

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL
PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS TROPICAL**



TESIS

**ELABORACIÓN DE HOJUELAS FRITAS
DE PITUCA (*Colocasia esculenta (L.) Schott*)**

PRESENTADO POR:

Bach. MERY LUZ PAJAR MUÑOZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERA EN CIENCIAS AGRARIAS: ESPECIALIDAD DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

SATIPO - PERÚ

2008

ASESORA
ING. ANGÉLICA CASTRO GARAY

DEDICATORIA

A mi papá, **Francisco PAJAR CAMARENA**, que desde el cielo ilumina los anhelos que debo alcanzar.
Gracias

A mi querida madre **Luisa MUÑOZ CAMARGO** quien con su lucha diaria y constante en su vida, me impulsó a ser una hija perseverante y responsable ante las adversidades de la vida cotidiana. Gracias

A mis hermanos, familiares y amigos que siempre estuvieron apoyando moralmente con este proyecto.

AGRADECIMIENTO

- Un Agradecimiento especial a la Ingeniera Angélica Castro Garay, Asesora del trabajo de investigación; por brindarme sus conocimientos, amistad, paciencia, apoyo, tiempo y dedicación durante la ejecución de la tesis.
- Al Ingeniero Edgar Rafael Acosta López, docente de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú.
- A los Docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, por sus enseñanzas impartidas durante mi formación profesional.
- Al técnico de laboratorio Andrés Taype de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, por su apoyo incondicional.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 PITUCA (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott)	2
2.1.1 Generalidades	2
2.1.2 Descripción botánica	2
2.1.3 Clasificación taxonómica	3
2.1.4 Variedades	4
2.1.5 Usos	4
a. Alimentación humana	5
2.1.6 Valor nutritivo	6
2.2 FRITURA	6
2.2.1 Clases de Fritura	8
a. Fritura por contacto	8
b. Fritura por inmersión	8
2.2.2 Efecto de la fritura sobre los alimentos	9
a. Efecto del calor sobre el aceite	9
b. Efecto del calor de la fritura sobre los alimentos	10
2.3 HOJUELAS FRITAS	11
2.3.1 Generalidades	11
2.3.2 Parámetros que influyen en la calidad para procesar hojuelas fritas	14
a. Sólidos totales-Materia seca	14
b. Azúcares reductores	15

c. Cenizas	15
d. Almidón	16
e. Índice de peróxido	16
2.3.3 Calidad en las hojuelas fritas	17
a. Color	17
b. Textura	18
c. Sabor	18
d. Aroma	18
e. Crocantes	19
2.3.4 Ficha técnica de elaboración de hojuelas	19
a. Condiciones generales	19
b. Conceptos generales de materias primas: tubérculos, plátano verde y papa.	20
c. Proceso tecnológico	21
d. Otras consideraciones importantes	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Lugar de ejecución	24
3.2 Materiales	24
3.2.1 Materia prima	24
3.2.2 Insumos	24
3.2.3 Envases	24
3.2.4 Equipos y materiales de laboratorio	25
a. Equipos e instrumentos de laboratorio	25
b. Materiales de laboratorio	25
c. Reactivos	25
d. Otros	26
3.3 Métodos de análisis	26
3.3.1 Análisis químico Proximal	26
3.3.2 Análisis fisicoquímico	26
3.3.3 Evaluación microbiológica	27
3.3.4 Análisis sensorial	27
3.3.5 Estabilidad del producto final	27

3.4 Metodología experimental	28
3.4.1 Descripción del flujo de procesamiento	29
a. Recepción de materia prima	29
b. Selección y clasificación	29
c. Pelado	29
d. Picado de hojuelas	29
e. Acondicionamiento	29
1. Remojado de las hojuelas en solución de cloruro de sodio (tratamiento 1)	30 30
2. Hojuelas de pituca sometidas a pre- coccción (tratamiento 2)	30 30
f. Oreado	30
g. Fritura	30
h. Drenado	30
i. Enfriado	31
j. Empacado	31
k. Almacenamiento	31
3.5 Diseño experimental	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	33
4.1 Composición químico proximal de la Pituca	33
4.2 Evaluación fisicoquímica de la Pituca	34
4.2.1 Materia seca	34
4.2.2 Azúcares reductores	35
4.2.3 Contenido de ácido oxálico	35
4.3 Acondicionamiento de la Pituca para la obtención de hojuelas	36 36
4.3.1 Lavado	36
4.3.2 Pelado y cortado	36
4.4 Evaluación del contenido de ácido oxálico de las hojuelas de Pituca	37 37
4.5 Fritura de la Hojuela	38

4.6 Composición química de las hojuelas fritas de Pituca	39
4.7 Evaluación sensorial de las hojuelas fritas de Pituca	40
4.7.1 Apariencia general	41
4.7.2 Color	43
4.7.3 Aroma	45
4.7.4 Crocantes	47
4.7.5 Sabor	49
4.8 Evaluación microbiológica de las hojuelas fritas de Pituca	51
4.9 Estabilidad de las hojuelas fritas de Pituca	51
V. CONCLUSIONES	57
VI. RECOMENDACIONES	58
VII. BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Pág
1	Composición químico proximal de la Pituca en 100g de parte comestible	33
2	Evaluación fisicoquímica de la Pituca	34
3	Contenido de ácido oxálico de las hojuelas de pituca morada	37
4	Composición química de las Hojuelas fritas de pituca g/100g	39
5	Promedios de la evaluación sensorial de hojuelas frita de pituca	41
6	Resultados de la apariencia general de la hojuela frita de pituca	42
7	Análisis de varianza para la apariencia general de las hojuelas fritas de Pituca	42
8	Resultados de la evaluación de la apariencia general por Duncan	43
9	Resultados de la evaluación del color de las hojuela frita de Pituca	44
10	Análisis de varianza para el color de las hojuelas fritas de Pituca	44
11	Resultados de la evaluación del color por Duncan	45
12	Resultados de la evaluación del aroma de las hojuela frita de Pituca	46
13	Análisis de varianza para el aroma de las hojuelas fritas de Pituca	46
14	Resultados de la evaluación del aroma de las hojuelas fritas de Pituca por Duncan	47

15	Resultados de la evaluación de la crocantez de las hojuela frita de Pituca	48
16	Análisis de varianza para la crocantez de las hojuelas fritas de Pituca	48
17	Resultados de la evaluación de la crocantez de las hojuelas fritas de Pituca por Duncan	49
18	Resultados de la evaluación del sabor de las hojuela frita de Pituca	50
19	Análisis de varianza para el sabor de las hojuelas fritas de Pituca	50
20	Resultados microbiológicos de las hojuelas fritas de Pituca	51
21	Variación del índice de peróxido en las hojuelas fritas de Pituca durante el almacenamiento	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°		Pág.
1	Composición química Proximal de la Pituca o Taro en 100 g de parte comestible.	64
2	Cuadro de Evaluación Fisicoquímica de la Pituca (<i>Colocasia esculenta</i>)	65
3	Características de los tubérculos para la industria de “Chips” y “papas en tiras”	65
4	Determinación de Azúcares Reductores	66
5	Tarjeta de evaluación sensorial de hojuelas fritas de pituca (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott)	69
6	Determinación del índice de peróxido en la hojuelas fritas de Pituca	70
7	Galería de fotografías	72

I. INTRODUCCIÓN

La provincia de Satipo, tiene una riqueza natural de productos alimenticios, los cuales no son aun enmarcados en la agroindustria. La *Colocasia esculenta*, es un cormo de color marrón oscuro, con piel rugosa y peluda, rica en almidón y potasio. En nuestro país su crecimiento es silvestre solo una minoría de agricultores de la Selva Central propaga su crecimiento para autoconsumo, y puede ser utilizado como un sucedáneo en la panificación, galletería, pastelería, etc. y su cultivo sería una alternativa.

Durante el almacenamiento, se produce una pérdida de calidad por la alteración de la materia grasa incorporada al producto durante el proceso de fritura. Estos cambios generan una gran variedad de compuestos, tanto volátiles, que producen olores y sabores desagradables. La investigación fue un proceso físico-químico en el cual la pituca a freír se somete a una temperatura alta con el propósito de modificar su superficie, impermeabilizándolo de alguna manera, para controlar la pérdida de agua desde su interior.

Es posible conservar ciertas características de la pituca, mejorando en la mayoría de los casos, su sabor, aroma, textura, apariencia y color. Así es posible obtener una hojuela más "apetecible". El cormo de la pituca por los análisis químicos proximales y características fisicoquímicas realizadas reúnen las características necesarias para la elaboración de hojuelas fritas de pituca. Siendo la formulación del problema ¿Cuál es el método para eliminar el ácido oxálico de la pituca y hasta que tiempo es estable las hojuelas de pituca? y la hipótesis planteada fue: al someter las hojuelas de pituca crudas en una solución de salmuera al 3% se logra disminuir el contenido de ácido oxálico y una estabilidad de 20 días se obtienen hojuelas fritas de pituca de calidad organoléptica aceptable. Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron los siguientes:

- Evaluar el método más adecuado para eliminar el ácido oxálico de la pituca.
- Evaluar la estabilidad de las hojuelas fritas de pituca.
- Evaluar la aceptabilidad del producto final.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PITUCA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

2.1.1 Generalidades

En el Perú, a ésta raíz se le conoce como “pituca” variando en algunos Departamentos como “Arairima” en Huanuco, “Taro” en Moyabamba, “Michutsi” en lugares de selva alta, “Witina” en el Bajo Amazonas (Núñez. 1989. citado por Sandoval, 1993).

En otros lugares del mundo la *Colocasia esculenta* toma nombres diferentes: Venezuela (Ocumo, Culin, Danchi), Cuba (Malanga, Guaqui), Brazil (Taiboa), Perú (Pituca), Hawaii (Taro, Kalo), Japón (Imo), China (ya), Egipto (Kolices). En el Perú la “Pituca” abunda en la Amazonía entre las variantes de los Andes Orientales (Sandoval, 1993).

La pituca desde hace siglos se emplea como producto alimenticio básico en numerosos lugares del mundo (África, Asia, Oceanía, Sudamérica) por su riqueza en elementos nutritivos. Los tubérculos (30 - 60 cm) están cubiertos por una piel marrón, rugosa y peluda. Son ricos en almidón y potasio y se consumen cocidos. Los brotes jóvenes, hojas y tallos contienen vitaminas. En su preparación hay normas de cumplimiento obligado: remojo prolongado, baño en agua con unas gotas de lejía y cocción adecuada. No hacerlo es riesgo de intoxicación (León, 1987).

2.1.2 Descripción botánica

La pituca es una hierba perenne constituida por un tallo subterráneo o cormo en el que el meristemo apical forma una corona de pocas hojas. Las hojas se unen por la base, formando un pseudo tallo cilíndrico de pocos centímetros de largo. Las hojas nuevas ocupan el centro y las viejas se secan, desintegrándose sucesivamente. La base de la hoja

envolvente y acanalada, continúa hacia arriba, con las alas bien desarrolladas, de bordes sinuosos y contorneados en ciertos clones. Las alas terminan abruptamente y, desde ese punto hasta la inserción de la lámina, el pecíolo es prismático, con tres a cinco lados, curvo y continúa directamente en el nervio principal de la hoja (Giacometti y León, 1992).

El tallo subterráneo es un cormo que constituye una reserva de nutrientes y de agua para la planta. El cormo puede ser simple o ramificado, de acuerdo con el clon. Cuando ramifica, las ramas o estolones forman tubérculos (cormelos) en forma de maza con una yema apical. La superficie está cubierta por una capa corchosa muy delgada, de corta duración, pero renovable por un felógeno formado por una capa de células muy angostas. El color del cormo puede ser blanco o morado. Debajo de la capa corchosa está la zona cortical y el cilindro central que consiste en parénquima lleno de granos de almidón. Los haces vasculares son más numerosos en el cilindro central; en la zona cortical están acompañados de canales de mucílago que exudan un líquido oscuro y pegajoso (Giacometti y León, 1992).

2.1.3. Clasificación taxonómica

La posición sistemática la clasificación taxonómica de la pituca es:

División	: Fanerógamas
Sub División	: Angiospermas
Clase	: Monocotiledoneas
Orden	: Aroideas
Familia	: Aráceas
Sub Familia	: Colocasiodea
Genero	: Colocasia
Especie	: esculenta

Nombre común : pituca, taro, malango, bore, uncucha, (León (1987),

La pituca es un rizoma perenne, del tallo emergen grandes hojas de forma acorazonada, presenta flores masculinas en las partes superiores y femeninas en el interior aunque ambos son estériles, (León, 1987).

La pituca es una planta herbácea suculenta que alcanza 1-2 metros de altura, produce un cormo (por comodidad sólo se considera así a la raíz libre de tallos y hojas) central comestible, grande, esférico, elipsoidal o cónico, el color de la pulpa por lo general blanco pero pueden presentarse clones colorados hasta llegar a morado (Montaldo, 1975).

Todas las partes de la planta son comestibles, pero causan una sensación espínosa por toda la boca y garganta luego de la ingestión, lo que se atribuye al oxalato de calcio en el jugo. La forma más segura para eliminar este "escozor" es el cocimiento completo, aunque el secado lo aminora considerablemente (Nieto, 1977 citado por Sandoval, 1993).

El género (*Colocasia esculenta* (L.) Schot) tiene cerca de 45 especies, muchas son cultivadas por su tallo comestible. La propagación puede hacerse de varias maneras utilizándose el vegetal como: Un torzo de disco del tallo aéreo, con presencia de yemas que darán origen a una nueva planta, por hijuelos que crecen alrededor de la planta principal y/o por cogollos. El tallo aéreo se va formando a medida que la yema terminal crece y las hojas más viejas se desprenden de la roseta que forma el pseudo tallo, el cual posee un gran número de yemas y acumula almidones en su médula o parte central, la cual es amarilla o blanca. Puede alcanzar hasta 1m de altura al año de establecido. Este tallo incrementa en altura y diámetro durante 1 a 3 años y puede pesar entre 15 y 25 kg (Basto, 1995).

2.1.4 Variedades

En nuestro medio se ha podido reconocer tres variedades de *Colocasia esculenta*, llamándose negro a la variedad que tiene en la base del limbo y fusil del raquis una coloración rosada, mientras que la variedad blanca tiene esta porción del raquis color amarillento claro. La variedad Japonesa se distingue por la coloración pigmentada azul morado de su cormo (Cárdenas, 1979 citado por Sandoval, 1993).

2.1.5 Usos

La composición química y valor nutritivo de las raíces de las dos especies son muy parecidos. Son fuentes de calorías provenientes principalmente

de los carbohidratos. Se consumen cocidas en agua como se hace con otros tubérculos, también pueden ser consumidas horneadas o fritas en aceite. Se puede obtener una harina previa cocción y deshidratación. La raíz es también utilizada como fuente de energía en alimentación animal. Un uso secundario de las Aráceas es el aprovechamiento de las hojas que se consumen tiernas y cocidas. Esta utilización es común en varias especies y una de ellas, el belembé, se cultiva exclusivamente por sus hojas (León ,1987).

La parte comestible de la Pituca es el cormo o tallo que es una excelente fuente de carbohidratos, que se consume cocido. Un uso secundario son las hojas tiernas, como relleno de carnes o como espinacas (*Basto, 1995*).

En estudios de reconocimiento de especies tropicales para la producción de almidones para la fabricación de productos procesados naturales, encontraron que las propiedades funcionales de los almidones nativos representados en los geles de almidón de bore poseen buena resistencia a la pasteurización, resistencia a la congelación y resistencia a los medios ácidos, mostrando un gran potencial de esta especie para este uso (*Hurtado y Dufour, 1997*).

El taro se hierve, se cuece, o se corta y se fríe a la vez. La variedad pequeña redonda se pela y hierve, se vende a veces congelada, empacada con sus propios líquidos o enlatado. En China, el taro se usa a veces como un ingrediente en el *niangao*, una especie de dulce denso, hecho de harina de arroz, y que se come durante el Año nuevo chino, (*WIKIPEDIA, 2007*).

a. Alimentación humana

La domesticación de las aráceas parece ser muy antigua, y su principal factor limitante para el uso ha sido la presencia de oxalatos de calcio, los cuales son irritantes y la presencia de taninos, los cuales pueden ser eliminados mediante la cocción. Otras se cultivan para el consumo de tallos subterráneo, los cormos (acumulan almidones) y también por sus

hojas que son utilizadas como verdura (la hoja más tierna, que aún permanece enrollada), (León.1987).

Los tallos se cosechan, se pelan o retira la cáscara, se cocina en agua, se bota la primera agua, se pica y se guisa con cebolla, tomate y hierbas (Gómez, 2001).

2.1.6 Valor nutritivo

La pituca, es una planta promisoría que posee características especiales para ser utilizada en alimentación ya que durante todo su ciclo de vida (3 años) puede producir hojas que contiene un alto contenido de proteína, simultáneamente, durante este tiempo forma su tallo aéreo, que puede alcanzar hasta 3 m y 25 kg de peso, en el que acumula carbohidratos en forma de almidón. Se ha reportado que las hojas contienen 10% de grasa y altas concentraciones de vitamina A, C y minerales (Chowdhry y Hussain, 1979, citado por Wen, Luo y Zheng, 1997).

La presencia de oxalato de calcio (característica común para todas las especies de familia) considerada como un factor anti nutricional no ha sido una limitante para ser utilizada en alimentación animal en condiciones de finca y ofrecida como parte de la dieta junto con otras especies y/o tipos de alimento (Chowdhry y Hussain, 1979, citado por Wen, Luo y Zheng, 1997).

2.2 FRITURA

Es una operación destinada a modificar las características organolépticas del alimento con el objetivo conservador que se obtiene por destrucción térmica de microorganismos y enzimas presentes en el alimento y reducción de la actividad de agua en la superficie. La vida útil de los alimentos sometidos a fritura depende de su contenido en agua residual. La vida útil de aquellos que tras la fritura retienen un contenido en agua relativamente elevado (donuts, pescado, pollo y derivados de empanados) es relativamente corta, debido a la migración de agua y aceites que se produce durante su almacenamiento. Este tipo de alimentos no se elabora a escala industrial para su distribución a minoristas, pero es importante en las industrias de catering ya que, si es preciso pueden conservarse en refrigeración algunos días. Aquellos alimentos sometidos a procesos de fritura

más intensos (patatas fritas, snack de maíz y patata y productos extruidos) se conservan hasta 12 meses a temperatura ambiente (Fellows, 1994).

Los alimentos calentados en grasa, no solo se cocen sino que también su superficie se oscurece debido a la caramelización de los azúcares y la acción reductora de azúcar – proteína. Debido a que es preferible tostar el alimento frito, la grasa utilizada debe ser capaz de mantenerse a altas temperaturas, las temperaturas recomendadas para el freído varían entre 177°C y 201°C (350°F y 395°F), (Charley, 1997).

Los alimentos fritos gozan de una popularidad cada vez mayor. La fritura es un proceso físico-químico complejo en el cual el producto a freír (papas, carne, pescado, empanados, etc.) se somete a una temperatura alta con el propósito de modificar la superficie del producto, impermeabilizándolo de alguna manera, para controlar la pérdida de agua desde su interior y conservar muchas de las características propias del alimento, mejorando en la mayoría de los casos, su sabor, textura, aspecto y color (Valenzuela *et al.*, 2003).

Los aceites, en los que predominan los ácidos grasos insaturados, son mucho más adecuados desde el punto de vista nutricional, pero presentan desventajas desde el punto de vista de su estabilidad, ya que a mayor grado de insaturación el aceite va a ser menos estable al efecto de la temperatura. La temperatura, que durante el proceso de fritura puede alcanzar los 180 °C, puede deteriorar seriamente la composición química del aceite si este es muy insaturado, ya que se forman productos de oxidación que son potencialmente tóxicos cuando su consumo es agudo, y muy dañinos para la salud cuando se les ingiere en forma crónica. Además, un aceite alterado térmicamente, también va a alterar las características organolépticas del alimento sometido a fritura (Fellows, 1994).

La importancia del aceite utilizado en la fritura, es determinante tanto desde el punto de vista de la calidad degustativa y de la calidad nutricional de la fritura resultante, como desde el punto de vista del rendimiento y del costo. Idealmente el mejor aceite para fritura debería ser un producto de consistencia líquida a temperatura ambiente, que no sea deteriorado por el calor aplicado en forma continua o intermitente, que no imparta mal sabor u olor al producto que se fríe, que no tenga los efectos negativos desde el punto de vista nutricional atribuidos a los ácidos grasos saturados e hidrogenados y muy importante, que su costo

sea razonable. Existen diferencias sustanciales entre la fritura industrial (snack como papas chips, papas pre-fritas congeladas, etc.) y la fritura hogareña, de restaurantes y fast foods y otros (Valenzuela *et al.*, 2003).

2.2.1 Clases de Fritura

a. Fritura por contacto

Este método resulta muy adecuado para aquellos alimentos de relación superficie/volumen favorable (por ejemplo: lonchas, huevos, hamburguesas y alimentos semejantes). En ellos, la transmisión de calor al alimento tiene lugar por conducción desde una superficie de la sartén, a través de una fina capa de aceite. El grosor de esta capa varía de acuerdo con las irregularidades de la superficie del alimento. Ello conjuntamente con las burbujas de vapor que separan al alimento de la sartén provoca variaciones durante la fritura que son las responsables de las irregularidades en el color marrón de los alimentos fritos por este sistema. El coeficiente de transmisión de calor superficial de la fritura por contacto es elevado ($200 - 450 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$), pero no se cumple por igual en toda la superficie del alimento, (Valenzuela *et al.*, 2003).

b. Fritura por inmersión.

En la fritura por inmersión la transmisión de calor se produce por una combinación de transmisión por convección (en la masa del aceite) y por conducción, (en el interior del alimento). En este tipo de fritura recibe en toda su superficie el mismo tratamiento térmico, lo cual le confiere un color y aspecto uniforme. Este tipo de fritura puede aplicarse a alimentos con cualquier forma, pero los de formas irregulares tienden a retener más aceite. El coeficiente de transmisión de calor, hasta que comienza la evaporación del agua en la superficie del alimento es de $250- 300 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. En fases posteriores llega a ser de $800-1000 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, por la violencia que el vapor produce en el aceite al eliminarse el agua del alimento. Si la velocidad de evaporación es elevada y se forma alrededor una capa fina de vapor que reduce el coeficiente de transmisión de calor (Fellows, 1994).

2.2.2 Efecto de la fritura sobre los alimentos

La fritura es una operación unitaria poco corriente en la que el producto (el aceite de fritura) es utilizado como medio para la transferencia de calor. El efecto de la fritura sobre los alimentos incluye, por tanto, el efecto sobre el aceite (que a su vez influye sobre la calidad del producto) y el efecto directo del calor sobre el alimento sometido a fritura, (Hallstrom, 1980, citado por Fellows, 1994).

a. Efecto del calor sobre el aceite

El calentamiento prolongado a las elevadas temperaturas a las que se realiza la fritura en presencia del agua y el oxígeno que contienen los alimentos, provoca la oxidación del aceite, dando lugar a una variedad de compuestos como: carbonilos volátiles, hidroxiacidos, cetoácidos y epoxiacidos, que lo oscurecen y le confieren aromas desagradables. La polimerización que se produce en el aceite en ausencia de oxígeno da lugar a compuestos cíclicos y polímeros de elevado peso molecular, que aumentan su viscosidad. Como consecuencia de ello, el coeficiente de transmisión de calor superficial durante la fritura es menor y la cantidad de aceite retenido por el alimento aumenta. La pérdida en valor nutritivo de los alimentos fritos y la eventual toxicidad de los productos formados como consecuencia de la descomposición del aceite. La oxidación de las vitaminas liposolubles provoca cierta pérdida de su valor nutritivo. El retinol, los carotenoides y los tocoferoles se destruyen contribuyendo a los cambios de color y aroma del aceite (Fellows, 1994).

Sin embargo la oxidación preferente de los tocoferoles (antioxidantes) lo protege al aceite de la oxidación, lo cual es particularmente importante, ya que la mayor parte de los aceites que se utilizan en la fritura son aceites vegetales, que contienen una elevada proporción de grasas insaturadas que se oxidan con gran facilidad. El ácido linoleico (ácido graso esencial) se destruye rápidamente, con lo que la relación ácidos grasos saturados/ácidos grasos insaturados cambia (Cheftel, 1992).

b. Efecto del calor de la fritura sobre los alimentos

El principal objetivo de la fritura consiste en conseguir que el alimento adquiera en su capa superficial una textura determinada y un color, aroma y bouquet característicos. Estas características se desarrollan como consecuencia de la reacción de Maillard y de la absorción por el alimento de compuestos volátiles presentes en el aceite. Los principales factores que determinan los cambios de color y bouquet en un alimento son: el aceite de la fritura, el historial térmico del aceite y el tiempo de uso, la temperatura y el tiempo de fritura, el tamaño y las características superficiales del alimento y los tratamientos a los que éste se somete tras la fritura. Todos estos factores influyen también sobre la cantidad de aceite que el alimento retiene. La textura de los alimentos fritos se debe a cambios que se producen en las proteínas, grasas, y carbohidratos poliméricos, semejantes a los que tienen lugar durante el horneado (Fellows, 1994).

El pre-secado disminuye la humedad inicial de las rodajas de papa y constituye una forma eficiente de disminuir la absorción de aceite en el producto final. Asimismo sugiere que si se trabaja con hojuelas escaldadas y pre-secada generan una corteza externa durante la fritura que aumenta la resistencia a la absorción de aceite. El efecto de la fritura sobre el valor nutritivo de los alimentos depende del tipo de fritura utilizado. Cuando se fríe a temperaturas elevadas, el desarrollo de la corteza en la capa superficial del alimento se produce con gran rapidez, lo cual protege al resto del alimento, que como consecuencia, retiene una mayor proporción de nutrientes (Moyano *et al.*, 2002).

Las frituras suelen consumirse rápidamente, durante su almacenamiento apenas si se producen cambios. Las pérdidas de vitamina C en patatas fritas son menores que las que provoca la ebullición. En las patatas fritas, debido al bajo contenido en agua, la vitamina c se acumula en forma de ácido dehidro ascórbico (DAA), pero durante la ebullición éste se hidroliza a 2,3-dicetoglutárico, que el organismo no es capaz de asimilar (Domah Aabmund y col., 1974, citado por Fellows, 1994).

La fritura tiene por objeto deshidratar el alimento prolongando su conservación, provocando pérdidas de nutrientes, en especial vitaminas liposolubles como la Vitamina E, que es absorbida del aceite durante la fritura y se oxida a las 8 semanas de almacenado a temperatura ambiente, del 77%. La oxidación prosigue durante el almacenamiento a baja temperatura. Durante un periodo de almacenado semejante en congelación, las pérdidas en las frituras eran del 74%. Las vitaminas termosensibles y sensibles a la oxidación, resultan destruidas por la fritura. Las pérdidas de calidad de las proteínas de la corteza se producen como consecuencia de las reacciones de Maillard con los aminoácidos. Existe poca información sobre eventuales pérdidas de carbohidratos y minerales, al parecer no son importantes. El contenido graso de las frituras aumenta por el aceite retenido, es difícil determinar su importancia nutritiva, varía con el historial térmico del aceite y su cantidad retenida (Fellows, 1994).

2.3 HOJUELAS FRITAS

2.3.1 Generalidades

Las hojuelas fritas de papa (chips) en el Perú es una forma no tradicional de consumo con un gran mercado, que exige el tipo de papa con características adecuadas para la fritura. Los cultivares con estas cualidades de acuerdo a su caracterización físico-química son: Mariva y Tomaza para la elaboración de hojuelas fritas (chips) y los cultivares Revolución y Perricholi para elaboración de tiras fritas. Las hojuelas de papa frita son altamente energéticas producidas por la deshidratación de las hojuelas de papa fresca y contacto directo con aceite caliente, el aceite absorbido contribuye al sabor y valor nutricional. La grasa constituye el 35 - 50% del peso total de las hojuelas fritas, la calidad de grasas y aceites usados en la industria de fritos debe tener estabilidad máxima y puntos de fusión muy bajos a fin de reducir la sensación de grasa en la boca, Los aceites y grasas al ser calentados a altas temperaturas, ocurren 3 reacciones químicas en simultáneo: hidrólisis, polimerización y oxidación (Ramos y Tarazona 2001).

Los alimentos fritos gozan de una popularidad cada vez mayor. Su preparación es fácil y rápida y su aspecto y sabor sabroso corresponde a los deseos del consumidor. La fritura es un proceso físico-químico complejo en el cual el producto a freír (papas, carne, pescado, productos empanados y otros.), se somete a una temperatura alta con el propósito de modificar la superficie del producto, impermeabilizándolo de alguna manera, para controlar la pérdida de agua desde su interior. De esta forma, es posible conservar muchas de las características propias del alimento, mejorando en la mayoría de los casos, su sabor, textura, aspecto y color. Así es posible obtener un producto más "apetecible", lo cual sin lugar a dudas contribuye al éxito de consumo de los productos fritos (White, 1991).

Para lograr un proceso de fritura adecuado es necesario sumergir el alimento en un medio líquido que pueda mantener una temperatura constante y alta sin que se pierdan las características nutricionales del mismo, por efecto del calentamiento. El agua, por ejemplo, no sirve para estos fines ya que cambia de fase líquido vapor a 100 °C, temperatura que es insuficiente para modificar la superficie de los alimentos de origen proteico o con alto contenido de carbohidratos (Melnick, 1999).

Las grasas y aceites de origen animal o vegetal, son adecuados y pueden ser sometidos a temperaturas mayores sin inconvenientes en forma estable, dependiendo de su composición de ácidos grasos. El uso de grasas de origen animal o de aceites vegetales hidrogenados está fuera de toda recomendación nutricional por el riesgo potencial para la salud que significa el consumo de ácidos grasos saturados con isomería *trans*. Por estas razones muchos países recomiendan evitar o restringir su uso en procesos de fritura. Los aceites, en los que predominan los ácidos grasos insaturados, son más adecuados nutricionalmente, pero presentan desventajas en su estabilidad, a mayor grado de insaturación el aceite va a ser menos estable al efecto de la temperatura (White, 1991).

La temperatura, que durante el proceso de fritura puede alcanzar los 180 °C, puede deteriorar seriamente la composición química del aceite si este es muy insaturado, ya que se forman productos de oxidación que son potencialmente tóxicos cuando su consumo es agudo, y muy dañinos

para la salud cuando se les ingiere en forma crónica. Además, un aceite alterado térmicamente, también va a alterar las características organolépticas del alimento sometido a fritura. La importancia del aceite utilizado en la fritura, es determinante tanto desde el punto de vista de la calidad degustativa y de la calidad nutricional de la fritura resultante, como desde el punto de vista del rendimiento y del costo. Estos aspectos están ligados fundamentalmente a la composición de los ácidos grasos de los aceites utilizados (Jacobson, 1991).

El mejor aceite para fritura debe ser de consistencia líquida a temperatura ambiente, no deteriorarse por el calor aplicado (continua o intermitente), que no de mal sabor u olor al producto que se fríe, sin efectos negativos nutricionales y de costo razonable. Existen diferencias entre la fritura industrial (chips, pre-fritas congeladas) y la hogareña, de restaurantes. En la primera predominan los procesos continuos, reponiéndose aceite fresco a medida que es consumido, no se descarta aceite, los procesos son discontinuos. En restaurantes es crítica la posibilidad de reutilizar el aceite y establecer criterios objetivos para determinar el momento de descarte (pérdida de calidad degustativa y nutricional). En el hogar si bien la práctica de reutilizar el aceite no está tan difundida, la posibilidad de hacerlo mediante la fritura controlada y uso de aceites resistentes a la oxidación, implica un beneficio económico (Jacobson, 1991).

Las primeras etapas de oxidación de las grasas se caracterizan por la gran producción de peróxido no habiendo señales sensoriales de deterioro; los cuales posteriormente alcanzan una concentración máxima que después disminuyen debido a su descomposición generando compuestos altamente volátiles característicos de la rancidez oxidativa, Entre las variables que influyen en la calidad del producto frito durante el almacenamiento son: tipo y calidad de la materia grasa. Las alteraciones durante la fritura están relacionadas directamente con el grado de insaturación y calidad inicial del medio de fritura (Dobarganes, 1980).

Se prefiere los aceites mono-insaturados o parcialmente hidrogenados razón por la cual algunas reglamentaciones fijan un contenido máximo de 2% de ácido linoléico (Reglamento Sanitario de los Alimentos Chilenos, 1997).

El factor más importante respecto a la calidad inicial del medio de fritura es el período inversamente relacionado con la velocidad de reposición con aceite fresco (Perez C. *et al.*, 1988).

En general, el tiempo en que se emplea una cantidad de grasa de reposición igual al volumen de la freidora, varía entre 8 y 12 horas, controlándose el deterioro por el contenido de ácidos grasos libres (Smith, 1978).

Los antioxidantes tocoferoles alfa, beta, gama y delta, están presentes en los aceites vegetales, los dos últimos se consideran los de mayor actividad antioxidante. Durante el proceso de fritura se reducen, pero permanecen en el aceite en cantidad suficiente para proporcionar cierta protección al producto terminado frente a la oxidación. La adición de antioxidantes naturales o sintéticos, aumenta la vida útil del alimento de 15 a 20%, existe una pérdida sustancial de este antioxidante en el aceite durante frituras consecutivas de papas críps sin reposición, posiblemente por la degradación térmica y a su arrastre por el vapor de agua liberado mientras se fríe el producto. Es importante, aportar información del contenido inicial de antioxidantes naturales y sintéticos de la materia grasa empleada en la fritura de papas y su evolución, en la preparación y conservación (Martínez De La Cuesta, *et al.*, 1995).

2.3.2 Parámetros que influyen en la calidad para procesar hojuelas fritas

a. Sólidos totales – Materia seca

El contenido de materia seca determina el rendimiento del producto terminado: Así por ejemplo a mayor porcentaje de materia seca menor absorción de aceite durante el proceso de fritura, aumentando de esta forma su rendimiento y una mejor textura al producto terminado. El contenido ideal de materia seca es de 25%. Contenidos demasiados altos dan lugar a productos con texturas duras y astillosas; contenidos demasiados bajos dan lugar a productos con grandes deformaciones en la elaboración de hojuelas (Moreno, 2000).

b. Azúcares reductores

La glucosa y fructuosa son considerados azúcares reductores. Estos azúcares, tienen una influencia significativa en la elaboración de hojuelas, por que influyen directamente en la formación del color y del sabor de los mismos. Si el contenido de azúcares reductores es alto, aparece un producto de color marrón oscuro debido a la reacción de Maillard, y las hojuelas afectadas tienen un sabor amargo, (Moreno, 2000).

Los azúcares reductores (oxidados fácilmente por otras sustancias) son aquellos que poseen un grupo químico llamado carbonilo. La unión de estos azúcares con los grupos amino de los aminoácidos que forman las proteínas en presencia de calor, origina un producto de color marrón oscuro. Esta reacción denominada reacción de Maillard, es una reacción no enzimática, que provoca cambios de color (pardeamiento) y sabor en las papas (González *et al.*, 2000).

El contenido de azúcares reductores de los tubérculos debe ser menor a 0,03% para “chips” y menor de 0,04 % para “papa en tiras” para que no se produzca el “marronamiento” o “negreamiento” de porciones o áreas de las hojuelas o en las tiras de papa frita (Santana, 2003).

Para azúcares reductores, por lo general inferior a 0.1% del peso fresco, superiores 0.33% es inaceptable (Moreno, 2000).

Cuando existen altos valores de gravedad específica, materia seca y almidón, la absorción de aceite en las hojuelas tiende a ser bajo (Santana, 2003).

c. Cenizas

El contenido de cenizas en las hojuelas fritas sometidas a pre-cocción disminuye lo cual coincide con lo observado por la cocción por ebullición en raíces tropicales como la batata, taro, yuca y ñame disminuye el contenido de cenizas y proteínas por solubilización de estos nutrimentos (Bradbury *et a.*, 1988).

d. Almidón

El almidón está en relación directa con el contenido de materia seca (Moreno, 2000).

e. Índice de peróxido

Los controles de índice de peróxido permitieron realizar una predicción del tiempo de vida de las hojuelas fritas. De acuerdo a las normas técnicas de un valor de peróxido de 5 m.e.q. de O₂ activo/kilogramo es considerado como el valor máximo permisible en aceites refinados (Norma técnica Peruana, 1986).

Un estudio con papas críps fritas en aceite de girasol, almacenadas a temperatura ambiente en presencia de luz natural, encontró un índice de peróxido inicial de 3 meq de O₂/kg, se elevó a 10 después de 8 semanas (Lahtinen *et al.*, 1996).

Durante el almacenamiento, se produce una pérdida de calidad por la alteración de la materia grasa incorporada al producto durante el proceso de fritura. Estos cambios generan una gran variedad de compuestos, tanto volátiles, que producen olores y sabores desagradables como estables, dando como resultado una disminución de su aceptabilidad por parte del consumidor, (Labuza y Bergouist, 1983).

Las curvas muestran un aumento y posteriormente una disminución, que en el caso del índice de peróxido indica una formación de peróxidos como consecuencia del proceso de oxidación y posteriormente una disminución de estos como consecuencia de la transformación de los peróxidos en otros derivados químicos (carbonilos alifáticos), (Benzie, 1996).

Cuando los aceites y grasas son calentados a altas temperaturas, como en el proceso de fritura, ocurren tres reacciones químicas simultáneamente: hidrólisis, polimerización y oxidación, las cuales son responsables de la rancidez (Benzie, 1996).

Otras variables que modifican la estabilidad del producto durante el período de conservación son: la luz, la temperatura de conservación del producto frito y el material del envase (Smith, 1978; Pérez-Camino *et al.*, 1988).

Se ha intentado correlacionar el índice de peróxido con el desarrollo de aromas y sabores rancios; pero los resultados no son consistentes ya que muy pocas veces coincide la aparición de la rancidez organoléptica con un índice de peróxidos concreto, aun tratándose del mismo tipo de alimento; como las papas críps. Esto demuestra la dificultad de fijar un límite químico acorde con un valor organoléptico (Cheftel, 1992).

2.3.3 Calidad en las hojuelas fritas

La calidad se puede medir con varios parámetros objetivos y subjetivos. Dentro de los primeros y más importantes tienen que ver con la presentación, dentro de los parámetros subjetivos está el sabor, textura y color, que depende de la persona y esta difiere en su apreciación una de otra (Lisinka y Leszczynski, 1989).

La evaluación sensorial es un aspecto de calidad de alimentos ligada a las sensaciones que el hombre experimenta al ingerirlo, y de ella depende la aceptación de los mismos por parte del consumidor (Álvarez, 1997).

La apariencia general del producto considera todo lo que visualmente se percibe del alimento, como es el tamaño, el color, la uniformidad y la presencia de defectos. Su importancia radica en que es la primera impresión que el consumidor tiene del producto. Por ser previa a los demás parámetros de calidad, hace que se rechacen o acepten los alimentos sólo por su aspecto (Calvo, 1992).

a. Color

La primera impresión que se tiene acerca de un alimento es normalmente de origen visual y en gran parte, la voluntad de aceptar o rechazar un alimento depende de su color. La evaluación sensorial del color tiene la importancia decisiva de que es previa a la de los otros parámetros sensoriales y por lo tanto puede ser excluyente (Moreno, 2004).

La prueba organoléptica del color es muy importante y es considerada por los industriales elaboradores de hojuelas fritas, como un factor preponderante en la calificación final comercial. El color de las hojuelas fritas es el resultado de la caramelización de azúcares por la reacción de Maillard, y supuestamente habría una pérdida nutricional, ya que la reacción de Maillard involucra aminoácidos (Lisinka y Leszczynski, 1989).

b. Textura

Las proteínas y la proporción de proteína/almidón influyen en la consistencia además de la condición acuosa. La textura en la papa está relacionada con el contenido de materia seca, las hojuelas fritas obtenidas de tubérculos con materia seca alta, más de 25% puede resultar con texturas duras, mientras que las obtenidas de tubérculos de baja materia seca son grasosas y pegajosas (Lisinka y Leszczynski, 1989).

c. Sabor

Esta regulada por muchos componentes como el almidón y los azúcares reductores, estos son los más influyentes en el sabor de las hojuelas, (Lisinka y Leszczynski, 1989).

d. Aroma

El atributo aroma en los productos de fritura se encuentra relacionado con el índice de peróxido, ya que en la oxidación de lípidos se da la formación de compuestos volátiles de olor desagradable. Las primeras etapas de oxidación de las grasas se caracterizan por la gran producción de peróxido no habiendo señales sensoriales de deterioro; los cuales posteriormente alcanzan una concentración máxima que después disminuyen debido a su descomposición generando compuestos altamente volátiles característicos de la rancidez oxidativa. (Ramos y Tarazona, 2001).

e. Crocantez

La crocantez en las hojuelas es uno de los parámetros de mayor importancia en la posible aceptación del producto por parte del consumidor. Sensorialmente, su percepción depende principalmente de la deformación del alimento al aplicarle presión y/o determinadas propiedades estructurales estimadas por el tacto o por la vista, en algunos casos. Sin embargo, la mejor valoración de la crocantez será por medio de las sensaciones experimentadas en la boca (Álvarez, 1997).

2.3.4 Ficha técnica de elaboración de hojuelas (Chips)

a. Condiciones generales

El objetivo final de la fritura de raíces, tubérculos y plátano es cocinar el interior del vegetal que se fríe, es decir la gelatinización del almidón interior. La fritura se considera un proceso de secado ya que el agua interna migra desde la parte central hacia las paredes o superficies para reemplazar a la que se va perdiendo por deshidratación del exterior de las superficies. Se considera como un procedimiento de calor diferente a los otros procesos térmicos, por las siguientes razones:

- Se logra en un período relativamente corto, ya que existe una gran diferencia de temperatura entre la fuente de calor (aceite) y el producto, además el tamaño del producto que se fríe es pequeño (grosor).
- El aceite o la grasa usada en el proceso se convierte en un componente muy significativo en el producto final (10 -40 %).
- Infiere características de fragilidad en su capa superficial de modo que el producto es quebradizo. Se crean diferentes tipos de textura en el mismo producto.
- El medio de transmisión de calor (aceite o manteca) está sujeto a cambios en su composición, (Lisinka y Leszczynski, 1989).

b. Conceptos generales de materias primas: tubérculos, plátano verde y papa

Estos productos deben contar con manejo adecuado durante su cultivo y así como el manejo post-cosecha. De manera tal que se garantice que el producto estará en las condiciones físicas adecuadas (grado madurez, sin daños mecánicos), para su procesamiento como frituras (Montaldo, 1975).

Aceites

Se adiciona al aceite de fritura una mezcla de aditivos: Antioxidante y sinérgico, BHT (E-321) 0.01% y ácido cítrico (E-330) 0.01% respectivamente. Las dosis utilizadas fueron las dadas por la Reglamentación Española técnico - sanitaria de los aceites Vegetales comestibles, según recomendaciones de Vitti (1982) citado por (Ramos y Tarazona, 2001).

Se utilizan grasas vegetales, la más recomendable es la oleína, que es una fracción de las grasas extraídas del fruto de la palma y que tiene ventajas industriales sobre la manteca y el aceite refinado. Estas ventajas son:

- Menor tendencia a la oxidación.
- Mejor escurrido que la manteca.
- Permite mayor reutilización debido a su estabilidad.
- Menor costo.

En caso de utilizarse algún otro tipo de grasa diferente a la oleína, ésta debe cumplir con las siguientes características:

- El punto de fusión debe ser bajo
- Debe ser resistente al oscurecimiento
- Debe ser resistente a la hidrólisis y a la oxidación
- No debe formar espuma
- Debe tener alto el punto de humo (Pérez y Salgado, 1988)

c. Proceso tecnológico

Inspección y selección: se debe inspeccionar para determinar el grado de contaminación o impurezas que contenga la unidad de transporte y deberán seleccionarse de acuerdo con el criterio pre-establecido (madurez fisiológica, etc), (Ramos y Tarazona, 2001).

Lavado: para eliminar la suciedad, tierra, látex (en plátanos). Se pueden utilizar dos métodos: inmersión en agua, también bajo chorro de agua (Ramos y Tarazona, 2001).

Pelado: la eliminación de la cáscara constituye uno de los procesos más importantes dentro del procesamiento de plátanos verdes, debido a la adherencia de ésta a la pulpa y presencia del látex en la cáscara. Se utilizan en general varios métodos, pero si se considera el proceso para una planta pequeña de artesanal a semi-industrial, el más indicado es el manual: éste se debe realizar con cuchillos o un pelador de papas con suficiente filo (Ramos y Tarazona, 2001).

Rebanado: Es importante saber el tipo de hojuela que se desea ofrecer al consumidor, dependiendo del producto, en caso de los tubérculos serán esféricos, pero en caso del plátano podrán ser tanto esféricos como de forma alargada. Según pruebas realizadas con diferentes tubérculos se recomiendan utilizar los siguientes grosores de hojuelas para plátano (2 mm), papa (1 mm) El proceso de rebanado debe realizarse directamente sobre las canastas del freidor, de esta manera se evita que se adhieran unas con otras (Ramos y Tarazona, 2001).

Fritura: Las hojuelas se someten a la acción del aceite caliente, a una temperatura de 150 - 160°C por 3 a 4 minutos. Sin embargo, el tiempo y la temperatura que se utilizan van a estar definidas por el tipo de freidor y su eficiencia, así como por la relación aceite-producto, (Ramos y Tarazona, 2001).

La temperatura del aceite caliente en la fritura al inicio fue de 180°C y al final fue en promedio de 175°C; A nivel industrial se debe freír a una temperatura máxima de 200°C Durante la fritura a altas

temperaturas (185°C) por un tiempo de 10 min, el proceso de oxidación es más rápido que durante la fritura a bajas temperaturas por corto tiempo (Goerthart.1985).

Escurreo: El exceso de aceite se debe eliminar mediante el escurrido del mismo, se puede utilizar una mesa con doble fondo, de manera que el aceite pueda escurrir, recogerse y luego reutilizarse. Se puede también utilizar algún equipo que gire sobre un eje, como una lavadora, de esta manera se facilita el escurrido del aceite (Ramos y Tarazona, 2001).

Condimentado: Es la operación en la cual a la hojuela ya lista se le aplica un condimento específico para darle un sabor definido, como por ejemplo, aplicarle sabor a cebolla, sabor a barbacoa etc. Esta práctica es para efectos de diferenciación del producto ante el consumidor y ante la gran competencia que existe hoy día en este tipo de producto (Ramos y Tarazona, 2001)

Empaque: Las hojuelas ya fritas deben estar a la temperatura ambiente para empacarlo en bolsas plásticas adecuadas (polipropileno, celofán. etc.). Una vez colocado el producto en la bolsa, se procede a sellar la bolsa tratando de dejar la menor cantidad de oxígeno (aire) dentro de ella, ya que produce oxidaciones de la grasa (Ramos y Tarazona, 2001).

d. Otras Consideraciones Importantes

Existen además algunas condiciones que es necesario tomar en cuenta durante el proceso de las frituras:

A mayor temperatura la cocción es más rápida, sin embargo a temperaturas muy altas hay deterioro de las grasas. A temperaturas bajas hay mayor absorción de grasa. Los rendimientos para la obtención de chips son variables pero para efectos de cálculo se puede considerar un rendimiento de 25% con base en la materia prima inicial, esto quiere decir que de 100 kg de raíces o tubérculos se obtienen 25 kg de fritura (Pérez; Márquez y Salgado, 1988).

Relación aceite-producto: esta relación debe ser tal que permita que la temperatura del aceite no baje tanto que se alargue el proceso de fritura provocando un enfriamiento que provoca una mayor absorción de grasa en el producto, es específica para cada proceso según el producto. □La fuente de calor y la distribución del mismo debe permitir la recuperación rápida de la temperatura de cocción (Pérez; Márquez y Salgado, 1988).

Mantener la calidad del aceite: puede ser por filtración o reposición del mismo. □En caso de necesitarse puede considerarse el uso de sustancias químicas antioxidantes para evitar el deterioro de la grasa que queda incorporada en la hojuela, tratando de alargar así la vida útil del producto. Otra opción es el uso de empaques que eviten la exposición del producto a la luz, ya que este factor ayuda al deterioro de la grasa (oxidación), (Pérez; Márquez y Salgado, 1988).

III. MATERIAL Y METODOS

3.1 Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el Centro de producción y laboratorio de de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias Tropical de la facultad de Ciencias Agrarias y en los laboratorios de ciencia y tecnología de Alimentos de la facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

3.2 Materiales

3.2.1 Materia prima

Para la elaboración de hojuelas fritas, se utilizó cormos de pituca (*Colocasia esculenta*) de color morado procedente del distrito y provincia de Satipo.

3.2.2 Insumos

- Aceite vegetal 100% de soya, marca “Salsero”
- Sal yodada de cocina
- Antioxidante: BHT
- Sinergista: ácido cítrico

3.2.3 Envases

Bolsas de polipropileno

3.2.4 Equipos y materiales de laboratorio

a. Equipos e instrumentos de laboratorio

- Termómetros
- Potenciómetro
- Estufa
- Balanza Analítica
- Equipo de titulación
- Equipo soxhlet
- Equipo para determinar índice de peróxido

b. Materiales de laboratorio

- Erlenmeyer
- Balones de 250 mL
- Capsulas de porcelana
- Bureta
- Tubos de ensayo
- Campana desecadora de vidrio
- Matraces de 250 ml, 100 ml y 50 ml
- Probeta de 100 ml
- Vaso de precipitación 50 ml, 100 ml, 250 ml y 500 ml.
- Pipetas de 1 - 10 ml

c. Reactivos

- Fenolftaleína
- Hidróxido de Sodio 0,1N
- Silicagel
- Éter de petróleo
- Ácido acético glacial
- Cloroformo
- Solución de yoduro de potasio saturado
- Solución indicadora de almidón al 1%
- Solución de tiosulfato de Sodio 0.1N

Otros

- Mesa de acero inoxidable
- Cortadora manual para hojuelas
- Cuchillos de acero inoxidable
- Selladora eléctrica- Manual para bolsas plásticas. Marca Touch-H seal. Modelo M-300. Japan
- Freidora doméstica: capacidad de fritura: 150 a 200 g/Bach de hojuela cortada
- Papel absorbente
- Coladores metálicos
- Cocina
- Balanza digital con precisión (+ 0.1g y analítica con precisión + 0.0001g).

3.3 Métodos de análisis

3.3.1 Análisis químico proximal

- Humedad: Método Gravimétrico, diferencias de peso con el extracto seco total, recomendado por la (AOAC, 1993).
- Proteínas: Método micro Kjendahl (AOAC, 1993).
- Ceniza: Se realizó por incineración de la muestra en la mufla a 600 °C durante 6 horas (AOAC, 1993).
- Fibra Cruda: por hidrólisis con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, en cada etapa. El residuo se filtra y luego se seca para luego pesarlo (AOAC, 1993).
- Grasa: Método soxhlet, recomendado por la (AOAC ,1993).
- Carbohidratos Totales: Se obtiene por diferencia restando del 100% los porcentajes de humedad, cenizas, fibra y proteínas.

3.3.2 Análisis fisicoquímico

- pH: Método Potenciómetro, recomendado por la Norma Técnica Peruana 203.001, INDECOPI
- Acidez titulable: Método de Titulación con NaOH 0,1 N. (Pearson, 1976)

- Sólidos totales: se determina por diferencia del porcentaje de humedad (100% -% de humedad).
- Determinación del Índice de Peróxido.- Por medio del método Oficial AOAC (1984) 28.025 - 28.026
- Determinación de Azúcares reductores. Método AOAC (1993)

3.3.3 Evaluación microbiológica:

De acuerdo al requerimiento de las Normas legales Resolución Ministerial N° 615-2003-SA/DM publicado el 30 de mayo del 2003, Diario el Peruano.

- Recuento total de Microorganismos aerobios mesofilos: Método petrifilm
- Numeración de mohos y levaduras: Método Pretrifilm
- Coliformes totales : Método petrifilm

3.3.4 Análisis sensorial

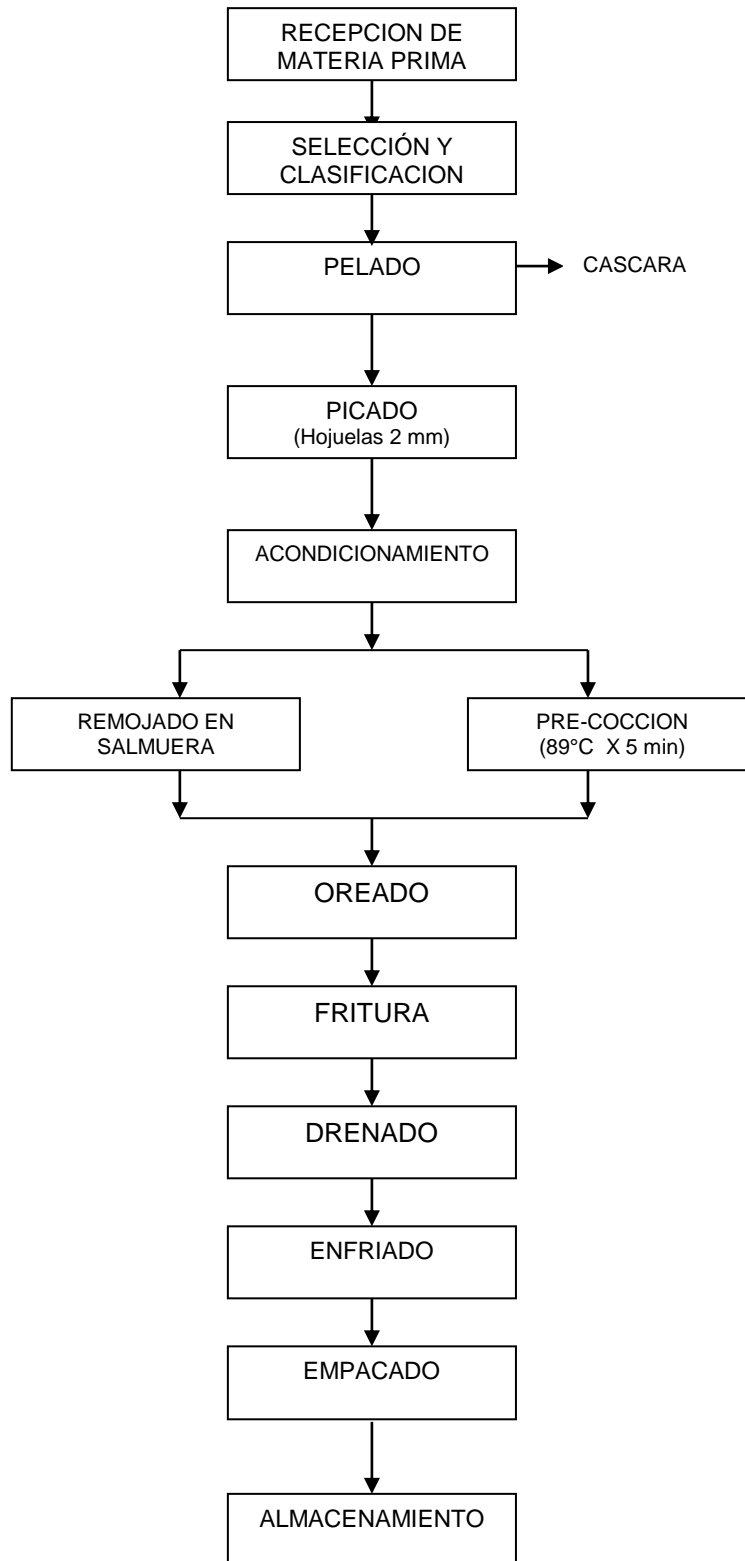
Se realizó por medio del método de “Calificación por Puntos”. Se evaluó los siguientes atributos: color, sabor, olor, crocantez y apariencia general (Anzaldúa, 1994). Este método se clasifica dentro de las Pruebas Analíticas y en el subgrupo de las Pruebas Descriptivas. Estas características fueron evaluadas por un panel de degustación conformado por 15 personas de ambos sexos y en edad promedio de 23 años. (Ver tarjeta de evaluación, Anexo 5).

3.3.5 Estabilidad del producto final

Se llevó a cabo a fin de evaluar la evolución de las características químicas y sensoriales del producto; Así como determinar cuál es el período máximo de almacenamiento en condiciones ambientales. Las hojuelas fritas fueron almacenadas por espacio de 60 días (2 meses) bajo condiciones de temperatura y humedad relativa ambientales. Se realizó controles de Índice de peróxido a los 5, 10, 15, 20, 30, 45 y 60 días.

3.4 Metodología experimental

Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de hojuelas fritas de pituca



3.4.1 Descripción del flujo de procesamiento:

En la Figura 1, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de hojuelas fritas de pituca

a. Recepción de materia prima:

Se utilizó pituca de la variedad Morada procedente del distrito y provincia de Satipo

b. Selección y clasificación:

Se separó la materia prima que se encuentre en mal estado (deterioro, daños físicos) o que presenten signos de haber sido dañada por algún insecto.

c. Pelado:

Se realizó manualmente con un cuchillo de acero inoxidable, cuidando la forma casi cilíndrica o esférico que posee. La materia prima pelada se coloca en recipiente con agua para controlar el pardeamiento.

f. Picado de hojuelas:

Se realizó con una picadora manual de cocina obteniendo hojuelas con un espesor aproximado de 2,0 mm recomendado para Snack de plátano. Se hizo con mucho cuidado porque ésta operación influye en la calidad del producto. Las hojuelas se decepcionaron en un recipiente con agua.

g. Acondicionamiento:

Las hojuelas se acondicionaron de dos maneras de tratamiento (con la finalidad de controlar el pardeamiento y disminuir la presencia del ácido oxálico responsable del sabor picante al producto), las cuales son:

Tratamiento 1 (Remojado en salmuera).

Consistió en remojar las hojuelas durante 30 minutos en una solución de cloruro de sodio (NaCl) al 3,0% (parámetro máximo utilizado en alimentos). Esta operación se realizó tres veces, cambiando la solución en cada etapa, con la finalidad de eliminar el ácido oxálico, controlar el empardeamiento y eliminar en parte el almidón de la materia prima.

Posteriormente las hojuelas se colocaron en un colador de acero inoxidable y se lavaron con agua corriente, para eliminar la parte gomosa que se encuentre adherida a las hojuelas.

Tratamiento 2 (Precocción)

Las hojuelas se someten a pre cocción en agua a temperatura de ebullición de 89°C por 5 minutos, ésta operación se realiza con la finalidad de eliminar el ácido oxálico y controlar el emparedamiento. Luego se deja enfriar a temperatura ambiente

h. Oreado:

Esta operación se realizó colocando las hojuelas (en ambos tratamientos) en coladores de acero inoxidable durante 30 minutos con la finalidad de eliminar el agua adherida a la superficie.

i. Fritura:

La fritura se realizó por inmersión en aceite a la temperatura de 180°C en una freidora manual por un periodo de 2 a 3 minutos hasta alcanzar un color y cocido homogéneo en las hojuelas fritas.

j. Drenado

Las hojuelas fritas se colocaron en coladores de acero inoxidable por 2 minutos y se deja drenar el aceite de la fritura.

k. Enfriado

Esta operación se realizó colocando las hojuelas fritas en papel absorbente para eliminar la mayor cantidad de aceite absorbido. Se enfría a temperatura ambiente aproximadamente por 15 minutos; en esta operación las hojuelas fritas captan su aroma y sabor característico. Posteriormente se realizó el proceso de control de calidad donde se escogen las hojuelas fritas que sean redondos, con buena cocción y que no estén partidos.

l. Empacado

Se empacó 50 g de hojuelas fritas en bolsas de polipropileno, con un sellado hermético y evitando el exceso de aire dentro de la bolsa.

m. Almacenamiento

Se llevó a cabo a fin de evaluar la evolución de las características químicas y sensoriales del producto; Así como determinar cuál es el período máximo de almacenamiento en condiciones ambientales. Las hojuelas fritas fueron almacenadas por un periodo de 60 días (dos meses) bajo condiciones de temperatura y humedad relativa ambientales, el producto fue dispuesto en un lugar fresco, en sombra. La temperatura y humedad relativa en los meses en que se realizó la investigación fueron 24°C y 90% respectivamente

3.5 Diseño experimental

Se aplicó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 2 tratamientos (tratamiento 1: hojuelas remojadas en salmuera, tratamiento 2: hojuelas precocidas). Para elegir el mejor tratamiento las hojuelas fritas fueron evaluadas sensorialmente por un panel semi entrenado conformado por 15 personas; los atributos evaluados son: apariencia general, color, sabor, aroma y crocantez.

Análisis estadístico

En el análisis estadístico se realizó el Análisis de Varianza en Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) y al encontrar diferencias estadísticas se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de confianza de 5%.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Hojuela frita de pituca (apariencia general, sabor, color, aroma y crocantez)

μ = Media poblacional

T_i = Efecto del i-esimo tratamiento (Solución de ClNa y Pre-cocción)

B_j = Efecto del j-esimo panelista sobre la unidad experimental.

ε_{ij} = Error experimental

i = Número de tratamientos (2)

j = Número de panelistas (15)

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Composición química proximal de la pituca

En el Cuadro 1, se reporta los resultados del análisis de la composición química de la pituca color morada

Cuadro 1. Composición químico proximal de la Pituca de color morada en 100 g de parte comestible

Evaluación	RESULTADOS
Humedad (%)	74,22
Cenizas (%)	1,20
Grasas (%)	0,10
Fibra (%)	0,88
Proteínas (%)	1,50
Carbohidratos (%)	22,10

El contenido de agua varia de 73,7% a 74,6999% el valor encontrado se encuentra en el rango de los valores reportados por Collazos *et al* (1996), Castro y Acosta (2005) y León (1985).

El contenido de grasa es inferior a lo reportado por Collazos *et al* (1996), Castro y Acosta (2005) y León (1985)

En cuanto al contenido de cenizas el valor obtenido es menor a lo reportado por Collazos (1996) y Castro y Acosta (2005) pero tiene el mismo valor a lo reportado por León (1985).

El contenido de fibra cruda en la pituca morada es ligeramente superior a lo reportado por los autores antes mencionados.

El contenido de proteína se ubica en el rango propuesto por Collazos et al (1996) y León (1985).

4.2 Evaluación fisicoquímica de la pituca

En el Cuadro 2, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la pituca de color morada

Cuadro 2. Evaluación fisicoquímica de la Pituca

EVALUACIÓN	RESULTADOS
Materia seca (%)	25,78
pH	6,35
Acidez % (expresado en ácido oxálico)	0,216
Azucares reductores (g de glucosa /100 ml de muestra)	0,202370

4.2.1 Materia seca

El contenido de humedad fue de 74,22 % en la pituca, la materia seca es de 25,78%. Según Santana, (2003) indica que la materia seca para obtener hojuelas fritas de buena apariencia debe ser 25%, contenidos demasiados altos dan lugar a productos con textura dura y astillosa; contenidos demasiados bajos dan lugar a productos con grandes deformaciones. El resultado obtenido se encuentra dentro del rango sugerido.

Según Moreno, (2000) los sólidos totales (materia seca), determinan el rendimiento del producto terminado, así por ejemplo a mayor porcentaje de materia seca menor absorción de aceite durante el proceso de fritura, aumentado de esta forma su rendimiento y una mejor textura al producto terminado.

4.2.2 Azúcares reductores

La pituca presentó un contenido de 0,202370 g de glucosa /100 ml de muestra con una lectura de absorvancia de 0.044. (Moreno, 2000) menciona que el contenido de azúcares reductores para hojuelas fritas superiores a 0,33% en peso es inaceptable y por debajo de 0,1% es lo más recomendable. La cantidad de azúcares reductores en la pituca se encuentra en ese rango siendo entonces considerada como una materia prima apta para el proceso en hojuelas fritas.

Según Santana (2003) la unión de estos azucars con los grupos amino de los aminoácidos que forman las proteínas en presencia de calor, originan un producto de color marrón oscuro conocido como la reacción de Maillard, es una reacción no enzimática, que provoca cambios de color (pardeamiento) y sabor en las papas.

4.2.3 Contenido de ácido oxálico

La pituca fresca de color morado presenta un contenido de acidez de 0,216 % (expresado en ácido oxálico).

El ácido oxálico es moderadamente tóxico (DL_{50} rata = 375 mg/kg) ya que precipita el calcio en forma de oxalato de calcio que puede obstruir los capilares renales etc. y evita su asimilación por parte del cuerpo. Por esto se prohíbe a las mujeres lactantes y a los niños en crecimiento, la ingestión de grandes cantidades de alimentos ricos en oxalatos. Los cálculos en los riñones suelen contener una parte importante de oxalato cálcico.

Las sales y ésteres de este ácido se denominan oxalatos. El oxalato actúa como Quelatante, uniéndose a un átomo central a través de dos átomos de oxígeno.

EL ácido oxálico se combina con otros minerales, especialmente magnesio, potasio y hierro, para formar oxalatos. Estos se depositan en las articulaciones en forma de cristales y dañan los tejidos, empeorando los síntomas de enfermedades como la gota, el reuma, la artritis, etc. De igual manera los oxalatos pueden producir piedras en el riñón, por lo que

esta planta no es en absoluto recomendable para aquellas personas que han sufrido ataques de cálculos renales. Además, un consumo exagerado de plantas ricas en oxalatos, puede impedir la absorción de otros minerales necesarios para la salud, especialmente el calcio. Esto hace que, aunque sean de las plantas que posean más calcio, no son recomendables como opción para evitar la osteoporosis. Una manera de evitar la absorción de la mayor parte de este ácido es comerlas hervidas, y cambiarles el agua cuando estén a mitad cocer. De esta manera eliminamos parte del ácido que contienen.

4.3 Acondicionamiento de la pituca para la obtención de hojuelas

4.3.1 Lavado

La materia prima es lavada con abundante agua por aspersion e inmersión en primer lugar para eliminar los residuos de tierra que se encuentran adheridas y posteriormente desinfectada con una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 0,02 ppm y enjuagada con abundante agua.

4.3.2 Pelado y cortado

Los cormos de pituca fueron pelados manualmente con un cuchillo y sumergidos inmediatamente en agua para evitar el pardeamiento no enzimático. Luego se utilizó una hojueladora domestica obteniendo hojuelas con un espesor de 2 mm.

Estas operaciones se realizaron sometiendo los cortes y las hojuelas de pituca en agua para evitar el pardeamiento.

Se observa en el agua la formación de una solución lechosa y gomosa que significa la salida del almidón superficial de las hojuelas, la cual es eliminada por medio de lavados con agua y escurridos, evitando que se adhieran unas a otras.

4.4 Evaluación del contenido de ácido oxálico en las hojuelas de pituca

Las hojuelas se sometieron a dos tratamientos para disminuir el contenido de ácido oxálico principal responsable del sabor picante y ardor de la boca cuando se consume en fresco y a la vez evitar el pardeamiento.

En el cuadro 3, se presentan los resultados del contenido de ácido oxálico en las hojuelas de pituca cruda sometidas en inmersión en solución de cloruro de sodio al 3% (tratamiento 1) y precocidas a 89°C por 5 minutos (tratamiento 2)

Cuadro 3. Contenido de ácido oxálico de las hojuelas de pituca morada

Pituca morada	% de Acidez (Ácido Oxálico)		
	Materia prima	Tratamiento 1 Solución Cl Na (3%)	Tratamiento 2 Precocción
Hojuela	0,216		0,03
Primer remojo		0,167	
Segundo remojo		0,098	
Tercer remojo		0,042	

Al someter las hojuelas en solución de Cl Na, durante 30 minutos y repetir esta operación por 3 veces se obtiene una acidez expresado en ácido oxálico de 0,042%. Mientras que en las hojuelas sometidas a precocción a la temperatura de ebullición 89°C por 5 minutos se obtiene un contenido de ácido oxálico de 0,03%, siendo este tratamiento en el que se logra disminuir el contenido de ácido oxálico hasta en un 86,11%.

En ambos tratamientos de las hojuelas se logra inhibir el pardeamiento.

En el cuadro 3 se observa que el tratamiento 1, la solución salina esta actuando como agente lixivante produciéndose transferencia de masa y a medida que se realizan los cambios de solución salina se mejora el rendimiento en cuanto a la disminución del contenido de ácido oxálico.

En ambos tratamientos se observa en el líquido utilizado una solución lechosa y gomosa que probablemente esta conformado por el almidón eliminado y ácido oxálico.

4.5 Fritura de la hojuelas

La fritura de las hojuelas se realizó por inmersión en aceite caliente. En este mecanismo se da una transferencia de calor directo del aceite caliente a la hojuela fría; el calor continúa transfiriéndose después de que el alimento es cocinado y retirado del recipiente. Al añadir las hojuelas al aceite caliente la temperatura del aceite disminuye, existiendo una variación de temperatura (ΔT) de 5 a 7 °C aproximadamente.

La humedad de la hojuela alimento se elimina en forma vapor, que se puede observar durante la fritura como burbujeo. La superficie de la hojuela frita adquiere un color dorado o caramelizado, absorbe aceite y se producen cambios en el aceite.

La temperatura de fritura fue de 180°C, recomendado por Santana, (2003). El aceite para la cocción debe estar “a punto”. Es decir a 180°C de temperatura la absorción de grasa es insignificante (Fellows, 1994)

La carga en la freidora domestica fue de 100 g de hojuelas por batch por un tiempo de fritura promedio de 2 minutos.

Antes de colocar la hojuela en la freidora se secó bien la superficie de contacto para que no retenga el aceite. Esto permite obtener una fritura crocante e impide que la hojuela se impregne de aceite; al freír no se tapó la freidora para que los vapores que se van condensando no alteren el aceite.

Por recomendación Goerthart, (1985) la temperatura del aceite caliente en la fritura al inicio fue de 180°C y al final fue en promedio de 175°C.

Según recomendaciones de Vitti (1982) citado por Ramos y Tarazona, (2001), se adicionó al aceite de fritura una mezcla de aditivos: Antioxidante y sinérgista, BHT (E-321) 0.01% y ácido cítrico (E-330) 0.01% respectivamente. Las dosis utilizadas fueron las dadas por la Reglamentación Española técnico - sanitaria de los aceites vegetales comestibles.

La fritura se consideró concluida cuando el burbujeo del aceite cesó, indicando que se habría eliminado la cantidad de agua adecuada.

Para el drenado del aceite de la hojuela frita se utilizó coladores metálicos y para el salado se añadió 2% de cloruro de sodio con respecto al peso de hojuela frita y escurrida (Ramos y Tarazona, 2001)

4.6 Composición química de las hojuelas fritas de pituca

El Cuadro 4 muestra los resultados obtenidos de la composición química de las hojuelas fritas en ambos tratamientos. El mayor contenido de humedad presento las hojuelas fritas sometidas a Pre-cocción (tratamiento 2), probablemente debido a que durante la cocción el calor proporcionó la energía necesaria para romper los enlaces del almidón ocasionando hinchamiento por absorción de agua (Kokini *et all.* 1992).

Cuadro 4. Composición química de las Hojuelas fritas de pituca g/100 g

Análisis	Tratamiento (T ₁)	Tratamiento (T ₂)
Humedad	3,92	4,12
Grasa	19,24	22,43
Ceniza	2,87	2,28
Proteínas	2,97	2,45
Azucares reductores	1,62	2,75

En cuanto a la cantidad de grasa en las hojuelas fritas el tratamiento 2 retiene mayor cantidad de grasa (22,43%) en comparación con las hojuelas fritas del tratamiento 1 (19,24%).

La absorción de aceite aumenta a medida que la temperatura de fritura disminuye por lo que es necesario mantener la temperatura durante la operación de fritura.

Por otro lado la mayor absorción de aceite por el tratamiento 2, se debe a que la muestra durante la pre-cocción ha sufrido modificaciones bioquímicas como desnaturalización y gelificación de componentes que disminuye el porcentaje de materia seca. Santana (2003) menciona que, las hojuelas fritas obtenidas de tubérculos con materias secas menor a 25% son grasosas y pegajosas, tal como se observa en el tratamiento 2.

El pre-secado disminuye la humedad inicial de las rodajas de papa y constituye una forma eficiente de disminuir la absorción de aceite en el producto final (Moyano et al. 2002). Asimismo sugiere que si se trabaja con hojuelas escaldadas y pre-secada generan una corteza externa durante la fritura que aumenta la resistencia a la absorción de aceite

El contenido de cenizas en las hojuelas fritas sometidas a pre-cocción disminuye lo cual coincide con lo observado por Bradbury *et al.* (1988), quienes mencionan que la cocción por ebullición en raíces tropicales como la batata, taro, yuca y ñame disminuye el contenido de cenizas y proteínas por solubilización de estos nutrimentos en el agua de cocción.

4.7 Evaluación sensorial de las hojuelas fritas de pituca

La evaluación sensorial de las hojuelas fritas, se realizó por el método de “calificación por puntos”, se aplicó la escala Hedónica y se evaluó los siguientes atributos: apariencia general, color, sabor, aroma y crocantez. Se utilizó la escala de categoría de 5 puntos.

El método se clasificó dentro de las pruebas analíticas y en el subgrupo de las pruebas descriptivas. Los atributos fueron evaluados por medio de un panel de degustación semi-entrenado conformado por 15 personas de ambos sexos con una edad promedio de 23 años. La tarjeta de evaluación se presenta en el Anexo.

La evaluación sensorial es un aspecto de calidad de alimentos ligada a las sensaciones que el hombre experimenta al ingerirlo, y de ella depende la aceptación de los mismos por parte del consumidor (Álvarez, 1997).

En el cuadro 5, se presentan el resumen de los resultados de la evaluación sensorial realizada a los dos tratamientos de hojuelas fritas de pituca.

Cuadro 5. Promedios de la evaluación sensorial de hojuelas frita de pituca

Atributo	TRATAMIENTOS 1		TRATAMIENTO 2	
	Promedio	Calificativo	Promedio	Calificativo
Apariencia general	3,60	Bueno	2,93	Regular
Color	4,53	Muy bueno	3,33	Regular
Aroma	3,67	Bueno	2,67	Regular
Crocantez	3,60	Bueno	2,53	Regular
Sabor	3,27	Regular	2,87	Regular

4.7.1 Apariencia general

En el cuadro 6, se muestran los resultados de la evaluación de la apariencia general de la hojuela frita de pituca por los panelistas.

La apariencia general del producto considera todo lo que visualmente se percibe del alimento, como es el tamaño, el color, la uniformidad y la presencia de defectos. Su importancia radica en que es la primera impresión que el consumidor tiene del producto. Por ser previa a los demás parámetros de calidad, hace que se rechacen o acepten los alimentos sólo por su aspecto (Calvo, 1992).

Al realizar el análisis de varianza para un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) a la hojuela frita de pituca, se encontró que existe diferencia estadística entre tratamientos y entre panelistas no existe diferencia estadística significativa para una ($P \leq 0,05$).

Cuadro 6. Resultados de la apariencia general de la hojuela frita de pituca

PANELISTA	T ₁	T ₂	TOTAL
1	4	3	7
2	3	3	6
3	4	3	7
4	4	3	7
5	3	2	5
6	4	3	7
7	3	3	6
8	3	2	5
9	4	3	7
10	3	4	7
11	3	3	6
12	4	3	7
13	4	3	7
14	4	3	7
15	4	3	7
TOTAL	54	44	98
PROMEDIO	3,60	2,93	

Cuadro 7. Análisis de varianza para la apariencia general de las hojuelas fritas de pituca

Fuente de Variabilidad	gl	SC	CM	Fc	Ft (0,05)	Ft (0,01)	Significancia
Tratamientos	1	3,333	3,333	17,50	4,60	8,86	**
Panelistas	14	3,867	0,276	1,45	2,48	3,68	n.s.
Error	14	2,667	0,190				
Total	29	9,867					

S= 0,4259 **PROMEDIO = 3,265** **CV= 13,0444 %**

Cuadro 8. Resultados de la evaluación de la apariencia general por Duncan

OM	TRATAMIENTO	PROMEDIO	SIGNIFICANCIA
1	T ₁	3,60	a
2	T ₂	2,93	a

A.L.S. (D)_{0,05} = 0, 34101 los promedios con letras diferentes varían estadísticamente.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Duncan muestran que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos; por lo que se puede afirmar con un 95% de seguridad que ambos tratamientos son iguales. Siendo el mejor el tratamiento 1 con un promedio de (3,60) calificado por los panelistas como “Bueno”, mientras que el tratamiento 2 (2,93) fue calificado como “Regular”

4.7.2 Color

La primera impresión que se tiene acerca de un alimento es normalmente de origen visual y en gran parte, la voluntad de aceptar o rechazar un alimento depende de su color. La evaluación sensorial del color tiene la importancia decisiva de que es previa a la de los otros parámetros sensoriales y por lo tanto puede ser excluyente (Moreno, 2004).

Cuadro 9. Resultados de la evaluación del color de las hojuelas fritas de pituca

PANELISTA	T ₁	T ₂	TOTAL
1	5	4	9
2	4	3	7
3	4	3	7
4	5	4	9
5	5	3	8
6	4	3	7
7	4	3	7
8	4	3	7
9	4	3	7
10	5	3	8
11	4	4	8
12	5	3	8
13	5	4	9
14	5	3	8
15	5	4	9
TOTAL	68	50	118
PROM	4,53	3,33	

En la evaluación el tratamiento 1, presento un color “muy bueno”, es decir, el producto posee el color que se desea encontrar. Mientras que el tratamiento 2, presento un color calificado como “regular”.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el color de las hojuelas fritas de pituca.

Fuente de variabilidad	GI	SC	CM	Fc	Ft (0,05)	Ft (0,01)	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	1	10,800	10,800	68,73	4,60	8,86	**
Panelistas	14	4,867	0,348	2,21	2,48	3,68	NS
Error	14	2,200	0,157				
Total	29	17,867					

S= 0,3962

PROMEDIO = 3,93

CV= 10,0822 %

Cuadro 11. Resultados de la evaluación del color por Duncan

OM	TRATAMIENTO	PROMEDIO	SIGNIFICANCIA
1	T ₁	4,53	a
2	T ₂	3,33	b

A.L.S.(D)_{0,05} = 0,3099 los promedios con letras diferentes varían estadísticamente.

4.7.3 Aroma

En el Cuadro 12, se presentan los resultados de la evaluación del aroma en las hojuelas fritas realizado por los 15 panelistas semi-entrenados. Los aromas de los alimentos están constituidos por una gran variedad de compuestos químicos aromáticos volátiles. El atributo aroma en los productos de fritura se encuentra relacionado con el índice de peróxido, ya que en la oxidación de lípidos se forman compuestos volátiles de olor desagradable. Las primeras etapas de oxidación de las grasas se caracterizan por la producción de peróxido no habiendo señales sensoriales de deterioro, alcanzando posteriormente una concentración máxima que después disminuye generando compuestos altamente volátiles característicos de la rancidez (Ramos y Tarazona, 2001).

Cuadro 12. Resultados de la evaluación del Aroma de las hojuelas frita de pituca

PANELISTA	T ₁	T ₂	TOTAL
1	4	2	6
2	3	2	5
3	4	3	7
4	3	2	5
5	4	3	7
6	4	3	7
7	3	2	5
8	3	3	6
9	4	3	7
10	4	2	6
11	4	3	7
12	3	3	6
13	4	3	7
14	4	3	7
15	4	3	7
TOTAL	55	40	95
PROM	3,67	2,67	

Cuadro 13. Análisis de varianza para el aroma de las hojuelas fritas de pituca

F. de Variabilidad	gl	SC	CM	Fc	Ft (0,05)	Ft (0,01)	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	1	7,500	7,500	52,50	4,60	8,86	**
Panelistas	14	4,667	0,333	2,33	2,48	3,68	NS
Error	14	2,000	0,143				
Total	29	14,167					

S= 0,37815

PROMEDIO = 3,17

CV= 11,9291%

Cuadro 14. Resultados de la evaluación del aroma de las hojuelas fritas de pituca por Duncan

OM	TRATAMIENTO	PROMEDIO	SIGNIFICANCIA
1	T ₁	3,67	a
2	T ₂	2,67	b

A.L.S.(D)_{0,05} = 0,2959 Los promedios con letras diferentes varían estadísticamente.

Al realizar el Análisis de Varianza para un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) a la hojuela frita, se encontró que existe diferencia estadística entre tratamientos. Entre panelistas no existe diferencia estadística significativa para una ($P \leq 0,05$), presentando el tratamiento 1 un aroma calificado por el panel como "bueno" y para el tratamiento 2, un calificativo de "regular".

En la Prueba de comparación múltiple de Duncan al comparar los tratamientos se puede afirmar con 95% de seguridad que existe diferencia estadística entre tratamientos siendo el mejor el tratamiento 1.

4.7.4 Crocantez

En el Cuadro 15, se presentan los resultados de la evaluación de la crocantez de las hojuelas fritas realizado por los 15 panelistas semi-entrenado.

La crocantez en las hojuelas es uno de los parámetros de mayor importancia en la posible aceptación del producto por parte del consumidor, (Alvarez, 1997).

Cuadro 15. Resultados de la evaluación de la crocantez de las hojuelas fritas de pituca

PANELISTA	T ₁	T ₂	TOTAL
1	3	2	5
2	4	2	6
3	3	3	6
4	3	2	5
5	4	2	6
6	4	3	7
7	4	3	7
8	4	2	6
9	4	3	7
10	3	2	5
11	4	3	7
12	3	3	6
13	4	3	7
14	3	2	5
15	4	3	7
TOTAL	54	38	92
PROM	3,60	2,53	

Cuadro 16. Análisis de varianza para la crocantez de las hojuelas fritas de pituca.

Fuente de variabilidad	gl	SC	CM	Fc	Ft (0,05)	Ft (0,01)	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	1	8,533	8,533	48,43	4,6	8,86	**
Panelistas	14	4,867	0,348	1,97	2,48	3,68	NS
Error	14	2,467	0,176				
Total	29	15,867					

S= 0,4195

PROMEDIO = 3,065

CV= 13,6876%

Cuadro 17. Resultados de la evaluación de la crocantez de las hojuelas fritas de pituca por Duncan

OM	TRATAMIENTO	PROMEDIO	SIGNIFICANCIA
1	T ₁	3,60	a
2	T ₂	2,53	b

A.L.S.(D)_{0,05} = 0,3282 Los promedios con letras diferentes varían estadísticamente.

Sensorialmente, su percepción depende principalmente de la deformación del alimento al aplicarle presión y/o determinadas propiedades estructurales estimadas por el tacto o por la vista, en algunos casos. Sin embargo, la mejor valoración de la crocantez será por medio de las sensaciones experimentadas en la boca, (Álvarez, 1997).

Los tratamientos son diferentes estadísticamente el tratamiento T1 fue calificado como de crocantez “buena”, a diferencia de T2 y presento una crocantez “regular”.

4.7.5 Sabor

En el Cuadro 18, se muestran los resultados de la evaluación del sabor de las hojuelas fritas de pituca

Cuadro 18. Resultados de la evaluación del sabor de las hojuelas fritas de pituca.

PANELISTA	T ₁	T ₂	TOTAL
1	4	3	7
2	2	3	5
3	4	3	7
4	4	3	7
5	3	4	7
6	4	3	7
7	3	2	5
8	3	2	5
9	4	3	7
10	3	4	7
11	3	3	6
12	2	3	5
13	3	2	5
14	3	2	5
15	4	3	7
TOTAL	49	43	92
PROM	3,27	2,87	

Cuadro 19. Análisis de Varianza para el sabor de las hojuelas fritas de pituca.

Fuente de variabilidad	GI	SC	CM	Fc	Ft (0,05)	Ft (0,01)	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	1	1,200	1,200	2,90	4,6	8,86	NS
Panelistas	14	6,867	0,490	1,18	2,48	3,68	NS
Error	14	5,800	0,414				
Total	29	13,867					

S= 0,6434

PROMEDIO = 3,07

CV= 13,4853 %

Al realizar el Análisis de Varianza para un diseño completamente al azar (DBCA) para el sabor de las hojuelas fritas de pituca, se encontró que no existe diferencia estadística entre tratamientos. El panel de degustación califico a los tratamientos 1 y 2 como "Regular".

En conclusión el tratamiento 1 de las hojuelas fritas de fue el mejor siendo calificado como “Bueno”.

4.8 Evaluación microbiológica de las hojuelas fritas de pituca

En el Cuadro 20, se muestran los resultados microbiológicos realizados a los dos tratamientos de hojuelas fritas de pituca.

Cuadro 20. Resultados microbiológicos de la hojuelas fritas de pituca

Análisis Microbiológico	Hojuelas fritas	
	Tratamiento 1 ufc/g	Tratamiento 2 ufc/gL
Aerobios mesófilos	<10	<10
Coniformes	Ausencia	Ausencia
Mohos	<10	<10
Levaduras	10	10

Este análisis se realizó para evaluar las condiciones higiénicas y sanitarias durante el proceso de elaboración del producto.

Al comparar los resultados obtenidos con las normas legales de criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, Resolución Ministerial 615-2003-S.A./DM, publicado en el diario oficial el peruano del 28 de Junio del 2003, ítem 5.7 los dos tratamientos de hojuelas fritas se encuentran dentro del rango establecido.

4.9 Estabilidad de las hojuelas fritas de pituca

Las hojuelas fritas fueron envasadas en bolsas de polipropileno y almacenadas durante 60 días a temperatura ambiente en sombra (simulando su venta en una bodega) temperatura promedio 23°C y una humedad relativa promedio de 90%.

Durante este tiempo se realizaron controles de índice de peróxido (IP) en el producto final; para esta prueba primero se extrae el aceite retenido por la hojuela y se mide el índice de peróxido.

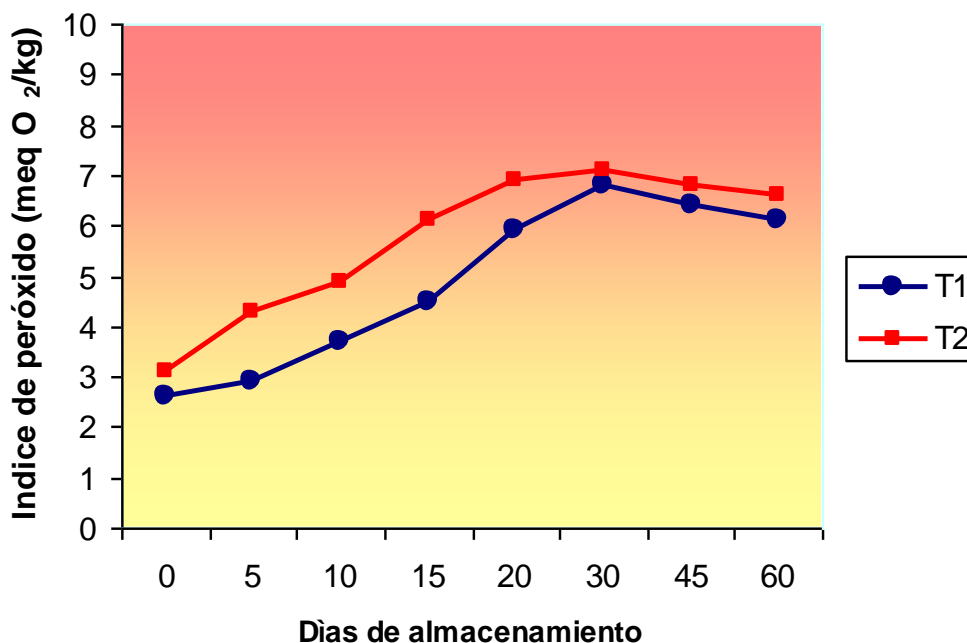
El Cuadro 21, muestra los resultados de las mediciones del índice de peróxido expresado en (miliequivalentes de O₂/kg) versus días de almacenamiento

Los controles de índice de peróxido permitieron realizar una predicción del tiempo de vida de las hojuelas fritas. De acuerdo a las normas técnicas de INDECOPI (1986) un valor de peróxido de 5 meq. de O₂ activo/ kilogramo es considerado como el valor máximo permisible en aceites refinados

Cuadro 21. Variación del Índice de peróxido (IP) en las hojuelas fritas de pituca durante el almacenamiento

Tiempo (días)	HOJUELAS FRITAS DE PITUCA	
	T ₁	T ₂
0	2,6	3,1
5	2,9	4,3
10	3,7	4,9
15	4,5	6,1
20	5,9	6,9
30	6,8	7,1
45	6,4	6,8
60	6,1	6,6

Figura 2. Variación del Índice de Peróxido durante el almacenamiento de hojuelas fritas de pituca



La Figura 2, presenta la variación del índice de peróxido durante el almacenamiento de los tratamientos de hojuelas fritas. Se puede observar que en el tratamiento 1, el índice de peróxido se ha incrementado lentamente desde 2,6 m.e.q de O₂/kg a los cero días hasta 5,9 m.e.q de O₂/kg a los 20 días de almacenamiento; encontrándose el incremento en un rango desde 0,3 hasta 1,4 m.e.q de O₂/kg. Siendo la evolución más alta a los 30 días de almacenamiento 6,8 m.e.q de O₂/kg, a partir del cual comenzó a disminuir en un rango de 0,4 y 0,3 a los 45 días en los cuales presentó olores desagradables que son ocasionados por la rancidez del aceite contenido en la hojuela frita y consecuentemente ocasiona el deterioro del producto. Se puede predecir una vida útil a las hojuelas fritas de pituca (tratamiento 1) de 20 días.

Las hojuelas fritas de pituca (tratamiento 2), presento un incremento de índice de peróxido con mayor velocidad que el (tratamiento 1) a los 15 días de almacenamiento el índice de peróxido se duplico a 6,1 m.e.q de O₂/kg. A los 30 días se obtuvo el máximo contenido de peróxidos (7,1 m.e.q de O₂/kg). Las muestras de este tratamiento presentó olores desagradables a partir de los 20 días, posteriormente empezaron a parecer pequeñas manchas negras que son el inicio del deterioro microbiológico. Siendo de 15 días de almacenamiento la predicción de su vida útil.

Durante el almacenamiento, se produce una pérdida de calidad por la alteración de la materia grasa incorporada al producto durante el proceso de fritura. Estos cambios generan una gran variedad de compuestos, tanto volátiles, que producen olores y sabores desagradables como estables, dando como resultado una disminución de su aceptabilidad por parte del consumidor (Labuza and Bergouist, 1983)

Las curvas muestran un aumento y posteriormente una disminución, que en el caso del índice de peróxido indica una formación de peróxidos como consecuencia del proceso de oxidación y posteriormente una disminución de estos como consecuencia de la transformación de los peróxidos en otros derivados químicos (carbonilos alifáticos) (Benzie, 1996).

Por otro lado el contenido de aceite en las hojuela de pituca constituye el 19,24% (tratamiento 1) y de 22, 43% (tratamiento 2) del peso total de las hojuelas fritas, por lo tanto la calidad de grasas y aceites usada en la industria de fritos debe tener estabilidad máxima pero a la vez puntos de fusión muy bajos a fin de reducir la sensación de grasa en la boca.

Cuando los aceites y grasas son calentados a altas temperaturas, como en el proceso de fritura, ocurren tres reacciones químicas simultáneamente: hidrólisis, polimerización y oxidación, las cuales son responsables de la rancidez (Benzie, 1996).

El atributo aroma se encuentra relacionado con el índice de peróxido, ya que en la oxidación de lípidos se da la formación de compuestos volátiles de olor desagradable.

Las primeras etapas de oxidación de las grasas se caracterizan por la gran producción de peróxido no habiendo señales sensoriales de deterioro; los cuales posteriormente alcanzan una concentración máxima que después disminuyen debido a su descomposición generando compuestos altamente volátiles característicos de la rancidez oxidativa.

La absorción de aceite por las hojuelas durante la fritura y el drenado del aceite después de la fritura muestra dos tendencias diferentes fue mayor en las hojuelas fritas de pituca precocidas (tratamiento 2) y en algunas hojuelas de mayor espesor (> 2 mm) y menor en las hojuelas fritas de pituca (tratamiento 1) y en aquellas cuyos espesores de hojuelas son (< 2 mm), que tienen una incidencia directa en la formación de peróxidos. De igual manera el drenado del aceite de las hojuelas después de la fritura y al ser colocadas en un papel absorbente se realiza un presecado que ayuda a disminuir la absorción de aceite.

Entre las variables que más influyen en la calidad del producto frito durante el almacenamiento se tiene: tipo y calidad de la materia grasa. Las alteraciones durante la fritura están relacionadas directamente con el grado de insaturación y calidad inicial del medio de fritura. (Dobarganes, 1980). Se prefiere los aceites mono-insaturados o parcialmente hidrogenados razón por la cual algunas reglamentaciones fijan un contenido máximo de 2% de ácido linolénico (Reglamento Sanitario de los Alimentos Chilenos, 1997). El factor más importante respecto a la calidad inicial del medio de fritura es el período de «turnover», inversamente relacionado con la velocidad de reposición con aceite fresco (Perez C. *et al*, 1988). En general, el período de tiempo en que se emplea una cantidad de grasa de reposición igual al volumen de la freidora, varía entre 8 y 12 horas, controlándose el deterioro por el contenido de ácidos grasos libres (Smith, 1978).

Martínez de la Cuesta *et al.*, (1995) menciona que, la presencia de antioxidantes de los tocoferoles alfa, beta, gama y delta, están presentes en los aceites vegetales, los dos últimos se consideran los de mayor actividad antioxidante. Durante el proceso de fritura se reducen, pero permanecen en el aceite en cantidad suficiente para proporcionar cierta protección al producto terminado frente a la oxidación. La adición de antioxidantes naturales o sintéticos, aumenta la vida útil del alimento entre un 15 a un 20% Algunos autores señalan que existe

una pérdida sustancial de este antioxidante en el aceite durante frituras consecutivas de papas críps sin reposición, posiblemente debido a su degradación térmica y a su arrastre por el vapor de agua liberado mientras se fríe el producto. Es importante, por tanto, aportar más información sobre el contenido inicial de antioxidantes naturales y sintéticos de la materia grasa empleada en la fritura de papas críps y su evolución, tanto durante la preparación del producto, como durante su posterior conservación.

Otras variables que modifican la estabilidad del producto durante el período de conservación son: la luz, la temperatura de conservación del producto frito y el material del envase (Smith, 1978; Pérez-Camino *et al.*, 1988).

Se ha intentado correlacionar el índice de peróxido con el desarrollo de aromas y sabores rancios; pero los resultados no son consistentes ya que muy pocas veces coincide la aparición de la rancidez organoléptica con un índice de peróxido concreto, aun tratándose del mismo tipo de alimento; como es el caso de las papas críps (Cheftel, 1992). Esto demuestra la dificultad de fijar un límite químico acorde con un valor organoléptico.

V. CONCLUSIONES

1. El método más adecuado para disminuir el contenido de ácido oxálico fue el tratamiento 2 (hojuelas de pituca sometidas a precocción a la temperatura de ebullición del agua 89°C por 5 minutos) se logra disminuir el contenido de ácido oxálico en un 86,11% (contenido de ácido oxálico de 0,03%) mientras que en el tratamiento 1 (hojuelas de pituca en solución de Cl Na al 3%, durante 30 minutos por 3 veces se obtiene una acidez expresado en ácido oxálico de 0,042%).
2. Los tiempos de vida útil estimados para las hojuelas fritas de pituca en función al índice de peróxido fueron: (Tratamiento 1) de 20 días con 5,9 m.e.q de O₂/kg, (Tratamiento 2) de 15 días con a 6,1 m.e.q de O₂/kg. Las hojuelas fritas de pituca presentan un deterioro basado en el desarrollo de la rancidez de las grasas en almacenamiento al medio ambiente.
3. El análisis sensorial de las hojuelas fritas de pituca, reporta que el mejor tratamiento en cuanto a apariencia general, color, aroma y sabor fue el tratamiento 1, calificada por los panelistas como "Bueno".

VI. RECOMENDACIONES

1. Fomentar el consumo de cormos de pituca en forma de pasapalos del tipo hojuelas fritas, almidón, papillas para niños y otros.
2. Realizar una investigación para disminuir completamente el ácido oxálico en la pituca utilizando mayores concentraciones de cloruro de sodio.
3. Realizar un estudio microbiológico e identificación de microorganismos en las hojuelas fritas de pituca durante su almacenamiento.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Álvarez M., Elaboración de láminas de tuna (*Opuntia ficus indica*) con incorporación de pulpa de membrillo (*Cydonia oblonga* Mill). Memoria Ing. Agr. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía. 1997, 65p.
2. Asociación of Oficial Agricultural Chemist..official Methods of Anasis of AOAC, publishof association by Analytical Chemist, Virginia USA, 1984.
3. Asociación of Oficial Agricultural Chemist..official Methods of Anasis of AOAC, publishof association by Analytical Chemist, Virginia USA, 1993.
4. Anzaldúa, A., Evaluación sensorial de los alimentos en teoría y la práctica, editorial Acribia, Zaragoza-España, 1994.
5. Basto G., Características y efectos de la pituca en las diferentes fases de la producción porcina, documento de trabajo 001, CORPOICA, 1995, 47p.
6. Benzie I., Lipid peroxidation, a review of causes, consequences, measurement, and dietary influences, Int. J. Food Sci. Nutr, 1996, 46, 233.
7. Bradbury, J., K. Bradshaw, W. Jearsons and W. Holloway, effect of cooking Nutrient content of Tropical from the South Pacific. Journal of Food Science, 1988, 43(1):333-342, 1988.
8. Calvo, C., Uso de placas de referencia en la evaluación visual el color, revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos, España, 1992,32 (6):589-602.
9. Castro Garay A. y Acosta López E., Elaboración de galletas dulces con puré de pituca (*Colocasia esculenta*), Informe final de investigación. Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2005.
10. Collazos C.; White, H., Viñas, E.; Alvistur, E.; Urquieta R.; Vasquez, J.; Diaz, C.; Quiroz, A.; Roca, A.; Hegsted, M.; Bradfield, R.; Herrera, N.; Faching, A.; Robles,

- N.; Hernandez, E.; Arias, M, la Composición de alimentos de mayor consumo en el Perú, Ministerio de Salud, Instituto nacional de nutrición, Lima (perú), 1996.
11. Curb, J., and Reed, D., Fish consumption and mortality from coronary heart disease. N. Engl. J. Med. 1985, pp. 313, 821.
 12. Charley, Tecnología de alimentos, procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos, editorial LIMUSA, S.A. de C.V. grupo Noriega editores, México, 1997, pp. 329-330.
 13. Cheftel, J. C., Oxidación de lípidos, introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos, editorial Acibia, Zaragoza, España, 1992, pp. 265-289.
 14. Dobarganes M.C., Aspectos generales de las grasas calentadas. Grasas y Aceites, 1980,31, 417-422.
 15. Fellows P., Tecnología y procesado de alimentos, principios y prácticas, editorial Acibia, Zaragoza – España, 1994.
 16. Giacometti D. y J. León, yautía o malanga *Xanthosoma sagittifolium*). pp. 25,32 y 58 en, J. E. Hernández Bermejo y J. León. cultivos marginados, otra perspectiva de 1492, Colección FAOn, producción y protección vegetal N' 26. FAO, Roma, 1992.
 17. Gómez Z., María Elena, una revisión sobre el bore (*Alocasia macrorrhiza*), fundación CIPAV, Cali, Colombia, 2001.
 18. Goethart F., H., Hoekman E.; Sinkeldam L.; Gemert And R. Hemu; Cookin; in oil the stability of frying oil with o high linoleic acidid content.Voeding, 1985, 446 (9):300-306.
 19. Gonzales L.; Castello P.; Gagliardino J.; Y Rossi J.; La gelificación de las proteínas y su participación en enfermedades humanas, revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy, Instituto de química y fisicoquímica biológicas, UBA – CONICET, Argentina, 2000.
 20. Hurtado J; y Dufour, D; Valorización de los amiláceos no-cereales promisorios cultivados en América tropical, oportunidades de nuevos mercados en relación con las propiedades funcionales de sus almidones, resumen *VII seminario nacional y I Internacional de Recursos naturales promisorios*, U. del Tolima, Ibagué, Colombia, 1997.
 21. Normas técnicas peruanas de aceites vegetales comestibles, Lima-Perú, 1986.
 22. Jacobson G.; Quality control in deep-fat frying operations. Food Technol. Febrero, 1991, 72.
 23. Kokini J.; L. Shih L. Chedid, Effect of starch structure on starch rheological properties, food tech, 1992, 124-139.

24. Lahtinen R.; M. Wester I.; y Niemela R. K., Storage stability of crips, measured by headspace and peroxide value analyses "short communication", grasas y aceites, 1996, 47, 59-62.
25. León J., Botánica de los cultivos tropicales 219 IICA, San José, Costa Rica, 1987.
26. Labuza, T. P. y Bergquist, S., Kinetics of oxidation of potato chips under constant temperature and sine wave temperature conditions, J. Food Sci. 48, 1983, 712-715.
27. Lisinka G. y Leszczynski, W., Ciencia y tecnología de La papa, Poland.-USA. 1989.
28. Martínez de la Cuesta, P. J. Ruz; Martínez E; y Galdeano Chaparro M.; Enranciamiento oxidativo de aceites vegetales en presencia de alfa-tocoferol, grasas y aceites, 1995, 46, 349-353.
29. Melnick, D., Nutritional quality of frying fats in commercial use. J. Am. Oil Chem, Soc, 1999, 34, 578.
30. Montaldo, A., Cultivo de raíces y tubérculos tropicales IICA., San José, Costa Rica, 1975.
31. Moreno J., Calidad de papa para usos industriales, CORPOICA, Bogota – Colombia, 2000.
32. Moreno R., El color en los alimentos, [en línea], disponible en <http://raulalberto.tripod.com.co/paginadealimentos/id56.html>, visitado, 27 de Octubre 2004.
33. Moyano P.C.; Rioseco, V.K.; y González, P.A., Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated French fries, Journal of food engineering, 2002, 54, 249-255.
34. Pérez-Camino M. C.; Márquez Ruiz, G.; Salgado Raposo A. y Dobarganes, M. C.; Alteración de grasas usadas en frituras, III. Correlación entre índices analíticos y métodos de evaluación directa de compuestos de degradación, grasas y aceites, 1988, 39, 72-76.
35. Ramos V. Carolina y Tarazona Gladis.; Estudio de la estabilidad de las hojuelas fritas de papa durante el almacenamiento al medio ambiente; Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú, 2001.
36. Reglamento Sanitario de los Alimentos; Ministerio de salud, diario oficial de la República de Chile, Mayo, 1997.

37. Sandoval Javier N.E.; Elaboración de un producto tipo Snack (bocaditos) a partir de harina de maíz (*Zea mays*) y pituca (*Colocasia esculenta*), tesis; Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú, facultad de industrias alimentarias, 1993.
38. Santana Camargo A.; "Evaluación de la aptitud para el procesamiento en hojuelas fritas de 31 variedades de papa nativa, en relación a su manejo agronómico"; tesis presentada a la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Perú, 2003.
39. Smith, O.; Potato chips, In potato processing, the avi publishing company, Westport, Connecticut, USA, 1978, pp. 305-402.
40. Valenzuela Alfonso; Sanhueza Julio; Nieto Susana; Petersen Gabriela y Tavella Marcelo; Estudio comparativo en fritura en la estabilidad de diferentes aceites vegetales, investigaciones de transferencia de tecnología; A&G 53, tomo XIII N° 4, 2003, 568-573.
41. WIKIPEDIA, *Colocasia esculenta*; Enciclopedia libre, 2007.
42. Wen L.F.; Luo X.F. y Zheng, C.; Adverse factor in leaf meal from *Alocasia macrorrhiza*, *Trop. Sc*, 1997, 37(2), 111-115.
43. Wen L.F.; Luo, X.F. y Zheng, C.; Carotenoids from *Alocasia* leaf meal as xanthophyll sources for broiler pigmentation. *Tropical Science* 37(2): 1997, 116-122
44. White P.; Methods for measuring changes in deep-fat frying oils, *Food Technol*, Febrero, 75, 1991.