

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS**  
**ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Trabajo final de graduación bajo la modalidad de proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito para optar por el grado de licenciado en Tecnología de Alimentos

**Propiedades Físico-químicas y de calidad de productos procesados  
de tres variedades industriales de papa**

Elaborado por:  
Jorge Hasbun Marin  
981730

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio,  
Agosto, 2006

# TRIBUNAL EXAMINADOR

PRESIDENTE:

Nombre: M.Sc. Pedro Vargas Aguilar

Firma:  \_\_\_\_\_.

PROFESORA DIRECTORA:

Nombre: Licda. Ilciana Alfaro Alvarez

Firma:  \_\_\_\_\_.

PROFESORA ASESOR:

Nombre: M.Sc. Patricia Esquivel Rodríguez

Firma: P/ Olga Cubero C.

PROFESOR ASESOR:

Nombre: Ph.D. Arturo Brenes Angulo

Firma:  \_\_\_\_\_.

PROFESORA DESIGNADA:

Nombre: Licda. Lyana Guzmán Gutiérrez

Firma: Lyana Guzmán G.

## **DEDICATORIA**

*A Dios primeramente por ser mi fuente de inspiración, de fortaleza,  
de sabiduría y de Amor.*

*A mi Familia por el apoyo incondicional, por prestarme ayuda  
desinteresada y por varios empujones bien necesarios.*

*Y a mis amigos que estuvieron a lo largo del camino listos para  
poner el hombro cada vez que lo necesite.*

## **RECONOCIMIENTO**

Deseo extender un agradecimiento especial a todas aquellas personas e instituciones que formaron parte en alguna etapa de este proyecto. Es un apoyo invaluable el cual se ve reflejado en este documento.

Laboratorio de Biotecnología de Plantas del Centro de Investigaciones Agronómicas

Laboratorio de Química de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica.

Laboratorio de Química del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Laboratorio de Biotecnología del Centro de Investigación en Granos y Semillas de la Universidad de Costa Rica.

Extensionistas de las agencias del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Pacayas, Tierra Blanca y Llano Grande

Estación experimental Carlos Durán del Ministerio de Agricultura y Ganadería.  
Oficina Nacional de Semillas

Planta de Proceso del CITA; Universidad de Costa Rica

Empresa MAGMA, por la donación del empaque laminado para proteger las pruebas realizadas.

Empresa NUMAR por la donación Dorofrit-5 para las experiencias de Fritura.

Unidad de Servicio a la Industria de la Sección de Química Industrial, UCR

Laboratorio de Química de Centro del Investigación en Productos Naturales (CIPRONA).

## TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL EXAMINADOR.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RECONOCIMIENTO.....	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN.....	ix
<b>1 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>3 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.....	16
3.2 PRÁCTICAS AGRONÓMICAS.....	17
3.3 REQUERIMIENTOS AGRONÓMICOS Y CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	18
3.2.1 Temperatura.....	18
3.2.2 Humedad.....	19
3.2.3 Suelo.....	19
3.2.4 Fertilización.....	20
3.2.5 Luz.....	21
3.3 VARIEDADES DE PAPA.....	21
3.3.1 MNF-41.....	22
3.3.2 MNF-72.....	23
3.3.3 MNF- 80.....	23
3.3.4 Floresta.....	24
3.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TUBÉRCULO.....	24
3.4.1 Materia Seca (Sólidos totales).....	25
3.4.2 Almidón.....	26
3.4.3 Azúcares Reductores.....	26
3.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL TUBÉRCULO.....	28

3.6 PRODUCTOS INDUSTRIALES.....	29
3.6.1 Bastones prefritos congelados .....	30
3.6.2 Papas Tostadas (Hojuelas o “Chips”).....	33
3.7 CONTROLES DE PRODUCTO TERMINADO.....	36
3.7.1 Color.....	37
3.7.2 Textura .....	38
3.7.3 Absorción de grasa.....	39
4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
4.1 LOCALIZACIÓN.....	41
4. 2 MATERIA PRIMA.....	41
4.2.1 Cultivo.....	41
4.2.2 Condiciones de cultivo.....	42
4.2.3 Procedencia de las variedades .....	42
4.3 METODOLOGÍA .....	42
4.4 ANÁLISIS MORFOLÓGICO.....	44
4.4.1 Análisis estadístico.....	44
4.5 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS VARIEDADES.....	45
4.5.1 Gravedad Específica .....	45
4.5.2 Sólidos Totales .....	45
4.5.3 Almidón .....	47
4.5.4 Azúcares Reductores .....	48
4.5.5 Análisis Estadístico .....	48
4.6 PRODUCTOS PROCESADOS.....	49
4.6.1 Bastones Prefritos Congelados .....	49
4.6.2 Papas Tostadas.....	52
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
5.1 MORFOLOGÍA DE LAS DIFERENTES VARIEDADES.....	54
5.1.2 Distribución de la forma en las diferentes variedades .....	55
5.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS VARIEDADES.....	57
5.3 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS PROCESADOS.....	60

5.3.1 Bastones Prefritos Congelados .....	60
5.3.2 Hojuelas de papa Tostada.....	64
<b>6 CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>7 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO 4.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO 5.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO 6.....</b>	<b>78</b>
<b>8 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>79</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: APARIENCIA DE LAS VARIEDADES UTILIZADAS EN ESTA INVESTIGACIÓN.....	22
FIGURA 2: ESQUEMA METODOLÓGICO A SEGUIR PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LAS VARIEDADES UTILIZADAS. ....	43
FIGURA 3: MECANISMO UTILIZADO PARA MEDIR LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LAS PAPAS..	46
FIGURA 4: PROCESO DE ELABORACIÓN DE BASTONES PREFRITOS CONGELADOS EN ESCALA PILOTO. ....	50
FIGURA 5: PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAPAS TOSTADAS EN ESCALA PILOTO ADAPTADO DE AÑON (1984).....	52
FIGURA 6: PORCENTAJE DE TAMAÑOS ENCONTRADOS EN LAS MUESTRAS DE LOS DIFERENTES VARIEDADES EN LAS PAPAS ANALIZADAS SEGÚN EL CALIBRE. ....	54
FIGURA 7: PORCENTAJES DE CADA FORMA ENCONTRADOS POR VARIEDAD EN LAS MUESTRAS DE PAPA ANALIZADAS. ....	56
FIGURA 8: HOJUELAS DE PAPA DE LAS VARIEDADES UTILIZADAS EN ESTE EXPERIMENTO. ....	66
FIGURA 9: ESQUEMA DEL FREIDOR ELÉCTRICO UTILIZADO. UBICACIÓN DE LOS TERMOPARES (A, B, C, D); CANASTA DE FRITURA (E); RESISTENCIAS (F) Y AGITADOR (G).....	75
FIGURA 10: GRÁFICO DEL COMPORTAMIENTO PROMEDIO DE LA TEMPERATURA EN CUATRO PUNTOS DISTINTOS DE LA TINA DE FRITURA DE UN PROCESO DE FRITURA NORMAL.. .....	76
FIGURA 11: COMPONENTES DEL COLOR EN UN ESPACIO DE COLOR $L^*A^*B^*$ . ....	78

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CLASIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PAPAS DEPENDIENDO DE SU CALIBRE. ...	44
<b>CUADRO 2:</b> CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIEDADES EN CUANTO A GRAVEDAD ESPECÍFICA, PORCENTAJE DE SÓLIDOS TOTALES, PORCENTAJE DE ALMIDÓN Y PORCENTAJE DE AZÚCARES REDUCTORES. ....	58
CUADRO 3: CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL EN LA ELABORACIÓN DE LAS PAPAS PREFRITAS CONGELADAS. ....	60
CUADRO 4: PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LOS BASTONES DESPUÉS DE LA FRITURA FINAL. .	64
CUADRO 5: CARACTERÍSTICAS DE COLOR, CONTENIDO DE GRASA Y TEXTURA DE LAS PAPAS TOSTADAS.....	64
CUADRO 6: RENDIMIENTO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAPAS HOJUELAS DE PAPAS TOSTADAS.....	68
CUADRO 7: PORCENTAJE DE NUTRIENTES EN LA FORMULACIÓN DEL FERTILIZANTE UTILIZADO EN LAS DIFERENTES ÉPOCAS DEL CULTIVO. ....	74

## **RESUMEN**

En este trabajo se evaluó las propiedades físico-químicas de tres variedades de papa y la calidad de dos productos procesados: hojuelas de papa tostada y papa prefrita congelada. Se utilizaron tres variedades de tipo industrial de reciente introducción al país (MNF-41, MNF-72 y MNF-80) y la variedad Floresta que es la variedad cultivada en mayor porcentaje en el país.

Se realizó una caracterización morfológica (forma y tamaño) de cada variedad. Este análisis permitió observar la uniformidad aparente de los materiales industriales en contraste con el alto porcentaje de irregularidades encontradas en la variedad control. Las variedades en general presentan una uniformidad marcada entre calibres pequeños y medianos. Esto se puede deber a un proceso normal de tuberización, en que las papas se desarrollan sin ser afectadas por efectos climáticos.

La caracterización físico-química de la materia prima incluyó la determinación de la gravedad específica, el análisis del contenido de sólidos totales, el porcentaje de almidón y el contenido de azúcares reductores. Las variedades industriales presentaron mayor cantidad de sólidos totales y de almidón que la variedad Floresta.

Se simuló los procesos industriales típicos para la elaboración de papas tostadas y papas fritas para las cuatro variedades. A cada producto se le evaluó las características de calidad más importantes para determinar el efecto de la variedad. Se midió el contenido de grasa, el color y la textura. Se encontró que para las papas tostadas la variedad que presentó mejores cualidades fue la MNF-80 y para papa prefrita fue la MNF-72. La MNF 41 presentó colores inaceptables para el tostado y en la variedad control se encontró un alto contenido de grasa en ambos productos.

## **1 JUSTIFICACIÓN**

En Costa Rica se consume alrededor de 19 kilogramos de papa per cápita al año, cantidad similar a lo estimado para los granos básicos como el arroz. El tubérculo posee un alto valor calórico, el cual aporta una gran cantidad de energía a la nutrición del consumidor. De la cantidad consumida por habitante, un 38% se ofrece en forma procesada, o sea como papa frita, tostada o deshidratada. Debido a su alto contenido de carbohidratos, la papa se convierte en un factor esencial en la dieta costarricense. Según recientes encuestas realizadas por el Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA), la papa ocupa el segundo lugar de preferencia como hortaliza por los hogares costarricenses así como para jóvenes y niños en las escuelas (Alvarado, 2003).

Debido a que los costos de producción de la papa son menores que los incurridos en el cultivo de otros vegetales como, los granos básicos, impacta positivamente el precio final al consumidor al disminuirlo con respecto a otros vegetales. Estos factores hacen que el cultivo de la papa genere un impacto importante en la sociedad costarricense. En el año 2003 la canasta básica subió 5.22% debido en gran parte al aumento de un 19% en el precio de la papa, lo que demuestra la influencia socioeconómica que tiene este cultivo en Costa Rica (INEC, 2003).

Para los productores de la zona Norte de Cartago y de la zona de Alfaro Ruiz de Alajuela, la papa constituye uno de los principales rubros de ingreso. Ocupa además, uno de los primeros lugares entre los productos de mayor volumen que se comercializan en el Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos (CENADA). El precio oscila según la oferta y demanda del producto a través del año. En los meses de marzo y de agosto a octubre se da una disminución del precio; en noviembre y diciembre éste aumenta (PIMA, 2003).

Aunque en el CENADA se comercializa un alto volumen de papa para su venta en fresco por medio de comerciantes detallistas y supermercados, un alto porcentaje de producto es

destinado hacia la industria. El sector industrial se concentra en la producción de papa tostada y prefrita congelada. Ambas industrias en Costa Rica son importantes ya que estos dos productos han cobrado mucha fuerza en el mercado nacional. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG 2003), la industria de papa tostada requiere de 11 437,4 toneladas de papa fresca anuales, lo que representaba en el 2002 un 19% de la producción nacional. Esta forma de industrialización está representada en más de 25 empresas las cuales pueden ser desde artesanales hasta empresas con equipo automatizado (CNP, 2003).

La producción en este país se concentra en variedades que tienen un alto rendimiento por hectárea, dejando de lado la calidad del material para un sector específico del mercado. Esto ha producido un incremento en el mercado de papa para consumo fresco y una disminución en la oferta de material con características óptimas para ser procesado por la industrial (COMEX, 2002).

Debido a que existe una gran demanda por papa de calidad industrial y que las cadenas de comidas rápidas consumen gran cantidad de este tipo de papa, el mercado solo se está pudiendo satisfacer mediante la importación de producto terminado. Esto ayuda al progreso de la industria nacional de producto terminado de calidad, sin embargo impacta negativamente al agricultor nacional. Otro método utilizado por los industriales es la compra en el extranjero de materiales de papa con calidad industrial y los cuales son procesados en Costa Rica. De estas dos maneras se aseguran un producto final competitivo y agradable al consumidor (CNP, 2003).

Con la firma del tratado de libre comercio con Canadá el panorama de la agricultura nacional cambió. De este tratado se excluyó a la papa fresca para fines de procesamiento, implicando que por un determinado tiempo la entrada de cualquier material será gravada con una serie de impuestos. Sin embargo esto será por un tiempo definido hasta que los impuestos de entrada se eliminen y los productos del extranjero compitan directamente con los nacionales. Esto implica que los agricultores tienen una ventana de tiempo para reformular las estrategias que les permitan acceder en mercados extranjeros de forma

competitiva. De acuerdo a un comunicado de prensa realizado por COMEX (2002) las estrategias planteadas por diferentes entes se concretan los siguientes puntos: apoyar un programa de producción de semilla certificada, hacer estudios de comercialización para productos hortícolas, desarrollar una planta agroindustrial, transferir tecnológica y desarrollar la gestión empresarial (COMEX, 2002).

Estas iniciativas responden a situaciones específicas a las cuales se les ha atribuido la reducción del consumo de papa nacional por parte de los industriales. Tales situaciones se dan por como la alta variabilidad en la materia prima que se presenta por el efecto de las condiciones climáticas y el manejo agronómico, o el no contar con variedades adecuadas tanto en sabor ni en características industriales (MAG, 2003).

Con respecto al mejoramiento genético, Costa Rica solamente ha realizado selecciones en campo de materiales producidos en su mayoría por programas como los llevados a cabo por el Centro Internacional de la Papa (CIP) (MAG, 1996). La variedad Floresta fue liberada en 1996 por la Oficina Nacional de Semillas. Esta ocupa actualmente la mayor área de siembra en el país y por ende el mayor porcentaje de producción (Oficina Nacional de Semillas, 1996, Anexo 1). Sin embargo esta variedad afecta en gran medida a la industria de productos fritos por sus grandes variaciones en cuanto a la cantidad de sólidos totales a través del año y por la zona donde se cultiva. Y como resultado, las empresas han debido adecuar sus procesos para poder trabajar con esta variedad. Debido a la poca oferta de otras variedades con calidad industrial, los industriales se han visto forzados a disminuir la calidad de sus productos con tal de suplir la demanda del mercado nacional (IFPRI y MAG, 2004).

De aquí se deriva la importancia de evaluar en nuestro país materiales promisorios de papa utilizados para fines industriales en otros países. El Laboratorio de Biotecnología de Plantas (LBP) del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) se ha dedicado a estudiar desde hace ya algunos años, materiales promisorios provenientes del Banco de germoplasma “IPK Genbank Aubenstelle Nord” de Alemania, con la idea de determinar su

adaptación y desarrollarlos en nuestro país, para proveer al sector productor e industrial de variedades que reúnan las características requeridas para su producción en campo y su posterior industrialización.

Estos materiales han pasado por un proceso de cultivo in vitro, invernadero y campo y que en la etapa de campo, los materiales son sembrados en fincas normalmente utilizadas para la siembra de papa. En esta etapa del desarrollo es de vital importancia realizar una evaluación de las características fisicoquímicas y de las propiedades del producto procesado.

Estas variedades podrían tener características agronómicas superiores en cuanto a producción y características fisicoquímicas, lo que influye directamente sobre la cantidad y calidad de los productos finales en la industria.

Se espera que este trabajo sea un precedente para futuras investigaciones en el área del cultivo de papa para uso industrial en Costa Rica. La metodología utilizada para evaluar los diferentes materiales servirá para tomar decisiones sobre materiales promisorios de papa existentes en el país. De esta manera se puede proponer soluciones para mejorar la calidad de los productos finales de la agrocadena en la papa.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

- Evaluar las propiedades físico-químicas y la calidad de dos productos procesados (papa tostada y papa prefrita) de tres variedades industriales de papa de reciente introducción en Costa Rica y la variedad Floresta.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Hacer una descripción de las características físicas y morfológicas de las cuatro variedades de papa a utilizar.
- Comparar las tres variedades industriales entre sí y con la variedad Floresta en cuanto al porcentaje de sólidos totales, azúcares reductores y almidón.
- Comparar la calidad de los productos procesados (papa tostada y papa prefrita), producidos a partir de las tres variedades industriales y la variedad Floresta midiendo el contenido de grasa, el color y la textura.

### **3 MARCO TEÓRICO**

El procesamiento de la papa, *Solanum tuberosum*, es casi tan viejo como el cultivo mismo. Desde hace más de cinco siglos los quechuas de los Andes del Perú idearon la manera de secarla y producir una harina que se podía almacenar. El procesamiento como tal, no se desarrolló sino hasta la Primera Guerra Mundial cuando simultáneamente se crearon en Europa y Estados Unidos industrias de productos de papa deshidratados. Después de 1918, estas industrias desaparecieron y volvieron a tener auge en 1940 con el desarrollo de “chips” y en 1960 de las “papas fritas o a la francesa”. La papa es un alimento del cual se puede obtener un gran número de productos: almidón, harina, hojuelas, fideos, productos congelados y prefritos entre otros (Chavarría, 1985).

#### **3.1 Descripción de la planta**

La planta de la papa pertenece a la familia Solanaceae, cuyo nombre científico es *Solanum tuberosum*. Es una planta suculenta, herbácea y anual por su parte aérea, y perenne por sus tubérculos que se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal. El tubérculo de la papa es un tallo subterráneo ensanchado en cuya superficie tiene yemas axilares en grupos de 3 a 5 y protegidas por hojas escamosas (ojos) (Aguilera, 1997).

La planta distribuye los productos de la fotosíntesis hacia el crecimiento y desarrollo de sus tallos, hojas, raíces, estolones, flores y frutos. Esta etapa es conocida como etapa de crecimiento vegetativo-reproductivo (Egusquiza, 2000). Cuando estos centros de crecimiento reducen su requerimiento de productos de la fotosíntesis se almacenan, dando inicio a la etapa de tuberización. Todos los factores que favorecen una etapa desfavorecen la otra. La planta tiene mecanismos que determinan que estas etapas sean complementarias pero, es muy importante y decisivo el ambiente en el que se encuentran. Por esta razón es necesario controlar la cantidad de luz y de lluvia que recibe el terreno (Devaux *et al.*, 1994).

### 3.2 Prácticas Agronómicas

Las características de crecimiento y desarrollo de las plantas de papa son complejos y de múltiple interdependencia con el medio ambiente, esto significa que su manejo es igualmente variable (Alaluna *et al.* 2001). Así mismo para que la papa sirva como insumo de una industria alimentaria es necesario conocer y controlar varios factores que pueden afectar el producto final. Entre ellos, es importante la calidad de la semilla que se utilice para la siembra. Se debe determinar la procedencia de la misma ya que muchos agricultores tienen la mala práctica de conservar lo peor de su producción, y luego sembrar el campo con dicho material. De esta manera se corre el riesgo de infectar y contaminar el campo con una gran cantidad de organismos patógenos, lo que incide sobre la calidad de la cosecha (Egusquiza, 2000).

Tener los insumos adecuados no es todo en la siembra de la papa, se debe realizar prácticas agronómicas que favorezcan las características de cada variedad. Además de sembrar buena semilla, es necesario tener en cuenta que el terreno tenga disponibilidad de agua y un suelo con humedad uniforme. Las plantas no se deben sembrar demasiado cerca unas de otras, dado que esto afecta el tamaño del tubérculo, así mismo debe existir una distancia suficiente entre los surcos para promover un crecimiento adecuado de la planta (Ezeta, 2000).

Una consideración muy importante a tomar en cuenta es la variedad que se piensa sembrar. Tiempo atrás, cuando el número de variedades era relativamente pequeño, los consumidores distinguían las papas únicamente por el color de la piel (roja o blanca), pero poco a poco el número de variedades en el mercado ha ido aumentando y el consumidor va apreciando no solo la forma del tubérculo, textura y color de la piel o facilidad de pelado, sino también la diferencia de calidad culinaria, ya que no todas las variedades tienen el mismo sabor, dan igual calidad de fritura, mantienen su consistencia al cocer, etc. (Borruey *et al.*, 2000).

### 3.3 Requerimientos agronómicos y condiciones climáticas

La papa se ve afectada por el ambiente que la rodea. El clima, el terreno, la cantidad de luz, y de lluvia y las prácticas agronómicas como la fertilización, son factores que hacen variar significativamente las características de los tubérculos. Por esto es importante conocer cuales son las condiciones ideales para el cultivo. En el país tenemos estaciones climáticas muy marcadas, lluviosa o seca. La estación húmeda se caracteriza por altas precipitaciones y bajas temperaturas; condiciones que afectan directamente al cultivo. Esta época del año en particular se le conoce como “Inverniz” (MAG, 1996).

#### 3.2.1 Temperatura

La papa es una planta de clima templado-frío, siendo la temperatura ideal del suelo para que el proceso de tuberización sea exitoso de 15 - 18 °C y la del ambiente entre los 20 y 25 °C. La temperatura depende de la intensidad de la luz, si hay menos luz hará más frío. Por otro lado, las temperaturas altas del suelo hacen que se produzcan tubérculos de tamaños y formas no deseadas. Bajo estas condiciones se promueve la síntesis de giberelinas. Estas sustancias, las cuales tienen funciones de hormonas de crecimiento, son exportadas a los estobnes, inhibiendo de esta forma la formación de tubérculos. La tuberización se retarda sustancialmente si la temperatura está por encima de los 20 °C, y se inhibe totalmente si es mayor de 30 °C (Soboh *et al*, 2000).

La temperatura (fresca) durante las noches es importante porque influye en la acumulación de carbohidratos y materia seca de los tubérculos. Sin embargo, el frío excesivo perjudica especialmente a la papa, ya que los tubérculos se quedan pequeños (InfoAgro (2004), Muñoz *et. al.*(2005).

### 3.2.2 Humedad

La humedad relativa moderada es un factor muy importante para el éxito del cultivo de la papa. Una adecuada irrigación durante el periodo de crecimiento es fundamental para optimizar la producción del cultivo. La papa requiere de una fuente continua de agua proveniente del suelo y una buena aireación del suelo. Se obtendrán mejores rendimientos al tener una humedad sostenida del suelo mayor al 70 % de la capacidad disponible (Soboh et al, 2000).

Sin embargo la humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo comprendido entre la aparición de las flores y la maduración del tubérculo, resulta nociva (InfoAgro, 2004), esto principalmente por la proliferación de microorganismos patógenos que inciden en el desarrollo natural de la planta.

### 3.2.3 Suelo

La papa es un cultivo poco exigente en cuanto a recursos del suelo, sin embargo, se ve afectado por terrenos compactados y pedregosos, ya que los órganos subterráneos no pueden desarrollarse libremente al encontrar un obstáculo mecánico en el suelo. Los terrenos con excesiva humedad, afectan a los tubérculos ya que se hacen demasiado acuosos, poco ricos en almidón y poco sabrosos y conservables. La papa prefiere los suelos ligeros o semi-ligeros, silíceo-arcillosos, ricos en humus y con un subsuelo profundo. Es un cultivo que soporta el pH ácido entre 5.5 – 6. Esta circunstancia se suele dar más en los terrenos arenosos. También se considera a la papa como una planta tolerante a la alta salinidad (InfoAgro, 2004).

### 3.2.4 Fertilización

La papa requiere de un balanceado suministro de los nutrientes, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, cobre, zinc, manganeso, boro y molibdeno, ya que cumplen funciones específicas para su adecuado desarrollo. La falta de algún nutriente origina un retardo del crecimiento y disminución del rendimiento (InfoAgro, 2004).

La demanda de nutrientes del cultivo es la cantidad de cada sustancia que la planta absorbe de la solución del suelo para lograr un determinado rendimiento. Para satisfacer la demanda del cultivo es importante conocer el aporte de nutrientes del suelo a través de sus características físico-químicas. La diferencia para cubrir la demanda es aplicada con la fertilización; también es importante la fuente del nutriente y su eficiencia en el suelo. Por ejemplo el potasio y el fósforo son de difícil absorción dado que la planta posee un sistema radicular poco eficiente y además ambos nutrientes presentan poca movilidad, esto acentúa la importancia del reforzamiento de ambos elementos en el paquete de fertilización (MISTI (2006); Vorne *et. al.* (2002).

Es importante tomar en cuenta que las necesidades de la planta varían según la etapa en que se encuentre. Al ser una plántula, su desarrollo está orientado a producir un buen desarrollo radicular y un desarrollo aéreo inicial. Por ello durante esta etapa se requiere un alto aporte de fósforo y dosis iniciales de nitrógeno y potasio (MISTI, 2006).

En la etapa de crecimiento vegetativo el crecimiento es rápido, y establece las bases de un buen desarrollo foliar y una total cobertura del suelo. En esta etapa el requerimiento de nitrógeno es alto y de gran importancia (MISTI, 2006).

La tuberización y desarrollo de tubérculos es la etapa que se caracteriza por una alta acumulación de los carbohidratos en los tubérculos en un corto período de tiempo. Esta fase es crítica, ya que determina el rendimiento y calidad final del producto. En esta etapa

la demanda de potasio es alta y debe haber una alta disponibilidad de este nutriente, para asegurar la movilización de nutrientes al tubérculo (MISTI, 2006).

### 3.2.5 Luz

La duración del día influye considerablemente sobre el crecimiento de la papa. Bajo condiciones de días cortos, las plantas presentan una tuberización precoz, los estolones son cortos y el follaje escaso. Bajo condiciones de días largos, el proceso de tuberización se retarda y reduce (Soboh et al, 2000).

Cuando la intensidad de la luz es alta, tanto la iniciación de la tuberización como su desarrollo es temprana, la máxima longitud del tallo se alcanza rápidamente, el rendimiento por hectárea es alto y los tubérculos contienen un mayor porcentaje de materia seca que cuando la intensidad de luz es baja. Generalmente, bajo esta última condición, el crecimiento del follaje se estimula y el crecimiento del tubérculo es retardado. Lo opuesto ocurre cuando la intensidad es alta (Soboh et al, 2000).

La relación entre la intensidad de luz y la altura sobre el nivel del mar puede influenciar el hábito de crecimiento (InfoAgro, 2004).

## 3.3 Variedades de Papa

Cada variedad de papa posee características muy propias debido a su conformación genética. Estas se ven afectadas por el ambiente que las rodea y las prácticas con las cuales se cultiva. Sin embargo, mediante procesos de mejoramiento genético, los materiales de papa pueden mejorar esas características. En la Fig. 1 se observan las diferentes variedades evaluadas en este experimento.



Figura 1: Apariencia de las variedades utilizadas en esta investigación.

### 3.3.1 MNF-41

La MNF- 41 es una variedad holandesa de ciclo medio, de vigoroso desarrollo foliar en el campo e invernadero. Produce flores en abundancia media de color rojo-violeta y tubérculos ovalados largos de piel roja brillante y lisa. La carne del tubérculo es color crema y los ojos son superficiales (Fig. 1). Es una variedad que se adapta para consumo

fresco, pero resulta excelente para papas a la francesa y puré. El período de latencia de los tubérculos es medio (2-2,5 meses). Estos presentan un contenido medio de almidón y se producen en mediana abundancia en el campo. Los tubérculos son grandes cuando la planta esta madura y la cosecha es bastante uniforme. Con respecto a sus resistencias, la MNF- 41 posee una mediana resistencia a la sarna común, alta a la pudrición seca causada por *Fusarium* spp., mediana resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y Rhizoctonia y muy alta resistencia al pie negro. Posee también una mediana a alta resistencia a los virus PVA, PVM, PVX y PVY, y es también muy resistente a la sequía (GLKS, 2000).

### 3.3.2 MNF-72

Es un material alemán de ciclo corto, con flores blancas en cantidades abundantes, tubérculos ovalados, de cáscara ocre y muy lisa, ojos superficiales y de carne amarilla (Fig. 1). Posee un contenido medio de almidón en sus tubérculos y resulta excelente para la preparación de papas a la francesa. Posee una alta consistencia después la cocción. En el campo produce un alto número de tubérculos de mediano tamaño y su cosecha es muy uniforme. Los tubérculos presentan un periodo medio de latencia (2 meses). Esta variedad posee una alta resistencia a la sarna común, una mediana resistencia al tizón tardío, alta resistencia a la Rhizoctonia y Pie Negro (*Erwinia carotovora*) y mediana resistencia a las infecciones virales (GLKS, 2000).

### 3.3.3 MNF- 80

La variedad MNF- 80 (Fig. 1) es un material holandés de ciclo medio, de vigoroso desarrollo del follaje en el campo. Produce baja cantidad de flores de color blanco, y tubérculos ovalados de piel lisa, color ocre y carne color crema. Los ojos son casi superficiales y los tubérculos presentan un período medio de latencia (aproximadamente 2,5 meses). Es una variedad que se adapta bien al consumo fresco e industrial, especialmente

para la preparación de papas tostadas o chips. Los tubérculos presentan altos contenidos de almidón y se producen en gran número y de tamaños medios. Posee una alta resistencia a la sarna común, tizón tardío, Rhizoctonia y Pie negro, una mediana a alta resistencia a virus y mediana resistencia a la sequía (GLKS, 2000).

### 3.3.4 Floresta

Floresta es una variedad de origen peruano. El Centro Internacional de la Papa (CIP), en donde se mejoró el material, exportó a Costa Rica un grupo de materiales promisorios en la década de los noventa y entre estos el que hoy en día se conoce como la variedad Floresta. Es un material que posee un buen rendimiento por hectárea de 30 a 40 ton/ha y tiene una gran aceptación tanto en la industria como para consumo fresco. Entre sus características más notables están su resistencia al tizón tardío, además de presentar un contenido de sólidos aceptables dependiendo de la época. Los tubérculos se caracterizan por presentar una forma oval-alargada, ojos superficiales, piel lisa, blanca y clara, pulpa de color blanquecina (Fig. 1) y un ciclo vegetativo de 90 – 120 días (MAG, 1996).

## 3.4 Composición química del Tubérculo

De acuerdo a un reporte emitido por el CIP en conjunto con la FAO, las características físicas y químicas de la papa son determinantes para el mercado meta al que se propone llegar. En los últimos años el uso mundial de la papa se está trasladando el mercado de papas frescas hacia los productos procesados tales como papas fritas (hojuelas), papas prefritas (a la francesa) y papas congeladas y deshidratadas. Debido a que los procesos industriales requieren de productos estandarizados y de altos rendimientos de producción, los controles sobre el cultivo de la papa han aumentado (Moreno, 2000). Sin embargo, se deben tomar en cuenta muchos factores, dado que la composición química puede variar substancialmente de acuerdo a la variedad, condiciones agroclimáticas durante el

crecimiento (tipo de suelo, aplicación de fertilizante, temperatura, suministro de humedad y luz) y grado de madurez; haciendo de la papa una materia prima complicada para la industria (CIP, 1992).

El tubérculo de la papa como material vegetal tiene varias características útiles para controlar y predecir su comportamiento en un proceso industrial. Algunas características útiles en el control de materia prima son: el porcentaje de sólidos totales, la densidad del tubérculo, el porcentaje de almidón, el contenido de azúcares reductores y la morfología del tubérculo (Moreno, 2000).

### 3.4.1 Materia Seca (Sólidos totales)

La materia seca en la papa es uno de los componentes más importantes en el procesamiento industrial ya que se relaciona con rendimiento. El contenido de materia seca es extremadamente variable: se ha encontrado un rango de 13,7% a 34,8% en la colección de germoplasma del CIP. El almidón es el constituyente de mayor proporción en la materia seca, por lo que se han realizado múltiples estudios para correlacionar el contenido de almidón con la gravedad específica del tubérculo (CIP, 1992). Según Belitz y Grosch, (1999), también se pueden encontrar pequeños porcentajes de azúcares y fibra en la papa. La mayor parte de la fibra está en la parte de la piel, así que la papa pelada utilizada en la industria contiene menos de 1,5% de fibra total.

Es importante recalcar que este factor es relevante para los agricultores ya que la mayoría de los procesadores de alimentos en otros países utilizan los sólidos totales como elemento de peso para criterios de compra de materia prima. Dependiendo del producto que se vaya a procesar es importante para el industrial un alto contenido de sólidos ya que esto aumenta su rendimiento (Bonierbale *et al.*, 2000).

Por otro lado una papa con un contenido excesivamente elevado de materia seca resulta harinosa y hulosa después de pasar por un proceso de cocción. Para los procesos

industriales (excepto los de extracción de almidón) se busca un porcentaje de sólidos totales cercano al 25%. Este nivel de sólidos garantiza un rendimiento elevado en términos de producto final para productos como puré, papa deshidratada, papas tostadas (hojuelas) o papas fritas (“a la francesa” o “french fries”), (CIP, 1992).

### 3.4.2 Almidón

El almidón es un carbohidrato complejo (polisacárido), el cual está compuesto por cadenas de azúcares entrelazadas. Entre las principales cadenas que lo componen están la amilosa y la amilopectina. La primera es una cadena lineal de forma helicoidal que tiene la capacidad de formar complejos de color azul en la presencia de yodo. En general el almidón de papa posee un 40% de amilosa y un 60% de amilopectina. Las proporciones exactas varían según la variedad de papa y así como sus propiedades fisicoquímicas (Belitz y Grosch, 1999).

El almidón se utiliza como ingrediente en muchos alimentos, por ser uno de los carbohidratos más importantes para la nutrición humana. Adicionalmente, a nivel industrial sus usos varían desde la fabricación de papel o uso textil hasta la industria de alimentos (Belitz y Grosch, 1999).

En los procesos industriales de fritura, el almidón sufre cambios estructurales en los cuales los cristales, tanto de la amilosa como los de la amilopectina, se reorganizan. Esta conformación promueve la formación de un gel que funciona como una barrera protectora contra la entrada del aceite a nivel de fritura (Severino *et al.*, 2005).

### 3.4.3 Azúcares Reductores

Otros componentes que influyen directamente sobre la calidad y clasificación de variedades para diferentes procesos industriales son los azúcares reductores como la glucosa y

fructosa. Estos son los azúcares más importantes y los que se encuentran en mayor cantidad en la carne del tubérculo (Moreno, 2000). La literatura reporta contenidos de azúcares en papa desde 0,040 % hasta 1,00% en peso fresco, y como porcentaje óptimo se establece un valor de 0,30% para algunos productos industriales (Rodríguez y Wrolstad, 1997; Moreno, 2000; Feltran *et al.*, 2004).

Los azúcares reductores tienen un efecto importante durante el uso industrial del tubérculo. En la fritura, las papas se oscurecen debido a la reacción entre los azúcares reductores y aminoácidos; esto es conocido como la reacción de Maillard, cuyo mecanismo es muy complejo; no está completamente entendido y resulta en la formación de polímeros no caracterizados de pigmentación café (Southgate, 1976).

Las reacciones de Maillard se presentan en menor grado en la industria de papas fritas. El proceso térmico para producir bastones prefritos congelados ó papas prefritas congeladas, es menos agresivo que en la fritura de hojuelas, por lo tanto el efecto que tiene el calor sobre los azúcares reductores es de menor relevancia (Pritchard y Adam, 1994).

El contenido de azúcares reductores depende principalmente de factores como la variedad, el grado de madurez de los tubérculos, la temperatura de almacenamiento y el desarrollo fisiológico del tubérculo (Van der Plas, 1987).

El tubérculo de la papa consume los azúcares mediante el metabolismo de crecimiento al madurar fisiológicamente. Por esto es importante que la cosecha se de en un momento óptimo para que el material tenga pocos azúcares reductores durante el proceso de fritura (Pritchard y Adam, 1994).

Durante su almacenamiento, los tubérculos pueden sufrir cambios químicos importantes los cuales están relacionados con la conversión de almidón en azúcares y la oxidación de éstos por respiración. Entre 10 y 15°C la reacción es reversible (almidón-azúcar-almidón). A más bajas temperaturas, la conversión del almidón en azúcar aumenta y esta queda

almacenada en el tubérculo . A temperatura cercana a 10°C, el aumento de azúcar es lento pero se incrementa rápidamente si baja la temperatura. Estas conversiones, en las que liberan azúcares reductores, se conocen como “endulzamiento”, el cual se puede revertir con un régimen de temperaturas llamado re-acondicionamiento previo al uso de la papa. Los industriales utilizan a menudo esta técnica para mejorar las características de sus productos (Van der Plas, 1987).

El contenido de azúcares reductores en la papa también se ve afectado por el crecimiento de los brotes al inicio de la etapa de senescencia. Este proceso es completamente diferente al endulzamiento; dado que este proceso se da solo en material almacenado largos periodos de tiempo y sin control de la brotación(Pritchard y Adam, 1994).

### 3.5 Características Físicas del Tubérculo

Se debe hacer una distinción entre la calidad externa del tubérculo (el color y aspecto de la piel, profundidad de los ojos, forma y tamaño y la ausencia de daños por podredumbre o plagas) y la calidad intrínseca, en la que destacan el color de la pulpa, el contenido de materia seca, el porcentaje de azúcares reductores, el pardeamiento después del pelado, susceptibilidad a las manchas negras y decoloración después del cocido. Todas estas características de la calidad vienen determinadas por la variedad y las condiciones en las que se desarrollo el cultivo (Andrade, 1997).

Las características físicas de forma y tamaño son de gran importancia en la aceptación del producto por los industriales, ya que un tamaño uniforme provee un proceso con menores pérdidas. La forma del tubérculo es una característica varietal, que influenciado por las condiciones medio ambientales y prácticas agrícolas, puede variar considerablemente, sin embargo, los cultivares son comúnmente clasificados en redondos, ovalados o irregulares (Andrade, 1997).

Un tubérculo redondo tiene grandes ventajas a nivel industrial por ser más uniforme para ser pelado por un equipo de abrasión. Esta máquina se compone de una cabina circular que da vueltas a alta velocidad con las paredes forradas en material abrasivo. De esta manera, al entrar la papa en el cilindro, la cáscara se va gastando hasta que la papa sale pelada. Al introducir papas irregulares en este tipo de sistema, se debe gastar una cantidad alta de materia prima para lograr remover toda la cáscara (Fernandez de Rank *et al.*, 1999).

Por otro lado, una papa ovalada es más deseable en el caso de las papas prefritas congeladas. Esta forma específica da al producto final el largo deseado por el consumidor. Por lo que el industrial buscará la variedad específica para mejorar la calidad de su producto (Fernández de Rank *et al.*, 1999).

### 3.6 Productos Industriales

Por su fácil manejo y amplia disponibilidad, la papa se ha vuelto muy popular para procesar una amplia gama de productos. En la mayoría de los casos se tiene un rendimiento muy alto que hace de los productos de valor agregado un negocio muy rentable. Entre los productos más comunes están las frituras de papa, la extracción de almidón y el procesamiento de productos intermedios como la papa prefrita. Sin embargo, también a nivel de mercado se puede encontrar productos como la papa seca, el puré de papa deshidratado, la papa pelada y cortada y el pan de papa (Gomez y Wong, 1998).

El consumo de comidas tipo “snacks” ha aumentado significativamente en los últimos 15 años, dadas las tendencias modernas hacia la comida rápida. Por ello uno de los principales productos, es la papa prefrita congelada, que no es de venta directa al consumidor pero es un insumo importante para el sector de restaurantes. En este caso el producto final del industrial es la materia prima del consumidor, quien termina el tratamiento de fritura. Otro producto que se vio favorecido por las tendencias mundiales es la papa tostada. Este producto es más sensible a la materia prima utilizada, ya que el industrial es el que termina el proceso de fritura. A pesar que la demanda incrementa constantemente para ambos

productos, la oferta se mantiene o disminuye, sin mejorar el grado de tecnificación de la misma. (Andrade, 1997).

### 3.6.1 Bastones prefritos congelados

Los bastones congelados o “papitas fritas” como se conocen popularmente en Costa Rica, son uno de los principales insumos para restaurantes y sodas del país. Su facilidad de manejo y disponibilidad en el mercado hacen que sea un complemento perfecto para cualquier tipo de comida. Sin embargo por ser un alimento alto en carbohidratos y en grasa, se ha tratado a nivel mundial de disminuir su aporte calórico. Siendo una de las maneras más prácticas el uso de materia prima de características industriales. A pesar de que la calidad de este producto está muy asociada al tipo de proceso que se le suministró, las características varietales de la misma toman importancia

Las diferentes operaciones que se realizan durante el proceso tienen un efecto importante sobre la calidad del producto final. El lavado, la selección y el pelado son operaciones críticas para el rendimiento final del producto. La pérdida de materia que se produce en el pelado es en promedio del 15 %. Para disminuir esta pérdida a un mínimo, los tubérculos deben tener una forma regular y la menor cantidad posible de defectos externos, enfermedades y heridas (Guido y Mamani, 2001).

Las papas peladas son depositadas en recipientes conteniendo agua, para evitar oxidaciones, y son sacadas solo en el momento de cortarlas. El troceado define el tipo de papa que se desea procesar, ya sea gruesa o delgada. Las máquinas de cortado se deben regular para obtener bastones de tamaños similares, que deben oscilar entre 7 – 12 mm de ancho, un bastón demasiado grueso no permitiría la cocción completa del interior de la papa y uno muy delgado generaría un producto muy tostado y no con el centro suave que se desea (Añón, 1984).

En la producción de papas a la francesa, el adecuado almacenamiento de la materia prima y el escaldado han reemplazado al re-acondicionamiento, como método de reducción de los azúcares reductores, previniendo así el oscurecimiento de las papas fritas (Guido y Mamani, 2001).

Antes de la operación de fritura, los trozos de papa, son previamente escaldados por unos minutos en agua a temperaturas de 70 a 95°C o en algunos casos se utiliza vapor. Esta operación destruye la actividad enzimática y lixivia una importante cantidad de los azúcares reductores y otros constituyentes químicos responsables de la producción de colores y sabores anormales (Guido y Mamani, 2001). Con este proceso se pueden observar beneficios como un color más uniforme entre las papas fritas, una reducción de la absorción de grasa a través de la gelatinización de la superficie de la capa de almidón, una reducción del tiempo de freído debido a que la papa es cocinada parcialmente por el escaldado y una mejora en la textura del producto final (Severini *et al.*, 2005).

Después del escaldado, el exceso de agua de las papas debe ser escurrido para reducir la carga en la freidora y la excesiva hidrólisis del aceite. Mientras más bajo sea el contenido de agua en las papas, menor será el tiempo requerido para freírlas y consecuentemente menor el contenido de aceite del producto. La industria utiliza para esta operación secadores de aire caliente en combinación con bandas transportadoras vibratorias (Guido y Mamani, 2001).

Observar y controlar las condiciones de la fritura es esencial para obtener un producto que cumpla tanto con el color como con la textura interna que se requiere. Entre las condiciones más críticas esta el tiempo de fritura. Es importante considerar que existe un margen de tiempo pequeño para que el producto quede crudo o apropiadamente cocido. Este tiempo establece un balance entre la textura de la papa y el contenido de grasa absorbida por el producto. El tiempo óptimo corresponderá a un producto crujiente con el menor contenido de grasa posible (Blumenthal y Stier, 1991).

En general, la absorción de aceite se ve afectada por la gravedad específica de la materia prima, por el tamaño y forma de los trozos de papa y por el tiempo que permanece el producto en el aceite caliente. Las temperaturas comúnmente usadas están en el rango de 176 a 190 °C. La temperatura no debe exceder los 199 °C, ya que sobre esta temperatura se sobrepasa el punto de humo de la mayoría de los aceites, la cual daría a los productos sabores y coloraciones extrañas (Guido y Mamani, 2001).

Para algunos productos se utiliza solo una pre fritura con el objetivo de dar al producto una mejor textura y aumentar su vida útil para luego ser congelado y distribuido de esta forma. El prefreído se lleva a cabo de manera que las papas tengan una buena calidad al consumirlas después de su fritura final. Se maneja un tiempo promedio de 2 minutos y una temperatura que alcanza los 190 °C en la mayoría de los casos (Guido y Mamani, 2001). La pre fritura sirve para destruir cualquier actividad enzimática en la superficie de las papas que no haya sido destruida por la operación de escaldado, así evitando que el producto adquiera coloraciones extrañas. Otra utilidad de esta operación es que el contenido de agua adherida a las papas es menor, de manera que éstas no se pegan unas a otras o sobre el metal de los transportadores al ingresar al túnel de congelado en caso de los procesos IQF (Individual Quick freezing) (Rivera *et al.*, 2003).

Esta operación de congelación individual a muy bajas temperaturas es muy común para este tipo de productos. Los procedimientos para congelar las papas son muy similares, utilizan un túnel de congelación de un largo variable y una banda transportadora continua. Con el método IQF, el congelamiento se logra rápidamente requiriendo solo de 12 minutos a – 40°C. El tiempo depende directamente del largo del túnel y de la velocidad de la banda; lo cual depende de la capacidad de enfriamiento del sistema en general. Una de las grandes ventajas de un sistema IQF rápido es que sus bajas temperaturas producen cristales muy pequeños en los productos, lo que evita el deterioro del producto final. En procesos de congelación muy largos o mal diseñados se corre el riesgo de producir cristales muy grandes que resulten en un daño a nivel de la estructura celular, haciendo que en la fritura final las papas estén demasiado blandas (flácidas) y aceitosas (Guido y Mamani, 2001).

El producto prefrito se debe almacenar de tal manera que se garantice la cadena de frío hasta el consumidor final. El descongelado y recongelado causan daños estructurales en el producto y afecta la calidad final. También influye en la presentación final, ya que al descongelarse las papas se unen y forman una sola masa de bastones (Feltran *et al.*, 2004).

El grado de fritura final depende totalmente del deseo del usuario final del producto. Entre más largo sea el tiempo de fritura, el producto generará una corteza más gruesa por lo que la sensación crujiente será mayor. Sin embargo, con un tiempo largo de fritura también se dará el efecto de que el interior de la papa pierda cada vez más agua quedando dura y poco flexible. Así mismo, la absorción de aceite será cada vez mayor. Existe una clara relación entre el incremento del tiempo de fritura y el incremento de la absorción del aceite por el transporte de materiales que se produce entre el medio de cocción y el producto. También se sabe que la absorción de aceite es mayor en papas congeladas que fueron descongeladas antes del freído, que aquellas que se frieron directamente en su estado congelado (Pinthus *et al.*, 1993).

Para una buena calidad de papas prefritas congeladas la literatura recomienda que se utilice papas de forma alargada u oblonga, de ojos superficiales y con contenido de materia seca mayor o igual a 20%, con una distribución uniforme de los sólidos y un contenido de azúcares reductores menor o igual al 0.30% del peso fresco (Feltran *et al.*, 2004 y Rodríguez y Wrolstad, 1997).

### 3.6.2 Papas Tostadas (Hojuelas o “Chips”)

Los “chips” u hojuelas de papa son una de las comidas rápidas más consumidas en los Estados Unidos. Este producto nació hace aproximadamente 150 años atrás cuando un chef decidió jugarle una broma a un cliente que se quejó del grosor de sus papas fritas y se las preparó tan finas como papel y desde ahí se crearon las papas tostadas. El mercado ha crecido y se ha diversificado en una infinidad de productos similares y de sabores muy

variados (Berry, 2003). En Estados Unidos el consumo de papas tostadas equivale a un 30% del mercado de la comida tipo snack, seguido de cerca por todos los otros tipos de productos a base de maíz, que abarcan un 25% del mercado. Su consumo continúa en aumento a pesar de las nuevas tendencias alimenticias de disminuir la cantidad de carbohidratos que se consumen por día. Los expertos lo atribuyen a que la utilidad del chip es tal que lo hace una comida fundamental para la mayoría de comidas rápidas que se distribuyen actualmente (Davies, 2005).

El proceso de la papa tostada es bastante simple, aunque en varias operaciones se requiere de especial cuidado dado que el producto final es muy sensible. Como parte de la selección es importante desechar todos los tubérculos que traigan defectos por enfermedades o abolladuras muy evidentes. Estos repercutirán en forma de manchas y otros defectos en las hojuelas, lo que causa una gran pérdida de calidad al producto. Uno de los defectos más comunes es el “enverdecimiento” de los tubérculos. Al ser expuestos a la luz, el sistema interno del vegetal promueve la formación de Solanina. Este glico-alcaloide está relacionado con diferentes tipos de patologías como el cáncer gástrico entre otros y por ende es un riesgo tenerlo en el producto (InfoAgro, 2004).

El rebanado de las papas debe ser uniforme y de un grosor entre 1 y 2 milímetros. La textura y la absorción de aceite son dependientes del grosor por lo que manteniendo el grosor dentro de los límites establecidos asegura homogeneidad en estos factores. La hojuela, al tener una mayor superficie de contacto con el medio de calentamiento, tiende a absorber mayores cantidades de aceite que otros productos similares. Así mismo, dependiendo de los sólidos totales que tenga la materia prima, el grosor definirá si la papa se torna quebradiza o soportará el manejo durante el procesamiento y la posterior distribución del producto final (Berry, 2003).

La siguiente fase importante del proceso es la etapa de remojo después del rebanado. Esta se debe realizar para extraer el exceso de almidón que retiene en las hojuelas. Con esto se logra que las hojuelas no se peguen entre sí en el freidor y que el tostado sea más uniforme.

Cuando las hojuelas se han remojado es importante proceder a un escurrido profundo y homogéneo. Evitando un exceso de agua con lo que se logra una operación de fritura más eficiente en términos de energía, ya que la energía de la fuente será utilizada para evaporar principalmente el agua interna de la papa y no la de la superficie (Moreira *et al.*, 1999). Adicionalmente, una carga excesiva de agua hace que esta reaccione con el aceite a altas temperaturas causando un rompimiento acelerado de las cadenas de triglicéridos del mismo (Lamberg *et al.*, 1990). Esto produce sabores extraños en las frituras y disminuye la capacidad del aceite en transmitir calor. Todas estas situaciones promueven un detrimento de la calidad del producto final (Baumann y Escher, 1998).

En el proceso térmico se regula la temperatura del aceite mediante resistencias térmicas o quemadores de gas. El aceite transmite el calor hasta el agua contenida en la papa y esta se evapora causando la espuma que se presenta comúnmente. Los parámetros de tiempo y temperatura dependen del tipo del producto que se desee realizar. Altas temperaturas y tiempos cortos están relacionados con absorciones de grasa bajas, ya que el almidón presente en las papas se gelatiniza casi al contacto con el aceite. Sin embargo, usar este tipo de temperaturas ocasiona que los aceites se hidrolicen rápidamente y se incorporen sabores extraños en las frituras. Las temperaturas bajas combinados con tiempos largos de fritura tienen la ventaja inversa de que los aceites duran más horas de fritura pero las papas consumen más aceite. Por otro lado la programación de estos parámetros también involucra variables como la cantidad de papa que se quiera freír y la cantidad de agua que esta contiene. Al incorporar la materia prima al freidor se da un descenso pronunciado de la temperatura, y si ésta dura mucho en restablecerse cabe la posibilidad de que la fritura absorba grasa en exceso. Este descenso es controlado por medio de un manejo adecuado de la relación entre la cantidad de materia prima y la cantidad de aceite en el freidor. Entre más papa se introduzca, el descenso será mayor, la temperatura disminuirá y el producto absorberá un mayor contenido de grasa. Sin embargo si se utiliza demasiado aceite el proceso se vuelve ineficiente y muy costoso. Se ha establecido una relación de 1 kilogramo de producto por 40 kilogramos de aceite en un sistema por "batch" (discontinuo) para mantener un equilibrio entre costos y eficiencia (Moreira *et al.*, 1999).

Al tener el producto final un contenido de humedad tan bajo y un alto contenido de aceite, debe ser protegido en un empaque adecuado para evitar su deterioro. El empaque laminado es el más utilizado para este tipo de productos, ya que provee de una barrera contra la humedad y contra la luz. La humedad produce suavizamiento en las papas y se puede dar el crecimiento de hongos. La luz promueve las reacciones de oxidación de las grasas, con lo que se desarrolla el olor a rancio debido a los ácidos grasos libres que se generen por el rompimiento del aceite del producto (Moreira et. al, 1999).

Las variedades requeridas por la industria de papas tostadas requieren ser de forma redonda y con ojos superficiales, un contenido de materia seca mayor al 20%, y con una distribución homogénea de la misma y un contenido de azúcares reductores menor a 0.20% expresado como peso humedo (Feltran *et al.*, 2004, Moreno, 2000 y Rodríguez y Wrolstad, 1997).

### 3.7 Controles de Producto Terminado

El uso de materias primas vegetales implica una alta variabilidad en características físico químicas de la misma. Para que estos cambios de constitución no afecten el producto final se debe tener un riguroso control en sistema de procesamiento. Y se requiere definir parámetros dentro del proceso productivo para poder ejercer control, mantener y mejorar la calidad (Marsili, 1996).

En las industrias de fritura de papa se utilizan tres controles principales que reflejan directamente la calidad del producto final: el color, el contenido graso y la textura. Con estos parámetros se detectan desviaciones de calidad, ya sea debido a la materia prima o a las condiciones de procesamiento (Moreno, 2000).

### 3.7.1 Color

Se ha descubierto que el consumidor tiene una fuerte asociación de la apariencia del producto y su sabor. Algunos consumidores basan su intención de compra sobre un producto, exclusivamente en el color aparente del producto. Se han reportado casos en que los consumidores se han abstenido de comprar un producto por el color de la etiqueta, sin siquiera observar el producto. De aquí la relevancia de que cada empresa controle y monitoree los colores de sus productos (DeVico, 2004).

La mayoría de los productos alimenticios sobrellevan procesos de preparación irreversibles, esto causa que el color de un producto en su etapa final sea en la mayoría de los casos inalterable, por lo que se requiere controlar tanto la materia prima como los parámetros de proceso para obtener el color ideal. Tanto las papas tostadas como las papas prefritas son afectadas por el color que presentan a nivel de ventas en el mercado. Sin embargo, las papas tostadas son las más afectadas dado que el industrial debe comercializar el producto frito listo para consumir, lo que implica que el color final debe ser dado en la misma empresa. En el caso de las papas prefritas congeladas, el industrial comercializa un producto intermedio. El proceso de prefritura es un proceso que da estabilidad pero no desarrolla características finales en el producto. El consumidor es el responsable del color del producto final (Good, 2004).

Para controlar el color de la papa tostada se debe tener un medidor que capte el color de las hojuelas al menor tiempo posible después de la salida del freidor. De esta manera se garantiza que si ocurriera una desviación de proceso se podría corregir y el producto volvería a quedar dentro de especificación (Konica Minolta, 1998).

Hay diferentes maneras de medir el color a nivel industrial. Existen los colorímetros monocromáticos, los de Tri-estímulo y los espectrofotométricos. Los Tri-estímulo son una herramienta versátil ya que pueden abarcar áreas amplias de muestra y correlacionarla exactamente con lo que el ojo humano puede percibir. Dado el amplio espectro que posee

es ideal para material poco plano como lo son las papas tostadas (Good, 2004). Estos instrumentos miden principalmente los siguientes parámetros:  $L^*$  (luminosidad),  $c^*$  (croma) y  $h^*$  (tono) para caracterizar el color del objeto (Anexo 6). Estos parámetros pertenecen a escalas que han sido desarrolladas por el CIE (Commission Internationale d'Eclairage) con el fin de estandarizar conceptos tan subjetivos como lo son los relacionados con el color (Konica Minolta, 1998).

La luminosidad ( $L^*$ ), explica que tan brillante o que tan oscuro es un color. La saturación o croma ( $c^*$ ) define que tan intenso o que tan puro es el color en sí. También se describe el tono ( $h^*$ ) con el cual se determina el color en sí de la muestra, este valor está muy relacionado con la longitud de onda que la muestra refleja dentro del espectro de la luz visible (Konica Minolta, 1998).

### 3.7.2 Textura

La textura se define como todos los atributos tanto reológicos (geométricos) como estructurales (superficie) de un producto, los cuales son perceptibles por medios mecánicos, táctiles y cuando sea apropiado, métodos visuales o por receptores auditivos. Siendo la textura un elemento importante en el conjunto que forma la calidad total de una papa tostada, se debe controlar los factores que en el proceso productivo afectan a dicha característica. Por esta razón es importante implantar un sistema de monitoreo efectivo que sirva de base para controlar el proceso (Christensen y Vickers (1981), Mohamed *et. al.* (1982)).

Los métodos instrumentales dan medidas precisas y con una repetibilidad muy buena. Esto significa que con una buena calibración y un mantenimiento adecuado se puede tener un control efectivo del proceso. Sin embargo, vale recalcar que muchos autores establecen que una medida instrumental en sí misma no es parámetro de calidad hasta que no esté ligada con un atributo sensorial. Se ha demostrado lo eficaz que pueden ser las mediciones de textura por diversos instrumentos; pero no hay ninguno tan complejo que imite la

masticación de la boca a la perfección. Esto hace que solo un panel entrenado pueda determinar el grado de una característica que luego, al correlacionarlo con una medición instrumental cree un control efectivo (Marsili, 1993).

### 3.7.3 Absorción de grasa

El aceite o la grasa son el medio de transmisión de calor en las operaciones de fritura. La función principal de estos componentes es la de transferir la energía producida por las resistencias eléctricas o el quemador de gas hasta la superficie de la papa. Por otro lado también tiene un efecto muy marcado sobre las características sensoriales tales como textura y sabor. Según Blumenthal y Stier (1991) existe una transferencia de masa en paralelo con la transferencia de calor. Parte del agua que reside en el tejido vegetal es remplazada con aceite del medio de calentamiento. Para verificar que dichos factores están siendo efectivamente controlados se debe medir el contenido de grasa que fue absorbido por el producto (Marsili, 1997).

Existen diferentes métodos de medición de grasa que se diferencian en tecnología, exactitud y precisión. Se encuentran en la literatura métodos empíricos (Moreira *et al.*, 1999) que involucran el aplastamiento del producto para remover físicamente el aceite y hacer una medición de masa y métodos que involucran tecnología de punta, en los cuales se utiliza rayos infrarrojos para detectar a nivel molecular el contenido de lípidos presentes (Marsili, 1997). Este método en particular es muy utilizado en industrias donde procesan papas tostadas en línea, ya que el rayo no es destructivo y permite tener un control en tiempo real sobre las hojuelas. Para calibrar este instrumento se requiere realizar una curva de calibración con un método estandarizado (Marsili, 1997).

Un método oficial tiene la ventaja de que ha sido probado por una gran cantidad de profesionales y además los resultados obtenidos por el mismo son comparables con otras experiencias en diferentes partes del mundo. Uno de los métodos de análisis más

recomendables es la determinación de contenido graso por extracto etéreo utilizando el aparato de Soxhlet (AOAC, 1990).

Uno de los problemas que se le atribuye a este método y otros similares, es que están basados en métodos gravimétricos. El contenido lipídico de la muestra es extraído por un solvente orgánico y luego éste se evapora de la muestra dejando como residuo todos los lípidos del alimento analizado. Sin embargo, aunque todas las grasas son lípidos, no todos los lípidos son grasas. Esto implica que dependiendo del producto que se este analizando se puede tener un error positivo, al estar cuantificando lípidos propios del alimento como grasa absorbida. Así mismo, se debe tener especial cuidado con las mediciones de masa, ya que el equipo y las metodologías utilizadas determinaran la incertidumbre del método (Belitz y Grosch, 1999).

## **4 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Localización**

Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de química de la Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) y en el Laboratorio de Química del Centro Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA). Las pruebas de proceso se realizaron en la planta piloto del CITA.

### **4. 2 Materia Prima**

El 23 de Septiembre del 2004 se recolectó aproximadamente veinte kilogramos al azar de cada variedad en diferentes partes del campo previamente definidas en el campo de cultivo de las variedades. Estos fueron almacenados en una cámara de refrigeración del CITA a una temperatura controlada de 10 °C, de acuerdo a Cottrell *et al.*, (1993) y Van der Plas (1987). Para evitar el deterioro de los tubérculos, todas las muestras fueron lavadas para remover la tierra. El lavado de los tubérculos se realizó con una esponja suave para evitar dañarles la piel y luego se secaron manualmente antes de su almacenamiento.

#### **4.2.1 Cultivo**

Los materiales evaluados se cultivaron en la provincia de Cartago, en la región de San Juan de Chicua, en una finca perteneciente a Bernardo Gómez situada a 3050 msnm (metros sobre el nivel del mar). Las variedades fueron sembradas en Abril del 2004. Se les hizo la operación de aporque en Julio y en Septiembre se cosecharon

### 4.2.2 Condiciones de cultivo

La finca en la que se sembraron las variedades es comúnmente utilizada para la siembra de papa, se utilizó un paquete tecnológico típico de Floresta que incluye la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre y calcio. (Anexo 3)

La región de siembra se caracteriza por tener una marcada época lluviosa de Mayo a Diciembre, asimismo las horas de luz disminuyen en estos meses (IMN, 2006). En este experimento se trabajó en la época del año denominada “Inverniz”. Como se muestra en el Anexo 2, estos son los meses de mayor precipitación y menos horas luz. Existe consenso entre los agricultores dedicados a la siembra de la papa que esta época del año es la más crítica para sembrar papa en la zona de Cartago (IFPRI y MAG, 2004).

### 4.2.3 Procedencia de las variedades

Se evaluaron las variedades industriales MNF-41, MNF-72 y MNF-80, materiales que son parte del programa de mejoramiento de papa que lleva a cabo el Laboratorio de Biotecnología de las Plantas del Centro de Investigaciones Agronómicas y la variedad Floresta la cual se utilizó como variedad control

## 4.3 Metodología

En la Fig. 2 se describe el esquema metodológico desarrollado en el que se incluyen los análisis de gravedad específica, sólidos totales, azúcares reductores y contenido de almidón. Se detallan las pruebas de proceso realizadas y los análisis al producto terminado de contenido de grasa, determinación de textura y determinación de color.

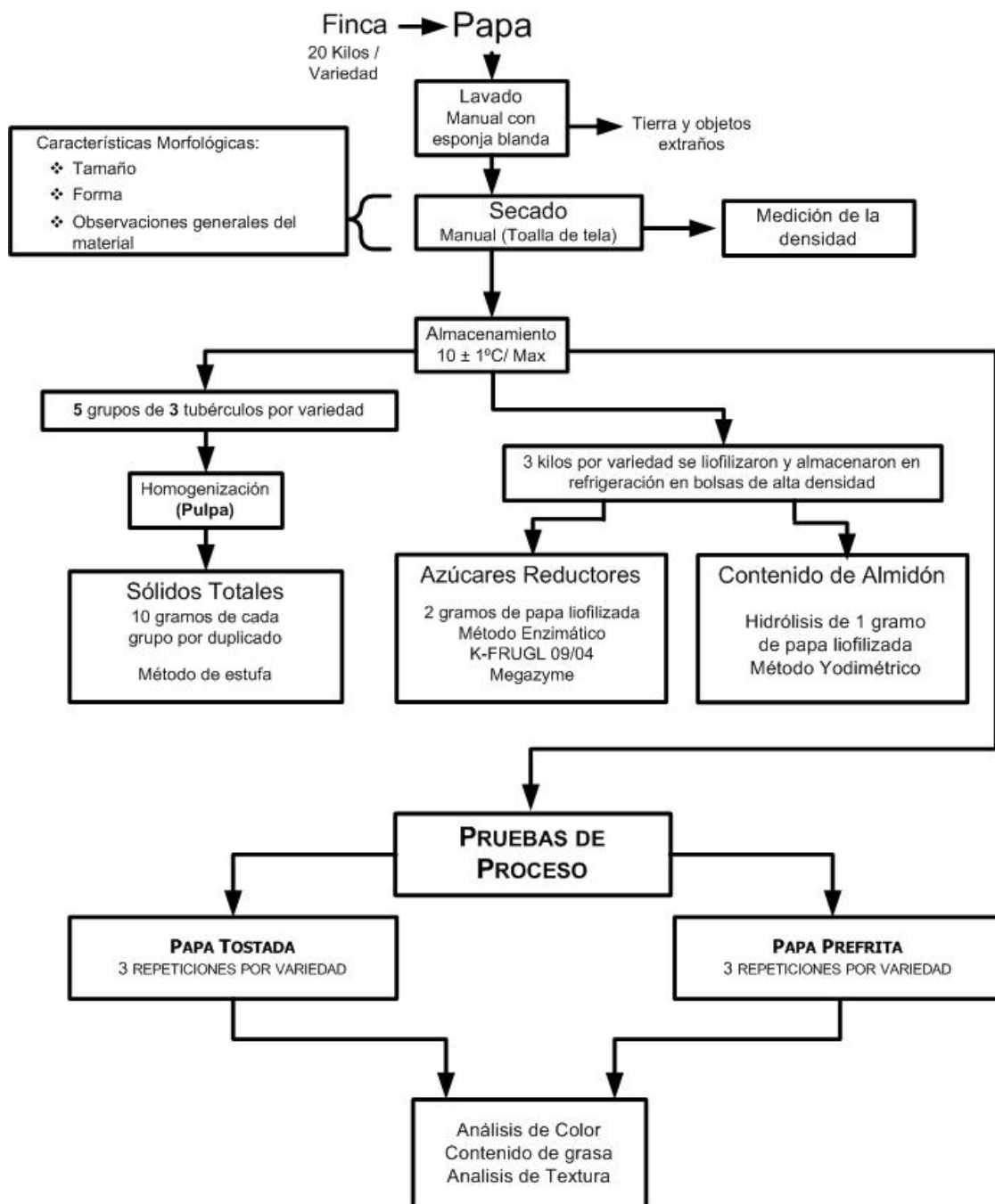


Figura 2: Esquema metodológico a seguir para la evaluación de las características fisicoquímicas de las variedades utilizadas.

## 4.4 Análisis Morfológico

A todos los tubérculos de cada variedad, se les midió el diámetro ecuatorial, que representa el calibre de la papa. Estas medidas fueron agrupadas de acuerdo a los rangos descritos por el CNP (1999) (Cuadro 2). Se determinaron los porcentajes de cada rango para las cuatro variedades. También se realizó una inspección general del estado de la papa para caracterizar la materia prima.

Cuadro 1. Clasificación del tamaño de las papas dependiendo de su calibre.

CALIBRE	DIAMETRO (mm)
Pequeño	de 25 a 44
Mediano	mayor de 44 hasta 100
Grande	mayor de 100

Fuente: (CNP, 1999)

En el momento de medir el diámetro de los tubérculos también se les clasificó en redondos o alargados, teniendo en cuenta la similitud del largo y el ancho. Si un tubérculo presentaba alguna irregularidad evidente se le clasificó como irregular. La misma cantidad de tubérculos muestreada para el análisis de tamaño se utilizó para determinar su forma.

### 4.4.1 Análisis estadístico

Se tomó las mediciones y se agruparon según los rangos establecidos para cada categoría. En el caso del tamaño se calcularon los porcentajes para cada categoría y se construyó un gráfico de barras comparativo entre variedades. Con respecto a la forma se construyeron cuatro gráficos tipo “pie” con los porcentajes de cada categoría, uno para cada variedad. (Fig. 6)

## 4.5 Análisis Fisicoquímicos de las variedades

### 4.5.1 Gravedad Específica

Se utilizaron los tubérculos limpios y secos en almacenamiento. La totalidad de cada muestra recolectada por variedad se dividió. Se formaron de 3 a 6 grupos por variedad los cuales pesaban entre 2.7 y 8.0 kilogramos cada uno. El análisis de la gravedad específica (GE) se llevó a cabo por el método de peso en aire/peso en agua cuya fórmula se presenta aquí:

$$GE = \frac{\text{peso en aire}}{(\text{peso en aire} - \text{peso en agua})}$$

Este método tiene gran aceptación en la industria del procesamiento de papa por su relación con los sólidos totales (Kleinkopf *et al.*, 1987). En este trabajo se determinó la GE de las muestras de papa utilizando el aparato descrito en la Fig. 3.

### 4.5.2 Sólidos Totales

Para llevar a cabo la medición de los sólidos totales se utilizó una muestra compuesta de 3 tubérculos escogidos al azar, esto en cada variedad. Cada papa se peló para evitar el sobreestimar la cáscara que es desechada en la mayoría de los procesos industriales. Seguidamente, se homogenizó cada muestra en una licuadora (Black&Decker, USA) y se almacenó en frascos de vidrio de 200 mL a una temperatura de 4 °C para retardar la oxidación.

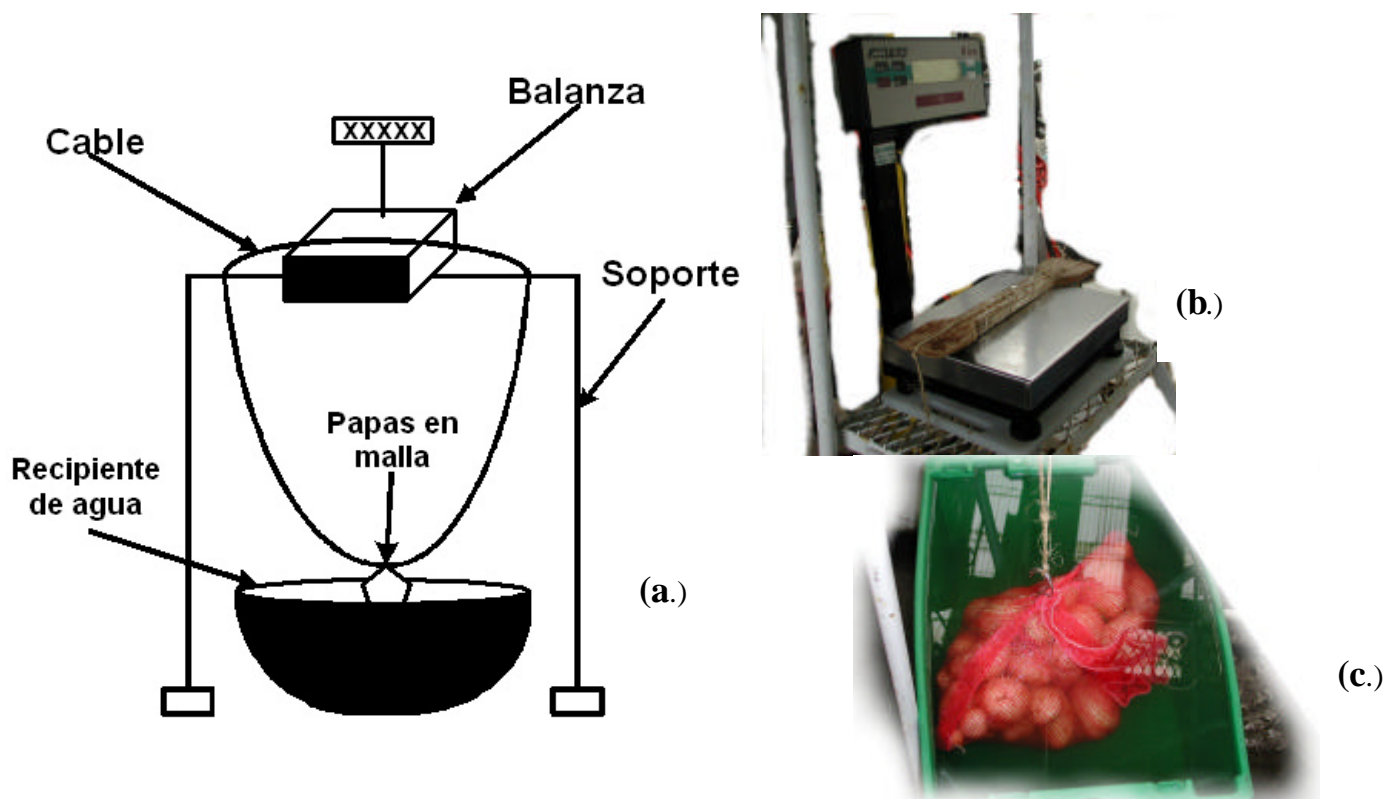


Figura 3: Mecanismo utilizado para medir la gravedad específica de las papas. **a.** Diagrama del equipo fabricado para la medición de la densidad de las papas. **b.** Parte superior del equipo (balanza digital con aditamento para medir el peso colgante) **c.** Parte inferior del equipo (Tina con agua en la cual se sumerge el producto colgante).

Del material homogenizado se tomó 10 gramos de cada muestra por variedad para realizar el análisis de sólidos totales mediante la pérdida de humedad por secado a  $50 \pm 1$  °C a una presión de vacío de  $20 \pm 5$  pulgadas de mercurio. Se utilizó el método descrito por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC) Método oficial 934.01 para análisis de sólidos totales (Lois y Torres, 2002)

Se analizó 5 muestras por variedad, con dos repeticiones. La cantidad muestreada fue determinada con base en pruebas preliminares en las cuales se tomó en cuenta la varianza de la muestra según sólidos totales (variable de mayor impacto y de más alta variabilidad), una diferencia mínima significativa del 1% y un nivel de confianza del 95%.

### 4.5.3 Almidón

Para determinar el contenido de almidón de las diferentes variedades se escogió aproximadamente 3 kilogramos de papa limpia y seca de cada variedad para tener una muestra representativa. Los tubérculos se pelaron y se trocearon en cubos de medio centímetro con un troceador de cuchillas rotatorias marca “Hobart”. Los cubos de papa fueron almacenados en bolsas de plástico de alta densidad y sellados al vacío, para maximizar, el área de contacto. Así se logró una congelación rápida, y se evitó la oxidación del material vegetal. Luego se procedió a la congelación en salmuera utilizando una tina con salmuera y un sistema de enfriamiento a -40 °C. El material congelado fue almacenado en una hielera con hielo seco en una cámara de congelación a -40 °C. Luego se liofilizó el material utilizando dos equipos de liofilización, el “Freeze dry system” de LABCONCO modelo Freezone 6 y el Alpha 1-2 Lo modelo LDplus. El material liofilizado se almacenó al vacío en bolsas de plástico de alta densidad en una cámara de refrigeración de acuerdo al método descrito por Liu *et al.* (1990).

Del material liofilizado se tomó 5 gramos de cada variedad para realizar el análisis. El método se basa en la gelatinización de 1 gramo de papa por medio de ácido perclórico. El gel resultante se dispersa utilizando agua y se hace reaccionar con el complejo yodo-yoduro para que forme un color azul característico. En todo método colorimétrico se interpola el valor de la muestra de una curva de calibración realizada el mismo día, bajo las mismas condiciones, con almidón puro extraído de las mismas variedades en estudio según lo descrito por Nielsen, (1943). Y para la extracción de cada uno de los almidones se utilizó el método descrito por Álvarez y Canet (1998).

Para cada variedad se realizó 5 repeticiones de donde se obtuvo los promedios para el porcentaje de almidón de cada variedad.

#### 4.5.4 Azúcares Reductores

Para este análisis se utilizó el mismo procedimiento que para la determinación del almidón, sin embargo se realizó una modificación al utilizar aproximadamente 20 gramos de papa liofilizada por variedad para el análisis. El procedimiento de clarificación de muestras que se siguió fue el descrito por Megazyme (2004).

Para la cuantificación de los analitos se utilizó el Kit enzimático Dfructose y D-Glucose de Megazyme. Para cada variedad se realizó 4 repeticiones del análisis. Se modificó el procedimiento al utilizar de 0,1 a 0,5 mL de analito por repetición y de 4 a 6 gramos de papa liofilizada. La modificación permitió obtener valores dentro de la tolerancia del método.

#### 4.5.5 Análisis Estadístico

Los datos promedio obtenidos en los análisis fisicoquímicos (Sección 4.5) y en las variables de los productos procesados (Sección 4.6), se analizaron utilizando un diseño irrestricto aleatorio con 4 tratamientos, donde cada variedad se tomó como un tratamiento. Mediante un análisis de varianza de una sola vía se determinó si dichos valores eran significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ), y se estableció las diferencias por la prueba de Tukey.

## 4.6 Productos Procesados

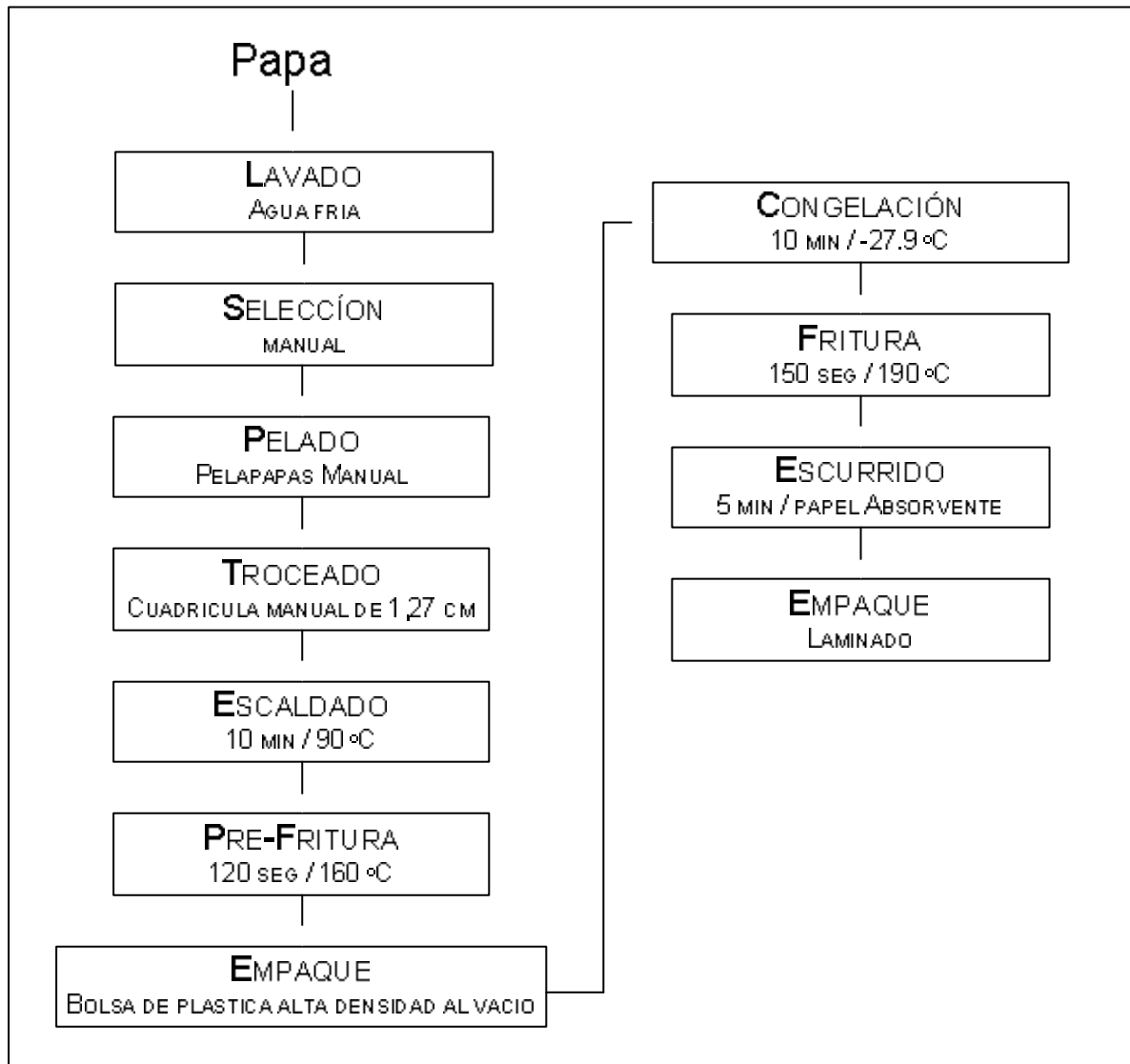
### 4.6.1 Bastones Prefritos Congelados

Se realizaron pruebas de fritura de bastones prefritos congelados de papa a nivel de laboratorio (Fig. 4). Los parámetros de proceso utilizados simulan los procesos industriales promedio. La operación de congelación en los bastones de papa, se llevó a cabo utilizando una salmuera a  $-27.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en la cual se congeló los 75 gramos de producto en 10 minutos. El producto se protegió con una bolsa de plástico de polipropileno de alta densidad. Y para maximizar el área de contacto entre el producto y la salmuera se procedió a sellar cada bolsa al vacío.

Así mismo se estandarizó el proceso de fritura para mostrar el efecto de la variedad (Anexo 4) sin que las variables que intervienen en el proceso de fritura sesgarán los resultados. Se realizaron 3 ensayos de cada variedad y del producto final se separó la totalidad de la muestra para realizar los análisis de textura, color y grasa de acuerdo a Moreira *et al.* (1999).

#### 4.6.1.1 Contenido de Grasa

Para la determinación de grasa por extracto etéreo se utilizó el método de la AOAC 920.85 el cual emplea el aparato de Soxhlet (AOAC, 1990). Para cada variedad se analizó 3 muestras de entre 3 a 5 gramos. A cada una de estas se les realizó un duplicado. Se realizó un reflujo con una mezcla 1:1 de éter de petróleo y éter etílico para extraer todo el aceite absorbido por las frituras. Por medio de un análisis gravimétrico se determinó el porcentaje de grasa. A cada una de las muestras se le realizó una prueba de humedad, para no introducir error en la medición del contenido de grasa



### **4.6.1.2 Color**

El color de los bastones prefritos se determinó mediante el instrumento de medición HunterLab Colorflex, serie: CX1192 (Estados Unidos) y el software Universal Software Ver. 4.10. El equipo se calibró con un patrón negro y uno blanco según especificación del software y se verificó la calibración utilizando un estándar color verde. Se separaron los bastones en 3 grupos por variedad cubriendo la totalidad del plato de muestreo. Cada medición se repitió 4 veces en diferentes posiciones del plato para obtener una medida más homogénea de la muestra. Se les midió la luminosidad ( $L^*$ ), el croma ( $C^*$ ) y el tono ( $h^*$ ), en la escala CIEL\* $c^*h^*$  con un iluminante D65 y un observador de 10°. Las medidas de cada atributo se promediaron para su posterior análisis según Hunter Labs (2003).

### **4.6.1.3 Textura**

El instrumento de medición utilizado para medir la textura fue el Texture Analyser de MicroStable Systems con sus respectivos aditamentos. Se tomó entre 11 y 16 bastones por variedad. Se utilizó bastones de las tres corridas de fritura practicadas a cada variedad. En las papas prefritas se tiene una combinación de un centro suave y una corteza crujiente por lo que, para tener una idea completa del efecto de ambos componentes sobre la textura, se utilizó un aditamento que simuló la mordida y así cuantificar la fuerza que se requería para traspasar la corteza y parte del centro de la papa. Para disminuir la variabilidad del análisis se realizaron cuatro medidas en diferentes partes de los bastones de papa a lo largo para tener un promedio de todo el bastón. Se utilizó una velocidad de penetración de 1 mm/s, una distancia de penetración de 5 mm y el “aditamento cilíndrico” de 2 mm. Para esta prueba se utilizó un programa preestablecido por el software del equipo que determinó la fuerza máxima de penetración lo cual se relaciona directamente con la textura del mismo. El equipo se calibró según especificaciones del software “Exponent StableMicro Systems” Versión. 2.00.7 del 2003.

### 4.6.2 Papas Tostadas

Se realizó pruebas piloto de la producción de hojuela de papas tostadas. De cada variedad se tomó aproximadamente 10 tubérculos y utilizando el procedimiento descrito en la Fig. 5 se obtuvo las muestras de producto necesarias para el análisis.

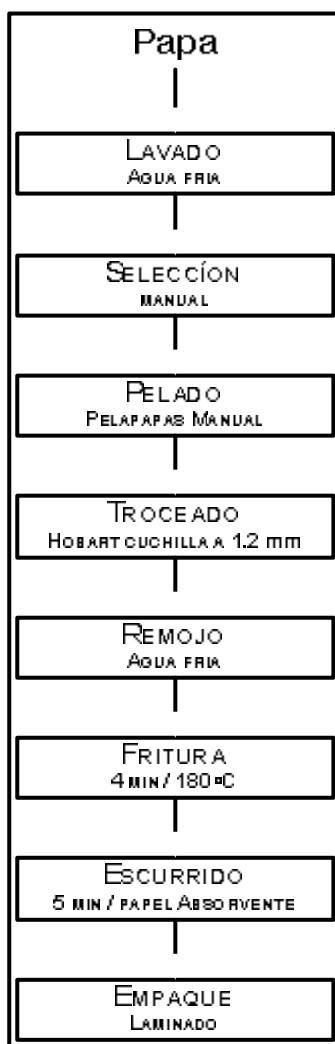


Figura 5: Proceso de elaboración de papas tostadas en escala piloto adaptado de Añón (1984).

Para medir las variables de contenido de grasa, color y textura se utilizó los métodos descritos para los bastones prefritos congelados. Sin embargo para la medición de color se

modificó ya que se tomó 6 muestras por variedad, 2 de cada corrida de fritura. Cada muestra se molió utilizando un mortero y un pistilo de cerámica. Luego se midió cada muestra 5 veces, entre cada medición se agitó el polvo de hojuela.

El análisis de textura se diferenció ya que de las tres corridas de fritura realizadas a cada variedad se tomó de 21 a 35 hojuelas para medirles la fracturabilidad y obtener un promedio del comportamiento por variedad. La velocidad de penetración fue de 1 mm/s de, una distancia de penetración de 3 mm y un aditamento esférico para pruebas de fracturabilidad de ¼ de pulgada. Para esta prueba se utilizó un programa preestablecido por el software del equipo que determino la fuerza máxima requerida para el rompimiento del chip.

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Morfología de las diferentes variedades

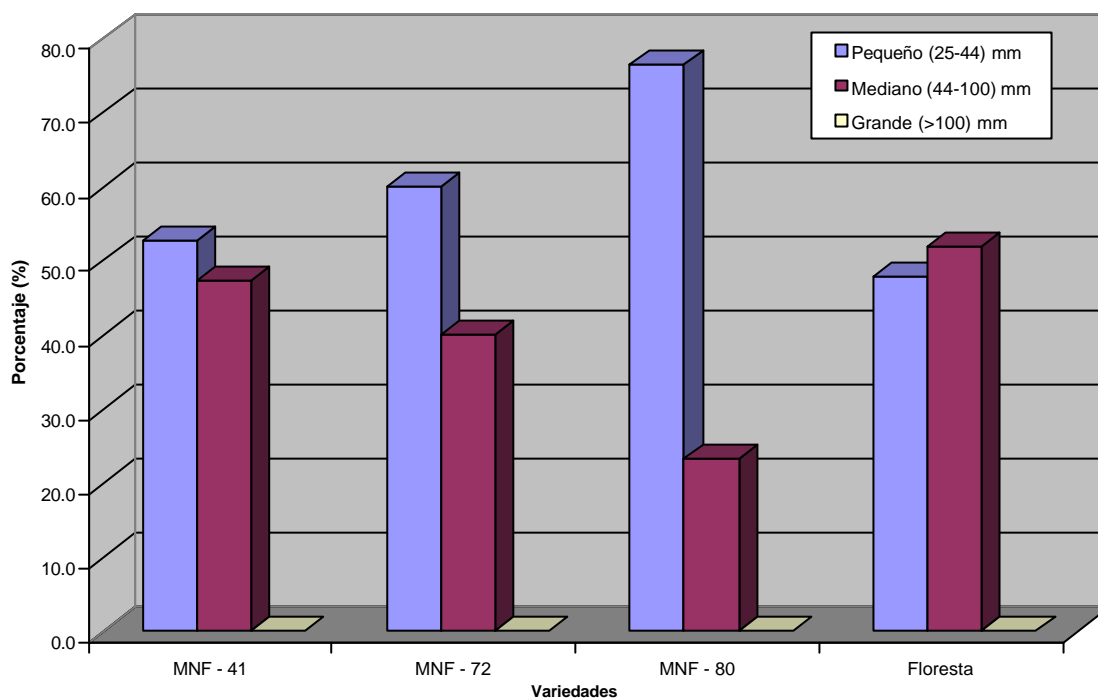


Figura 6: Tamaños encontrados en las muestras de los diferentes variedades en las papas analizadas según el calibre.

Como se puede observar en la Fig. 6, ninguna de las variedades presentó tubérculos grandes según la clasificación del CNP (1999). Las variedades MNF-41, MNF-72 y MNF-80 presentan un porcentaje mayor en papas de calibre pequeño que la variedad control. La variedad MNF-41 y la Floresta presentan porcentajes muy cercanos al 50 % en calibres pequeños y medianos; siendo la variedad Floresta la que presenta más medianas y la MNF-41 más calibres pequeños.

Parte de la explicación de porque hay una predominancia del calibre pequeño radica en el propósito del material utilizado. Por ser un grupo de papas recientemente introducidas al

país, se encuentran en la etapa de evaluación y propagación de semilla. Por esta razón una vez completado el ciclo de crecimiento, los tubérculos son cosechados antes para evitar el engrosamiento excesivo. Así mismo, que la muestra presentara dos calibres diferentes sugiere una alta uniformidad en los tubérculos como lo mencionan Alaluna *et al.* (2001), quienes dicen que al trabajar con una variedad mejorada se espera una mayor uniformidad en el producto cosechado.

De acuerdo a Bajaj (1987), el material dispuesto para semilla es de un calibre pequeño o mediano para evitar que se desarrollen defectos y para que su manejo sea menos complicado. A pesar de ser “calidad semilla”, tiene todas las características para ser procesada en la industria su tamaño no es el indicado para el procesamiento de papas tostadas ni de papas prefritas congeladas (Borruey *et al.*, 2000).

Las variedades en general presentaron una uniformidad marcada entre calibres pequeños y medianos. Esto se puede deber a un proceso normal de tuberización, en que las papas se desarrollaran sin complicaciones. Según SINAIPA (2002) las temperaturas templadas y una buena cantidad de precipitación como la que presenta el terreno donde se realizó la siembra, disminuye la posibilidad de tamaños y formas no deseadas en los tubérculos.

### 5.1.2 Distribución de la forma en las diferentes variedades

Como parte del análisis morfológico se determinó los porcentajes de cada forma presente en la muestra evaluada (Fig. 7).

Todas las variedades presentaron entre un 88 y un 90 % de tubérculos de forma ovalada. Las papas redondas representaron menos del 10 % en todas las variedades. Esta tendencia a tener la forma ovalada o redonda implica grandes ventajas a nivel industrial principalmente en la estandarización de procesos y en la reducción de desperdicios. Específicamente en los procesos de fritura se ven mayores ventajas por el aumento en la eficiencia de los procesos de pelado y de rebanado (Bonierbale *et al.*, 2000).

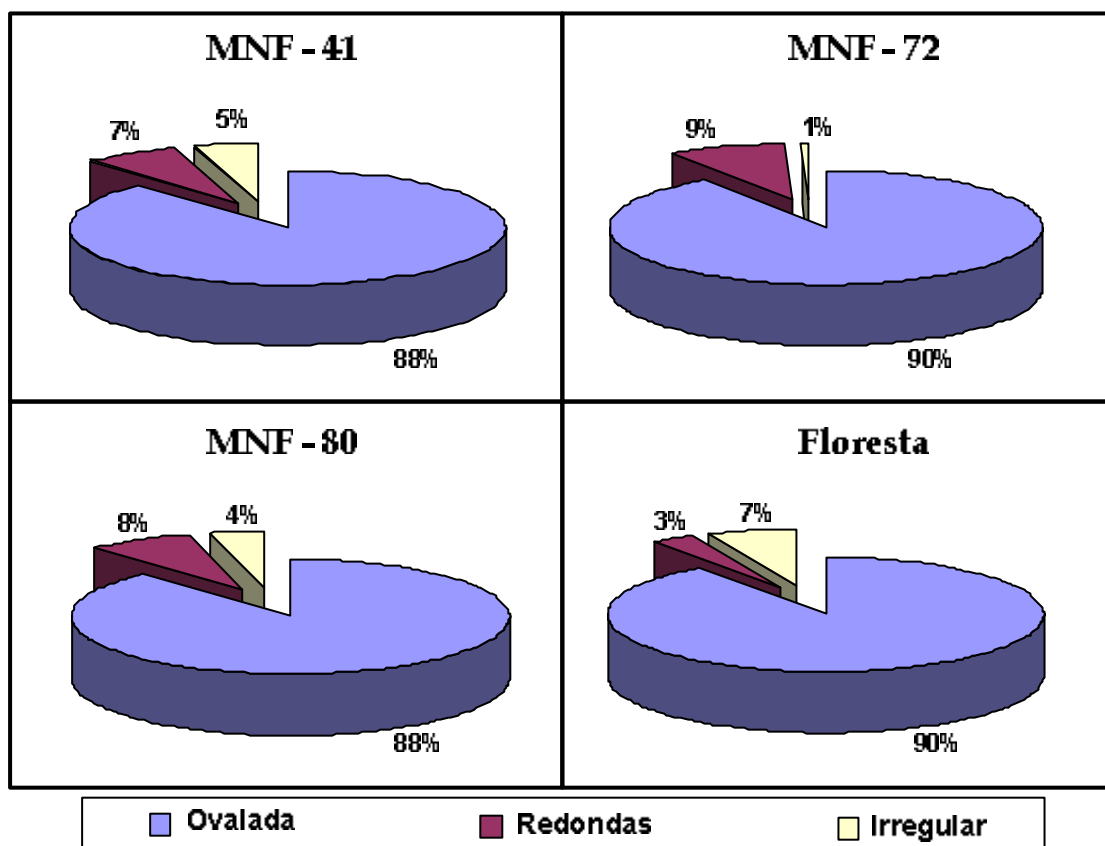


Figura 7: Porcentajes de cada forma encontrados por variedad en las muestras de papa analizadas.

En las 3 variedades nuevas se observó un menor porcentaje de tubérculos irregulares, contrastando con la variedad Floresta donde el menor porcentaje correspondió a papas redondas. Estos resultados no son de extrañar, si se toma en cuenta que son variedades mejoradas para fines industriales (Bajaj, 1987). Sin embargo, se debe considerar que por la época de siembra, las variedades en este estudio recibieron una gran cantidad de agua debido a la lluvia, esto impidió que sufrieran de estrés hídrico, uno de los principales factores que genera irregularidades en tubérculos (Ojala *et al.*, 1990).

La ausencia de irregularidades dentro de la muestra tomada de las variedades denota una buena calidad de terreno. Según Moreno (2000) y SINAIPA (2002) factores como piedras, suelos heterogéneos u otros impedimentos físicos deformarían las papas.

## 5.2 Análisis Fisicoquímicos de las variedades

Cada una de las variedades presenta características propias con respecto a su composición. Como se mencionó previamente todas las variedades fueron cultivadas con el mismo paquete de manejo (Anexo 3), lo que implica que cualquier diferencia entre los resultados presentados en el Cuadro 2 se debe a sus características varietales. Como lo explica Bajaj (1987) la expresión fenotípica del cultivo es influenciada por el ambiente por lo que en diferentes localidades las características de los tubérculos variarán. Lo que implica que un estudio similar desarrollado en diferentes locaciones dará una imagen general del comportamiento promedio de la variedad.

La variedad MNF-80 presentó gravedad específica, sólidos totales y el contenido de almidones significativamente más altos que todas las demás variedades. De acuerdo a las características descritas por Moreno (2000), solo esta papa cumple con el requisito esperado de sólidos totales para una papa de perfil industrial. Es importante recalcar que las variedades recibieron una gran cantidad de precipitación en su crecimiento por lo que en la época seca los porcentajes de materia seca de todas las variedades aumentarían.

Otro factor que pudo afectar el contenido de sólidos totales de los materiales fue el tipo de fertilización. Como se observa en el cuadro 7 del anexo 3 en la primera etapa del desarrollo de las plantas se adicionaron altos porcentajes de nitrógeno y de fósforo. Según Palmieri *et al.* (1986) esta combinación en suelo volcánico aumenta el número de tubérculos y la gravedad específica de los mismos. Y después del aporte se fertiliza con un alto porcentaje de potasio el cual participa en la síntesis de azúcares, asimilación de clorofila y facilita la migración de carbohidratos al tubérculo aumentando así la materia seca de los mismos (SINAIPA, 2002).

**Cuadro 2:** Caracterización de las variedades en cuanto a gravedad específica, porcentaje de sólidos totales, porcentaje de almidón y porcentaje de azúcares reductores.

Variedad	Gravedad específica	Sólidos Totales (%)	% Almidón	% Azúcares Reductores
MNF 41	1,0704 (1,0689—1,0718) <sup>b</sup>	18,7 (18,0—19,5) <sup>b</sup>	13,7 (13,5—13,9) <sup>c</sup>	1,142 (1,020—1,264) <sup>b</sup>
MNF 72	1,0708 (1,0649—1,0767) <sup>b</sup>	18,8 (17,8—19,8) <sup>b</sup>	16,9 (16,8—17,1) <sup>b</sup>	1,384 (1,295—1,474) <sup>a</sup>
MNF 80	1,0892 (1,0817—1,0966) <sup>a</sup>	23,1 (22,6—23,5) <sup>a</sup>	20,8 (20,3—21,3) <sup>a</sup>	0,076 (0,073—0,079) <sup>d</sup>
Floresta	1,0636 (1,0572—1,0699) <sup>b</sup>	15,9 (14,9—16,8) <sup>c</sup>	13,4 (13,2—13,5) <sup>c</sup>	0,366 (0,355—0,378) <sup>c</sup>

En cuanto a la gravedad específica las variedades MNF-41 y MNF-72 no se diferenciaron de la variedad control, sin embargo los sólidos totales de ambas variedades si fueron significativamente mayores a los encontrados en la Floresta. Este resultado concuerda con las características descritas de cada variedad en el catálogo del banco de germoplasma de donde se importaron (Anexo 5).

La variedad MNF-41 y la MNF-72 no presentaron diferencias significativas en cuanto a la gravedad específica ni a los sólidos totales, sin embargo la variedad MNF-72 presentó una cantidad considerablemente mayor de almidón que la MNF-41. Este resultado no concuerda con la descripción original de las variedades ya que ambas deberían tener un contenido de almidón muy similar (Anexo 5), esto hace pensar que el efecto del clima y de las prácticas agronómicas sobre cada una de las variedades fue diferente y promovió el desarrollo de una gama de sustancias en el tubérculo. Según lo reportado por Belitz y Grosch, (1999) una cantidad importante de polisacáridos no almidonosos ni reductores pueden formar parte de la composición de dicho tubérculo.

De las 4 variedades, MNF-41 y Floresta presentan los porcentajes más bajos de almidón Sin embargo, en términos porcentuales tienen el almidón entre un 70 y un 84 % del total de

la materia seca. Según Belitz y Grosch, (1999), esa proporción entre almidón y materia seca es normal para una variedad industrial. Esto implica que para aplicaciones industriales de extracción de almidón, dichas variedades podrían tener rendimientos aceptables. Sin embargo entre mayor sea el contenido de sólidos, las operaciones de extracción son más rentables (Moreno, 2000). Con los resultados encontrados de sólidos totales (Cuadro 2), las variedades industriales que han sufrido un mejoramiento son mejores para estos procesos.

Otro control que se puede hacer sobre la materia prima es el análisis de azúcares reductores. Las variedades MNF 72 y la MNF 41 poseen los mayores valores en contraste con la Floresta o la MNF 80 las cuales presentaron muy bajos porcentajes (Cuadro 2). Como se explicó anteriormente los azúcares reductores son los responsables del color acaramelado de las frituras. Una determinación rápida y exacta del contenido de este sustrato puede agilizar decisiones sobre el uso de la materia prima a nivel industrial.

Un factor importante que pudo afectar al alto contenido de azúcares reductores para las variedades MNF-41 y la MNF-72 fue el momento cosecha. Se dictó un tiempo uniforme para que todas las variedades fueran cosechadas. Físicamente se determina cuando la papa esta madura examinando que la piel de la papa no se desprenda con facilidad. Sin embargo a nivel químico lo que sucede es un aumento de la materia seca al haber una conversión de azúcares reductores a almidón (Bajaj, 1987). Tanto la MNF-41 como la MNF-72 pueden ser de un ciclo más largo, por lo cual necesitan más tiempo para disminuir los azúcares a un nivel aceptable.

Así mismo el lugar de siembra se encontraba a más de 3000 msnm. Esta altura conlleva condiciones climáticas muy frías para la producción de papa de tipo industrial. La temperatura y la cantidad de luz que son inherentes a esta altura reducen la generación y el transporte de metabolitos por la disminución de la actividad fotosintética (Soboh *et al*, 2000). Según Ñustez (2002) a una altura alrededor de los 2500 msnm mejoran estas condiciones, teniendo así un efecto positivo sobre el rendimiento, la acumulación de materia seca y la menor acumulación de azúcares reductores. Esto implica que las

variedades MNF-41 y MNF-72 sembradas en una altura menor podrían mejorar sus características fisicoquímicas.

### 5.3 Análisis de la calidad de los productos procesados

#### 5.3.1 Bastones Prefritos Congelados

Con las cuatro variedades se produjo bastones prefritos congelados. Se realizó la caracterización del producto frito mediante la medición del contenido de grasa, el color (Tono, Luminosidad y Croma), y la textura como fuerza de penetración (Cuadro 3).

Según los análisis realizados en el producto final, la variedad MNF-80 presentó el mayor porcentaje de grasa absorbida. Las variedades MNF-72 y la MNF-41 obtuvieron porcentajes significativamente más bajos de grasa, siendo la MNF-72 la del porcentaje menor. La variedad Floresta se situó entre el rango bajo de grasa absorbida para este producto industrial.

Cuadro 3: Caracterización de las propiedades de calidad del producto final en la elaboración de las papas prefritas congeladas.

Variedad	Contenido de grasa (%)	Tono (h*)	Luminosidad (L*)	Croma (C*)	Textura (Kg. <sup>†</sup> )
MNF-41	16,3 (15,6—16,9) <sup>b</sup>	82,1 (76,3—88,0) <sup>b</sup>	54,5 (48,4—60,5) <sup>a</sup>	26,2 (25,4—26,9) <sup>b</sup>	59,0 (45,9—72,5) <sup>a</sup>
MNF-72	14,1 (13,0—15,2) <sup>c</sup>	84,0 (83,0—85,0) <sup>b</sup>	59,5 (57,9—61,0) <sup>a</sup>	31,0 (29,5—32,5) <sup>a</sup>	44,8 (40,0—49,5) <sup>a</sup>
MNF-80	19,4 (18,8—20,0) <sup>a</sup>	94,1 (92,9—95,2) <sup>a</sup>	60,6 (60,2—61,1) <sup>a</sup>	26,2 (24,9—27,6) <sup>b</sup>	55,4 (43,8—67,0) <sup>a</sup>
Floresta	15,8 (15,3—16,4) <sup>bc</sup>	88,0 (85,1—90,9) <sup>ab</sup>	59,4 (58,2—60,6) <sup>a</sup>	20,8 (19,2—22,3) <sup>c</sup>	52,4 (39,9—65,0) <sup>a</sup>

<sup>†</sup> Se expresa la penetración en términos de fuerza: 1 Kilogramos fuerza es igual a 9.807 Newtons.

El contenido de grasa esta relacionado con el contenido de sólidos totales y de almidón Según lo describe Moreira *et al* (1999), un material vegetal absorbe menos grasa entre más

sólidos totales contenga. Si se comparan los resultados del cuadro 2 con los descritos en el cuadro 3 se puede observar que la variedad MNF-80 contradice esta afirmación, ya que a pesar de poseer los valores más altos de almidón y de sólidos totales, también fue la que absorbió más grasa en la operación de fritura. Este resultado tiene varias posibles explicaciones tomando en cuenta el origen de la variedad y las características del proceso de fritura. Esta variedad según GLKS (2000) se destaca en procesos de fritura de papa tostada. Este proceso como se describió en secciones anteriores presenta parámetros de operación muy diferentes al de la papa prefrita congelada. Esto implica que las características endógenas de la variedad puede que no se adapten a estos parámetros. Por ejemplo la conformación y composición del almidón de la MNF-80 puede no formar el gel característico en el proceso de escaldado (Fig. 4), el cual evita la entrada de aceite al producto. Según lo describen Belitz y Grosch (1999) la composición del almidón afectará la temperatura de gelatinización y el tipo de retrogradación que dan origen al gel.

Otra posibilidad que podría explicar este comportamiento es que para estandarizar las muestras se definió un tiempo de 150 segundos para la fritura final. Al tener la MNF-80 mayor contenido de sólidos (Cuadro 2) que cualquier otra variedad, su corteza pudo deshidratarse al punto de absorber más grasa de lo que en un proceso más corto hubiera absorbido. Según Blumenthal y Stier (1991), este fenómeno se da porque en el inicio de la dinámica de transferencia de masa entre el bastón y el aceite, la tasa de absorción de aceite es muy baja dado que la salida de agua proveniente del material es muy alta. Sin embargo al pasar el tiempo la tasa de absorción de grasa aumenta, ya que la humedad interna de la papa disminuye considerablemente por el tratamiento térmico que se le aplica. Esto se comprueba al comparar los resultados de grasa del cuadro 3 con los valores encontrados de humedad en el cuadro 4. Las papas de menor humedad (MNF-80 y MNF-41) son las de mayor contenido de grasa.

La variedad MNF-72 presenta concordancia entre las características fisicoquímicas (Cuadro 2) y el contenido de grasa (Cuadro 3). Según Moreira *et al.*, (1999) y Moreno (2000) los porcentajes de almidón y de sólidos totales corresponden a los esperados para una variedad

industrial, y de acuerdo con Pinthus *et al.* (1993) el contenido de grasa del producto final también es aceptable para este tipo de productos. Esto implica que esta variedad se adaptó a las condiciones de procesamiento que se utilizaron para este experimento.

Los componentes del color describen cada una de las muestras según el tono, la luminosidad y la pureza o croma. Todos los valores del tono de los diferentes productos apuntan a matices de amarillo (Anexo 6). La MNF-80 posee el único tono que se pasa de los 90 grados, esto indica un amarillo con pequeños matices verdes. La Floresta presentó resultados, intermedios, situado entre el encontrado en MNF-80 y las otras 2 variedades industriales. Es el tono más cercano al amarillo puro, sin embargo al tener un valor de croma tan bajo, su pureza disminuye. La MNF-41 y la MNF-72 presentan tonos amarillos pero con matices rojos. Estos matices combinados con cromas altos hace que la muestra se vea más opaca.

Es importante recalcar que el tono se ve afectado por las características de color de la pulpa de la papa. Las pulpas cremosas y amarillentas aportan en la medición de color pequeños matices a las muestras, las cuales adquieren tonalidades específicas (DeVico, 2004).

En ninguna de las muestras se logró determinar diferencias significativas con respecto a la luminosidad. Este proceso somete a las papas a un tratamiento térmico menos riguroso. Según lo describe Moreira *et al.*, (1999), estas condiciones promueven que las reacciones características de los azúcares reductores no incidan significativamente en la luminosidad de los bastones prefritos congelados. Se comprobó que a pesar que los materiales contenían concentraciones significativamente diferentes de azúcares reductores, en este proceso el color no se vio afectado visiblemente.

En este experimento, según las condiciones operativas con las que se realizó, no se determinó diferencias entre las variedades en cuanto a la textura del producto final. Según Marsili (1996) la textura es una característica sensorial que resulta de la combinación de múltiples factores, tales como la composición del alimento o características estructurales.

El agua y el aceite pudieron haber sido dos de los componentes que afectaran la medición de la textura del producto final. Entre mayor sea el contenido de humedad, la fuerza de penetración será menor. El efecto contrario, la desecación, también afecta a la textura ya que entre más humedad haya perdido el producto por el tratamiento térmico, más crujiente será la corteza. Así mismo el contenido de agua se ve afectado principalmente por la composición de la materia prima. Sin embargo también influyen operaciones como el escaldado el cuál es un tratamiento térmico leve y el congelado ya que los cristales de agua pudieron romper más tejido en unas variedades que en otras (Moreira *et al.*, 1999).

Indirectamente la cantidad de agua también regula la proporción de aceite que entra a la papa. El aceite tiene un efecto suavizante sobre la corteza del producto, lo cual afecta directamente la textura. Dependiendo también de la estructura interna de la papa prefrita congelada, el aceite se distribuirá de maneras diferentes. Esta estructura se ve afectada por la manera de retrogradar el almidón y por los cortes realizados para formar el bastón (Lamberg *et al.*, 1990).

Para la industria de las papas prefritas congeladas el rendimiento de la operación fritura no es de tanta importancia (Guido y Mamani, 2001). Sin embargo es muy importante monitorear el contenido final de humedad de los bastones fritos (Cuadro 4). El porcentaje de humedad según Moreira *et al.* (1999) debe ser entre un 50 y un 55%. Se puede notar como las variedades MNF-41 y la MNF-80 están por debajo de este rango. Un bajo contenido de humedad puede implicar sólidos totales muy altos, los cuales causarían una textura harinosa y poco elástica (Marsili, 1996), o un exceso de grasa absorbida que causarían problemas de apariencia y nutricionales al consumidor (Baumann y Escher, 1998).

Las variedades MNF-72 y la Floresta presentaron valores dentro del rango de 50 y 55% de humedad. EL consumidor teóricamente percibirá estos productos más jugosos y elásticos. Sin embargo si la humedad se excede correrá peligro de disminuir la vida útil del producto.

De aquí se deriva la importancia de monitorear esta característica en el producto final para poder tomar medidas preventivas a nivel de la materia prima que se utiliza (Moreira *et al.*, 1999).

Cuadro 4: Porcentaje de humedad en los bastones después de la fritura final.

Variedad	Humedad (%)
MNF-41	47,5 <sup>bc</sup>
MNF-72	54,0 <sup>a</sup>
MNF-80	45,2 <sup>c</sup>
Floresta	51,0 <sup>ab</sup>

### 5.3.2 Hojuelas de papa Tostada

Con las cuatro variedades se produjo hojuelas de papa tostada y se realizó la caracterización del producto frito mediante la medición del contenido de grasa, el (Tono, Luminosidad y Cromo), y la textura como fuerza de penetración (Cuadro 5).

Cuadro 5: Características de color, contenido de grasa y textura de las papas tostadas.

Variedad	Contenido de grasa (%)	Tono (h*)	Luminosidad (L*)	Croma (C*)	Textura (Kg <sup>†</sup> )
MNF-41	44,5 (44,2—44,8) <sup>b</sup>	62,7 (60,1—65,2) <sup>c</sup>	41,7 (38,8—44,5) <sup>c</sup>	35,6 (34,7—36,4) <sup>c</sup>	299,3 (265,1—333,5) <sup>bc</sup>
MNF-72	47,0 (43,0 – 50,9) <sup>†</sup>	62,2 (61,5—62,9) <sup>c</sup>	39,5 (38,5—40,5) <sup>c</sup>	36,7 (36,3—37,2) <sup>c</sup>	364,0 (356,2—371,8) <sup>a</sup>
MNF-80	44,9 (44,4—45,4) <sup>b</sup>	76,6 (76,0—77,2) <sup>a</sup>	60,4 (59,8—61,0) <sup>a</sup>	43,4 (42,7—44,1) <sup>a</sup>	344,8 (318,7—370,8) <sup>ab</sup>
Floresta	47,5 (46,2—48,7) <sup>a</sup>	69,4 (66,6—72,2) <sup>b</sup>	50,2 (44,4—56,0) <sup>b</sup>	40,2 (37,9—42,4) <sup>b</sup>	268,6 (256,6—280,6) <sup>c</sup>

<sup>‡</sup> Se expresa la fracturabilidad en términos de fuerza: 1 Kilogramos fuerza es igual a 9807 Newtons.

<sup>†</sup> La variedad MNF-72 se eliminó del análisis por mostrar una muy alta variabilidad en este experimento.

La variedad Floresta utilizada como control presentó el mayor porcentaje de grasa absorbida y el menor porcentaje de sólidos totales de entre las cuatro variedades utilizadas.

Este resultado concuerda con lo descrito por Blumenthal y Stier (1991), ya que entre menor sean los sólidos totales de un tubérculo mayor será su absorción del medio de calentamiento, en este caso aceite. El alto contenido de grasa tiene implicaciones tanto tecnológicas como nutricionales. En el área tecnológica se consumirá más aceite por kilogramo de papa, lo que encarecerá los costos de operación (Baumann y Escher, 1998). También el producto final tendrá menos vida útil ya que las grasas tienden a oxidarse con mayor rapidez, por lo que será necesario la utilización de empaques especializados como el laminado que impide la entrada de luz o la utilización de atmósferas modificadas para disminuir la presencia de oxígeno (Berry, 2003).

La implicación nutricional afecta negativamente la percepción del consumidor en varios aspectos. El aumento de grasa implica un aumento calórico en el alimento, esto hace que sea un alimento no sugerido para la mayoría de las dietas recomendadas por nutricionistas (Fernández y Ricciardi, 2005). Además en las últimas dos décadas, las grasas se han definido como factores de alto riesgo que incrementan la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Tartón, 2003). También la percepción del consumidor se ve influenciada por el contenido de grasa evidente a través del empaque. Dadas las últimas tendencias nutricionales y la información que existe de los afectos negativos que tiene la grasa, se ha determinado que la decisión de compra del consumidor se ve disminuida al observar exceso de grasa en el empaque de una fritura (Richardson y Kluwe, 2004). Esta problemática implica que una variedad como la MNF-80 o la MNF-41 que contiene significativamente menos grasa tendrían mejor aceptación en el mercado.

Otra característica de calidad en las hojuelas de papa es el color. Al ser este un producto de consumo inmediato esta característica toma mayor importancia para el industrial. Tanto la MNF-80 como la Floresta presentaron valores más cercanos al amarillo ( $h^* = 90$ ), en contraste con la MNF-72 y la MNF-41 que obtuvieron amarillos con fuertes matices rojizos. Estos colores menos amarillos afectan la percepción del consumidor, este está acostumbrado a consumir hojuelas amarillas y muy claras (Berry, 2003). Como se observa en el cuadro 5 el valor  $L^*$  y el  $C^*$  siguen la misma tendencia al diferenciarse la MNF-41 y la

MNF-72 de las otras dos variedades, dando al producto una apariencia más oscura y un color más manchado o menos puro. Se pueden observar claramente los diferentes tonos en las hojuelas producidas en la Fig 8.



Figura 8: Hojuelas de papa de las variedades utilizadas en este experimento.

El color que desarrolla la hojuela en el proceso de fritura está intrínsecamente relacionado con el contenido de azúcares reductores (Pritchard y Adam, 1994). Según se denota en el Cuadro 2, las variedades MNF-41 y MNF-72 poseen más del triple de azúcares reductores que las otras dos variedades. Estos azúcares al reaccionar con los compuestos proteicos de la papa generan el color café característico (Rodríguez y Wrolstad, 1997). Este resultado reafirma la tendencia que se presentó en el análisis de color, en la que la variedad Floresta y la MNF-80 se destacan por un color más claro. Es importante aclarar que el alto contenido

de azúcares reductores hace que las hojuelas den la apariencia a quemadas, sin embargo como se describe en el anexo 4 todas las variedades sufrieron el mismo tratamiento térmico por lo que el material oscuro no es material carbonizado.

No obstante para el consumidor esta apariencia es inaceptable. Hacer productos con estas características produciría grandes pérdidas en ganancias y en imagen. Entre las medidas que se pueden tomar para contra arrestar este problema están: la escogencia de una variedad industrial, la adecuada aplicación de potasio como parte de la fertilización y el almacenamiento a 10 grados centígrados con un posterior reacondicionamiento de los tubérculos (Moreno, 2000).

Este color acaramelado también se ha relacionado con el contenido de acrilamida en las frituras. Recientemente se detectó altas concentraciones de acrilamida en los productos fritos. Este compuesto formado como resultado de las reacciones de Maillard, ha sido ligado con un incremento en la incidencia de diferentes tipos de cáncer (Viator y Muth, 2004). Actualmente las industrias de fritura se ven ante el reto de disminuir la cantidad de este componente en sus productos. La cantidad de ingesta mínima para que la sustancia sea dañina no ha sido posible de determinar, ya que con muy bajas concentraciones es posible sufrir consecuencias. Entre las principales acciones que se están tomando para reducir este riesgo es la utilización de variedades con bajas concentraciones de azúcares reductores y la aplicación de ciertas modificaciones en la línea de proceso para disminuir la temperatura de fritura, sin que esto afecte el contenido de grasa de la misma. Dado que a menor temperatura de fritura se ha demostrado que la concentración de acrilamida producida es menor (Ötless y Ötless, 2004).

El otro factor de alta importancia para este producto es la textura. La Floresta es la hojuela más fácil de quebrar dado que presentó la menor fuerza de fracturabilidad y en cambio la variedad MNF-72 tiene la hojuela más dura de todas las variedades. Hay varios factores que afectan la textura de una hojuela de papa tostada, entre ellos está el contenido de humedad inicial de la materia prima y la medida en sí de la textura. El contenido de

humedad de la hojuela será proporcional al de la papa fresca. Usando materia prima de alta humedad se corre el riesgo que el producto final quede de igual manera con alta humedad. Al ser la papa tostada tan higroscópica, esta humedad será distribuida en toda la hojuela ablandándola. Esta situación tiene serios efectos negativos sobre la percepción del consumidor hacia el producto. Las hojuelas característicamente son reconocidas por el crujir que producen al masticar, de ahí que una papa tostada muy húmeda tendrá menos crujencia. Sin embargo una papa tostada muy fina o demasiado dura tenderá al contrario a quebrarse demasiado en el proceso de transporte. Un empaque con un alto porcentaje de papa quebrada es inaceptable para el consumidor (Berry, 2003). Por ello se busca variedades de altos sólidos totales como la MNF-80, MNF-72 o MNF-41 y que produzcan hojuelas con una textura fuerte.

Uno de los factores más importantes para el industrial es el rendimiento. En este producto una de las pérdidas más grandes en peso es la evaporación del agua de la papa fresca y se compensa parcialmente con la sustitución del aceite el cual es el medio de calentamiento (Moreira et al., 1999). Según lo describe Guido y Mamani (2001) la relación teórica entre la papa fresca y las hojuelas tostadas es de 1 a 4. Es decir se espera un 25% de rendimiento del proceso de fritura aplicado a estas variedades. Sin embargo en el Cuadro 6 se observa el rendimiento de cada variedad y se denota que todos los rendimientos son superiores al teórico. Esto se explica ya que el dato teórico está dado en relación a la papa fresca sin pelar ni cortar. Estas operaciones con llevan una pérdida que en el experimento actual no fue cuantificada.

Cuadro 6: Rendimiento del proceso de elaboración de papas Hojuelas de papas tostadas.

Variedad	Rendimiento (%)
MNF-41	28,56
MNF-72	28,07
MNF-80	33,26
Floresta	28,98

La variedad MNF-80 presentó el mayor rendimiento. En este caso se cumple lo encontrado por Aguilera (1997), el cual establece que una variedad de alto contenido de sólidos totales

como la MNF-80 (cuadro 2) presentará un rendimiento alto. Sin embargo se debe hacer el contraste entre esta variedad y la Floresta. El rendimiento de esta última se debe principalmente a la cantidad de aceite que absorbió del proceso de fritura. Dicha conclusión se deriva del análisis de las características de materia prima que presentó y del contenido de aceite que absorbió. Productos que presenten este tipo de situación tendrán los problemas antes mencionados de un alto contenido lipídico.

En concordancia con lo establecido por el banco de germoplasma (Anexo5), la variedad MNF-80 presentó las mejores características para ser utilizada para la industria de la hojuela tostada. Al ser una variedad desarrollada para este producto en particular, presentó características muy importantes tales como: un alto contenido de sólidos, un alto contenido de almidón, baja absorción de grasa, excelente color de fritura y alto rendimiento. Estas cualidades contrastan con el control utilizado ya que muchos de estos factores no los cumple. Esto demuestra como el mejoramiento de una variedad puede especificar y reforzar características intrínsecas de la papa para que esta se adapte mejor a los procesos industriales (Bajaj, 1987).

## **6 CONCLUSIONES**

1. Las variedades de reciente introducción al país presentaron características morfológicas uniformes de perfil industrial.
2. Las variedades industriales analizadas presentaron un mayor porcentaje de sólidos totales y de almidón, que la variedad Floresta usada como control.
3. Bajo las condiciones climáticas de San Juan de Chicua y en la época invernal en la que se sembró; las variedades MNF-80, MNF-72 y MNF-41 expresaron algunas de las características fisicoquímicas que fueron descritas por el banco de germoplasma.
4. Las papas prefritas congeladas producidas a partir de tubérculos de la variedad MNF-72 presentaron las mejores características de calidad de producto final.
5. Las papas tostadas producidas a partir de tubérculos de la variedad MNF-80 presentaron las mejores características de calidad de producto final.

## **7 RECOMENDACIONES**

- Para obtener un mayor número de repeticiones en los análisis se requiere aumentar la cantidad de producto frito que se maneja. Se recomiendan dos opciones: 1) Establecer un contacto con alguna tostadora del país para hacer un proceso por lotes de producto tostado en un grado industrial y así recolectar suficiente producto para los análisis. 2) Realizar pruebas preliminares para comprobar cuantas horas de fritura hacen que un aceite interfiera con las características del producto terminado, teniendo la posibilidad de hacer más frituras con el mismo aceite los costos del proyecto disminuirían notablemente y las muestras que se podrían producir son mucho mayores.
- Establecer una asociación sensorial - instrumental en las características de producto terminado como lo son la textura y el color. Esto implicaría que las lecturas instrumentales tendrían un sentido más práctico de como se pueden interpretar actualmente.
- Establecer un cronograma muy estricto con los productores de papa. Esto dado que el tubérculo es muy susceptible a su manejo post-cosecha y los análisis podrían verse afectados por un manejo irregular.
- Realizar un estudio agronómico de las actividades de siembra específicas para cada una de las variedades, con el fin de diferenciar entre los efectos varietales sobre la calidad del producto y los efectos causados por las prácticas agronómicas específicas.
- Repetir este estudio en diferentes condiciones climáticas y varias localidades geográficas para evaluar el comportamiento fenotipo – ambiente de las variedades.
- Ampliar el alcance del proyecto para otros tipos de productos, explorando otras características del tubérculo.

## Anexo I

Porcentajes de área cultivada y de producción de papa reportada en el censo de junio del 2003 para papa<sup>1</sup>.

No.	Variedad	Área de Siembra (%)	Producción(%)
1	0,4	0,14	0,116
2	0,6	0,08	0,102
3	1	0,30	0,446
4	101	0,09	0,081
5	24	0,10	0,121
6	ATZIMBA	3,35	3,173
7	BANANA	0,29	0,317
8	BANANITO	0,65	0,777
9	BIRRIS	0,05	0,068
10	BULCA	0,05	0,067
11	CLON 0,4	0,13	0,109
12	FLORESTA	63,76	65,263
13	GRANOLA	25,35	23,740
14	IDIAFRIT	0,29	0,234
15	IDIAP	3,56	3,559
16	IDIATH	0,23	0,243
17	ISTARU	0,55	0,607
18	LA 1 Y 7	0,05	0,049
19	MALENQUE	0,21	0,170
20	MALEO	0,10	0,194
21	MEX-FLORES	0,10	0,070
22	MEXICANA	0,19	0,097
23	MEZCLA	0,05	0,056
24	OTRAS	0,09	0,104
25	TOLLOCAN	0,21	0,207
26	VAR NUEVA	0,03	0,016
		100,00	100,00

<sup>1</sup> (CNP, 2003)

## Anexo 2

Características meteorológicas de la región de San Juan de Chicua, tomadas de la estación meteorológica de Chicua en la zona norte de Cartago.

INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL GESTION DE INFORMACION Y COMERCIALIZACION PROMEDIOS MENSUALES DE DATOS CLIMATICOS														
ESTACION		CHICUA CARTAGO		No. 73117		Lat. 09° 58' I		Long. 83° 52' O		Altitud 3090 mts.				
Elementos	Periodos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiem.	Octubr.	Noviem.	Diciem.	Anual
LLUVIA	1964-68/87-04	53.6	27.0	24.1	52.9	224.9	199.7	153.5	211.4	252.6	283.9	204.9	123.4	1811.9
BRILLO SOLAR	1987-2004	7.5	8.2	7.9	6.4	4.0	3.7	3.8	3.8	3.9	4.0	4.6	6.2	5.3
VIENTO	1988-1996	18.9	19.8	18.1	15.5	10.3	8.5	10.4	9.5	7.9	7.9	10.2	15.5	12.7
Lluvia en Milímetros - 1Mm. = 1 Litro por m <sup>2</sup> .						Viento en km/h			Brillo Solar en Horas					
Elaboró: Ærak						Dirección Predominante			del Este					

### Anexo 3

#### Prácticas Agronómicas de Cultivo

Con el fin de poder evaluar el efecto varietal se cultivó las variedades en la misma parcela. Esto significa que recibieron la misma cantidad de lluvia, horas luz y estuvieron expuestas a las mismas temperaturas. Así mismo se las operaciones de preparación del terreno, siembra, fertilización, aporque, defoliación y cosecha.

Se utilizó un mismo paquete de fertilización para todas las variedades, el cual se tradicionalmente se ha utilizado para la variedad Floresta (Cuadro 7).

Cuadro 7: Porcentaje de nutrientes en la formulación del fertilizante utilizado en las diferentes épocas del cultivo.

Composición de la Fórmula (%)							
Época	Número de sacos	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	SO <sub>4</sub>	CaO
siembra	25	12,2	31	7,1	5,4	7,1	--
aporca	21	9,1	8	25,1	2	10,6	4

## Anexo 4

### Estandarización del proceso de Fritura

Se utilizó un freidor eléctrico modelo F1B-100001-AD con un tanque de 4.5 L de capacidad. A la canasta de fritura se le instaló una tapa de acero inoxidable con el fin de sumergir todas las papas en el aceite, para promover un tratamiento térmico eficiente. Se instaló un agitador de doble aspa con un motor de velocidad variable que homogenizaba la temperatura en toda la tina de fritura. Se mantuvo estático en todos los experimentos para generar la misma distribución de calor en todas las repeticiones.

Como monitoreo para verificar la temperatura de la tina y control del proceso de fritura en si, se dispusieron 4 termopares en la canasta. (Fig. 9)

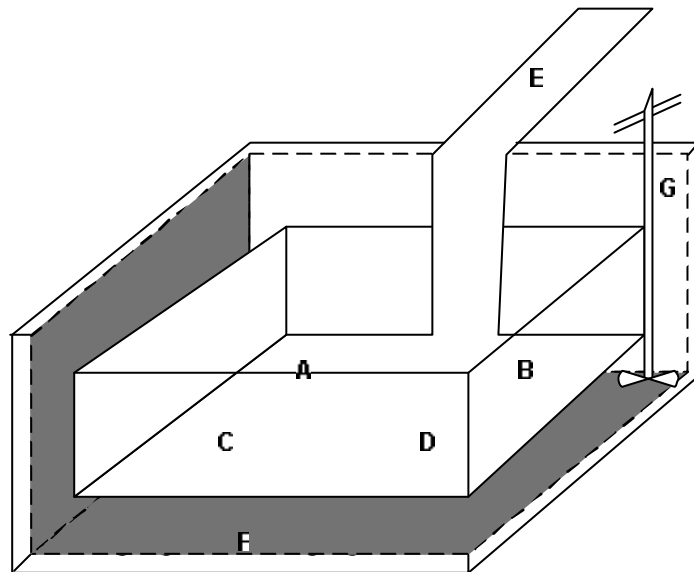


Figura 9: Esquema del freidor eléctrico utilizado. Ubicación de los termopares (A, B, C, D); Canasta de Fritura (E); Resistencias (F) y Agitador (G).

Como resultado de la estandarización del equipo de fritura se logró obtener un proceso estable y repetible (Fig. 10)

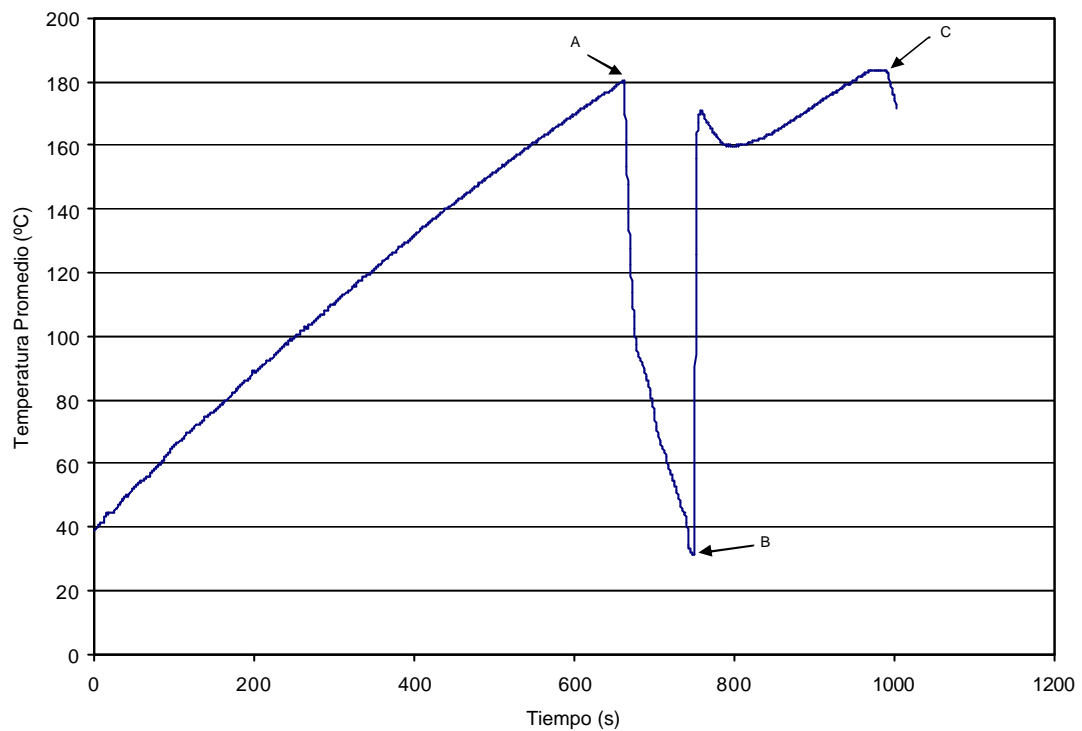


Figura 10: Gráfico del comportamiento promedio de la temperatura en cuatro puntos distintos de la tina de fritura de un proceso de fritura normal. **A**: Fin de la Etapa del Calentamiento; **B**: Introducción de la Canasta de fritura con la materia prima; **C**: Fin del Proceso térmico.

Como parte de la estandarización del proceso se decidió no reutilizar el aceite de fritura para que las condiciones fueran exactamente iguales. Para cada ensayo de fritura se requirió de 3 litros del producto Dorofrit N°5 de la empresa Numar dada la relación producto-aceite escogida de 1-40.

## Anexo 5

Cuadro 8: Características generales de las variedades utilizadas en esta investigación<sup>2</sup>

Identificador:	MNF-41	MNF-72	MNF-80
Lugar de Origen:	Holanda	Alemania	Holanda
Color de Piel:	Roja	Blanca Amarillenta	Blanca Amarillenta
Color de la pulpa:	Amarilla	Amarilla	Blanca Amarillenta
Uso industrial	Bastones	Bastones/Hojuelas	Hojuelas
Forma <sup>a</sup> :	3,3	3,5	2,5
Ojos <sup>b</sup> :	6,6	7,0	4,7
Textura de la piel <sup>c</sup> :	5,7	8,0	7,0
Tamaño del tubérculo <sup>d</sup> :	6,9	4,0	5,4
Uniformidad en Forma <sup>e</sup> :	6,1	7,0	5,3
Color de Fritura <sup>f</sup> :	3,5	-	-
Contenido de materia seca <sup>g</sup> :	6,0	5,0	8,0
Contenido de Almidón <sup>h</sup> :	4,3	4,0	7,0

- a) 1= Redonda 6= Muy larga  
 b) 1= Muy profundo 9= Muy Superficial  
 c) 1= Muy Áspera 9= Muy lisa  
 d) 1= Muy pequeño 9= Muy grande  
 f) 1= Muy variable 9= Muy Uniforme  
 g) 1= Muy oscuro 9= Muy pálida  
 h) 1= Muy baja 9= Muy alta  
 i) 1= Muy baja 9= Muy alta

---

2 (Geibel, 2000)

## Anexo 6

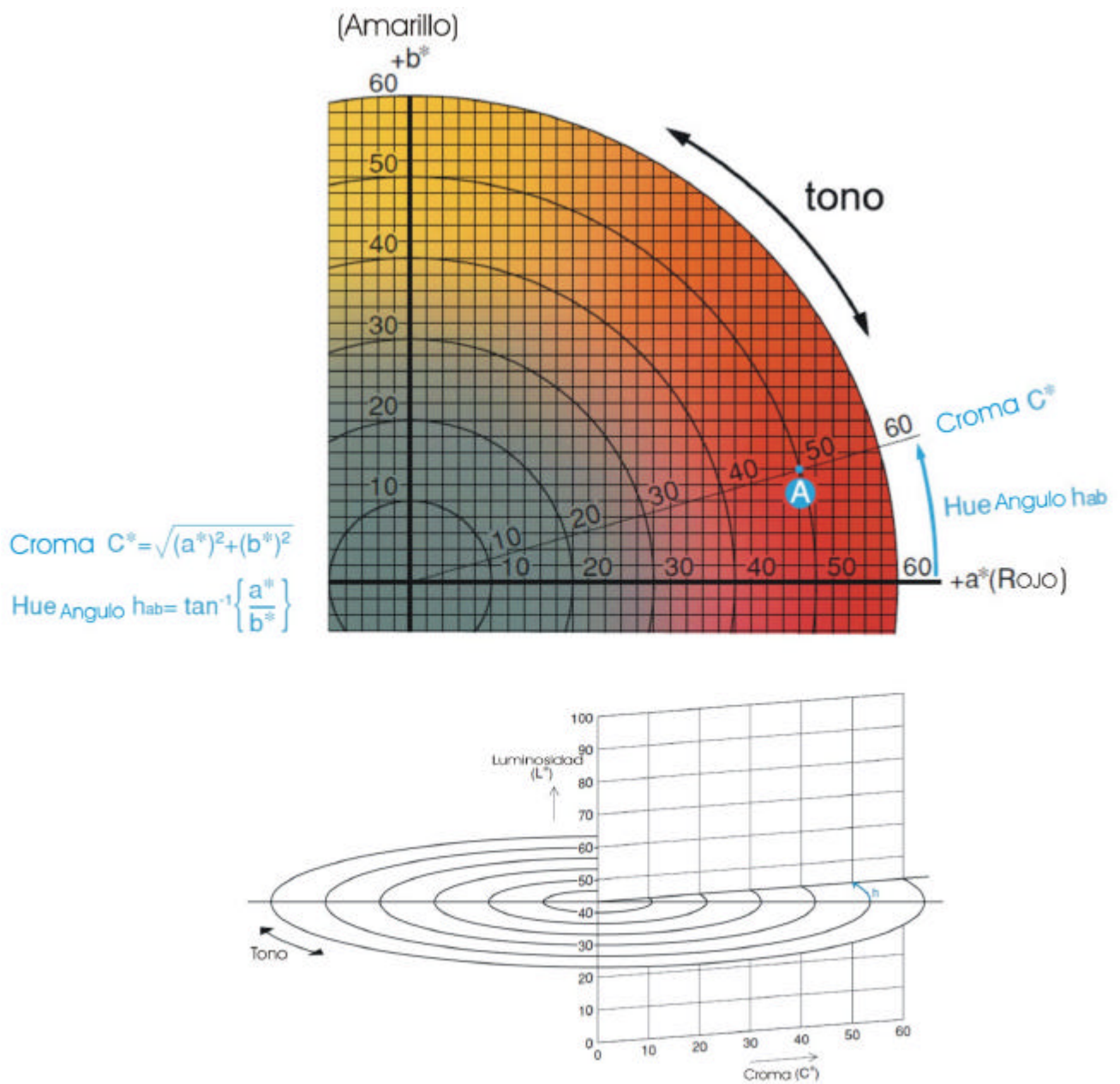


Figura 11: Componentes del color en un espacio de color  $L^*a^*b^*$ . Los componentes  $c^*$  y  $H^*$  se despliegan como funciones de las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$ . Porción del diagrama cromático  $a^* b^*$ . Fuente: Konica Minolta, 1998

## 8 BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA J.M. 1997. Temas en Tecnología de Alimentos. Vol 1. Instituto politécnico Nacional. México 187-214. p.

ALALUNA G., RODRÍGUEZ G., VILLAGARCIA S. 2001. Interacción de la variedad, tamaño del tubérculo y densidad de siembra en la producción de tubérculos-semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*). En: Anales Científicos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

ALVARADO E. 2003. Expectativas de paperos se derrumban. La Nación, San José. Abril 14: 1 Sección de Economía.

ÁLVAREZ M.D., CANET W. 1998. Rheological characterization of fresh and cooked potato tissues (cv. *Monalisa*). Z. Lebensm Unters Forsh A. 207: 55-65.

ANDRADE H. B. 1997. Requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa. Revista INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - Ecuador) 9:21-23.

AÑON M. C. 1984. Efectos del almacenamiento y pretratamientos en la industrialización de la papa prefrita congelada. Parte de Refrigeración como medio para disminuir las pérdidas post-cosecha. Tomo II. Secretaria de Ciencia y Técnica (SECYT). p: 145-178.

AOAC (ASOCIACIÓN DE QUÍMICOS ANALÍTICOS OFICIALES). 1990. Fat (Crude) or Ether Extract in Flour. Official method 920.58. p:1.

BAJAJ S. 1987. Biotechnology of nutritional improvement of potato. In Y.P.S. Bajaj ed. *Biotechnology in Agriculture and Forestry 3:Potato*. Springer-Verlag, Berlin. p. 143-145

BAUMANN B., ESCHER F. 1998. Mass and heat transfer during Deep-Fat Frying of potato slices- I. Rate of Drying and Oil uptake. *Lebensm.-Wiss. V.-Technol* 28: 395-403.

BELITZ H.D., GROSCH W. 1999. *Food Chemistry*. 2 ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York. .296-299 p.

BERRY D. 12 de Agosto del 2003. Chip Celebration. *Food Product Design*, Northbrook, Illinois. [www.foodproductdesign.com/archive/2003/0803CS.html#top](http://www.foodproductdesign.com/archive/2003/0803CS.html#top).

BLUMENTHAL M., STIER R. 1991. Optimization of deep fat frying operations. *Journal of Food Science* 58(1): 144-148 p.

BONIERBALE M., AMORÓS W., ESPINOZA J., LI Q.X., WALTER T. 2000. Estrategia y desafíos para el mejoramiento de papa para el procesamiento. Centro Internacional de la papa (Lima, Perú) y Agricultura & Agri-Food (Mew Bruswich, Canada). 1 – 11. p.

BORRUEY A., COTRINA F., MULA J., VEGA C. 2000. Calidad industrial y culinaria de las variedades de patata. In: Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata. Patata 2000. 3-6 Julio, Vitoria–Gastéis, España. 1 - 15. p.

CHAVARRÍA A. P. 1985. Evaluación tecnológica de algunas posibilidades de industrialización de papa. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 35 p.

CHRISTENSEN C., VICKERS, Z. 1981. Relationships of chewing sounds to judgments of foods Crispness. *Journal of food science*. 46: 574-578 p.

CIP (CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA). 1992. Annual Report 1992. Program 6: Postharvest, Management and Marketing. Lima, Perú 125-150. p.

CNP (CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN). 1999. Reglamentación técnica: Características de la papa para el consumo nacional. Dirección de Calidad Agrícola, Decreto # 28219-MEIC-MAG-S del 15-11-99. Costa Rica. 1-3 p.

CNP (CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN). 2003. Censo de papa. Realizado en Junio del 2003. Costa Rica. 1. p.

COMEX (MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR DE COSTA RICA). 2002. Gobierno y horticultores acuerdan estrategia de desarrollo y fortalecimiento para el sector hortícola nacional. Comunicado de prensa (CP-213). 19 de Julio 2002. San Jose, Costa Rica. 1p.

COTTRELL J. E., DUFFUS C. M., PATERSON L., MACKAY G. R., ALLISON M.S., BAIN, H. 1993. The effect of storage temperature on reducing sugar concentration and the activities of three amylolytic enzymes in tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum L.* *Potato Research* 36: 107-117. p.

DAVIES, C. 2005. "Chips with Everything"; A laboratory exercise for comparing subjective and objective measurements of Potato Chips. *Journal of Food Science Education*. 4: 35-40. p.

DEVAUX A., VALLEJOS J., HJMANNS R., RAMOS J. 1994. Respuesta Agronómica de dos variedades de papa (spp. *Tuberosum* y *Andigeno*) a diferentes niveles de fertilización mineral. Trabajo en medio del convenio del Programa de Investigación de la papa. (PROIMPA, Bolivia) y la cooperación de Corporación Suiza al desarrollo (COSUDE) y el CIP. 1 – 20 p.

DEVICO N.J. 2004. You can't judge a book by its cover. Food Quality. Estados Unidos, Febrero del 2006. [www.foodquality.com/FQundercon.htm](http://www.foodquality.com/FQundercon.htm)

EGUSQUIZA B. R. 2000. La Papa: Producción, transformación, comercialización Cimagraf. SRL. Peru. 13. p.

EZETA F. 2000. Producción de semilla de papa en Latinoamérica. Revista Latinoamericana de la Papa 12: 1-14.

FELTRAN J.C., LEMOS L.B., VIEITES R.L. 2004. Technological Quality and Utilization of potato tubers. Sci. Agric. 61(6): 598-603. p.

FERNÁNDEZ C., RICCIARDI R. 2005. Abordaje de la nutrición como herramienta de prevención. *In*: IV Congreso Virtual de Cardiología. Guías FAC III. Argentina. Consultado: 11 Junio del 2006. Disponible en: [www.fac.org.ar/ccvc/llave/c151/c151.pdf](http://www.fac.org.ar/ccvc/llave/c151/c151.pdf)

FERNÁNDEZ DE RANK E., MONSERRAT S., SLAKA E., PIOPER J. Y BRANDAM E. Z. 1999. Evaluación de cultivares y líneas selectas de papa destinadas a la industria de la papa chips. La Alimentación Latinoamericana 231: 72 – 75. p.

GLKS (Groß Lüsewitz Potato Collection). 2000. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK). Genebank Außenstelle Nord. Alemania.

GOMEZ R., WONG D. 1998. Procesamiento de la papa. Revista Agroecológica Indoagro. 1(5). 1-24. p.

GOOD H. 2004. Measure to ensure the color stays right. Food Quality. Estados Unidos. Visitada Febrero 2006. [www.foodquality.com/FQundercon.htm](http://www.foodquality.com/FQundercon.htm).

GUIDO A., MAMANI P. 2001. Características de la Cadena Agrolimentaria de la papa y su industrialización en Bolivia. Documento de Trabajo-Proyecto papa Andina. Cochabamba, Bolivia 86. p.

HUNTER LABS. 2003. Measuring Flat, Opaque solids using the Clorflex Estados Unidos. Revisada: Octubre del 2005. [www.hunterlab.com/applicationnotes/solid2.html](http://www.hunterlab.com/applicationnotes/solid2.html).

IFPRI (INSTITUTO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN SOBRE POLÍTICAS ALIMENTARIAS), MAG (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA). 2004. Reunión “Planificando Alianzas para Innovación en el Sector Agroindustrial de la Papa”. Parte del Proyecto: “Alianzas publico-privadas en la investigación: hacia el desarrollo agroindustrial en Centroamérica”. Pacayas, Cartago: 1-5. p.

INEC (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS). 2003. Costo de la Canasta básica de Alimentos. Boletín Mensual. San José: 12(9):1-4. p.

INFOAGRO. 2004. El Cultivo De La Patata. Portal temático sobre agricultura en castellano. Internacional (Portal electrónico) 12 de Febrero del 2005. [www.infoagro.com/hortalizas/patata2.asp](http://www.infoagro.com/hortalizas/patata2.asp).

IMN (INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL). 2006. Gestión de información y comercialización: Promedios mensuales de datos climáticos. Estación de CHICUA 1 p.

IMN (INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL). 2002. Gestión de información y comercialización: Promedios mensuales de datos climáticos. Estación del Valle Central 1p.

KLEINKOPF G.E., WESTERMANN D.T., WILLE M.J., KLEINSCHMIDT, G.D. 1987. Specific gravity of Russet Burbank potatoes. American Potato Journal . (64): 579-587. p.

KONICA MINOLTA. 1998. Precise color communication: Color control from perception to instrumentation. Manual, Konica Minolta Sensing. 1 – 59. p.

LAMBERG I., HALLSTRÔM B., OBSSON H. 1990. Fat uptake in a potato drying/Frying process. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 23(4): 295-300. p.

LIU M., CHEN R., TSAI, M. 1990. Effect of low temperature storage, gamma irradiation, and iso-propyl-N-(3-chlorophenyl carbamate) treatment on the processing quality of potatoes. Journal of the Science of Food and Agriculture 53(1): 1-13. p.

LOIS, M., TORRES, M<sup>a</sup> DE LOS A. 1999. Almidón por método enzimático. Métodos de Análisis. 2<sup>nd</sup> emisión del (AQCITA-M018): 1-5. p.

MAG (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA). 1996. Floresta, Nueva variedad de papa de gran productividad. Boletín informativo de nuevas variedades. p.1.

MAG (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA). 2003. Resumen de la situación de la agrocadena de la papa. INTERNET. [http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/indice\\_documentos\\_texto\\_completo.html](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/indice_documentos_texto_completo.html) .

MARSILI, R. 1993. Texture and Mouthfeel: Making rheology real. Food Product Design, Northbrook, Illinois. Revisado: 21 de Enero del 2006. [www.foodproductdesign.com/archive/1993/0896QA.html](http://www.foodproductdesign.com/archive/1993/0896QA.html).

MARSILI R. 1996. Multivariate Analysis Improves Product Design Efficiency. Food Product Design. Northbrook, Illinois. Revisado: 14 de Enero del 2006. [www.foodproductdesign.com/archive/1996/0996qa.html](http://www.foodproductdesign.com/archive/1996/0996qa.html)

MARSILI, R. 1997. Food Analysis. Food Product Design. Northbrook, Illinois. Revisado: 21 de Enero del 2006. [www.foodproductdesign.com/archive/1997/1097QA.html](http://www.foodproductdesign.com/archive/1997/1097QA.html).

MEGAZYME. 2004. D-Fructose and D-Glucose: Assay procedure K-FRUGL 01/05. 1-12. p.

MISTI. 2006. Consideraciones generales en la fertilización del cultivo de papa. Misti Fertilizantes, Lima, Perú. Consulta : 6 de mayo del 2006, [http://www.corpmisti.com.pe/p\\_04c.htm](http://www.corpmisti.com.pe/p_04c.htm).

MOHAMED A. JOWITT R., BRENNAN J. 1982. Instrumental and sensory evaluation of crispness I- In friable foods. Journal of Food Engineering.(1) :55-75. p.

MOREIRA R. G., CASTELL-PEREZ M. E., BARRUFET M. A. 1999. Deep-fat Frying: Fundamentals and applications. Aspen Publication 1-24, 75-227, 315-335. pp.

MORENO J. D. 2000. Calidad de la papa para usos industriales. Boletín de la papa 2(17): 1-7. p.

MUÑOZ F., MYLAVARAPU R.S., HUTCHINSON C.M. 2005. Environmentally responsible potato production systems – A review. Journal of Plant nutrition. 28: (1287 – 1309) p.

NIELSEN J.P. 1943. Rapid determination of starch an index to maturity in starchy vegetables. Industrial and Engineering Chemistry. 15(3): 176-179. p.

ÑUSTEZ C. E. 2002. Estudio del efecto de la altura de producción de semilla, sobre el crecimiento, desarrollo y producción de las principales variedades de papa en Colombia. FASE II. Informe técnico, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 21 p.

OFICINA NACIONAL DE SEMILLAS. 1996. Carta de solicitud de liberación de variedades departe del Programa de la Papa al Comité Varietal de Papa de la Oficina Nacional de Semillas.

OJALA J.C., STARCK J.C., KLEINKOPF G.E. 1990. Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. Potato Management Symposium Papers. (67): 29-43. p.

ÖTLESS S., ÖTLESS S. 2004. Acrylamide in food- Formation of acrylamide and its damages to health. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Food Science and Technology. 7(2): 1-12. p.

PALMIERI V., CORDERO A., MOREIRA M. 1986. Respuesta de la papa a la fertilización con nitrógeno y fósforo en la zona de Fraijanes, Alajuela. Agronomía Costarricense 10 (1/2): 111-120. p.

PIMA (Programa Integral de Mercadeo Agropecuario). 2003. Índice estacional de precios y oferta en el CENADA, Papa Primera. PIMA de Heredia, Costa Rica. Visitada Mayo del 2005. [www.pima.go.cr/PAPA.htm](http://www.pima.go.cr/PAPA.htm)

PINTHUS E., WEINBERG P., SAGUY, I. 1993. Criterion for Oil uptake during deep-fat frying. Journal of Food Science. 58 (1) 204-205, 222. p.

PRITCHARD M.K., ADAM, L.R. 1994. Relationship between fry color and sugar concentration in stored Russet Burbank and Shepody potatoes. American Potato Journal (71): 59-66. p.

RICHARDSON J., KLUWE L. 2004. Consumer changes in fast food preference. Conference. In: 14<sup>th</sup> Annual World Food and Agribusiness Forum, Symposium and Case conference. Montreux, Switzerland. Junio 12-15, 2004.

RIVERA J.E., HERRERA A., RODRIGUZ, L.E. 2003. Procesamiento de papa criolla precocida y congelada mediante la técnica de congelación individual (IQF), en seis genotipos promisorios de papa criolla (*Solanum phupeja*). *Agronomia Colombiana* 21(1-2): 95-101. p.

RODRÍGUEZ L., WROLSTAD R. 1997. Influence of potato composition on chip color quality. *American Potato Journal* 74(2) : 87-106. p.

SEVERINI C., BAIANO A., PILLI T., CARBONE B., DEROSI A. 2005. Combined treatments of blanching and dehydration: study on potato cubes. *Journal of Food Engineering*. (68): 289 – 296. p.

SINAIPA (Sistema Nacional de Información de Papa). 2002. Mecanismos para incrementar el número de tubérculos en los cultivos. *Boletín mensual* No.10. Colombia, 10p.

SOBOH G. A., SULLY R., HOPKINS H. 2000. Ways to increase tuber number. En *Australian Potato Research, Development and Technology Transfer Conference*, Adelaida, Australia. Fecha: 31 de Julio al 2 de Agosto del 2000.

SOUTHGATE D.A.T. 1976. Determination of food carbohydrates. *Applied Science Publishers*. London. 153 - 175 p.

TARTÓN, T. 2003. Lípidos y Diabetes. Presente y Futuro. *Barcelona* (57): 9 - 12. p.

USDA/FAS (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE). 2003. World frozen potato Fry situation and outlook. *Summary*. 1-5. p.

VAN DER PLAS L. 1987. Potato tuber storage: Biochemical and physiological changes. In Y.P.S. Bajaj (ed). *Biotechnology in Agriculture and Forestry 3:Potato*. Springer-Verlag, Berlin. 113-124. p.

VIATOR C., MUTH M. 2004. Acrylamide: The next food safety Issue?. *Choices: The magazine of food, farm and resource issues*. 13-17. p.

VORNE V., OJANPERA K., DE TEMMERMAN L., BINDI M., HÖGY P., JONES M.B., LAWSON T., PERSSON K. 2002. Effects of elevated carbon dioxide and ozone on potato tuber quality in the European multiple-site experiment "CHIP-Project". *European Agronomy Journal* (19): 369-381. p.