).

- Tamaño del alimento

El tamaño del alimento es fundamental para las características organolépticas finales por su relación inversa con la ganancia de aceite después de la fritura. La cantidad de grasa absorbida se relaciona con la proporción de la superficie del alimento. Para productos de mayor tamaño, es decir, con áreas superficiales más grandes la ganancia de aceite disminuye.

Tabla 1. Métodos de fritura

Tipo de fritura	Descripción
Plana	El alimento logra su cocción en un recipiente poco profundo, plano y utilizando muy poca cantidad de aceite. Una de las particularidades de la fritura plana es que el aceite se usa una sola vez, las temperaturas y el tiempo de calentamiento dependen del alimento y la preferencia de preparación del consumidor (Kind, 1992).
Flotación	El producto flota al ser colocado en el aceite, por ende el contacto entre el alimento y el aceite es parcial. La parte que no se encuentra en contacto con el aceite logra su cocción debido a la temperatura de vapor que se va desprendiendo del producto (Álvarez, 2005). En algunos alimentos que poseen forma y geometría plana, la fritura por flotación no es homogénea (Díaz et al., 1996).
Inmersión	El alimento se sumerge por completo en el líquido calefactor y recibe en toda su superficie el mismo tratamiento térmico. La transferencia de calor se produce por una combinación de transferencia por convección y por conducción (Fellows, 1994).
Inmersión – agitación	El concepto es equivalente al de la fritura profunda, sumándole un sistema de agitación para homogenizar la temperatura del aceite, logrando con éste una mejor transferencia de calor y masa entre el producto y el aceite (Totte et al., 1996).

4. 3 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DEL PROCESO DE CONGELACIÓN

Para el proceso de congelación se aplican temperaturas inferiores a 0 ºC convirtiendo el agua disponible en hielo. Es importante efectuar la congelación en el menor tiempo y a la temperatura más baja posible para mantener estable la calidad del producto. La temperatura óptima de conservación de los productos congelados industrialmente es -18°C o inferior (Eroski Consumer, 2001). La congelación rápida forma pequeños cristales de hielo que no alcanzan a romper la estructura original de los alimentos, mientras que la congelación lenta forma cristales grandes que producen roturas celulares de carácter irreversible ocasionando cambios en la textura (Madrid, 2003).

La congelación es el método para mantener la vida útil de un alimento a largo plazo y tiene las siguientes características:

• La temperatura del alimento es menor al punto de congelación del mismo.
• Se disminuye la actividad del agua debido a la formación de hielo.
• No hay desarrollo microbiano por la inactivación bacteriana.
• Limita la acción de la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas.
•Se mantienen las características organolépticas y valor nutritivo (bajo condiciones adecuadas de almacenamiento).

Para Barreiro (2006), los congeladores industriales se pueden clasificar según sus características de proceso en la congelación de los alimentos, con aire frío y por contacto

- Congelación con aire frío

Se usan temperaturas entre -18 y -40 º C. Si el aire no se hace circular se producen velocidades de enfriamiento muy bajas (3 a 72 h dependiendo del tamaño del alimento). Cuando se usa circulación se manejan velocidades de aire

entre 5 y 20 m/s. Los equipos más eficientes térmicamente son los de lecho fluidizado**.**

- Congelación por contacto

Se realiza mediante el contacto con superficies refrigeradas como en el caso del congelador de placas. Se pueden congelar alimentos empacados o mediante igual procedimiento, pero retirando mecánicamente y en forma continua el producto, se congelan mezclas de helados y jugos de frutas en intercambiadores de superficie raspada.

4.4 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE CONGELACIÓN

4.4.1 Temperatura

El control de temperatura es un factor de suma importancia. Mediante el aislamiento apropiado de las paredes pueden evitarse fluctuaciones indeseables de temperatura si se dispone de un equipo de refrigeración adecuado. Cualquier aumento en la temperatura tiende a acortar el periodo de conservación y las fluctuaciones pueden ocasionar condensación de humedad en la superficie de los alimentos (Barreiro, 2006). Se ha demostrado que la temperatura de -18°C es un nivel adecuado y seguro para conservar los alimentos congelados. Los microorganismos no pueden crecer a esta temperatura y la acción de las enzimas es muy lenta; sin embargo, el propio almacenamiento produce alteraciones en el alimento (López, 2003).

4.4.2 Velocidad de congelación

La velocidad de congelación determina la distribución y tamaño de los cristales en los tejidos. Si es lenta serán grandes y aparecerán principalmente fuera de las células, generando su compresión mecánica, con consecuentes aplastamiento y

ruptura de paredes. La concentración del "soluto" externo a las células produce por ósmosis la migración del agua hacia el exterior de la célula, deshidratándola. A altas velocidades de congelación se forman cristales pequeños dentro y fuera de la célula, produciéndose menos deterioro.

La calidad de un producto congelado depende de la temperatura y velocidad a la que éste es congelado. Dicha velocidad se define como el tiempo total necesario para bajar la temperatura del centro térmico, desde el valor inicial del producto hasta una temperatura dada de congelación (Barreiro, 2006).

4.4.3 Tiempo de congelación

El tiempo de congelación es un parámetro básico para el diseño de sistemas de congelación, y determina las condiciones en las que el alimento se expone a este proceso para alcanzar la temperatura final deseada y la calidad buscada. El tiempo de congelación es directamente proporcional a la dimensión característica del producto, por lo tanto para disminuir los tiempos de congelación se deberá reducir su espesor o su diámetro. La forma del producto ejercerá una gran influencia sobre el tiempo de congelación, ya que la velocidad de congelación de una esfera es mayor que la del cilindro del mismo diámetro y que la de la placa del mismo espesor (López, 2003).

4.5 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

4.5.1 Contenido de humedad

Los alimentos en su composición química contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido en agua varían entre 60 y 95% en los alimentos naturales. Ésta existe en dos formas dentro del alimento: agua libre y agua ligada. El agua libre o absorbida, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad. Por su parte, el agua ligada se halla combinada o absorbida y

se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas. Estas formas requieren para su eliminación en forma de vapor un calentamiento de distinta intensidad. Parte de la misma, permanece ligada al alimento incluso a temperatura que carbonice el producto. Así pues, una determinación efectiva para el contenido de humedad es por el método gravimétrico (Sierra et al., 2007).

4.5.2 Pérdida de peso

La transferencia de masa en procesos de deshidratación como la fritura depende fundamentalmente de la composición y las propiedades termofísicas del alimento así como de la temperatura del aceite y el tiempo de tratamiento. La humedad del alimento comienza a formar vapor que se elimina mediante un burbujeo que desciende gradualmente hasta la eliminación del agua disponible (Lawson, 1994). Asimismo, el alimento absorbe aceite durante el proceso (el 20 – 30% del peso final del alimento es grasa absorbida).

Varios atributos de calidad tales como el sabor, textura, color y el olor, se obtienen gracias a la pérdida de humedad y a la ganancia de aceite durante el freído. Para ello, es necesario determinar la influencia de los parámetros de freído sobre las características finales del alimento, en el que la pérdida de peso como variable dependiente se condiciona a la reducción del agua disponible en el alimento y parámetro fundamental en la calidad final.

5. ANTECEDENTES

La fritura se ha convertido es uno de los métodos más importantes en la preparación de alimentos. Muchos procesos industriales involucran la fritura como un proceso de transferencia de calor a partir del aceite en el que el alimento es sumergido total o parcialmente. Durante la fritura, el aceite es continuamente expuesto a altas temperaturas (160 – 190 ºC) en presencia de aire y humedad. Este proceso involucra los fenómenos de transferencia de masa y de calor (Andrali et al., 1998).

Los productos fritos son muy apetecidos para su consumo por las características que el proceso de fritura brinda en la preparación de éstos. El volumen de alimentos fritos comercializados y de consumo ha aumentado constantemente en el mundo y esto se debe en gran parte al conocimiento del fenómeno de penetración de la grasa en los alimentos que demuestra que cuando el proceso se realiza correctamente, teniendo en cuenta variables como la temperatura, el tiempo de fritura, la relación de superficie/volumen de alimento y la relación grasa/alimento, pueden alcanzarse características organolépticas deseadas.

Las marranitas son un plato típico vallecaucano que hace las veces de entrada, comida ligera o acompañante en las comidas. Es un alimento frito aceptado en la región y no puede faltar en el conjunto de comidas tradicionales comúnmente conocidas como “Fritanga”. Para la elaboración artesanal de este alimento se hace uso del procedimiento de fritura en el que al plátano se le otorgan ciertas propiedades sensoriales que junto con las del tocino frito le dan su sabor característico. La alta temperatura del aceite de fritura desarrolla propiedades mecánicas y sensoriales deseables en los alimentos fritos e igualmente es el proceso responsable del pardeamiento no-enzimático que influye en la coloración, sabor y textura de los diferentes alimentos.

Investigaciones realizadas por Castillo et al. (2009) de los plátanos de variedad hartón, cachaco y maqueño demuestran que el hartón es el más adecuado para utilizar en un proceso de fritura gracias a que posee los frutos más pesados y con menor porcentaje de cáscara, lo que garantiza su rendimiento en masa. Además su pulpa tiene una densidad alta, factor que proporciona una menor ganancia de aceite.

5.1 Investigaciones realizadas sobre la fritura

Existen diferentes factores que afectan la operación de fritura en productos prefritos. Entre ellos se encuentran las altas temperaturas que aunque aceleran el proceso de fritura, también aceleran el proceso de descomposición del aceite empleado en el proceso. Las temperaturas bajas desarrollan colores más claros, pero producen una mayor absorción de aceite y ralentizan el proceso de producción. De otro lado, un incremento en la duración de la fritura produce una mayor alteración del aceite y del alimento que se fríe. Además, el tiempo de calentamiento disminuye la estabilidad del aceite y produce la formación de diferentes compuestos de alteración (Martínez, 2003).

Balasubramaniam et al. *(*1995), encontraron en estudios de fritura con variables controladas que el contenido inicial de grasa de esferas de pollo (nuggets) sometidas a un proceso de fritura a 175 °C por 7 min, no fue significativo en el porcentaje de grasa final del producto frito. Adicionalmente al utilizar un empaque comestible, observaron las bondades del mismo al mantener la humedad del pollo frito y evitar un mayor ingreso de aceite en el producto a temperaturas bajas.

Martínez (2003) asegura que en la etapa de prefritura de calamares rebozados se evidencia una disminución significativa de humedad del alimento y que no existen diferencias significativas en el contenido en agua entre la prefritura y la congelación del producto. También se afirma en la investigación de este autor, que

la mayor disminución de la humedad de un producto se logra en el proceso de fritura final del producto antes de ser consumido.

Del mismo modo, Miranda et al. (2010) demostraron en una investigación de los efectos de la pre fritura en productos rebozados (empanada de atún y nuggets de jamón), que este proceso reduce el contenido de humedad y los hidratos de carbono, e incrementa las cenizas, materia grasa y proteínas en ambos productos. También concluyeron que durante la cocción, el proceso de fritura causó una reducción en el contenido de humedad y un aumento en contenido de grasa en relación con las muestras ya prefritas, mientras que el asado no modificó la composición proximal de los alimentos en cuestión. El aumento del contenido de grasa de los productos durante la prefritura y los procesos de fritura son más altos que la disminución en el contenido de humedad, lo que indica que el aumento en contenido de grasa también está relacionado con la absorción de aceite durante estos procesos.

Alvis et al. (2009) por su parte, observaron que el valor de la grasa en porcentaje en el ñame después de la fritura disminuye con la disminución de la temperatura. A medida que se forma costra, la cantidad de grasa disminuye hasta valores cercanos a cero debido a la deshidratación de las células internas y parte del agua evaporada, la cual es remplazada parcialmente por el aceite de fritura (fenómeno de transferencia de masa). También demostraron que la dureza del ñame (tubérculo comestible) durante el proceso de freído disminuye con el incremento del tiempo y la temperatura debido a la disminución de la humedad del alimento por la evaporación del agua y la concentración de almidón que posteriormente se gelatiniza y carameliza.

Moreira (1995) por su parte, encontró en el freído de rodajas de papa que a tiempos superiores de fritura (4 ó 5 minutos) se presenta con mayor intensidad el desarrollo de la corteza cuyo efecto de barrera impide el desplazamiento del agua

desde el interior del producto hasta la superficie quedando atrapada en el interior y ocasionando fragilidad.

Según Varela (1993), los aceites y las grasas durante la fritura sufren alteraciones que dan lugar a cambios de sabor y aromas extraños. Todos los procesos químicos se aceleran al aumentar la temperatura y la velocidad de las reacciones, dentro de unos límites. En una publicación realizada por Gata et al., (1997) afirma que hay autores que revelan que los aceites calentados constituyen una amenaza a la salud pública.

Por ello, al hablar de fritura en la producción a gran escala, el aceite de palma es el más recomendado y usado industrialmente, ya que además de tener excelentes propiedades en contra de la oxidación, es generalmente aceptado por consumidores como un aceite vegetal saludable. Asimismo se requerirá un mayor control de calidad para tener aceites de fritura estables (Masashi, 1985).

Ensayos preliminares han demostrado que el aceite de palma es ideal en la fritura de las marranitas, ya que para alimentos que se fríen y se almacenan antes de consumirlos se requieren aceites más estables; por esto, se recomienda el empleo de aceites más saturados. Los aceites más saturados mejoran la estabilidad debido a su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados siendo extremadamente estables a altas temperaturas, con menor tendencia de hacer humo, espuma o formar polímeros. Además ayudan a quitar el aroma del cocimiento del alimento manteniendo el gusto tradicional y siendo económicos a la vez (Mundo alimentario, 1994).

5.2 Investigaciones realizadas sobre almacenamiento en condiciones de congelación

La pérdida de peso por evaporación de los alimentos conduce a la pérdida tanto de peso comercializado del producto como al deterioro de la calidad razón por la cual deben ser minimizados.

Yuthana (2011) afirma que para cada temperatura de congelación utilizada en el almacenamiento de masa de pan, la tasa de pérdida de peso es constante al tiempo de almacenamiento; parámetro que pudo observar porque la pérdida de peso de la masa de pan aumenta significativamente y aún más, cuando existen fluctuaciones en la temperatura de congelación, factor que es también determinante en la calidad fisicoquímica y sensorial del producto final.

La caída gradual de la temperatura durante el proceso de congelación y almacenamiento de los alimentos empanizados se maltrataban por la formación de cristales, promueve la migración de la humedad del alimento a su superficie. Como una consecuencia indeseable, la jugosidad del producto se reduce y el apelmazamiento aumenta (Aristippos, 1997). Este mismo autor, asevera que el vapor de agua del ambiente del congelador tiene una alta humedad relativa y puede penetrar a través de la bolsa de plástico que almacena el alimento (anillos de cebolla fritos), también puede haber contribuido al aumento en el contenido de humedad de este producto.

6. HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas para este proyecto son:

Ho: Hipótesis nula. No hay diferencias significativas en las humedades del plátano y el tocino cuando las muestras del plátano utilizadas para la elaboración de las marranitas se fríen a diferentes condiciones de tiempo y temperatura y posteriormente se almacenan bajo temperaturas de congelación.

Ha: Hipótesis alterna. Las humedades del plátano y el tocino cambian cuando las muestras de plátano utilizadas para la elaboración de las marranitas se fríen a diferentes condiciones de tiempo y temperatura y se almacenan bajo temperaturas de congelación.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 Materia Prima

Ensayos preliminares demostraron que para la elaboración de 90 marranitas se requieren 950 g de tocino frito. El diseño experimental arroja 9 tratamientos que se realizarán con respectivo duplicado, para esto, será necesario un total de 3,8 Kg de tocino crudo y salado. Mediante pruebas preliminares con pequeñas cantidades de tocino, se determinó que para una cantidad de 500 g de tocino picado en trozos de aproximadamente 0.5 g de peso, un tiempo de 14 minutos y alcanzando una temperatura de 220 ºC en el último minuto de fritura plana, se obtuvo un tocino deshidratado con el mejor rendimiento, humedad y crujencia. El plátano que se utilizó es de variedad Hartón Común con un grado de madurez menor a 15 ºBrix, medida que se determinó con un refractómetro. Fueron necesarias 41 unidades de plátano con un peso de 500 g cada uno, a los cuales se les tomaron la humedad inicial (a 5 unidades). Se utilizó ésta especie de plátano por su disponibilidad en el mercado y ser el propicio para el proceso de fritura por su rendimiento en masa, contenido en materia seca y densidad en pulpa.

7.2 Equipos

- Freidora CI TALSA.
- Congelador Refrimag
- Estufa al vacío vwr 1430D
- Balanza analítica Ohaus adventurer.
- Desecador Nalgene.
- Estufa 105ºC mlw
- Módulo de adquisición de electrónica de datos PDAQ/56

7.3 Elaboración de las marranitas

7.3.1 Preparación del tocino.

Se realizarán ensayos preliminares para la determinación del porcentaje de sal necesaria para la salmuera al 2, 3, 4 y 5% en una relación 1/5 de producto/solución con agitación constante durante 30 min para asegurar la impregnación. Se determinará la concentración de la salmuera, una vez freído el tocino mediante fritura plana, por medio de una prueba de aceptación por panelistas no entrenados y al azar. De igual forma se pesara el tocino antes y después de la salmuera para observa la ganancia de agua en el proceso.

Una vez escogido el porcentaje de sal para la salmuera se procederá a determinar el tiempo de fritura para el tocino. Se realizarán ensayos preliminares a 4 tocinos durante la operación de fritura para 500 g (cada uno) tratados con fritura plana en un sartén de acero inoxidable durante 12, 14, 16 y 18 min respectivamente. Se llevará un registro de temperatura de la grasa del aceite con ayuda de una termocupla.

Al final de cada tiempo, se medirá su rendimiento en el proceso pesando el tocino resultante y la grasa extraída del mismo. A cada tratamiento de fritura se le medirá la humedad final en estufa de vacío durante 24 horas a 15 Psi y 60°C.

7.3.2 Fritura del platano.

Los 41 plátanos serán pelados y posteriormente picados en cilindros de 4 cm de longitud pesando cada uno alrededor de 35 ± 1.0 g. Se tomará una muestra representativa conformada por 10 cilindros al azar y se determinarán los sólidos solubles (° Brix) a cada uno asegurando el rango establecido para plátanos verdes. Seguidamente se freírán 22 cilindros con aceite de palma en una relación producto/aceite de 1/80 para cada tratamiento de fritura a diferentes tiempos (5, 7

y 9 minutos) y temperaturas (140, 160 y 180 ºC). Se realizarán mediciones de humedad y peso a dos de los 22 cilindros freídos (muestra y duplicado). Los cilindros restantes se utilizarán para la elaboración de las marranitas.

7.3.3 Moldeo de marranitas

Una vez determinado el tocino y el plátano este freído según las condiciones establecidas se procederá a moldear las marranitas. Se pesará el tocino en la balanza analítica en cantidades de 10 g y se procederá a dar forma al plátano con ayuda de una herramienta semicircular adecuada para moldear el plátano. Esta operación se realizará netamente artesanal.

7.3.4 Congelación de las marranitas

Las muestras serán empacadas al vacío en bolsas de polietileno en unidades experimentales de 2 marranitas y se almacenarán en un congelador a una temperatura de -18ºC a congelación lenta. Se evaluará el contenido de humedad del tocino y del plátano por separado una vez sacadas del congelador en los tiempos establecidos: 2, 7, 14, 21 y 28 días. Para realizar estas mediciones se descongelarán las unidades experimentales a temperatura ambiente y luego se separará el tocino del plátano con ayuda de un cuchillo. Todos los tratamientos se realizarán por duplicado.

7.4 Diseño experimental

El estudio se realizó mediante dos diseños experimentales. En el primero, se evaluaron factores específicos del plátano durante y después de la fritura. En el segundo se evaluó únicamente uno de los factores una vez congelado el producto.

La unidad experimental para el primer diseño fue de 9 cilindros de plátano por tratamiento. Las variables de respuesta fueron el peso y la humedad del plátano obtenidos después de su fritura.

El diseño experimental empleado fue un diseño factorial con dos factores: tiempo y temperatura de fritura del aceite, cada uno con 3 niveles como se observa en la Tabla 2. Resultaron 9 combinaciones y los tratamientos se realizaron por duplicado.

Tabla 2. Diseño experimental para la evaluación estadística de datos en el proceso de fritura.

Factores	Niveles	Variable de respuesta
Tiempo fritura del aceite (Minutos)	5, 7, 9	Humedad
Temperatura de fritura del aceite (ºC)	140, 160, 180	Peso

El modelo estadístico empleado para un diseño factorial completamente al azar se expresa como:

$$y_{ijkr} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_r + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ir} + (\beta\gamma)_{jr} + (\alpha\beta\gamma)_{ijr} + \varepsilon_{ijrk}$$

$$\text{con } \varepsilon_{ijkr} \text{ son v.a. independientes con distribución } N\left(0, \sigma^2\right) \quad \forall i, j, r, k.$$

En este modelo se tienen dos factores-tratamiento: el factor $T\alpha$ (efecto α) con niveles $i = 1,...,I$, el factor $T\beta$ (efecto β) con niveles $j = 1,...,J$, y el factor $T\gamma$ (efecto γ) con niveles $r = 1,...,R$. Cada tratamiento se ha replicado K veces. Por tanto se tienen $n = IJRK$ observaciones. El término $\square_{ijk}$ es la interacción de tercer orden que, en la mayoría de las situaciones se supone nula.

Para el segundo diseño, la unidad experimental fue de dos marranitas por bolsa de polietileno para cada tratamiento de fritura del plátano. Los factores y niveles se muestran en la Tabla 3.

El diseño experimental empleado fue un diseño factorial con tres factores: tiempo de congelación, temperatura de congelación y tiempo del aceite. El factor tiempo de congelación fue de 5 niveles, y los factores tiempo de fritura y temperatura del aceite 2 niveles. Para este caso hay 20 combinaciones y los tratamientos se realizaron por duplicado.

Tabla 3. Diseño experimental para la evaluación estadística de datos en el proceso de congelación

Factor	Niveles	Variable de respuesta
Tiempo de congelación (días)	2, 7, 14, 21, 28	Humedad plátano y tocino
Tiempo fritura del aceite (Minutos)	5,9	
Temperatura de fritura del aceite (ºC)	140, 180	

Se aplicó el modelo factorial porque permite el estudio del efecto de cada factor sobre la variable respuesta, así como el efecto de las interacciones entre factores sobre la dicha variable.

7.5 Determinación de propiedades fisicoquímicas

- ✓ Contenido de humedad para el tocino: La determinación del contenido de humedad se realiza de acuerdo al método AOAC 950.46 (A.O.A.C, 1990) (humedad en carnes).

- ✓ Contenido de humedad para el plátano: La determinación del contenido de humedad se realiza de acuerdo al método AOAC 20.013 (A.O.A.C, 1990).

- ✓ Determinación de sólidos solubles: La determinación de ºBrix de las muestras se realiza con un refractómetro manual a 25ºC

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Tocino

Se obtuvo que el mejor resultado en cuanto a sabor salado del tocino fue el realizado a salmuera al 3%. El peso ganado por el tocino durante este proceso de ensalmuerado fue del 11%. Al evaluar la humedad inicial del tocino crudo se obtuvo que era de 22± 1.0 %.

Los valores reportados para la fritura de tocino salado al 3% a los tiempos establecidos se pueden apreciar en la tabla 4.

Tabla 4. Características del tocino después de la fritura.

	Tiempo fritura tocino (min)	**Pérdida peso durante fritura (%)**	**Grasa extraída durante fritura (g)**	**Humedad después de fritura (% bh)**
Tocino 2	12	65	165	4.5
Tocino 3	14	68	170	3.8
Tocino 4	16	72	176	3.0
Tocino 5	18	75	180	2.8

El seguimiento de temperatura con termocupla registró los siguientes resultados: para el tocino 1 cuyo tiempo de fritura fue de 12 min alcanzó una temperatura final de 172°C en su grasa de fritura, el tocino 2 de 14 minutos una temperatura de 205°C. El tocino 3 de 16 minutos alcanzó una temperatura de 227 °C y para el tocino 4 de 18 min se registro 232 °C, lo que demuestra una relación directamente proporcional. El registro se puede apreciar en la Figura 2.

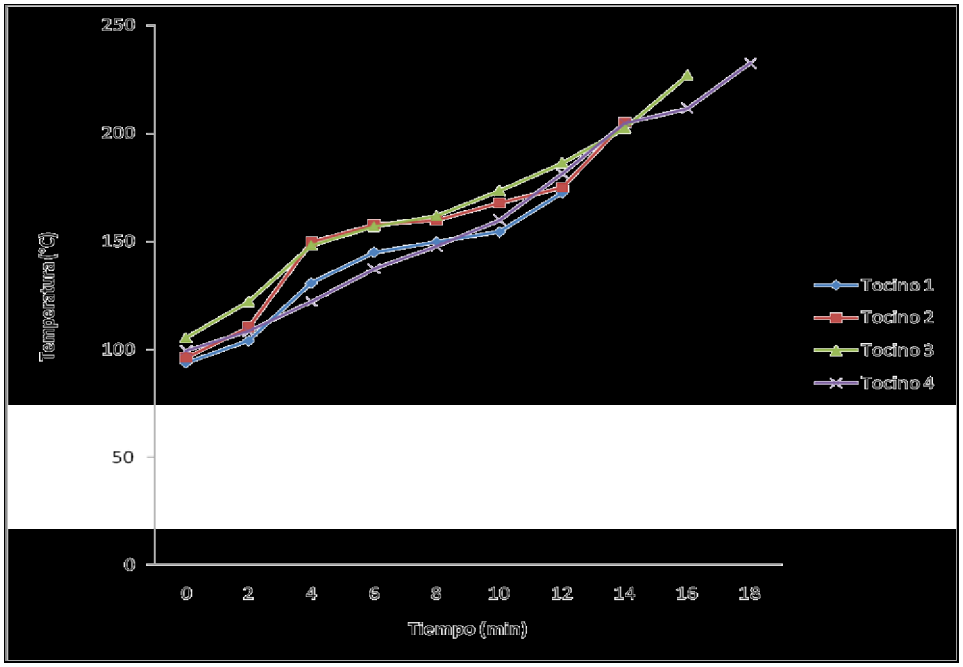


Figura 2. Seguimiento de la temperatura en la fritura del tocino

El tiempo de fritura escogido como el más apetecible y de mejor sabor por el panel no entrenado fue el de 14 minutos además de tener las mejores características en cuanto a textura y crujencia. Su humedad final fue baja (3.8%) y no se presencio sabor a quemado como el que se presencio a mayores tiempos. La fritura de 16 minutos arrojaba tocino con menor humedad, sin embargo, presentaba un color oscuro que evidenciaba un producto rostizado.

Sosa-Morales et al. (2005) estudiaron el efecto del medio de fritura en el proceso de fritura para lonjas de carne a diferentes temperaturas (90, 100 y 110°C) en aceite girasol y en grasa semisólida a 110°C producto de la misma carne. Encontraron que la mayor pérdida de humedad se registró para ésta última llegando al cabo de 120 minutos de proceso a 18% de humedad en base seca. Asimismo, comprobaron que la mayor pérdida de humedad ocurrió en los primeros minutos cuando la temperatura estaba a 110° C por encima del punto de ebullición del agua.

8.2 Plátano

8.2.1 Pérdida de peso

Se determinó la humedad inicial y los sólidos solubles del plátano obteniéndose valores cercanos al 59±1.0 de humedad y entre 8 – 14 para ° brix. Los valores de humedad concuerdan con los reportados por Díaz et a. (1999) en el que para el plátano Dominico Hartón Común se registra una humedad inicial de 58.57 % en base húmeda.

Al registrar los pesos de los cilindros de plátano antes y después de la fritura se obtuvieron las pérdidas de peso durante el proceso para cada tiempo y temperatura establecida. En la Tabla 5 y la Figura 3 se muestra la variación de peso en porcentaje de la operación de fritura para cada tiempo. Se comprueba que a mayor tiempo de fritura mayor será la pérdida de humedad.

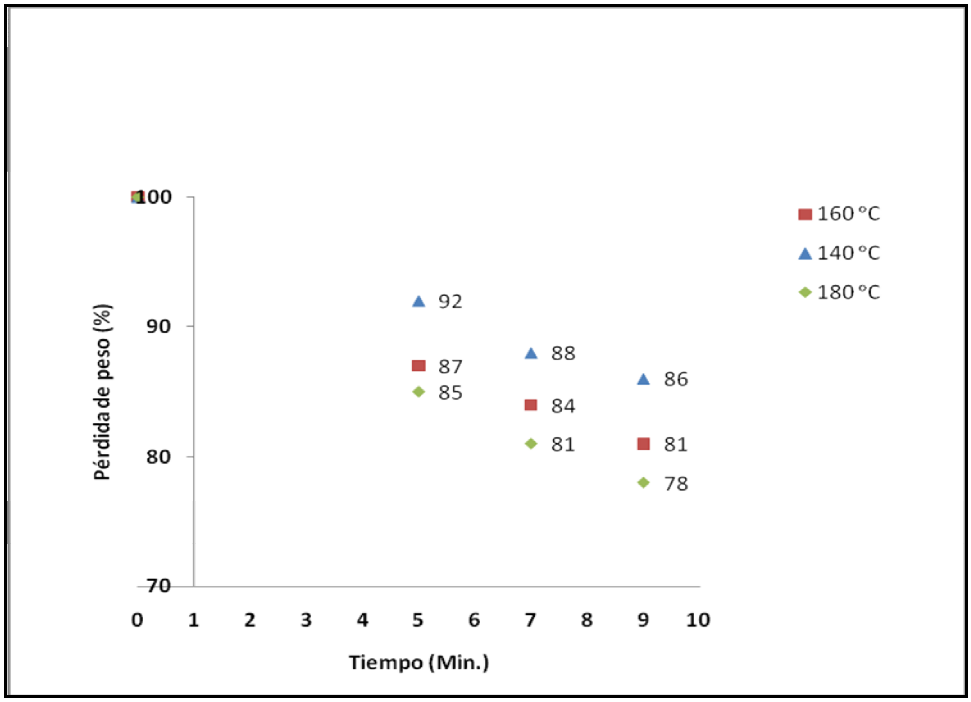


Figura 3. Pérdida de peso de cilindros de plátano en función del tiempo de fritura.

Durante la fritura de cilindros de plátano de 4 ± 0.1 cm de espesor y 3.5 ± 0.5 de radio, de variedad Hartón Común con humedad inicial de 59± 1.0 % en base húmeda, se obtuvo que la velocidad de pérdida de peso es mayor en la primera fase para todas las temperaturas, siendo entre ellas la de 180°C la que más pierde en el mismo tiempo. Para un tiempo de 5 minutos a una temperatura de 140°C, la pérdida de peso registrado alcanzó 8%, mientras que para el mismo tiempo a la mayor temperatura se registra 15% del peso inicial. La pérdida de peso para los cilindros de plátano a 140, 160 y 180°C al final del proceso (9 minutos) es de 14, 19 y 22% respectivamente.

Según Alvis et al. (2009) para un estudio de fritura del ñame, el aumento en la temperatura del aceite (intervalo de 140 a 180 ºC) disminuye la humedad del alimento como consecuencia de la vaporización del agua que incide en la concentración de almidón en el producto frito. Un efecto parecido se encontró en la fritura de cilindros de plátano al mismo rango de temperaturas lo que permite inferir que debido a la formación de la corteza se produce un alimento menos maleable a mayores tiempos.

8.2.2 Humedad final (bh)

La Figura 4, presenta el contenido de humedad en base húmeda para las diferentes temperaturas tratadas durante la fritura a diferentes tiempos. El comportamiento general puede ser descrito en dos fases. La primera, en el rango de tiempo entre el momento inicial (t=0) y la primera medición (t=5 min) y la segunda fase desde la primera medición hasta la segunda (t=7). En la primera fase, se puede apreciar una pérdida de humedad en forma rápida debido al momento de ebullición superficial en el que se aprovecha el calor de evaporización para dar pérdida al agua libre del plátano.

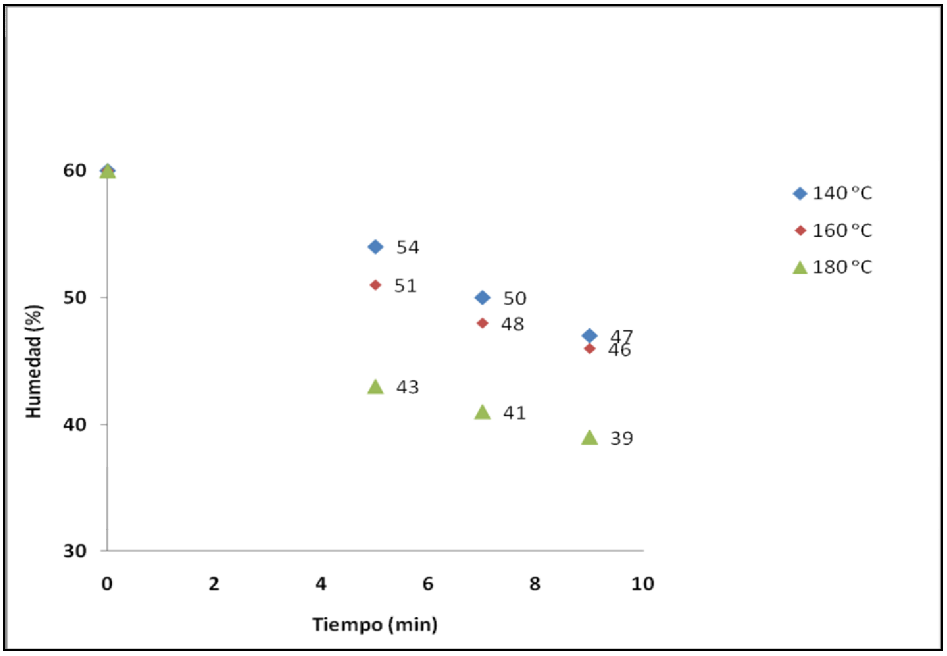


Figura 4. Cambio de humedad en el plátano en función del tiempo de fritura

En la segunda fase (y hasta el final del proceso) se puede apreciar cómo para las diferentes temperaturas de fritura a partir del minuto cinco (5) desciende la velocidad de pérdida de agua. Esto se puede explicar a través del aumento en el espesor de la costra que reduce la conductividad térmica del alimento. De igual forma, finaliza la generación de burbujas por la completa remoción de agua y se disminuye la trasferencia de calor en la interface costra/centro del producto.

Los resultados obtenidos concuerdan con los de Díaz et al. (1999), quienes estudiaron el comportamiento de cuatro variedades de plátano verde entre los que estaba el Dominico Hartón Común y reportaron que para la fritura de rebanadas de plátano (de 2 mm de espesor) a 145 °C y 150 segundos, se alcanza una humedad de 5% en base húmeda. La humedad final del alimento en el proceso de fritura señala una estrecha relación con la pérdida de peso durante la fritura acondicionada a las variables dependientes del proceso y la composición inicial del alimento.

8.3 Análisis estadístico

8.3.1 Pérdida de peso del plátano (%)

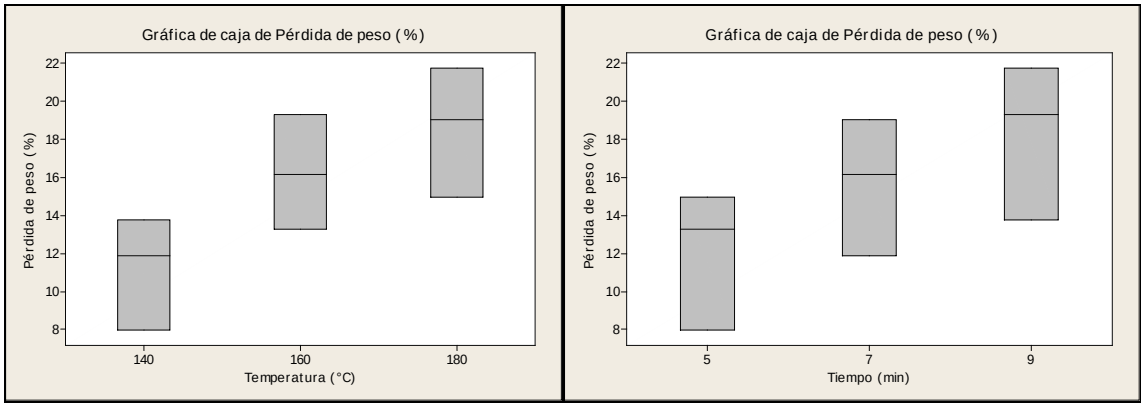
Tabla 5. Modelo lineal general: Pérdida de peso (%) vs. temperatura (ºC) y tiempo (min)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor P
Temperatura (ºC)	2	84,972	42,486	240,06	0,000
Tiempo (min)	2	58,456	29,228	165,15	0,000
Residual	4	0,708	0,177		
Total	8	144,136			

S = 0,420687 R-cuad. = 99,51% R-cuad.(ajustado) = 99,02%

El valor de R^2 encontrado en la Tabla 6, muestra que el modelo de regresión explica el 99,51% de la varianza en la pérdida de peso, por esto se puede afirmar estadísticamente que el modelo se ajusta a los datos de forma precisa. Observando los valores de P de cada uno de los factores, se puede determinar que la temperatura y el tiempo de fritura influyen en la variable de pérdida de peso, por ende cualquier cambio en estos dos factores se verá afectado la pérdida de peso de los cilindros de plátano.

Se observa que la pérdida de peso en las muestras fue mayor en la temperatura de 180º C de fritura (Figura 5 (a)). Se puede afirmar que las mayores pérdidas de peso se registraron para el tiempo de 9 minutos, mientras que el tratamiento a 5 min fue el que registró el menor cambio en esta variable (figura 5 (b).



(a) (b)

Figura 5. Gráficas de caja para pérdida de peso por temperatura (a) y por tiempo de fritura (b).

Puede corroborarse con la Figura 6 que las mayores pérdidas de peso se registraron para el tratamiento 180ºC-9 min, y el menor valor de esta variable se registró para 140ºC–5min. Se puede ver que no existe interacción entre los factores, por esta razón se estudiaron los efectos de los factores de forma independiente para la pérdida de peso.

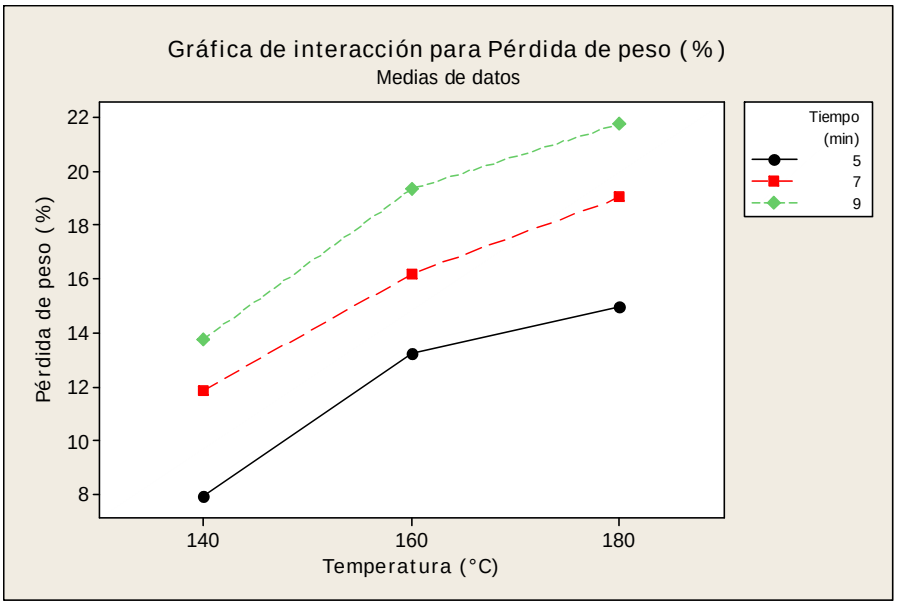


Figura 6. Interacción de las medias de pérdida de peso entre los factores temperatura y tiempo de fritura.

8.3.2 Cambio de humedad del plátano (%)

Tabla 6. Modelo lineal general: Pérdida de peso (%) en función de la temperatura (ºC) y el tiempo (min).

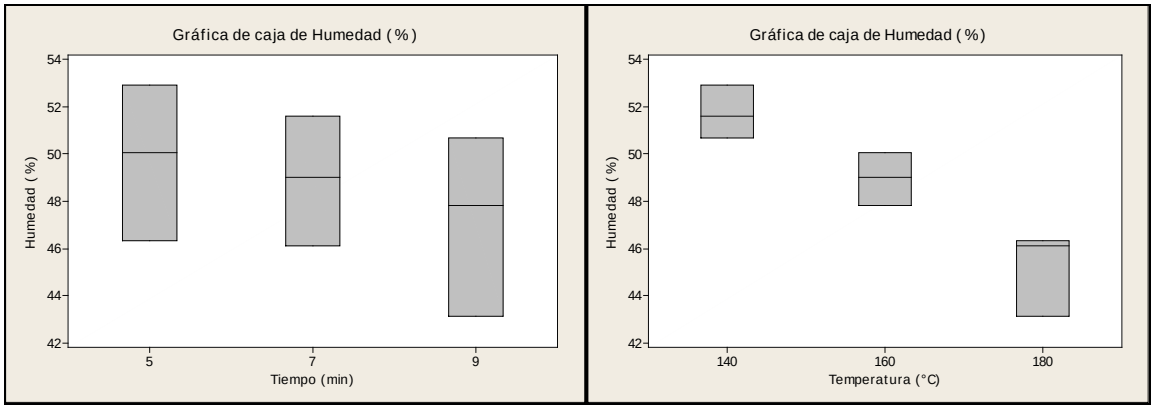
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor P
Temperatura (ºC)	2	64,740	32,370	103,23	0,000
Tiempo (min)	2	10,053	5,026	16,03	0,012
Residual	4	1,254	0,314		
Total	8	76,047			

S = 0,559965 R-cuad. = 98,35% R-cuad.(ajustado) = 96,70%

Se observa un R^2= 98.35% (coeficiente de correlación), el cual es muy bueno, pues se acerca mucho al 100%, esto quiere decir que los factores no controlables no afectaron al modelo.

Los valores P para la temperatura y el tiempo de fritura son menores a 0,05 como se muestra en la Tabla 8. Lo anterior muestra que existe un efecto significativo de estas variables, afirmando así que la humedad varía con el tiempo y la temperatura que se emplee en el proceso de fritura.

Se puede afirmar que los mayores valores de humedad se registraron para el tiempo de 5 minutos, mientras que el tratamiento a 9 min fue el que registró el menor valor para esta variable (Figura 7a). También se observa que la humedad en las muestras fue menor en la temperatura de 180º C de fritura (Figura 7b).



(a) (b)

Figura 7. Gráficas de caja para humedad (%) por tiempo (a) y por temperatura de fritura (b).

Puede corroborarse con la figura 8 que los menores valores de humedad se registraron para el tratamiento 180ºC-9 min, y el mayor valor para esta variable se registró para 140ºC–4min. Se puede ver que no existe interacción entre los factores temperatura y tiempo de fritura, por esta razón se estudiaron los efectos de los factores de forma independiente para los valores de humedad.

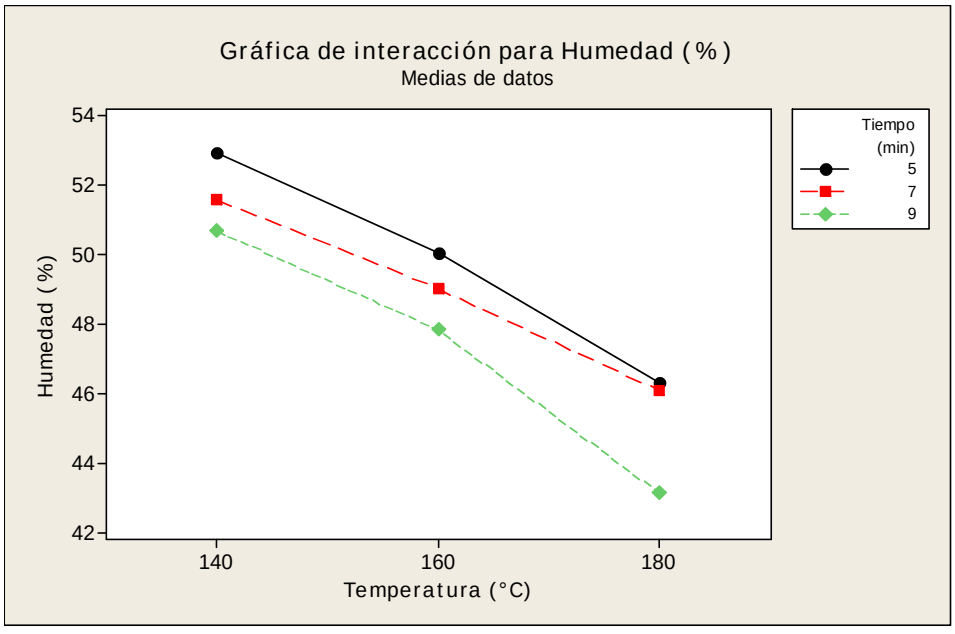


Figura 8. Interacción de las medias de humedad entre los factores temperatura y tiempo de fritura.

8.3.3 Humedad del tocino después de la congelación (%) (bh)

Tabla 7. Modelo lineal general: Humedad tocino (%) en función del tiempo de congelación (días); tiempo fritura (min); temperatura fritura (ºC)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor P
Tiempo cong (días)	4	461,281	115,320	1284,60	0,000
Tiempo (min)	1	0,059	0,059	0,66	0,432
Temperatura (ºC)	1	0,062	0,062	0,69	0,424
Tiempo (min)* Temperatura(ºC)	1	0,008	0,008	0,09	0,765
Residual	12	1,077	0,090		
Total	19	462,488			

S = 0,299619 R-cuad. = 99,77% R-cuad.(ajustado) = 99,63%

Se puede ver que no hay un efecto significativo de los factores sobre la variable de respuesta ya que los valores de P son mayores a 0.05; Por ello, se estudian los factores de forma independiente para los valores de humedad del tocino después de la congelación.

Al analizar los valores de P de cada uno de los factores se aprecia que el tiempo de congelación influyen significativamente en la variable de respuesta (humedad tocino) por ende cualquier cambio en este factor se verá afectado este parámetro, mientras que los factores tiempo y temperatura de fritura del plátano no tienen participación en el cambio de la humedad de las muestras de tocino. También muestra un R^2= 99,77% (coeficiente de correlación), el cual es muy bueno, pues se acerca mucho al 100%, por ende hubo un muy buen control local.

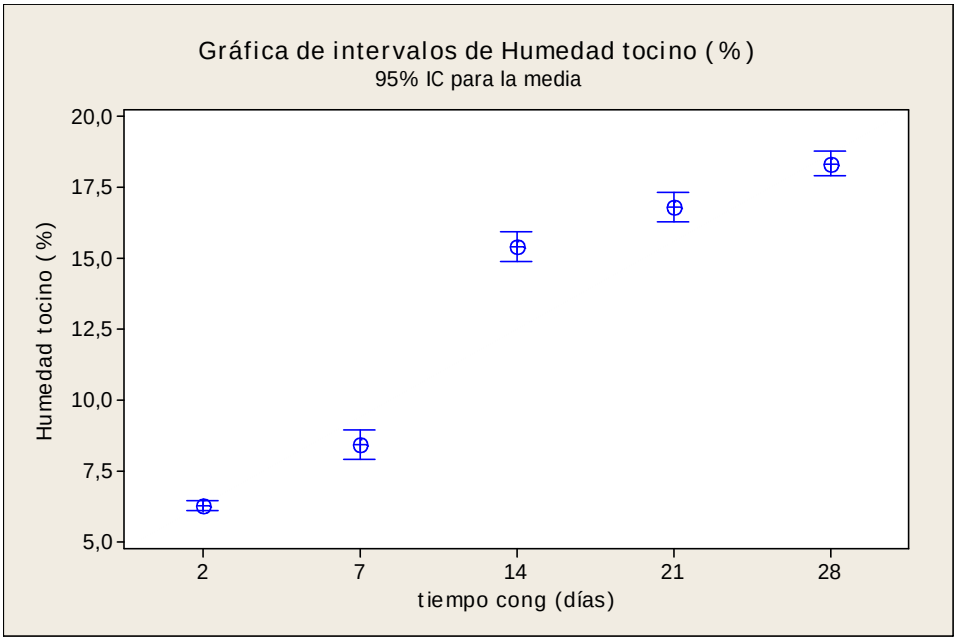


Figura 9. Gráfica de intervalos para el efecto del tiempo de congelación (días) sobre la humedad del tocino (%)

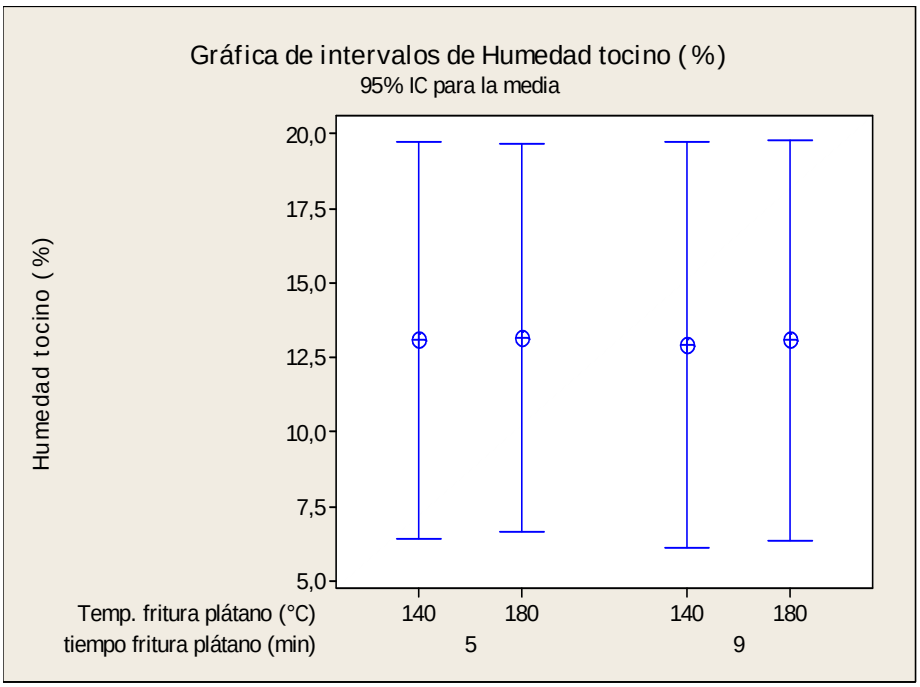


Figura 10. Gráfica de intervalos para el efecto del tiempo y la temperatura sobre la humedad del tocino (%)

Se puede afirmar con la Figura 9 que los mayores valores de ganancia de humedad se registraron para el tiempo de 28 días de almacenamiento bajo congelación mientras que el día 2 fue el que registró el menor valor para esta variable.

En la Figura 10 se puede corroborar que los factores tiempo y temperatura de fritura del plátano no fueron significativos para la ganancia de humedad del tocino bajo congelación, las medias de esta variable fueron muy cercanos al valor de 12,5% para los cuatro combinaciones de factores mencionados anteriormente.

8.3.4 Humedad del plátano después de la congelación (%) (bh)

Tabla 8. Modelo lineal general: Humedad plátano (%) vs. tiempo de congelación (días), tiempo de fritura (min) y temperatura fritura (ºC)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor P
Tiempo cong (días)	4	4,288	1,072	0,35	0,835
Tiempo (min)	1	66,759	66,759	21,73	0,006
Temperatura (ºC)	1	232,289	232,289	75,60	0,000
Tiempo cong (días)* Tiempo (min)	4	5,577	1,394	0,45	0,768
Tiempo cong (días)* Temperatura (ºC)	4	0,921	0,230	0,07	0,987
Residual	5	15,363	3,073		
Total	19	325,196			

S = 1,75286 R-cuad. = 95,28% R-cuad.(ajustado) = 82,05%

Como se observa, la mayoría de los valores P determinan el efecto sobre la variable de respuesta y estableciendo el nivel de significancia de cada una de las interacciones de los factores en el modelo (P›α=0,05). Se entiende que las interacciones entre los factores no tienen participación en la ganancia de humedad del plátano después de la congelación, sin embargo, los factores tiempo y temperatura de fritura del plátano cuentan por separado con los valores P más bajos, lo que puede significar que éstas sean condiciones importantes y

promotoras principales de los cambios en la humedad de la muestra de plátano, aunque la interacción entre los dos factores no tenga un valor significativo.

El valor de R^2 encontrado, muestra que el modelo de regresión explica el 95,28% de la varianza en la humedad del plátano, por esto se puede afirmar estadísticamente que el modelo se ajusta a los datos de forma precisa.

Se puede apreciar de la Figura 12 que los valores de humedad del plátano no se vieron afectados por el tiempo de almacenamiento bajo congelación, las medias de los valores de esta variable fueron aproximadamente de 45% de humedad, menos para el día séptimo de almacenamiento que fue aproximadamente 43%. Con estos datos se corrobora lo dicho anteriormente.

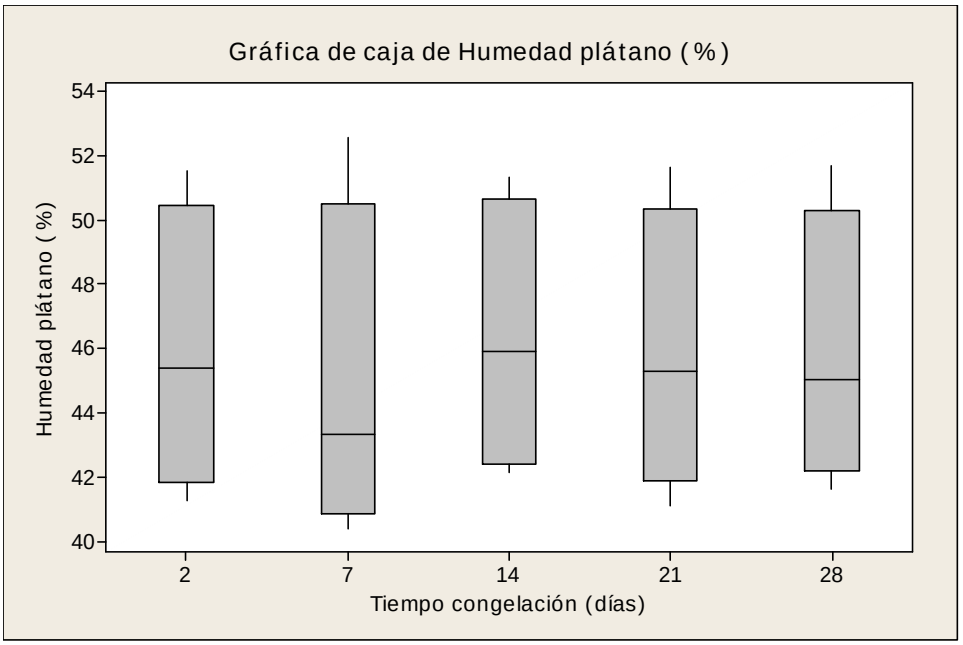


Figura 11. . Gráfica de caja para humedad plátano (%) por tiempo congelación (días)

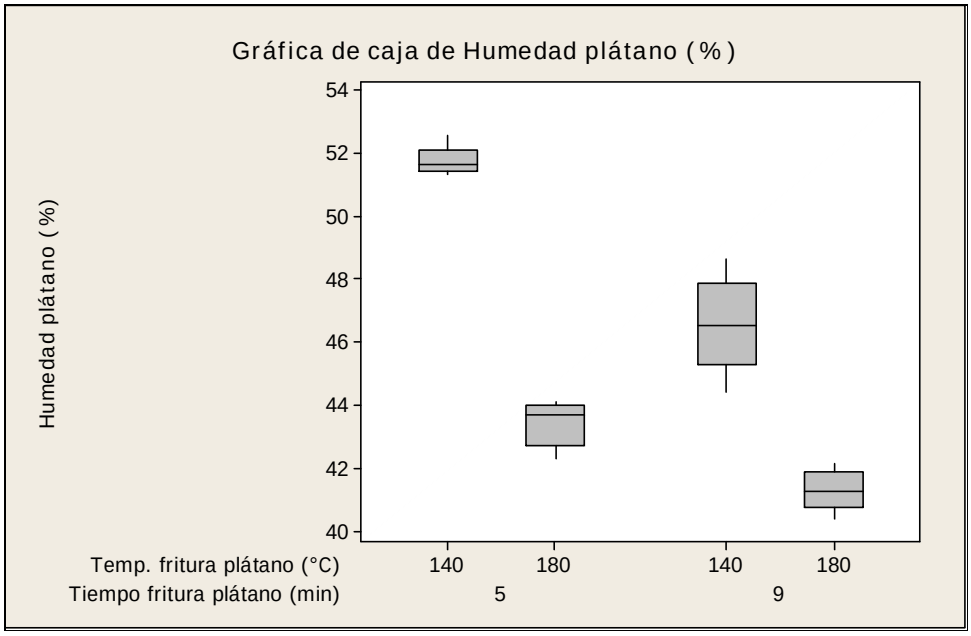


Figura 12. Gráficas de caja para humedad del plátano (%) por tiempo y temperatura de fritura

Se puede afirmar de la Figura 13 que los mayores valores de humedad del plátano después de estar congelado se registraron para el tratamiento 140ºC–5min y el menor valor para esta variable se registró para 180ºC–9min, de aproximadamente 52% y 41% de humedad respectivamente para sus medias.

9. CONCLUSIONES

El tocino freído obtuvo sus mejores características organolépticas para un ensalmuerado previo con una concentración del 3% de sal en una relación de 1/5 (soluto/solución) y agitación constante durante 30 minutos a temperatura ambiente y un tiempo de fritura de 14 minutos utilizando un método de fritura plana.

La pérdida de peso de las muestras de plátano después de la fritura siempre aumenta a medida que se aumentan el tiempo y la temperatura de esta operación. El ANOVA realizado evidenció el efecto significativo del tiempo y la temperatura de fritura sobre la pérdida de peso y la no interacción tiempo-temperatura sobre la variable respuesta. Las mayores pérdidas de peso se registraron para las muestras fritas a 9 minutos y 180ºC de temperatura; por otro lado las muestras de plátano fritas a 140ºC durante 5 minutos fueron las que tuvieron menor pérdida de peso.

El valor de humedad de las muestras de plátano después de la fritura disminuye a medida que los factores tiempo y temperatura de fritura aumentan. El ANOVA realizado demostró que el tiempo y la temperatura de fritura provocaron efectos significativos en la humedad del plátano y que no hubo interacción tiempo-temperatura. La humedad del plátano obtuvo sus menores valores para una fritura realizada a 180ºC durante 9 minutos, mientras que la realizada a 140ºC durante 5 minutos fue la que arrojó los datos de humedad más altos.

La humedad de las muestras de tocino después de congelación aumenta proporcionalmente al tiempo de almacenamiento, por esta razón todas las muestras tuvieron un valor mayor a la inicial (3%). El ANOVA realizado evidenció el efecto significativo del tiempo de almacenamiento sobre la variable de respuesta, mientras que los factores tiempo y temperatura de fritura no mostraron efectos significativos sobre esta variable, no hubo interacción entre los factores. La

humedad del tocino obtuvo sus mayores valores en el tiempo de 28 días de almacenamiento y los menores valores para esta variable en el día 2.

La humedad de las muestras de plátano después de la congelación disminuye a medida que los factores tiempo y temperatura de fritura aumentan. La humedad de las muestras siempre se mantuvo en un pequeño rango menor al de los valores de humedad inicial (después de la fritura). El ANOVA realizado registró que el efecto más significativo para la humedad del plátano fue su temperatura, seguido por el tiempo de fritura, mientras que no mostró un efecto significativo para el factor tiempo de almacenamiento, no hubo interacción entre los factores. La humedad del plátano obtuvo sus mayores valores para las combinaciones de 140ºC y 5 minutos de fritura, mientras que las combinaciones de 180ºC y 9 minutos de fritura registraron los valores más bajos de humedad.

10. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, G. (2005). El proceso de fritura. Instituto de farmacia y alimentos (IFAL) de la Universidad de la Habana. La Habana, Cuba.

Alvis, A., Cortés, L., y Páez M. (2009). Transferencia de Calor y Materia durante la Fritura de Trozos de Ñame (*Dioscorea alata)*. Información Tecnológica. Vol. 20(1), 99-109.

Andrali, K., Sandhya, R., Sunkireddy, Y., Ramakrishna, C. (1998). Quality changes in *trans* and *trans* free fats/oils and products during frying European Food Research and Technology. 230 (6), 803-811.

Arboleda, A., Chávez, R. (2006). Evaluación de un sistema de control y registro de temperatura en el proceso de fritura. Tesis. Cali, Colombia. Universidad del Valle.

Arenas, A. (2002). Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control HACCP. 3ª ed. Ministerio de Salud. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 16 p.

Associacion of Official Agricultural Chemist. 1984. Official Methods of Analysis of AOAC. Publish of Association of Official by Analytical Chemist. Virginia USA.

Bailey, E. (2001). Aceites y grasas industriales. Editorial Reverté. Pág. 128.

Balasubramaniam, V. M., P. Mallikarjunan, M. S. Chinnan. 1997. Heat and mass transfer during deep-fat frying of chicken nuggets coated with edible film: Influence of initial fat content. In. Advances in Food Engineering . G. Narsimhan, M. R. Okos, and S. Lombardo (eds.). Proceedings of the 4th Conference of Food Engineering, CoFE 1995, Chicago, IL, November 2-3. 103-106 pp.

Barreiro, J. (2006). Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Editorial Equinoccio. Pág. 154.

Berger, Kurt G. 2005. Frying oil series. The use of palm oil in frying. Title 11. Series. 665.3

Bouhon, P., Bergeret, A., 2005. Método de fritura para plátano. Valorization & innovation en Partenariat (VIP- CIRAD). Boletín de información sobre transferencia tecnológica.

Cozzolino, D., Murray, I., Chree, A., y Scaife, J. (2005) Multivariate Determination of Free Fatty Acids and Moisture in Fish Oils by Partial Leastsquares Regression and Near-infrared Spectroscopy. FoodSci.Techn.: 38 (8), 821-828.

Diaz, A., Trystram, G., Vitrac, O., Dufour, D., (1999). Kinetics of moisture loss and fat absorption during frying for different varieties of plantain. Journal of the science of food and agriculture 79: 291 – 299.

Diaz, A. Totte, F. Giroux, M. Reynes, A., and Raoult-Wack A., (1996). Deep fat frying of plantain (musa paradisiaca L.) I: Characterization of control parameters. Lebensmittel wuissenchaft an technologie. Volume 29, Issues 5-6, 1996, Pages 489-497

Eroski consumer. Edición impresa. Mayo 2001. Conservación de los alimentos. Alargar la vida de los alimentos, cada vez más fácil y seguro.

Loyola, N., López R., Acuña C. (2008). Evaluación sensorial y analítica de la calidad de aceite de oliva. IDESIA. Volumen 26, Nº 2, Páginas 27-74.

Fellows P. (2000). Food processing technology: principles and practice. Ed Cambridge, p. 355-360. Woodhead, England.

Forero, M., Giraldo, J.C., González, A., Alvarez, G. y Orozco, S. (2001). Sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control HCCP. Ministerio de Salud República de Colombia, Exigencias nacionales e internacionales sobre la calidad de los alimentos, 20 p.

Gata, J. Sevillano, J.S., Cuesta, I., Sánchez, P., y Amaro, M. (1997). Control de calidad en aceites y grasas en restauración colectiva del distrito sanitario de Jaen. Alimentaria: 49 – 51.

Gil, A. (2010) Tratado de Nutrición. 2a ed. Tomo II: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Editorial Médica Panamericana.

Gómez S., Jurado C., Y.; Arcila P. (2002). Comportamiento físico, químico y organoléptico de frutos de plátano dominico-hartón sometidos a diferentes sistemas de almacenamiento y tipos de empaque en el Quindío. En Acorbat. Memorias XV reunión, realizada en Cartagena de indias, Colombia. 27 de octubre al 02 de noviembre, Medellín (Col). Asociacion de bananeros de Colombia AUGURA 2002.

Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos INVIMA, (2008) Ministerio de la Protección Social República de Colombia, 7 p.

Kind, K, A. (1992). Evolution dos Corps gras au Cours de leurs utilizations alimentaires. En Corps gras. Edition Tec. Et Dic. Lavboisier. Volumen 2.

Lawson, H. (1994). Aceites y grasas alimentarios. Tecnología, utilización y nutrición. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza España. Capitulo 7.

López, R. (2003). Tecnología de mataderos. Editorial Aedos. Pág. 194.

Masashi Sakata, Yoshikazu Takahashi and Masanori Sonehara (1985). Quality of fried foods with palm oil. Journal of the American Oil Chemists' Society. 62 (2), 449-454.

Martínez, H.(2005). *Agroindustria y competitividad*. *La industria procesadora de papa, plátano y yuca: el mercado de pasabocas (snacks) y congelados en Colombia*.http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/anuario2005/Introduccion.pdf. Acceso: 10 de junio (2007).

Martínez, H. (2006). Agroindustria y competitividad: estructura y dinámica en Colombia 1992 – 2005. Pág. 260.

Melnick, D. (1957). Nutritional quality of frying fats in commercial use. J. Am. Oil Chem. Soc. 34, 578.

Moreira, R.G., Palau, J., y Sun, X. (1995). Deep-fat frying of tortilla chips: an engineering approach. Food Technology: 49 (4), 146-150.

Raken, M. Manual de industrias de la carne. 2003

Rosell, J.B. (1998). Industrial frying process fatt and oil. 49, 282-295.

Sierra, I., Morante, S., Perez, D. (2007). Experimentación en química analítica. Librería-Editorial Dykinson.

Totte, A., Diaz A., Marouze, C., & Raoult-Wack, A.L (1996). Deep-fat frying of platain (Musa paradisiaca L.). II. Experimental study of solid/liquid phase contacting systems. Academic press limited. Journal of food engineering.

Varela G. (1993). Posibilidades de la fritura de los alimentos en la relación dieta-enfermedades degenerativas. Rev: San Hig. 67 (3). 22-25.

Villada, D., Villada, H., Mosquera, A. (2009). Evaluacion del efecto de la deshidratación osmótica y fritura en dos variedades de yuca (Manihot esculenta Crantz) en la producción de chips.

Zuleta, A. Mitos y realidades de los alimentos. Grupo Editorial norma 2004. Pág. 10.

Aceite de palma y derivados: Propiedades y usos (2004). Revista Mundo Alimentario.

[1]http://empanadascolombianas.com.co/portal/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=9&Itemid=40

11. ANEXOS

1. **Tabla 5.** Teoría de la fritura por inmersión.

Physical Parameter	Changes during deep- frying	Caused by	Correlation with the deterioration of fat (independent of the type of fat)
Refractive index/UV	Increases	Accumulation of conjugated fatty acids	Yes*
Density	Increases	Polymerized triacylglycerols	Yes*
Dielectric coefficient	Decreases	Polar-oxidized components – disturbed by free fatty acids and water	Yes*
Colour	Becomes more intensive and darker	(Maillard) reaction products of amino acids (protein) and unsaturated Carbonyl compounds	No
Conductivity	Increases	Polar compounds	Yes*
Surface tension	Decreases	Polar compounds	Yes*
Smoke point	Decreases	volatile oxidized decomposition products	Yes*
Specific Heat	Increases	Polar compounds	Yes*
Viscosity	Increases	Polymerized triacylglycerols (MG>1000)	Yes*
Chemical Parameter			
Anisidine value	Increases	Secondary oxidation products	Yes*
Iodine value	Decreases	Formation of oxidized fat products	Yes*
Peroxide value	Increases but can also decrease	Primary oxidation products	No
Petrolether – insoluble oxidized fatty acids	Increases	Oxidized polymerization products	Yes
Polar compounds	Increases	Oxidized and polymerized degradation products including unchanged polar fat components	Yes
Polymerized Triacylglycerols	Increases	Oxidized and not oxidized polymerized Triacylglycerols	Yes
Acid value	Increases	Formation of oxidation products with free carboxyl groups	No

Tomado de: “the German Society for Fat Science (DGF, Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft e.V.)” (2008).

2. **Tabla 6. Conte**nido de tocoles en el aceite de palma.

		α – Tocopherol (ppm)	α – Tocotrienol (ppm)	γ – Tocotrienol (ppm)	δ – Tocotrienol (ppm)	Total (ppm)
Crude Palm Oil	Mean (n=9)	162	165	324	81	774
	Range	136-241	90-205	273-439	67-94	635-890
Refined Palm Oil	Mean (n=3)	117	117	158	31	426
	Range	85-180	99-147	67-239	5-62	256-630
Refined Palm Olein	Mean (n=8)	141	152	218	49	561
	Range	107-163	131-177	113-293	28-68	478-673

Tomado de: Palm oil in frying. (Berger, 2005).

3. **Recomendaciones**

Este estudio tuvo como propósito establecer condiciones para el proceso de manufactura de marranitas a partir de una receta básica conocida. Con la implementación de la ingeniería como campo para alcanzar una mejor eficiencia en los procesos y resultados se encontró la mejor combinación para los tratamientos previos a la elaboración de este producto:

Materia prima:

- Plátano verde Hartón Común: Con < 15 Brix.
- Tocino fresco con alrededor de 22% de humedad inicial.

Procesos:

- Salmuera: relación 1/5. (Soluto/solución). Al 3%.
- Fritura del tocino: Alrededor de 14 minutos con fritura plana al máximo nivel.

- Fritura del plátano: 140 C y 7 minutos.

Ciertos aspectos que se pondrían tener en cuenta para la incentivación a la solución de nuevos problemas y análisis que surgen para el procesamiento de marranitas pueden ser:

1) Evaluar la calidad del aceite de fritura en función del tiempo de utilización y la masa del alimento utilizado en la fritura por inmersión.

2) Determinar la cantidad de grasa del tocino y el aceite absorbido por parte del plátano después de las frituras respectivas.

3) Realizar una cinética de deterioro del tocino salado bajo condiciones determinadas (congelación, refrigeración) después de la fritura plana.

4) Freír las marranitas después de congeladas y hacer una prueba de aceptación a panelistas entrenados con el fin de determinar su vida útil en almacenamiento.

5) Examinar diferentes tipos de empaque para las marranitas y evaluar la ganancia de humedad de las mismas en función del tiempo de almacenamiento.

6) Determinar los parámetros importantes en la fritura por inmersión para los cilindros de plátano trabajados en este estudio.

7) En el diseño de equipos, ingeniarse una freidora con agitación constante que proteja al operario en la fritura del tocino. Asimismo, la fabricación de una herramienta que moldee las marranitas evitando el contacto caliente.