Ing. Agroindustrial

Christian Bayardo Fuentes Falcon

Abril, 2011

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

## ESTUDIO TÉCNICO-FINANCIERO PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PAPA EN BASTONES CON RECUBRIMIENTO ALIMENTICIO

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**CHRISTIAN BAYARDO FUENTES FALCON**
christian.fuentes.f@gmail.com

**DRA. JENNY RUALES Ph.D.**
Jenny.ruales@epn.edu.ec

**Quito, Abril 2011**

© Escuela Politécnica Nacional (2011)
Reservados todos los derechos de reproducción

# DECLARACIÓN

Yo Christian Bayardo Fuentes Falcón, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Christian Bayardo Fuentes Falcon

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Christian Bayardo Fuentes Falcon, bajo mi supervisión.

Ing. Jenny Ruales, Ph.D.

**DIRECTORA DEL PROYECTO**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS


| | | PÁGINA |
|---|---|---|
| **RESUMEN** | | **xi** |
| **INTRODUCCIÓN** | | **xiii** |
| **GLOSARIO** | | **xv** |
| **1.** | **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA** | **1** |
| 1.1 | Papas Fritas Congeladas | 1 |
| 1.1.1 | Origen de las papas fritas | |
| 1.1.2 | Origen de las papas prefritas congeladas | 1 |
| 1.1.3 | Consumo mundial de papas prefritas congeladas | 2 |
| 1.1.4 | Mercado ecuatoriano de papas prefritas congeladas | 3 |
| 1.2 | Recubrimientos comestibles para alimentos | 4 |
| 1.2.1 | Generalidades | 4 |
| 1.2.2 | Historia | 4 |
| 1.2.3 | Desarrollo de recubrimientos comestibles | 5 |
| 1.2.4 | Aplicaciones de los recubrimientos comestibles | 5 |
| 1.2.4.1 | Barreras de intercambio de gases, humedad, Aw | 6 |
| 1.2.4.2 | Control de migración de lípidos | 7 |
| 1.2.4.3 | Mejoramiento de manipulación e integridad de producto | 7 |
| 1.2.4.4 | Transportadores de aditivos alimenticios | 7 |
| 1.2.4.5 | Sustitutos del embalaje convencional de alimentos | 7 |
| 1.2.5 | Recubrimientos comestibles para alimentos procesados | 8 |
| 1.2.5.1 | Carnes y embutidos | 9 |
| 1.2.5.2 | Frutos secos y elaborados de cereales | 10 |
| 1.2.5.3 | Frutas y hortalizas | 10 |
| 1.2.5.4 | Productos de confitería | 11 |
| 1.2.5.5 | Productos heterogéneos | 11 |
| 1.2.6 | Elementos formadores de recubrimientos comestibles | 12 |
| 1.2.6.1 | Recubrimientos a base de polisacáridos | 12 |
| 1.2.6.2 | Recubrimientos a base de proteínas | 17 |
| 1.2.6.3 | Recubrimientos a base de lípidos | 17 |
| 1.2.6.4 | Recubrimientos compuestos | 17 |
| 1.2.7 | Aditivos utilizados en los recubrimientos comestibles | 18 |
| 1.2.7.1 | Plastificantes | 18 |
| 1.2.7.2 | Antimicrobianos, antioxidantes y otros agentes | 19 |
| 1.2.8 | Propiedades de los recubrimientos comestibles | 21 |
| 1.2.8.1 | Espesor | 21 |
| 1.2.8.2 | Propiedades Mecánicas | 21 |
| 1.2.9 | Métodos de aplicación de recubrimientos comestibles | 22 |
| 1.2.9.1 | Inmersión | 22 |
| 1.2.9.2 | Aspersión | 23 |

1.3 Proceso de fritura de alimentos 24
1.3.1 Generalidades 24
1.3.2 Proceso de Fritura 24
1.3.2.1 Transferencia de calor 25
1.3.2.2 Transferencia de humedad 26
1.3.2.3 Transferencia de aceite 26
1.3.2.4 Formación de la corteza 27
1.3.3 Aceite para fritura 28
1.3.3.1 Calidad de los alimentos 29
1.3.4 Fritura de papa 29
1.3.4.1 Papa prefrita recubierta y congelada 30
1.3.5 Fritura de alimentos con recubrimiento alimenticio 30

**2. MATERIALES Y METODOS 32**

2.1 Materiales y equipos 32
2.1.1 Materia prima 32
2.1.2 Ingredientes 33
2.1.3 Descripción del equipo 34

2.2 Caracterización físico-química de la materia prima 37
2.2.1 Peso 37
2.2.2 Tamaño 37
2.2.3 Gravedad específica 37
2.2.4 Contenido de materia seca 37
2.2.5 Proteína 38
2.2.6 Humedad 38
2.2.7 Azúcares reductores 38

2.3 Optimización del proceso de recubrimiento 38
2.3.1 Desarrollo de los ensayos preliminares 38
2.3.1.1 Recepción de la materia prima 40
2.3.1.2 Pretratamiento 40
2.3.1.3 Elaboración de la mezcla para el recubrimiento 42
2.3.1.4 Ensayo del proceso de recubrimiento 42
2.3.1.5 Selección del proceso de recubrimiento 43
2.3.2 Optimización del proceso de recubrimiento 45
2.3.2.1 Recubrimiento alimenticio 45
2.3.2.2 Diseño experimental 45

2.4 Caracterización del producto final 48
2.4.1 Característica física 48
2.4.1.1 Crocancia 48
2.4.2 Característica química 50
2.4.2.1 Contenido de grasa 50
2.4.3 Análisis sensorial 50
2.4.4 Análisis estadístico 50

2.5 Dimensionamiento de equipos para el proceso 51

2.6 Análisis financiero para determinar la viabilidad 51

**3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52**

3.1 Caracterización física de la materia prima 52

3.2 Caracterización química de la materia prima 52

3.3 Optimización de proceso de recubrimiento 53
3.3.1 Ensayos preliminares 53
3.3.1.1 Análisis estadístico 57
3.3.1.2 Variables seleccionadas para el proceso de aplicación recubrimiento 62
3.3.2 Optimización del proceso 64
3.3.2.1 Variables seleccionadas para el proceso de fijación del recubrimiento 74

3.4 Caracterización del producto final 75

3.5 Dimensionamiento de equipos 78
3.5.1 Análisis de la Materia Prima 78
3.5.2 Localización y capacidad de la planta 78
3.5.2.1 Localización de la planta 78
3.5.2.2 Capacidad de la planta 78
3.5.2.3 Programa de trabajo 79
3.5.2.4 Balance de masa 80
3.5.3 Dimensionamiento de Maquinaria y Equipos 81
3.5.4 Requerimiento de Materia Prima e Ingredientes 82
3.5.5 Requerimiento de Insumos 83
3.5.6 Requerimientos de Agua 83
3.5.7 Requerimientos de Energía Eléctrica 84
3.5.8 Dimensionamiento de Áreas de la planta 85

3.6 Estudio Financiero 87
3.6.1 Inversión y financiamiento 87
3.6.2 Egresos de operación 89
3.6.3 Costo unitario del producto 92
3.6.4 Ingresos operación 93
3.6.4.1 Nivel de producción 93
3.6.4.2 Precio de venta 93
3.6.4.3 Proyección de ingresos 93
3.6.4.4 Indicadores de evaluación del proyecto 94

**4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 96**

**BIBLIOGRAFÍA 99**
**ANEXOS 106**

# ÍNDICE DE TABLAS

**PÁGINA**


| | | |
|---|---|---|
| **Tabla 1.1.** | Precio al por mayor de papa prefrita congelada en el Ecuador | 3 |
| **Tabla 1.2.** | Recubrimientos alimenticios comerciales | 9 |
| **Tabla 1.3.** | Clases de recubrimientos alimenticios | 18 |
| **Tabla 2.1.** | Ingredientes sustitutos de la fórmula de recubrimiento | 39 |
| **Tabla 2.2.** | Ingredientes de la fórmula de recubrimiento 1 | 39 |
| **Tabla 2.3.** | Ingredientes de la fórmula de recubrimiento 2 – A | 39 |
| **Tabla 2.4.** | Ingredientes de la fórmula de recubrimiento 2 – B | 40 |
| **Tabla 2.5.** | Diseño experimental 2x2x2 y variables del proceso de prefritura | 47 |
| **Tabla 2.6.** | Tratamientos experimentales para determinar condiciones de prefritura | 47 |
| **Tabla 3.1.** | Caracterización física de los tubérculos de papa “Súper Chola" | 52 |
| **Tabla 3.2.** | Caracterización química de los tubérculos de papa “Súper Chola" | 53 |
| **Tabla 3.3** | Caracterización química de los almidones (yuca, maíz) y harina de arroz | 53 |
| **Tabla 3.4.** | Variación del peso y porcentaje de aplicación del recubrimiento utilizando la fórmula 1 | 54 |
| **Tabla 3.5.** | Variación del peso y porcentaje de aplicación del recubrimiento utilizando la fórmula 2-A | 54 |
| **Tabla 3.6.** | Variación del peso y porcentaje de aplicación del recubrimiento utilizando la fórmula 2-B | 55 |
| **Tabla 3.7.** | Resumen comparativo de resultados de los ensayos preliminares de aplicación | 55 |
| **Tabla 3.8.** | Repetición de ensayos preliminares con la fórmula 2-A | 56 |
| **Tabla 3.9.** | Repetición de ensayos preliminares con la fórmula 2-B | 57 |
| **Tabla 3.10.** | Variables del proceso que maximizan la cantidad de recubrimiento aplicado | 63 |
| **Tabla 3.11.** | Valor equivalente utilizando el proceso seleccionado | 64 |

**Tabla 3.12.** Resultados de la crocancia obtenida con cada tratamiento y el control 65

**Tabla 3.13.** Resultados del contenido de grasa obtenido con cada tratamiento y el control 68

**Tabla 3.14.** Resultados del análisis sensorial de cada tratamiento y el control 71

**Tabla 3.15.** Ponderación de las variables de respuesta de los tratamientos y el control 72

**Tabla 3.16.** Comparación de las características entre el control y tratamiento seleccionado 75

**Tabla 3.17.** Producción diaria y anual de la planta 79

**Tabla 3.18.** Tiempos estimados por proceso 79

**Tabla 3.19.** Maquinaria y equipo utilizado en la línea de procesamiento 81

**Tabla 3.20.** Maquinaria y equipo auxiliar para el procesamiento 82

**Tabla 3.21.** Equipos de laboratorio 82

**Tabla 3.22.** Requerimiento de materia prima e ingredientes 83

**Tabla 3.23.** Requerimiento de insumos 83

**Tabla 3.24.** Requerimiento de agua 84

**Tabla 3.25.** Requerimiento de energía eléctrica 84

**Tabla 3.26.** Dimensionamiento del área de procesamiento 85

**Tabla 3.27.** Área total para la planta procesadora 86

**Tabla 3.28.** Inversión inicial del proyecto 87

**Tabla 3.29.** Inversión fija 88

**Tabla 3.30.** Capital de trabajo 88

**Tabla 3.31.** Materia prima directa 89

**Tabla 3.32.** Mano de obra directa 89

**Tabla 3.33.** Carga fabril 90

**Tabla 3.34.** Gastos de administración 91

**Tabla 3.35.** Gastos de ventas 92

**Tabla 3.36.** Costo unitario del producto 92

**Tabla 3.37.** Precio de venta de 1 Kilogramo de papa prefrita congelada con recubrimiento alimenticio 93

**Tabla 3.38.** Proyección anual de ingresos por venta del producto 94

**Tabla 3.39.** Flujo de caja proyectado a cinco años 94

**Tabla 3.40.** Cálculo del punto de equilibrio 95

# ÍNDICE DE FIGURAS

**PÁGINA**


**Figura 1.1.** Desarrollo de la industria de papas prefritas congeladas 1

**Figura 1.2.** Principales exportadores de papa prefrita congelada 2009-2010 2

**Figura 1.3.** Importaciones de Brasil de papa prefrita congelada 2009-2010 3

**Figura 1.4.** Microfotografía de gránulos de almidón nativo de yuca 16

**Figura 1.5.** Representación esquemática del aplicación de recubrimiento multicapas de fruta mínimamente procesada 22

**Figura 1.6.** Sistema de aplicación por spray de recubrimientos comestibles 23

**Figura 1.7.** Microfotografía de la corteza (zona externa) de bastones de papa fritos 28

**Figura 2.1.** Tubérculos de la variedad de papa "Súper Chola - INIAP" 32

**Figura 2.2.** Ingredientes para elaborar el recubrimiento comestible 34

**Figura 2.3.** Esquema del secador de bandejas 35

**Figura 2.4.** Esquema del equipo de fritura por inmersión 36

**Figura 2.5.** Picado manual en bastones de papa 41

**Figura 2.6.** Escaldado por inmersión de los bastones de papa 41

**Figura 2.7.** Aplicación del recubrimiento a los bastones de papa 42

**Figura 2.8.** Proceso de elaboración de bastones de papa precongelados y recubiertos 44

**Figura 2.9.** Módulo Warner-Bratzler Knife para medir crocancia en bastones de papa 48

**Figura 2.10.** Diagrama del módulo de corte Warner-Bratzler Knife 48

**Figura 3.1.** Diagrama de Pareto de las variables del proceso y sus interacciones 58

**Figura 3.2.** Prueba de rango múltiple para la variable temperatura 59

**Figura 3.3.** Análisis de medias para la variable temperatura 59

**Figura 3.4.** Prueba de rango múltiple para la variable tiempo 60

**Figura 3.5.** Análisis de medias para la variable tiempo 60

**Figura 3.6.** Prueba de rango múltiple para la variable concentración 61

**Figura 3.7.** Análisis de medias para la variable concentración 61

**Figura 3.8.** Porcentaje de aplicación de recubrimiento en función a sus Concentraciones 62

**Figura 3.9.** Optimización del diseño experimental para la aplicación de recubrimiento 63

**Figura 3.10.** Comparación entre los tratamientos aplicados y el control 65

**Figura 3.11.** Análisis de Varianza Factorial para la variable de respuesta Crocancia 66

**Figura 3.12.** Diagrama de Pareto de las variables del proceso y sus interacciones 67

**Figura 3.13.** Prueba de rango múltiple para la variable Fórmula 67

**Figura 3.14.** Prueba de rango múltiple para la variable Temperatura 67

**Figura 3.15.** Prueba de rango múltiple para la variable Tiempo 68

**Figura 3.16.** Análisis de Varianza factorial para la variable de respuesta contenido de grasa 69

**Figura 3.17.** Prueba de rango múltiple para la variable Fórmula 70

**Figura 3.18.** Prueba de rango múltiple para la variable Temperatura 70

**Figura 3.19.** Prueba de rango múltiple para la variable Tiempo 70

**Figura 3.20.** Perfil descriptivo entre tratamientos representativos y el control 72

**Figura 3.21.** Análisis de Varianza Factorial para la variable de respuesta Análisis Sensorial 73

**Figura 3.22.** Prueba de rango múltiple para la variable Fórmula 73

**Figura 3.23.** Prueba de rango múltiple para la variable Temperatura 74

**Figura 3.25.** Optimización del diseño experimental para la fijación del recubrimiento 75

**Figura 3.26.** Comparación de atributos del control y tratamiento seleccionado 76

**Figura 3.27.** Balance de masa para la elaboración de 1000 kg/día de bastones de papa prefritos congelados con recubrimiento 80

**Figura 3.28.** Punto de equilibrio 95

# ÍNDICE DE ANEXOS

**PÁGINA**

**ANEXO I**

Estructuras químicas de amilosa y amilopectina 107

**ANEXO II**

Tabla de correlación de gravedad específica y contenido de materia seca de tubérculos de papa 108

**ANEXO III**

Evaluación sensorial previa de papas fritas con recubrimiento 109

**ANEXO IV**

Análisis de crocancia 110

**ANEXO V**

Análisis de papa – variedad "Súper Chola" 111

**ANEXO VI**

Análisis de textura de bastones de papa fritos con recubrimiento 112

**ANEXO VII**

Análisis de contenido de grasa de bastones de papa fritos con recubrimiento 114

**ANEXO VIII**

Evaluación Sensorial de papas fritas con recubrimiento 115

**ANEXO IX**

Tratamiento seleccionado del recubrimiento alimenticio 116

**ANEXO X**

Diagrama de distribución de la planta procesadora 117

# ABREVIATURAS Y UNIDADES

| | |
|---|---|
| g | Gramo |
| kg | Kilogramo |
| m | Metro |
| cm | Centímetro |
| mm | Milímetro |
| N | Newton |
| kN | Kilonewton |
| L | Litro |
| s | Segundo |
| min | Minuto |
| h | Hora |
| ªC | Grado centígrado |
| Xm | Promedio |
| DS | Desviación estándar |
| MC | Metilcelulosa |
| MS | Materia Seca |
| BU | Brabender units |
| mmHg | Milímetros de mercurio |
| m.s.n.m. | Metros sobre el nivel del mar |
| INIAP | Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias |
| A.O.A.C. | Association of Official Analytical Chemists |
| US$ | Dólar de los Estados Unidos |

# RESUMEN

El presente estudio tiene por objeto establecer las mejores condiciones de proceso para aplicar un recubrimiento alimenticio a bastones de papa, para finalmente determinar su grado de crocancia, contenido de grasa y valoración sensorial.

Los tubérculos de papa de la variedad “Súper Chola” fueron caracterizados por métodos físicos y químicos respectivamente, para determinar que la variedad de papa seleccionada cumplía con los requerimientos cualitativos para su industrialización.

Se seleccionaron los ingredientes sustitutos para la elaboración del recubrimiento alimenticio que fue aplicado a los bastones de papa, se encontró que las características de los almidones nativos utilizados en el estudio difieren de las características particulares de los almidones modificados utilizados en las patentes de referencia para el presente estudio.

En pruebas preliminares se probaron tres formulas a diferentes: concentraciones mezcla seca : agua (1:4 y 1:8), temperaturas (15 y 17 ºC) y tiempos (20 y 40 segundos) para la aplicación del recubrimiento alimenticio en bastones de papa. Con un diseño factorial mixto 2x2x2 se seleccionaron las fórmulas (2 – A y 2 – B) y se descartó la fórmula 1. Se encontró que con el uso las fórmulas 2 – A y 2 – B, se lograba aplicar una mayor cantidad de recubrimiento a los bastones de papa y atribuían un mayor grado de crocancia.

Con un diseño factorial mixto 2x2x2 se seleccionaron las variables óptimas del proceso de aplicación para obtener la mayor cantidad de recubrimiento aplicado en los bastones de papa. Las variables seleccionadas fueron: concentración mezcla seca : agua de 1:1,4, temperatura del recubrimiento de 17 ºC y tiempo de inmersión en el recubrimiento de 40 segundos.

Posteriormente se optimizó el proceso de fijación del recubrimiento, con un diseño factorial mixto 2x2x2 se seleccionaron las variables óptimas del proceso de fijación

para obtener el mayor grado de crocancia en bastones de papa con recubrimiento alimenticio fijado en la prefritura. Las variables seleccionadas fueron: Fórmula 2 – B (almidón de yuca 55,35%, almidón de maíz 16%, harina de arroz 19,07%, sal 9% y bicarbonato de sodio 0,65%), temperatura de prefritura 182 ºC y tiempo de prefritura de 50 segundos.

Finalmente, se caracterizó el producto final y por ponderación de los resultados de las variables de respuesta: crocancia instrumental (50%), contenido de grasa (25%) y análisis sensorial (25%), se encontró, el tratamiento 6 aplicado a los bastones de papa es el óptimo para la fijación del recubrimiento alimenticio en la superficie de los bastones de papa.

# INTRODUCCIÓN

La alimentación saludable se está convirtiendo en la tendencia de evolución fundamental del consumo y la industria a nivel mundial. La demanda del mercado local de comida rápida ha tenido un importante y sostenido crecimiento en los últimos años, debido a los cambios en los hábitos alimenticios de la población y la capacidad de compra de los consumidores (Sloan, 2002).

La industria alimenticia debe considerar en los próximos años, el tiempo de cocción de los alimentos y la salud de los consumidores para mantener su cuota de mercado: hay poco tiempo para cocinar y para comer, pero sin embargo existe una preocupación creciente por el tipo de comida que se ingiere a diario y sus consecuencias para la salud (Martínez, 2005).

Los recubrimientos alimenticios son una tecnología desarrollada para la elaboración de alimentos procesados dada: la constante necesidad de aumentar el tiempo de vida útil del producto, controlar la humedad, reducir grasas o calorías y desarrollar características sensoriales de textura (Krochta *et al*., 1994). La textura, así como el aroma, el sabor, la apariencia y la calidad nutricional es uno de los criterios de aceptación de un alimento por el consumidor (Demonte, 1995).

Para la obtención de estos recubrimientos se emplean almidones de: papa, yuca, maíz, arroz. En muchos casos, las materias primas para elaborar estos compuestos son abundantes en la naturaleza, con varias aplicaciones en la tecnología alimentaria y de alta biodegradabilidad. (Krochta *et al*., 1994).

“EL FRUTO” es una empresa agrocomercial y su principal actividad es el acopio, almacenamiento, empaque, y venta directa de frutas y verduras. La empresa tiene la necesidad de satisfacer los requerimientos de papa procesada, para una cadena de comida rápida en la ciudad de Quito “Papitas a lo Bestia”, que tiene un promedio de compra mensual de 35 toneladas/mes de papa sin procesar.

La cadena de comida rápida “Papitas a lo Bestia” planteó la necesidad de estandarizar la materia prima para obtener un producto de calidad uniforme en todos sus locales ubicados en la ciudad, con la particularidad de que presente un atributo sensorial de crocancia. Para satisfacer el requerimiento de sus clientes, mantener un crecimiento sostenido en sus ventas y ganar prestigio en el mercado local ofertando un producto diferenciado.

Este trabajo busca establecer el proceso para la elaboración de bastones de papa prefritos congelados con recubrimiento alimenticio, que tengan como atributo principal una mejor textura (crocancia) en comparación a la papa prefrita congelada convencional. Adicionalmente se dimensionará los equipos requeridos para el procesamiento y se determinará utilizando indicadores financieros la viabilidad del proyecto.

# GLOSARIO

**Actividad de agua:** Relación entre la presión de vapor de un alimento dado en relación con la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura ($a_w$). Es un parámetro que permite determinar su capacidad de conservación, de propagación microbiana, etc.

**Antimicrobiales:** Sustancias químicas sintetizadas parcial o totalmente en laboratorio que son capaces de inhibir el crecimiento y/o destruir microorganismos.

**Antioxidantes:** Molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células.

**Cariogénico:** Que es capaz de producir o inducir la producción de caries dental.

**Cinética Enzimática:** Velocidad de las reacciones químicas que son catalizadas por las enzimas. El estudio de la cinética y de dinámica química de una enzima permite explicar los detalles de su mecanismo catalítico.

**Conducción:** Mecanismo de transferencia de energía térmica entre dos sistemas basado en el contacto directo de sus partículas sin flujo neto de materia y que tiende a igualar la temperatura dentro de un cuerpo y entre diferentes cuerpos en contacto por medio de ondas.

**Congelación rápida:** (Individual Quick Freezing) es un sistema de congelamiento individual realizado a través del paso

forzado de aire enfriado a través del producto. El aire se suele enfriar entre -30° y -40°C por varios mecanismos (amoníaco, glicol, refrigerantes, etc).

**Convección:** Mecanismo de transferencia de energía que se produce por intermedio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. La convección se produce únicamente por medio de materiales fluidos.

**Crocancia:** Denominación de crocante, que cruje al masticar.

**Enranciamiento:** Proceso por el cual un alimento con alto contenido en grasas o aceites se altera con el tiempo adquiriendo un sabor desagradable.

**Escaldado:** Técnica de pretratamiento que consistente en la cocción de los alimentos en agua o líquido hirviendo durante un periodo breve de tiempo.

**Fuerza de ruptura:** Fuerza en dirección del eje de medición del captador de fuerza, por encima del cual hay que contar con una destrucción mecánica.

**Hidrofílico:** Comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por el agua. En una disolución o coloide, las partículas hidrófilas tienden a acercarse y mantener contacto con el agua.

**Pardeamiento enzimático:** Reacción de oxidación en la que interviene como substrato el oxígeno molecular, catalizada por un tipo de enzimas que se encuentran en los alimentos.

**Zeína:** Proteína presente en el maíz, soluble en alcohol en cantidades de 2,5 a 10% (base seca), comúnmente utilizada en la fabricación de plásticos, recubrimientos químicos y alimenticios.

# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 PAPAS PREFRITAS CONGELADAS

### 1.1.1 ORIGEN DE LAS PAPAS FRITAS

Nadie esta realmente seguro acerca del origen de las papas fritas. Estas se volvieron populares en Francia a finales del siglo XVIII y hay quienes afirman que su origen real es de Bélgica. Soldados americanos conocieron de éstas por medio de ciudadanos belgas de habla francesa durante la primera guerra mundial en Europa, por eso las denominaron “French fries”. Incluso se sabe que el presidente Thomas Jefferson se servia papas fritas al estilo “French fries” en la casa blanca en el siglo XVIII (McCain Foods Limited, 2008).

### 1.1.2 ORIGEN DE LAS PAPAS PREFRITAS CONGELADAS

El desarrollo de productos alimenticios sometidos al proceso de congelación rápida (Quick Freezing), se le atribuye al inventor norteamericano Clarence Birdseye en el año de 1924 que realizó pruebas con frutas, hortalizas y filetes de pescado.

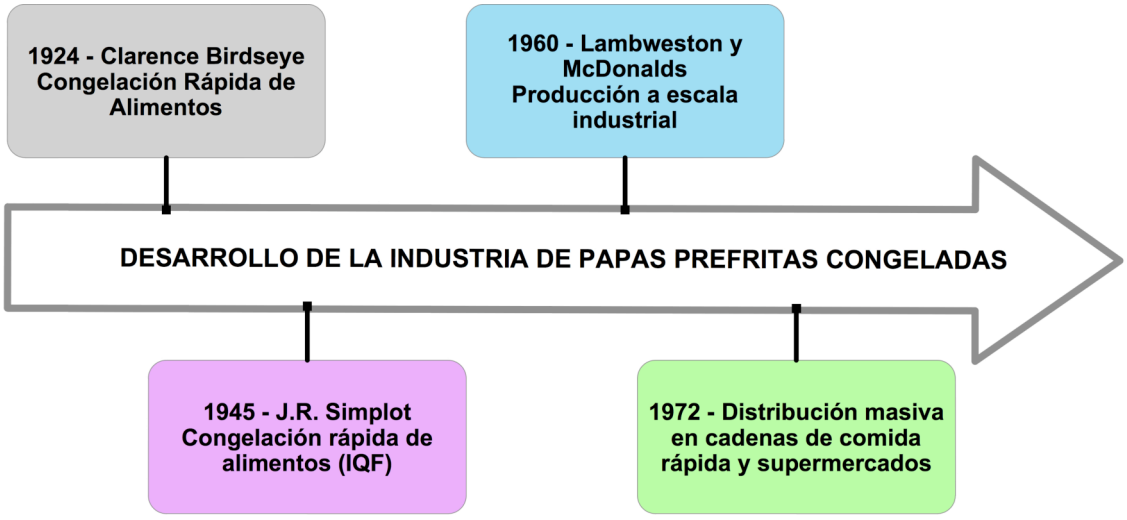



**Figura 1.1.** Desarrollo de la industria de papas prefritas congeladas
(Lambweston y Simplot, 2010)

Sin embargo, la invención de papa congelada inicia en el año de 1945 cuando el empresario J.R. Simplot convoca a un grupo de científicos para desarrollar el proceso de congelación rápida de bastones de papa, y obtiene la patente en 1953. Posteriormente en 1960, la empresa Lambweston en alianza con Mc Donald's perfeccionan el proceso de producción a escala industrial, debido a que la cadena de comida rápida tenía un déficit de abastecimiento de materia prima (papa) para la época de verano. Finalmente en 1972 el producto se distribuye a todas las cadenas de comida rápida y supermercados de los Estados Unidos (Lambweston, 2010).

### 1.1.3 CONSUMO MUNDIAL DE PAPAS PREFRITAS CONGELADAS

El consumo mundial de papa como alimento fresco esta cambiando a productos alimenticios con valor agregado. Uno de éstos son las papas prefritas congeladas que se sirven en restaurantes y cadenas de comida rápida en todo el mundo, se estima que la demanda de este producto a nivel mundial es de aproximadamente 11 millones de toneladas al año (FAO, 2008).

Los principales productores y exportadores de papa prefrita congelada en el mundo son: Canadá (37%), Estados Unidos (27%), Unión Europea (25%), otros países (11%).

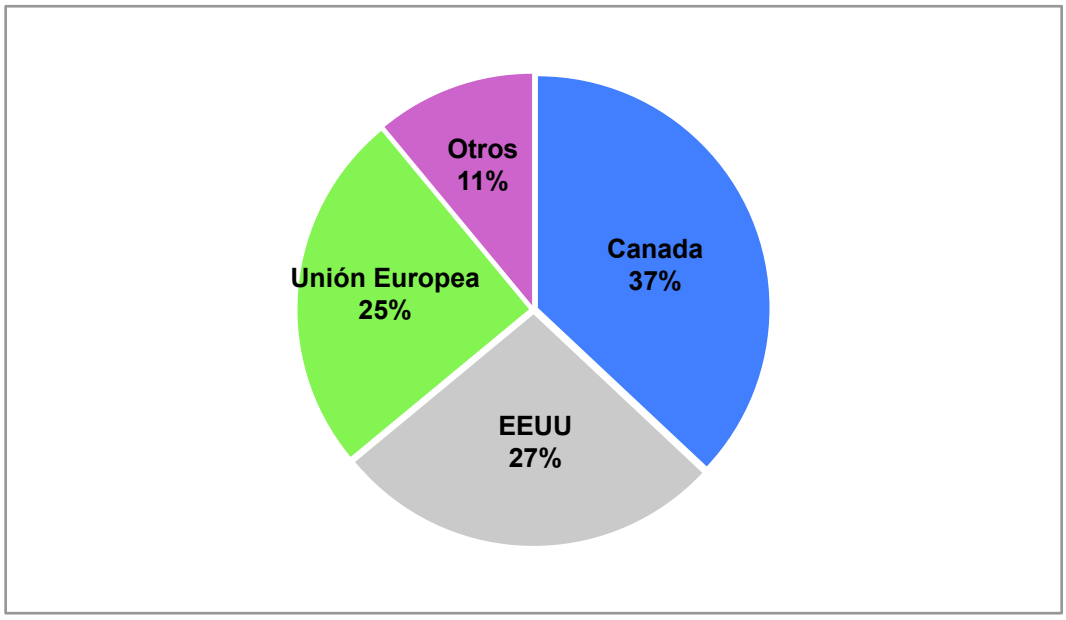



**Figura 1.2.** Principales exportadores de papa prefrita congelada 2009-2010
USDA – Foreign Agricultural Service – 2010)

El principal importador latinoamericano y tercero en el mundo es Brasil, con una demanda de 192,000 TM/año, que es abastecida por Argentina y la Unión Europea.

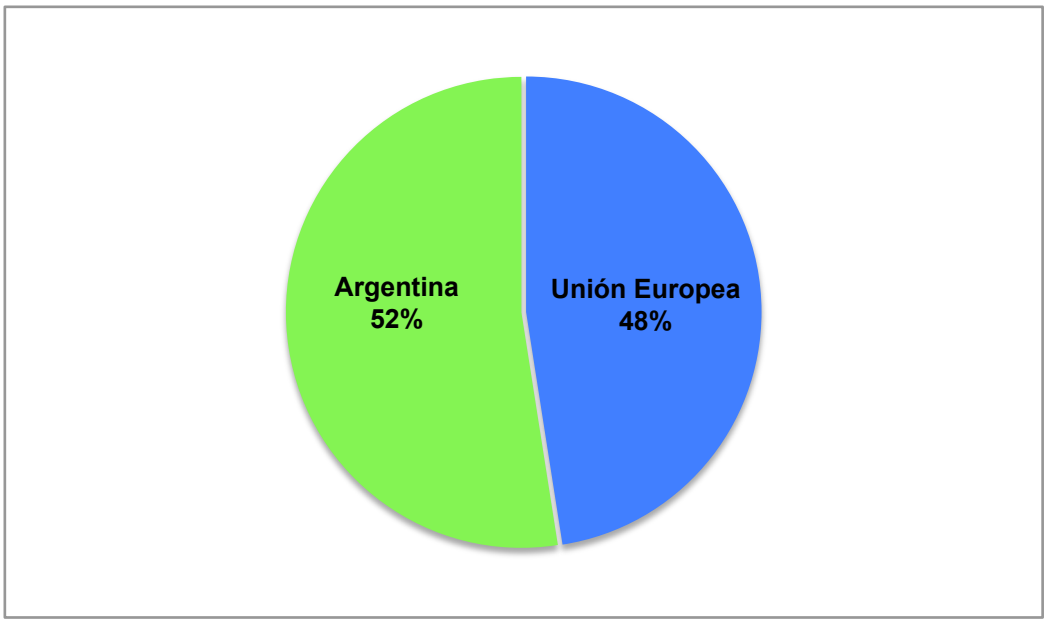



**Figura 1.3.** Importaciones de Brasil de papa prefrita congelada 2009-2010
(USDA – Foreign Agricultural Service – 2010)

### 1.1.4 MERCADO ECUATORIANO DE PAPAS PREFRITAS CONGELADAS

Después de una investigación aleatoria en los supermercados y cadenas de comida rápida de la ciudad de Quito, se determinó la presencia predominante de papa prefrita congelada importada de las marcas: McCain (Canadá), Lutosa (Bélgica); y Lambweston (EE.UU.). La oferta comercial y precios al por mayor se muestran en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Precio al por mayor de papa prefrita congelada en el Ecuador

| Proveedor | Precio (US$ / kg) |
|---|---|
| Agrofrio | 2,20 |
| Producong | 2,30 |
| Sudfood | 2,35 |

**Nota:** Los valores descritos se obtuvieron por solicitud de cotizaciones a los proveedores del producto en Ecuador.

## 1.2 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES PARA ALIMENTOS

### 1.2.1 GENERALIDADES

Un recubrimiento alimenticio o comestible es una película que recubre completa y uniformemente un alimento para prolongar el tiempo de vida útil y modificar la textura del producto. Los recubrimientos se pueden emplear como un reemplazo o complemento de las capas naturales del alimento para evitar la pérdida de humedad, mientras que de manera selectiva permite el intercambio controlado de gases (oxígeno, dióxido de carbono y etileno) que están involucrados en los procesos de respiración. Además se pueden utilizar como un aditivo no tóxico para la conservación de las características naturales o simplemente para mejorar su apariencia (Embuscado y Hubber, 2009).

### 1.2.2 HISTORIA

Gennadios *et al*., 1993, describe que, en el siglo XII, los cítricos que se cultivaban al sur de China fueron tratados para el consumo del emperador, vertiendo cera fundida sobre ellos, colocándolos en cajas y enviándolos en caravanas hacia el norte. Se conoce que en Japón alrededor del siglo XV ya se empleaba una película comestible, llamada "Yuba" elaborada a base de leche de soya hervida, para mantener la calidad de los vegetales y mejorar su apariencia.

### 1.2.3 DESARROLLO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Varias técnicas de almacenamiento han sido desarrolladas para extender los períodos de comercialización de productos frescos después de la cosecha. Pero al mismo tiempo diversas autoridades alimentarias han estimado que a pesar de los esfuerzos, entre el 25% al 80% de los alimentos frescos y procesados se pierden debido a la descomposición. Esto se ha notado en los países en desarrollo y con más repercusiones en las regiones tropicales del planeta (Krochta *et al*., 1994).

El problema de la descomposición de los alimentos es el resultado de que los vegetales y frutas frescas son manipulados como productos inertes, cuando de hecho son organismos vivos. Las tasas de respiración, las pérdidas de agua o transpiración, dependen directamente de las condiciones de temperatura, concentración de gases y humedad del ambiente en el que se almacena al producto (Embuscado y Hubber, 2009).

En la actualidad, el método comercial más usado para la preservación a largo plazo de los alimentos es el almacenamiento provisional a bajas temperaturas (4 – 8ºC), especialmente para alimentos mínimamente procesados. La reducción de la temperatura disminuye de forma notable la actividad enzimática, pero también puede: modificar de forma negativa la tasa de respiración y generar alteraciones indeseables en textura, color y sabor del producto (Pavlath *et al*, 1993).

Al presentarse estos problemas se desarrollaron nuevas tecnologías para la preservación y almacenamiento, entre estas la aplicación de recubrimientos comestibles a los alimentos, que presentan resultados notables, respecto a los procesos tradicionales de conservación y tratamiento de alimentos (Fennema, 1993).

### 1.2.4 APLICACIONES DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Dentro de la tecnología alimentaria emergente se considera que los recubrimientos comestibles desempeñan un papel importante en la calidad, seguridad, transporte, almacenamiento y exhibición de una amplia gama de alimentos frescos y procesados (Krochta *et al*.,1994).

Los recubrimientos comestibles se utilizan para una variedad de utilidades o fines, en una amplia gama de productos alimenticios, por ejemplo: el aspecto brillante de la superficie de las manzanas en un supermercado se debe a la aplicación de ceras, algunos dulces están recubiertos por una película brillante para aumentar su vida útil y otorgarle un aspecto visual atractivo. En los medicamentos (píldoras) se aplican recubrimientos para evitar la desintegración temprana del compuesto, reducir el sabor indeseable al tragar, y proporcionar tiempos para la liberación de compuestos

en el estomago. Las papas fritas son recubiertas para limitar la absorción de aceite durante el proceso de fritura, modificar su textura y brindar mayor estabilidad entre la preparación y el consumo del producto (Embuscado y Hubber, 2009).

Arvanitoyannis y Gorris, 1999, describen las características que deben presentar los recubrimientos comestibles para alimentos procesados:

- Resistente al agua, además de que se encuentre recubriendo completamente el alimento y no tenga fisuras o zonas libres.

- Bloquear el oxígeno o acumular en exceso dióxido de carbono. Un mínimo de 1 al 3% de oxígeno es requerido en el medio para evitar el cambio de respiración aeróbica a respiración anaeróbica.

- Reducir la permeabilidad del vapor de agua.

- Mejorar la apariencia, mantener la integridad estructural, además de mejorar las propiedades mecánicas a la manipulación.

- Capacidad de transportar agentes activos (antioxidantes, antimicrobiales) y la capacidad de retener compuestos naturales (aroma y sabor).

#### 1.2.4.1 Barreras para el control de intercambio de gases, humedad y actividad de agua

Para este propósito, se puede colocar el recubrimiento en la superficie del alimento, como una capa o barrera cuya función es limitar la pérdida de humedad del alimento y disminuir la absorción de oxígeno, induciendo a una respiración más lenta. Al interior del alimento donde el recubrimiento se emplea para estabilizar las gradientes de actividad de agua y conservar las propiedades de textura que posee un alimento. Por ejemplo un recubrimiento alimenticio se utiliza para separar el componente crocante de una pizza, del componente semi-sólido que la conforma (Wong *et al*., 1994).

#### 1.2.4.2 Control en la migración de lípidos

La migración de las grasas y aceites pueden ser un problema en la industria de confitería y cárnicos. Por ejemplo, si el aceite del relleno migra hacia la cobertura de chocolate, esto tendría un efecto adverso sobre las propiedades del chocolate y en productos cárnicos elaborados donde se emplea un recubrimiento de derivados de celulosa para reducir considerablemente la absorción de aceite en el proceso de fritura (Polanski, 1993).

#### 1.2.4.3 Mejoramiento de la manipulación e integridad del producto

En los alimentos compuestos de ingredientes externos, como por ejemplo las pizzas, un recubrimiento comestible puede ser utilizado para ligar estos componentes a la matriz del alimento durante su distribución. Los recubrimientos también pueden proporcionar protección física a los productos alimenticios que son susceptibles a daños durante el transporte, como las frutas y hortalizas (Greener y Fennema, 1994).

#### 1.2.4.4 Transportadores de aditivos alimenticios y modificadores de textura

Los aditivos alimentarios como: saborizantes, agentes antimicrobiales y antioxidantes se pueden incorporar directamente en la elaboración de los recubrimientos comestibles. También se conoce que ciertos compuestos que forman parte de los recubrimientos (almidones y gomas) modifican la textura de los alimentos (Greener y Fennema, 1994).

#### 1.2.4.5 Sustitutos del embalaje convencional de alimentos

Por su característica de alta biodegradabilidad, los recubrimientos comestibles se pueden emplear como una alternativa al uso de los embalajes comerciales convencionales que además de tener costos elevados, son contaminantes potenciales del medio ambiente (Greener y Fennema, 1994).

### 1.2.5 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES PARA ALIMENTOS PROCESADOS

Los recubrimientos comestibles son aplicados a los alimentos procesados, para restringir la migración de humedad y el intercambio de gases, especialmente del oxígeno. Dependiendo del producto al que se va a realizar la aplicación, los recubrimientos pueden ser empleados para: evitar la pérdida de humedad, absorber humedad, transferir humedad entre los componentes del alimento con diferente actividad de agua en un sistema alimenticio heterogéneo, formar un empaque frío en los alimentos congelados, fomentar o limitar la exposición al oxigeno, limitar la difusión del dióxido de carbono (Krochta *et al*., 1994).

Como atributos en los alimentos procesados, los recubrimientos comestibles tienen el potencial de reducir las pérdidas de sabor y aroma, control de la actividad de agua y niveles de oxígeno que es esencial para preservar la textura y sabor del alimento.

Respecto al plástico convencional y papel aluminio que se emplean como empaques para alimentos, los recubrimientos comestibles ofrecen una alternativa viable con ciertas ventajas: los desperdicios de empaque son reducidos, los bajos costos ambientales por su biodegradabilidad, y la continua protección de los alimentos procesados después de que el empaque ha sido abierto (Baker *et al*., 1994).

Al actuar como barreras al intercambio de agua y gas, logran reducir el movimiento del aceite al interior de los alimentos durante la fritura, reducir la contracción del alimento durante la cocción, mejorar la textura y la apariencia del alimento (Embuscado y Hubber, 2009).

Adicionalmente se emplean como transportadores de compuestos antimicrobiales y antioxidantes, localizando su actividad en la superficie del alimento (Krochta *et al*, 1994).

**Tabla 1.2.** Recubrimientos alimenticios comerciales

| Nombre | Componente | Usos |
|---|---|---|
| Freshseel™ | Ésteres de sacarosa | Prolonga la vida útil del melón |
| Fry Shield™ | Pectinato de calcio | Reduce la absorción de aceite durante la fritura de papa y pescado |
| Nature Seal™ | Ascorbato de calcio | Reduce la oxidación de frutas y vegetales cortados |
| Nutrasave™ | Quitosano carboxym | Reduce la pérdida de agua en aguacate y mantiene firmeza |
| Spray gum™ | Acetato de calcio | Previene el oscurecimiento de papa durante la fritura |
| ZCoat™ | Proteína de maíz | Prolonga la vida útil de filetes de carne y chocolates recubiertos |

(Embuscado y Hubber, 2009)

#### 1.2.5.1 Carnes y embutidos

El método más tradicional para mejorar el manejo de productos cárnicos empleando recubrimientos, es la tecnología de embutidos, en donde se rellenan una mezcla de carnes en una cubierta comestible (tripa de embutido), elaboradas a partir de colágeno, mientras que otros productos tales como carnes curadas o procesadas son empacadas con recubrimientos no comestibles elaborados de celulosa, fibra, cloruro de vinilideno, que son sometidos a tratamiento térmico para adherirlas a la carne. Sin embargo existe una creciente preocupación por las enfermedades animales como la encefalopatía bovina y fiebre aftosa, que demanda de recubrimientos para los productos cárnicos que no estén elaborados del colágeno obtenido de intestinos de ovejas, vacunos, cerdos y otros animales que son sus fuentes directas. Por lo que se han desarrollado nuevos recubrimientos para empacar cortes de carne vacuna, carne de pollo y embutidos empleando gel Curdlan (obtenido a partir de fermentación microbiana), que presenta similares características físico-químicas, al emplearlo como sustituto del colágeno (Satoshi, 2007).

La grasa animal, aceites vegetales, monoglicéridos acetilados, ceras y mezclas de estos componentes son usados para elaborar recubrimientos de productos cárnicos, incluyendo trozos de carne vacuna y chuletas de cerdo congeladas. Estos recubrimientos protegen a la carne de la deshidratación, ya que reducen la pérdida de humedad. Mientras que recubrimientos elaborados con HPC (Hidroxipropil

celulosa – E463) reducen la pérdida de humedad en trozos de pollo rebozados “nuggets” (Gennadios *et al*., 1993; Balasurbramaniam *et al*., 1997).

#### 1.2.5.2 Frutos secos y elaborados de cereales

Debido al alto contenido de aceite en los frutos secos como nueces y almendras, estos son susceptibles al desarrollo de sabores no deseados (por la oxidación). El principal uso de los recubrimientos comestibles en este tipo de alimentos es para evitar o retardar el enranciamiento o descomposición, además de proporcionar una mejor adhesión de ingredientes complementarios del producto como: sal, azúcar, colorantes y antioxidantes (Baker *et al*., 1994).

A los cereales para el desayuno elaborados a partir de maíz y trigo (corn flakes), se les aplica un recubrimiento comestible para otorgarles un sabor dulce y mejorar su textura, que consiste en aplicar una mezcla de azúcar o miel con agua, formando una sustancia viscosa que se aplica a las hojuelas de cereal por medio de spray a una presión constante (Tribelhorn, 1991).

#### 1.2.5.3 Frutas y hortalizas

El preservar la calidad de las frutas y hortalizas que han sido procesadas (peladas, cortadas y escaldadas) es un verdadero reto ya que los cambios indeseables de sabor, textura, color y nutricionales pueden afectar la calidad de estos alimentos (Kays y Paull, 2004).

El uso de recubrimientos comestibles que actúan como barrera semipermeable a los gases de respiración y vapor de agua, retrasan los cambios de color del producto durante el almacenamiento, la pérdida de agua y textura. Además de ser transportadores de aditivos que ayudan a preservar y mejorar la calidad del producto (Gordon, 2005). En pasas, higos y ciruelas deshidratadas se aplica un recubrimiento compuesto de cera y pectina para reducir la tendencia a pegarse y mejorar la apariencia del producto durante el almacenamiento (Baker *et al*., 1994)

Rebanadas de zanahorias y manzanas deshidratadas y congeladas se recubren con una capa inicial de ácido graso y luego una capa secundaria de proteína de soya o zeína, con la que se logra disminuir la absorción de humedad, sin afectar la hidratación de los productos. Recubrimientos elaborados con goma de acacia, gelatina y cloruro de calcio fueron más efectivos que el uso de ácido pirofosfato para prevenir el pardeamiento de bastones de papa precocidos (Mazza y Qi, 1991).

#### 1.2.5.4 Productos de confitería

Los productos de confitería (dulces, gomas de mascar, chocolates), requieren un recubrimiento comestible para prevenir la tendencia a pegarse, el aglutinamiento, la absorción de humedad, y en el caso de chocolates y otros confites que contengan lípidos, para evitar la pérdida o desprendimiento de aceite y grasa (Baker *et al*., 1994).

La aplicación de recubrimientos comestibles a los confites le permite al fabricante modificar las características del producto como el sabor, apariencia, textura y valor nutritivo (Barkalow, 2010).

Un compuesto de zeína y etanol se usa para elaborar una recubrimiento de confite esmaltada y de secado rápido. Los recubrimientos elaborados con Metilcelulosa (MC) se recomiendan para actuar como barreras al movimiento de los lípidos entre los componentes de confites de chocolate (Baker *et al*., 1994).

#### 1.2.5.5 Productos heterogéneos

La creciente demanda de alimentos precocidos y listos para servir, que contienen ingredientes con diferentes actividades de agua, requieren un nuevo tipo de empaque para prevenir las transferencias de humedad de un ingrediente a otro, que son la causa de efectos adversos como el cambio de color y la disminución de la calidad nutricional de los ingredientes, siendo el propósito de los recubrimientos comestibles, proveer una barrera física entre los ingredientes que conforman el alimento procesado (Baker *et al*., 1994)

Los conos que se producen para comercializar el helado “sundae” tienen un tiempo de almacenamiento de tres meses, después de este tiempo el cono se humedece debido a la transferencia de humedad desde el helado. Pero el uso de un recubrimiento bicapa conformado por MC y ácido palmítico saturado, se usa para mejorar la barrera de impermeabilidad de la humedad del helado hacia el cono, además el tiempo de almacenamiento del producto se incrementa de 12 a 16 semanas a una temperatura de -4 ºC (Rico y Torres, 1990).

El uso de recubrimientos compuestos de zeína, monoglicéridos acetilados y glicerol mantienen una alta concentración de ácido sórbico en la superficie húmeda de quesos curados, retardando la difusión de este preservante y prolongando la vida útil del producto (Baker *et al*., 1994).

### 1.2.6 ELEMENTOS FORMADORES DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Los recubrimientos comestibles son clasificados en cuatro categorías, tomando como referencia la naturaleza de sus elementos: Polisacáridos (almidón, pectina, celulosa) son empleados para controlar el intercambio de oxígeno, las proteínas (caseína, albúmina, colágeno) que actúan como barrera a grasas y aceites y retienen el aroma, los lípidos (aceite mineral y vegetal, ceras) que son usados para reducir la pérdida de agua y los compuestos, que los hace más efectivos en comparación con los de constitución de un solo elemento (Sonti, 2003).

El mayor objetivo en la preparación de los recubrimientos es asegurar que los recubrimientos refuercen las propiedades físicas y químicas necesarias para mantener los niveles de intercambio de gases y líquidos al mismo grado que en sus condiciones de origen o nativas (Pavlath *et al*., 1993).

#### 1.2.6.1 Recubrimientos a base de Polisacáridos

Los recubrimientos elaborados a partir de estos elementos, son excelentes barreras al intercambio de oxígeno, absorción de aceite, disminuyen la pérdida de aroma, y mejoran la integridad estructural del alimento. Pero no son barreras efectivas a la

humedad debido a su naturaleza hidrofílica. Además pueden evitar la descomposición y extender la vida útil del producto recubierto, sin crear condiciones anaeróbicas severas (Baldwin *et al*., 1995).

***a) Agar (E406)***

Es un coloide hidrofílico compuesto de una mezcla de agarosa y agaropectina, que tiene la propiedad de formar geles reversibles, por calentamiento o enfriamiento de la solución acuosa. Ha sido utilizado ampliamente como un agente gelificante en la industria alimentaria, sin embargo a pesar de su biodegradabilidad y su alto grado gelificante, no ha sido empleado como formador de recubrimientos debido a su fotodegradación y su inestabilidad a la temperatura ambiente y humedad (Freile *et al*., 2007; Geraldine *et al*., 2008).

***b) Alginato (E400-E404)***

Es un biomaterial indigerible producido por algas marinas (Clase: Phaeophyceae, principalmente Laminarias) por lo que también puede ser empleada como una fuente de fibra dietética. Los recubrimientos son de alta resistencia mecánica, pero de baja resistencia frente al agua por su naturaleza hidrofílica, en comparación a sustitutos sintéticos la permeabilidad al agua y atributos mecánicos son moderados. Pero es apropiada como medio de incorporación de aditivos como probióticos y aceites antifúngicos. Una mezcla de almidón y alginato se emplea en la actualidad para elaborar recubrimientos con propiedades mecánicas de alta resistencia (Wu *et al*., 2002).

***c) Carragenina (E407)***

Son polímeros hidrosolubles con una cadena lineal de galactanos sulfatados parcialmente con un alto potencial para formar recubrimientos. Se extrae de algas marinas rojas (Rhodophyceae). El uso actual de este compuesto en la industria alimenticia implica su aplicación en cortes de carne vacuna fresca y congelada, carne de pollo y pescado para evitar o reducir la deshidratación superficial; en

recubrimientos de embutidos, frutos secos y alimentos de consistencia aceitosa. Además los recubrimientos a base de este compuesto son menos opacos que los elaborados a partir de almidón (Karbowiak *et al*., 2006).

***d) Derivados de Celulosa***

Son polisacáridos compuestos de cadenas lineales con unidades β (1-4) glucosídicas con sustituyentes metilo, hidroxipropilo y carboxilo. Solo cuatro formas derivadas de la celulosa son usadas como constituyentes de recubrimientos comestibles: Hidroxipropil celulosa (E463; HPC), Hidroxipropilmetil celulosa (E464; HPMC), Carboximetil celulosa (E466; CMC) y Metil celulosa (E461; MC). Tienen la propiedad de termo-gelificación, cuando las suspensiones son calentadas forman el gel y cuando son enfriadas regresan a su consistencia original. En la industria alimenticia se aplican en algunas frutas y hortalizas para proveer una barrera al oxígeno, aceite y transferencia de humedad (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005).

***e) Quitosano***

Se elabora a partir de las conchas de Crustáceos, este es el segundo polímero más abundante y no tóxico en la naturaleza después de la celulosa. Es de alta viscosidad similar a las gomas naturales, puede formar recubrimientos transparentes, que presentan alta resistencia a la transferencia de aceites, permeabilidad selectiva a los gases, pero baja resistencia a la transferencia de agua. Se emplea para extender la vida útil de frutillas en almacenamiento y de cortes de mango (Chien *et al*., 2007).

***f) Gomas***

Se emplean en la elaboración de recubrimientos comestibles por su capacidad de texturizar los alimentos (Goma Guar – E412, Goma Arábica – E414, Goma Xantana – E415), proporcionan recubrimientos uniformes de excelente adherencia, que se emplean como barreras al vapor de agua e inhibidores del pardeamiento de las papas después de la cocción (Mazza y Qi, 1991).

### *g) Pectinas (E440)*

Son compuestos formados por polisacáridos, se encuentran en frutas y vegetales y son preparados principalmente a partir de cáscaras de cítricos y pulpa de manzana. En combinación con el quitosano, se elaboran recubrimientos con excelentes propiedades antimicrobiales al contener en su composición aceites vegetales esenciales. Pruebas demuestran que la aplicación en productos de panificación para diabéticos, extienden el tiempo de vida útil, hasta 5 días adicionales de almacenamiento respecto a productos sin recubrimiento (Skurtys *et al*., 2009).

### *h) Almidón*

El almidón es el polisacárido más abundante en la naturaleza. La producción mundial en el año 2000 fue de 49 millones de toneladas, de los cuales el 80% fue almidón de maíz. Otras fuentes principales para la producción de almidón son el trigo, papa y yuca (LMC International, 2010).

Como ingredientes principales o aditivos, los almidones nativos y modificados desempeñan un rol importante en la industria alimenticia. Nutricionalmente, los almidones abastecen más del 50% de las calorías consumidas por la población humana. Además los almidones y sus derivados se usan para modificar propiedades físicas de alimentos procesados como sopas, snacks, salsas, y productos cárnicos, contribuyendo a mejorar su textura, viscosidad, adhesión, retención de humedad, homogenización del producto y formación de películas comestibles (Thomas y Atwell, 1997).

De forma general, los recubrimientos de almidón pueden ser el método más eficaz de empaque soluble en términos de rendimiento, adaptabilidad a los productos alimenticios, operaciones de producción y costos. Los recubrimientos de almidón se utilizan comúnmente en la industria de la panificación, confitería, alimentos rebozados, y productos cárnicos (Thomas y Atwell, 1997).

La composición del almidón afecta las características de la mezcla para el recubrimiento. Específicamente la humedad, contenido de proteína y la relación amilosa/amilopectina otorgan un efecto de crocancia a los recubrimientos luego de la fritura. Almidones que contienen altas cantidades de amilosa, producen recubrimientos con propiedades mejoradas de textura. El incremento del contenido de amilosa puede mejorar la interacción polisacárido - polisacárido, creando un recubrimiento mas crocante y de baja absorción de aceite. El almidón químicamente es una mezcla de polímeros de amilosa y amilopectina. El contenido de amilosa en el almidón varía de 0 al 100% dependiendo del origen botánico de la fuente (Yoshimoto *et al*., 2002; van Soest, 1996). Las fórmulas químicas se muestran en el ANEXO I.

Los almidones de trigo, maíz y papa contienen entre un 20 a 30% de amilosa. El contenido de amilosa puede ser tan elevado entre 50 a 80%, en almidones como la Amylomaize y Hylon VII (National Starch and Chemical Co., 2010).

Los almidones nativos se presentan en forma de gránulos, en los que la amilosa y amilopectina son estructuradas por enlaces de hidrógeno que se disponen de forma alternada, formando una estructura química de anillos amorfos y semicristalinos (Jenkins *et al*., 1993).

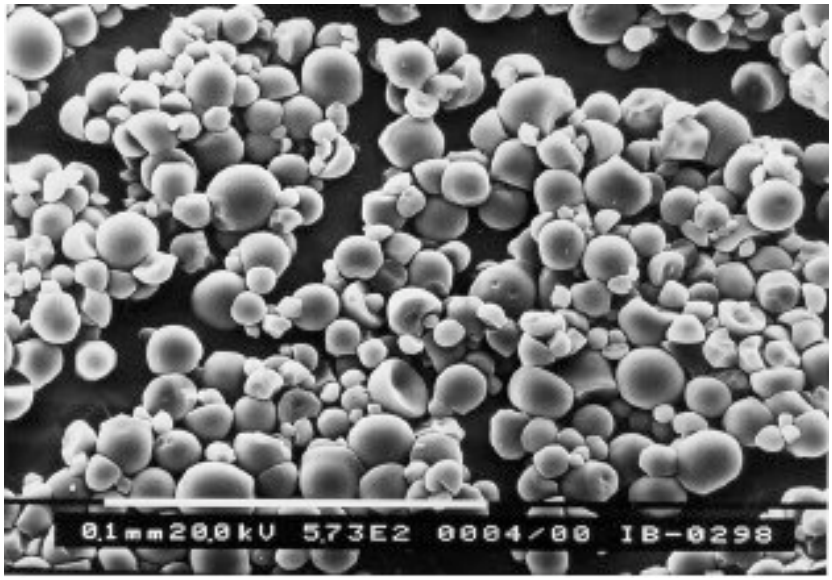



**Figura 1.4.** Microfotografía de gránulos de almidón nativo de yuca
(Cereda *et al*., 2000)

La propiedad de birefrigerancia se presenta debido a la disposición ordenada de las zonas cristalinas de los gránulos de almidón. Básicamente los gránulos de almidón son semicristalinos y el máximo grado de cristalinidad es de 40%, inclusive en almidones de maíz compuestos del 100% de amilopectina (Jenkins *et al*., 1993).

#### 1.2.6.2 Recubrimientos a base de Proteínas

Este tipo de recubrimientos se usan ampliamente en frutas y vegetales. Las formulaciones se elaboran a partir de proteína de soya, caseína, zeína, albúmina de huevo, colágeno, albúmina de trigo, etc. De forma similar a los polisacáridos estos compuestos forman excelentes barreras al oxígeno, aceite y mejoran la integridad estructural del alimento recubierto, pero no son barreras efectivas a la humedad. Son excelentes formadores de recubrimientos, se producen a partir de recursos renovables y se degradan con mayor facilidad que otros materiales. En sus aplicaciones en la industria alimenticia, se emplea la caseína como recubrimiento para evitar el pardeamiento de frutas y vegetales cortados y se determinó la presencia de ácidos grasos en la caseína que mejoran la barrera a la humedad (Baldwin *et al*., 1995; Le Tien *et al*., 2000).

#### 1.2.6.3 Recubrimientos a base de Lípidos

Algunos de los compuestos empleados eficazmente en la elaboración de recubrimientos son: la cera de abejas, aceite mineral, surfactantes, monoglicéridos acetilados, cera de carnauba y parafina. Ofrecen una barrera al oxígeno limitada, debido a la presencia de poros microscópicos en su estructura, otorgando un mayor grado de difusión gaseosa. En cambio, brindan una excelente barrera al vapor de agua debido a su baja polaridad, pero suelen ser opacos y de baja flexibilidad (Guilbert *et al*., 1996).

#### 1.2.6.4 Recubrimientos Compuestos

Se considera que cada uno de los elementos antes mencionados no alcanzan de manera individual, ser efectivos para preservar la calidad de los alimentos

recubiertos, son más eficaces cuando se emplean de forma combinada. Por ejemplo la combinación de la caseína (proteína) con un monoglicérido acetilado (lípido) para formar un recubrimiento de cortes de manzana y bastones de papa, proporciona a estos alimentos protección contra la pérdida de humedad y la oxidación, por un tiempo de 3 días al ambiente, frente a los alimentos sin tratamiento (Krochta *et al*., 1994; Baldwin *et al*., 1995).

En la Tabla 1.3. se indican las diferentes aplicaciones y clases de recubrimientos alimenticios.

**Tabla 1.3.** Clases de recubrimientos alimenticios

| Recubrimiento | Aplicación |
|---|---|
| Lípido, compuesto* | Barrera a la migración de humedad |
| Proteína, lípido, compuesto* | Control del intercambio de gases |
| Polisacárido | Barrera a la migración de grasa y aceite |
| Proteína, lípido, compuesto* | Mejora la manipulación e integridad del producto |
| Polisacárido, lípido, compuesto* | Encapsula los componentes volátiles de sabor |
| Polisacárido | Mejora la textura y apariencia del producto |
| Proteína, lípido, compuesto* | Transporta aditivos comestibles |

(Krochta *et al*, 1994)
* Compuesto: la combinación de dos o más ingredientes (polisacárido, lípido, proteína)

### 1.2.7 ADITIVOS UTILIZADOS EN LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Estos materiales se añaden a los recubrimientos comestibles, básicamente por dos razones: la primera es para mejorar las propiedades estructurales, mecánicas y de manipulación de un recubrimiento; la segunda es mejorar el sabor, color y textura, el recubrimiento actúa como un portador de compuestos benéficos que tienen un efecto saludable en los consumidores del producto (Cuppett, 1994).

#### 1.2.7.1 Plastificantes

Los recubrimientos requieren tener una excelente flexibilidad y alta resistencia mecánica para evitar el agrietamiento durante la manipulación y almacenamiento.

Por lo que se añaden plastificantes de bajo peso molecular (no volátiles) a la mezcla (batter) formadora del recubrimiento para modificar su flexibilidad. Los plastificantes por su disposición molecular y su alta polaridad proporcionan un incremento de la flexibilidad y la permeabilidad al vapor de agua y gases. Se aplican generalmente a recubrimientos elaborados a base de polisacáridos y proteínas, en un porcentaje que varia de 10 a 60% del peso de la mezcla formadora. Los más utilizados son: polioles (glicol propileono, glicerol, sorbitol glicol polietileno), oligosacáridos (sacarosa) y agua (Cuppett, 1994).

#### 1.2.7.2 Antimicrobianos, antioxidantes y otros agentes funcionales

La nueva generación de recubrimientos comestibles se formulan para incrementar su funcionalidad mediante la incorporación de agentes antimicrobianos naturales o sintéticos, antioxidantes, enzimas, probióticos, minerales y vitaminas (Vargas *et al*., 2008).

***a) Antimicrobianos***

Se emplean agentes químicos tales como el ácido benzoico y sorbato de potasio que se incorporan al recubrimiento comestible para inhibir el crecimiento de colonias de bacterias y hongos. Sin embargo debido a los problemas de salud de los consumidores relacionadas a los preservantes químicos se han utilizado los biopreservantes que son de origen natural como el quitosano que tiene excelentes propiedades antibacteriales y antifúngicas; la Nisina y la Lisozima son potentes bactericidas que actúan sobre las bacterias Gram positivas y sobre las Gram negativas si se combinan con agentes quelantes como el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético). Además se pueden emplear Bacteriocinas (lacticina, pediocina), enzimas antimicrobianas (quitinasa y glucosaoxidasa). Compuestos naturales como aceites esenciales de romero, ajo, limón, y canela, en bajas concentraciones se han incorporado a recubrimientos a base de polisacáridos y proteínas, dando excelentes resultados para el control de hongos (Skurtys *et al*., 2009)

### *b) Antioxidantes*

Los antioxidantes son compuestos que prolongan la vida útil de los alimentos, ya que actúan inhibiendo la reacción de oxidación causada por los radicales libres en presencia o no de enzimas de oxidación que producen el obscurecimiento, decoloración y rancidez del producto alimenticio (Skurtys *et al*., 2009).

El ácido cítrico y ascórbico se incorporan a los recubrimientos comestibles elaborados a base de MC, para controlar la permeabilidad al oxígeno y reducir las pérdidas de vitamina C en los duraznos cortados durante su almacenamiento. Recubrimientos a base de goma xantana se mezclan con vitamina E para mejorar la textura y color de baby zanahorias peladas. A rebanadas de manzana en bandejas se les aplica recubrimientos compuestos de carragenina y ácido ascórbico para evitar el pardeamiento y prolongar su vida útil. Recientemente en rebanadas de plátano se les aplica un recubrimiento elaborado con cisteína, cloruro de calcio y ácido ascórbico para impedir la pérdida de peso y el incremento de la actividad de la polifenol oxidasa, además de prolongar cinco días de almacenamiento (Bico *et al*., 2009).

### *c) Otros agentes funcionales*

Los recubrimientos comestibles pueden ser utilizados como transportadores de nutrientes básicos, suplementos dietéticos y agentes funcionales, ya que existen alimentos que carecen de ellos o los contienen en mínimas cantidades. Se demostró que recubrimientos de alginato con fitogel (goma gellan) fijan eficazmente el probiótico BB-12 (*Bifidobacterium lactis*) en rebanadas de manzana y papaya (Tapia *et al*., 2007).

Se aplican recubrimientos que contienen fructo-oligosacáridos (FOS) ya que fisiológicamente estimulan el desarrollo de bífidobacterias beneficiosas en el tracto digestivo de los seres humanos, y son de bajo contenido calórico y bajo potencial cariogénico (Ramesh, 2007).

Finalmente elementos esenciales como el Calcio, Zinc y vitamina E se han incorporado a un recubrimiento a base de quitosano, para reforzar la calidad nutritiva de frutas y hortalizas cortadas. La combinación de Calcio y vitamina E, mejora el valor nutritivo de zanahorias peladas y trozos de frutilla. Los saborizantes y colorantes también pueden ser añadidos a recubrimientos comestibles para mejorar la calidad sensorial de los alimentos (Skurtys *et al*., 2009).

### 1.2.8 PROPIEDADES DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

#### 1.2.8.1 Espesor (Thickness)

Es un parámetro importante porque afecta directamente a las propiedades biológicas y tiempo de vida útil de los alimentos recubiertos. La efectividad de los recubrimientos comestibles para la protección de alimentos depende principalmente del control de la difusión de las soluciones de recubrimiento, que afectan el espesor y la fuerza de cohesión del recubrimiento aplicado. El espesor del recubrimiento aplicado depende de las propiedades físicas de la solución como la densidad, viscosidad y tensión superficial, y además del método de aplicación: inmersión, aspersión, etc. Usualmente se considera que el espesor del recubrimiento debería ser de: 0,25mm, como valor máximo (Skurtys *et al*., 2009).

#### 1.2.8.2 Propiedades Mecánicas

Se determinan por tres parámetros: fuerza de ruptura, módulo de Young (ASTM) y porcentaje de elongación a la ruptura. La adición de lípidos en la formulación, aumenta la resistencia del recubrimiento considerablemente, respecto a los polímeros tradicionales (polietileno) la resistencia a la tracción es mucho mayor, pero el porcentaje de elongación es mínimo, por lo que se considera el añadir plastificantes a los recubrimientos comestibles para mejorar los parámetros antes mencionados (Skurtys *et al*., 2009).

### 1.2.9 MÉTODOS DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Los principales métodos de aplicación de los recubrimientos comestibles son: la aspersión y la inmersión. Los recubrimientos comestibles deben ser homogéneos y libres de defectos para optimizar su aplicación (Skurtys *et al*., 2009).

#### 1.2.9.1 Inmersión

Es el método más común empleado para la aplicación de recubrimientos en frutas y hortalizas. En el recubrimiento por inmersión en la solución, hay que considerar las condiciones de densidad, viscosidad y tensión superficial de la solución, como también el tiempo de permanencia. En general los alimentos a ser recubiertos se sumergen de 5 a 30 segundos. La aplicación de agentes antimicrobianos en la superficie de los alimentos ha demostrado ser menos efectiva ya que hay una disminución de la actividad, debido a la lixiviación en el alimento, la actividad enzimática y la reacción con otros componentes del alimento. Respecto a la adherencia del recubrimiento debe existir una condición hidrofílica óptima en la superficie del alimento que va ha ser recubierto, si la condición hidrofílica no es la óptima se recomienda emplear el sistema de aplicación de capas múltiples para mejorar la aplicación (Vargas *et al*., 2008).

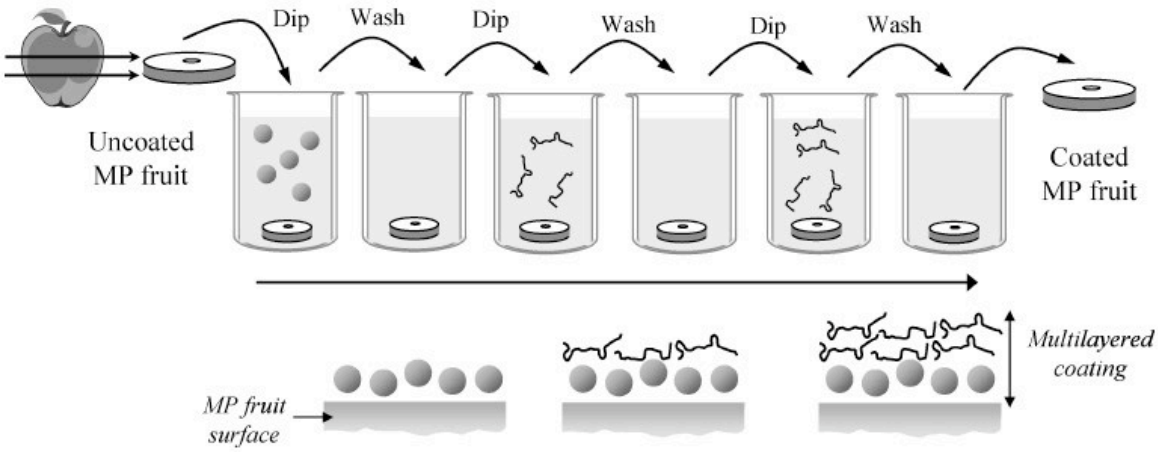



**Figura 1.5.** Representación esquemática del aplicación de recubrimiento multicapas de fruta mínimamente procesada
(Skurtys *et al*., 2009)

### 1.2.9.2 Aspersión (Spray):

Es el método convencional que se emplea cuando la solución del recubrimiento no tiene alta viscosidad. Si la solución es excesivamente viscosa se puede obtener una aplicación no uniforme del recubrimiento teniendo que recurrir a una segunda aplicación por inmersión para mejorar la calidad de la aplicación. El equipo esta conformado por un aspersor controlado y boquillas de rociamiento colocadas sobre una banda transportadora. El control del caudal de la solución depende de la potencia del aspersor, la dimensión y forma de la boquilla, la temperatura de la solución y las condiciones ambientales (que se establecen como estándar al realizar el proceso en sistema de túnel). Los sistemas actuales de aspersión son automatizados, llegando a controlar aplicaciones de distribución uniforme de 20 micras. Otros factores importantes a considerar bajo este proceso son el tiempo de secado y temperatura de secado del recubrimiento (Skurtys *et al*., 2009).

**Figura 1.6.** Sistema de aplicación por spray de recubrimientos comestibles
(Spraying Systems Co., 2010)

# 1.3 PROCESO DE FRITURA DE ALIMENTOS

## 1.3.1 GENERALIDADES

La operación unitaria para el tratamiento térmico de los alimentos más utilizada por la industria alimentaria alrededor del mundo, es la fritura por inmersión en aceite (deep fat frying). El proceso de fritura se emplea tanto para cocer los alimentos como para otorgarles sabores y texturas únicas (Aguilera, 2002; Ballard, 2003).

La tecnología de fritura de alimentos se originó y desarrolló en la zona del Mediterráneo, área geográfica que empleaba el aceite de oliva para preparar sus alimentos. Se estima que los productos comestibles fritos en las cadenas de restaurantes y comida rápida de Estados Unidos requieren de 1 millón de toneladas métricas/año de grasas y aceites para el proceso fritura (Moreira *et al*., 1999).

## 1.3.2 PROCESO DE FRITURA

La fritura es un proceso de alta complejidad, donde se desarrollan una serie de fenómenos que se producen simultáneamente que son la transferencia: de calor, humedad y aceite entre el producto y el medio de fritura. El proceso se realiza al colocar el alimento en contacto con el aceite que se encuentra a una temperatura entre 180 y 200 ºC. El calor se transfiere desde el aceite hacia el alimento, mientras que la humedad se transfiere desde el interior del alimento hacia el aceite. Una vez que la humedad deja áreas libres, el aceite penetra en las capas superficiales del trozo del alimento donde es retenido por diversos mecanismos y pasa a constituir parte del producto (Aguilera, 2002)

Constituye un proceso de deshidratación parcial y localizada en la zona externa del producto la que se transforma de forma progresiva en una corteza dura. Además, la composición del aceite durante el proceso es inconstante, siendo este un factor importante para la optimización del proceso de fritura (Ballard, 2003).

La fritura se realiza a altas temperaturas en tiempos cortos, así permite incorporar aceite al producto, a la vez que produce pocas pérdidas en el rendimiento y el valor nutricional. Adicionalmente por el proceso de deshidratación se obtienen texturas externas crocantes mientras que en el interior se mantiene la humedad y suavidad (Ramesh, 2007; Aguilera, 2002).

#### 1.3.2.1 Transferencia de calor

Existen dos mecanismos básicos de transferencia de calor durante el proceso de fritura por inmersión que son convención y conducción. El aceite actúa como medio de calentamiento, el calor se transfiere desde el aceite hacia la superficie del producto a través de convención, y desde la superficie del producto hacia el interior se transfiere por conducción. Las propiedades térmicas del producto tales como el calor específico, conductividad térmica y la densidad; la viscosidad del aceite y las condiciones de agitación afectan la tasa de transferencia de calor. Los valores de estas propiedades varían constantemente en el transcurso del proceso de fritura (Ballard, 2003).

El contenido de agua es un factor importante en la transferencia de calor por convección, esta migra desde el interior hacia la parte externa o bordes del alimento para compensar la pérdida en la deshidratación de la superficie, formando burbujas al entrar en contacto con el aceite caliente, causando turbulencia en el medio debido a su movimiento, esta condición de turbulencia promueve una transferencia de calor más rápida y su presencia disminuye con el incremento del tiempo de fritura ya que se reduce el contenido de humedad del producto (Mallikarjunan *et al*., 2009).

Cuando ocurre el cambio de fase líquida a vapor de agua, la energía térmica de la fritura es reducida en el exterior lo que previene la quema del alimento por excesiva deshidratación. Debido a la capacidad del agua para reducir o bloquear la influencia de la energía térmica del aceite, la temperatura del alimento alcanza aproximadamente los 100 ºC, mientras que la temperatura del aceite puede ser de 180 ºC (Ballard, 2003).

#### 1.3.2.2 Transferencia de humedad

Hay una pérdida de masa que experimenta el producto durante la fritura debido a la transferencia constante de agua desde el interior del producto. La humedad es evaporada en la superficie del producto como resultado de la diferencia de presión parcial entre el producto y el aceite de la fritura. La tasa de transferencia de humedad esta directamente relacionada con el tiempo de fritura y la temperatura del aceite. La tasa de pérdida de humedad decrece con el incremento del tiempo de fritura. Se conoce que la tasa de secado de hojuelas de papa, muestra una reducción de 60 segundos cuando las papas fueron freídas a 180 ºC en lugar de 150 ºC (Moreira *et al*., 1999).

El secado rápido es critico para garantizar la textura deseable en el producto final, sin embargo es un factor no deseable la pérdida excesiva de humedad, ya que puede generar una mayor absorción de aceite por el producto, por lo que mantener un mayor contenido de humedad en el producto, da lugar a un producto final con bajo contenido graso. La retención de agua, se modifica por la acción de los recubrimientos comestibles (alginatos y celulosa) que pueden desempeñar un rol importante en la transferencia de humedad y absorción de aceite (Pinthus *et al*.,1995).

#### 1.3.2.3 Transferencia de aceite

La absorción de aceite esta influenciada por la temperatura del aceite, el tiempo de fritura y el contenido de humedad en la superficie del producto, área superficial del producto y la presión. Existe una relación lineal entre el área superficial y la cantidad de aceite absorbida, específicamente las relaciones de peso del producto para el volumen de aceite de la fritura y el área de la superficie del producto para el volumen del producto son importantes, porque estas relaciones determinan el grado de aceite que se incorpora al producto alimenticio. Por lo que, un incremento en la relación superficie/masa producirá un incremento en la cantidad de aceite absorbida por el producto (Pinthus *et al*., 1995; Moreira *et al*., 1999).

Blumenthal, 1991, señala que existen tres relaciones superficie/volumen para alimentos fritos:

La primera, alimentos que tienen rodeada toda su zona interna con una superficie externa crocante, donde no se puede diferenciar la corteza, como por ejemplo un trozo de pollo apanado.

La segunda, alimentos que tienen un volumen interior significativo con una superficie externa significativa y una buena diferenciación de corteza, ejemplo: papas fritas al estilo francés “French fries”.

La tercera, alimentos que no tienen un volumen interior significativo, pero tienen una superficie exterior grande a manera de corteza, como por ejemplo: hojuelas de papa.

La absorción de aceite ocurre principalmente durante el periodo de pos-fritura (enfriamiento), ya que la absorción es mayor cuando el producto se retira de la freidora debido a la condensación del vapor en los poros del alimento, produciendo una condición de vacío. En un estudio realizado por Moreira y Barrufet, 1999; en hojuelas de papa se determinó que la mayoría del aceite (80%) fue absorbido durante el periodo de pos-fritura.

#### 1.3.2.4 Formación de la corteza (costra)

La formación de una capa color dorado y crujiente en la superficie externa de un producto es la característica más notable de un alimento frito. Esta capa es conocida como “corteza” o “costra”, y esta formada en cuestión de minutos después que el producto entra en contacto con el aceite de fritura. Se forma por los cambios químicos y estructurales en el alimento. El color dorado se atribuye a las reacciones de Maillard que implican un cambio químico por la reacción de azúcares y proteínas en la superficie del producto. Estructuralmente a medida que la corteza empieza a engrosar, en función al tiempo de fritura, esta ya no permite el ingreso de aceite.
Finalmente, el aceite tiene la tendencia a concentrarse en los bordes del producto alimenticio al término de la fritura (Pinthus *et al*., 1995; Ballard, 2003).

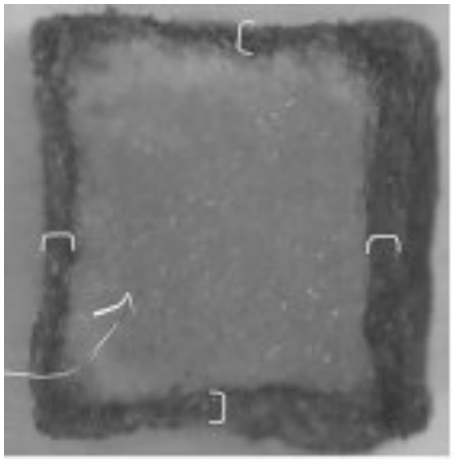


**Figura 1.7.** Microfotografía de la corteza (zona externa) de bastones de papa fritos (Achir *et al*., 2009)

### 1.3.3 ACEITE PARA FRITURA

Los aceites y grasas desempeñan el rol funcional y sensorial importante en la fritura de productos comestibles. Estos son responsables del transporte, mejoramiento y liberación del sabor de otros ingredientes, para el desarrollo de la textura como un atributo sensorial. El aceite es el factor más importante que determina la calidad final de los alimentos fritos, en el proceso de fritura. El aceite actúa como medio de calentamiento, normalmente alcanza temperaturas entre los 180 y 200 ºC (Moreira, 2001).

Elevadas temperaturas y el uso repetitivo del aceite de fritura, incrementa su susceptibilidad térmica y su degradación oxidativa. Específicamente, las reacciones químicas como la hidrólisis, polimerización y oxidación se dan lugar en el proceso de uso continuo del aceite (Achir *et al*., 2009).

Como resultado de varias reacciones químicas, se producen compuestos de descomposición como: los ácidos grasos libres, hidroperóxidos, surfactantes, hidrocarburos, etc. De hecho más de 400 compuestos químicos diferentes, incluyendo 200 productos volátiles han sido identificados en la degradación del aceite de fritura (Moreira, 2001).

Los cambios químicos y físicos del aceite, pueden extender el tiempo de fritura, aumentar la absorción de aceite por los alimentos y finalmente reducir el valor nutritivo del producto. Los elementos clave para determinar un grado aceptable del aceite para fritura son: un sabor tenue, color claro y buena estabilidad oxidativa y térmica durante el proceso de fritura (Boskou y Elmadfa, 1999).

#### 1.3.3.1 Calidad de los alimentos

Cuando el aceite es reutilizado varias veces para la fritura a temperaturas elevadas (susceptibilidad térmica), en presencia de oxígeno y humedad (degradación oxidativa), da lugar a la acumulación de productos de descomposición que no solo afectan la calidad nutricional de los alimentos, también la salud humana ya que estos productos tienen un peso molecular mucho mayor al de los triglicéridos, causando enfermedades crónicas en el sistema cardiovascular (Moreira *et al*., 1999).

### 1.3.4 FRITURA DE PAPA

Las papas son el cuarto cultivo más importante en el mundo y su principal producto procesado son las papas prefritas congeladas (61%) del total de elaborados de la industria alimenticia. La producción anual de papas fritas en los EE.UU., es superior a los 7.9 millones de toneladas métricas y constituye en este país el 44% del total de papa procesada (Aguilera, 2002).

Las altas tasas de transferencia de calor durante la fritura y el contenido ideal de azúcares (20 – 22%) son las responsables del desarrollo de propiedades sensoriales como sabor y textura, rendimientos más altos, menor absorción de aceite, porque se conoce que en temperaturas de fritura bajas existe una mayor absorción de aceite en el alimento (Lesinska y Leszczynski, 1989).

Las papas fritas son un alimento estructurado por dos regiones: la región externa deshidratada y crocante, donde se encuentra retenido el aceite y una región interna suave y cocida, que no contiene aceite (Pedreschi, 2004).

A escala Industrial se producen tres clases de papas fritas: (a) papas congeladas fritas completamente que solo requieren calentar al horno para servir; (b) papas congeladas parcialmente fritas que requieren una fritura adicional antes de consumirlas, (c) papas refrigeradas y parcialmente fritas que tiene un tiempo medio de vida útil y necesitan una fritura adicional (Lesinska y Leszczynski, 1989).

#### 1.3.4.1 Papa prefrita recubierta y congelada

Las papas procesadas (procesos previos de acondicionamiento pelado, corte, escaldado, secado y recubrimiento), son fritas parcialmente en una freidora continua por inmersión. El tiempo de fritura se controla mediante la velocidad de avance de una cinta transportadora, la temperatura del aceite, el contenido de materia seca en las papas, el tamaño de los cortes. El rango común de temperatura del aceite se encuentra entre los 160 a 180 ºC. No se emplean temperaturas por encima de los 190 ºC, debido a un deterioro más acelerado del aceite. El parámetro mas recomendado para la prefritura o fritura parcial es de 1.5 a 3 minutos entre 170 ºC y 180 ºC (Lesinska y Leszczynski, 1989).

El exceso de aceite se retira al pasar el producto prefrito por rejillas vibratorias, permitiendo el drenaje en ellas, el producto se enfría con aire durante unos 20 minutos donde alcanzan gradualmente una temperatura de 0 ºC, mientras que se transportan al túnel de congelación (freezer – I.Q.F.) que se encuentra a -40 ºC y se mantiene al producto hasta que este alcance los -18 ºC en el núcleo, luego es empacado y almacenado a una temperatura de -20 ºC (Pinguin Lutosa Food Group, 2010).

### 1.3.5 FRITURA DE ALIMENTOS CON RECUBRIMIENTO ALIMENTICIO

Un sin número de alimentos con recubrimientos comestibles, como quesos, pescado, carne vacuna, carne de pollo, mariscos, vegetales y hortalizas; representan una categoría de alimentos en la que el consumo per cápita ha crecido de 3 kilogramos en 1982 a 8 kilogramos durante los diez últimos años. El incremento de la popularidad de los alimentos fritos con recubrimiento, puede ser en parte atribuido a

las características de textura agradables al consumidor. Por ejemplo, un pedazo de pollo frito con recubrimiento mejora la textura, sabor y la apariencia del alimento, los consumidores disfrutan de un alimento crocante exteriormente y suave o jugoso al interior. Adicionalmente, los recubrimientos comestibles han sido formulados para reducir la absorción de aceite durante la fritura, controlar la migración de humedad del alimento, prevenir la oxidación del aceite de fritura y otorgar valor nutritivo. Este factor es importante, ya que los consumidores se debaten entre la ingesta de alimentos fritos y la reducción del consumo de aceites en su dieta diaria (Shukla, 1993).

# 2. MATERIALES Y MÉTODOS

## 2.1 MATERIALES Y EQUIPOS

### 2.1.1 MATERIA PRIMA

El presente estudio se realizó en la ciudad de Quito a 547 mmHg y 2850 m.s.n.m, se empleó como materia prima papa (*Solanum tuberosum*) de la variedad "Súper Chola".

Las variedad utilizada fue adquirida en el Departamento de Producción de semillas de la Estación Experimental Santa Catalina (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP) y mantenidas a una temperatura de 17 ºC y sin exposición a la radiación solar, antes de su procesamiento.

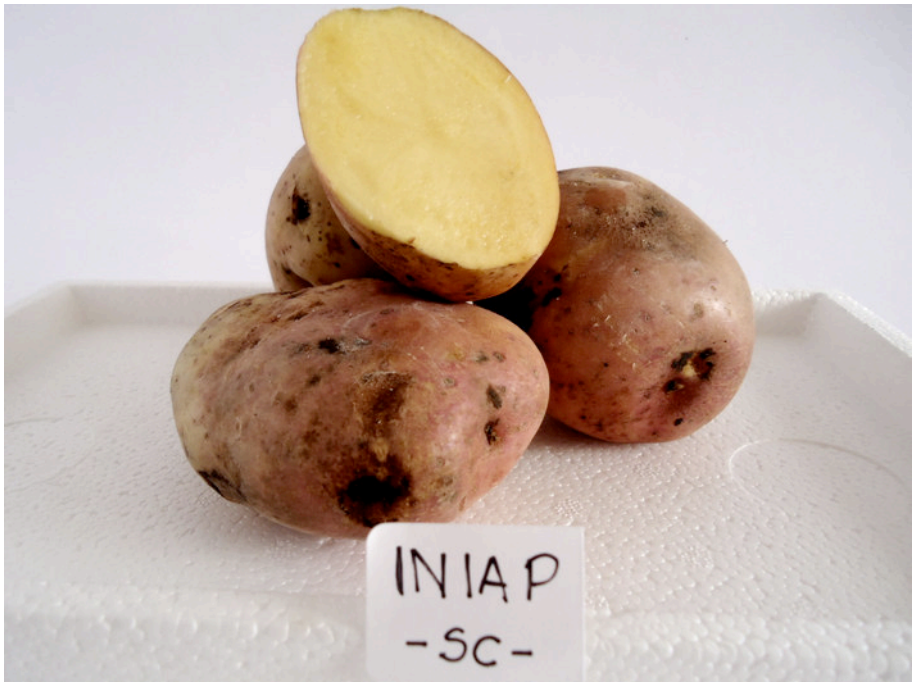



**Figura 2.1.** Tubérculos de la variedad de papa "Súper Chola - INIAP"

### 2.1.2 INGREDIENTES

Los ingredientes utilizados para elaborar el recubrimiento alimenticio de los bastones de papa fueron:

- **Agua**

Se utilizó agua potable a una temperatura de 10 ± 1 ºC, como medio de dilución para los ingredientes secos citados a continuación.

- **Almidón de Yuca**

Se utilizó el almidón nativo de yuca “PROYUCAL ® 4701”, como ingrediente de la formulación para mejorar la textura, adquirido de Corn Products Andina, Colombia.

- **Almidón de Maíz**

Se utilizó el almidón nativo de maíz como ingrediente de la formulación, adquirido de Productos Moca, Ecuador.

- **Harina de Arroz**

Se utilizó harina de arroz blanco como ingrediente de la formulación, adquirido de Qiuju Food Products, China.

- **Bicarbonato de Sodio**

Se utilizó bicarbonato (concentración al 26,7 %) como ingrediente para mejorar la textura (Kraft Foods, Colombia).

- **Sal**

Se utilizó sal refinada para consumo humano, para realzar el sabor del producto final, de la marca Ecuasal, Ecuador.

**Figura 2.2.** Ingredientes para elaborar el recubrimiento comestible

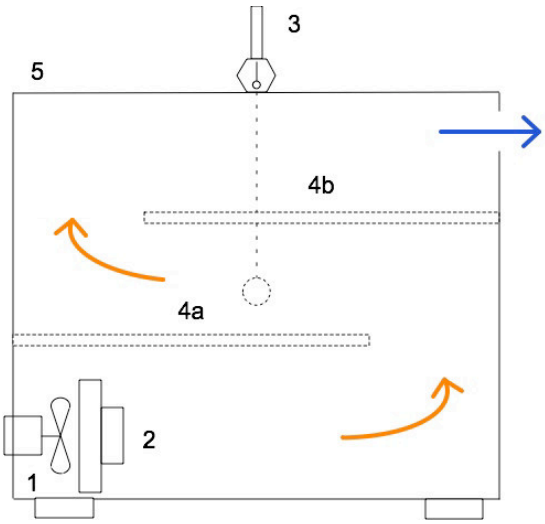
### 2.1.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Para la elaboración de los bastones de papa recubiertos se utilizaron dos equipos, un secador de bandejas y un equipo de fritura por inmersión cuyas características y esquemas se describen:

- **Secador de bandejas**

El secador en bandejas con flujo de aire caliente se presenta en la Figura 2.3. El equipo consta de: una cámara de secado (7 L de capacidad), adyacente a la cámara un ventilador (33 W de potencia), un dispositivo de calefacción (2,5 Kw de potencia) y un sénsor de temperatura (-50 ~ +150 ± 1 ºC), al interior de la cámara donde se colocaron los bastones de papa que salieron del proceso previo de escaldado, para reducir su contenido de humedad. La velocidad del aire de entrada fue de 13 m/s, el

flujo constante de aire caliente generado al interior de la cámara fue de 1,75 $m^3$/min y la temperatura promedio de secado fue de 50 – 55 ºC.




**1** Ventilador; **2** Dispositivo de calefacción; **3** Termómetro; **4a, 4b** Bandejas perforadas; **5** Cámara de secado
➔ Aire caliente
➔ Aire húmedo

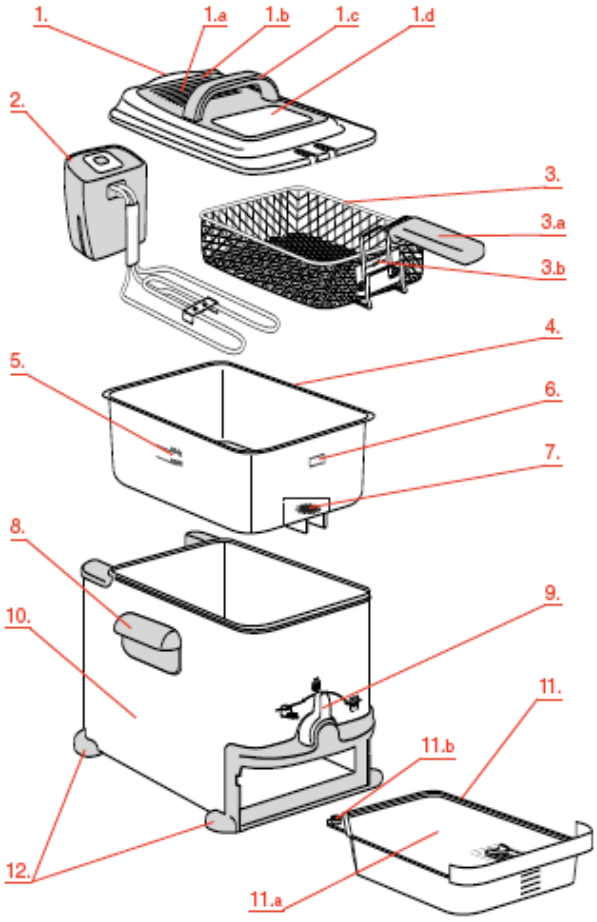
**Figura 2.3.** Esquema del secador de bandejas

En la cámara se introdujo una bandeja (perforada) de secado (30 x 15 x 1 cm), que contenía los bastones de papa para el secado.

- **Equipo de fritura por inmersión**

El equipo de fritura por inmersión, que se muestra en la Figura 2.4. El equipo es de tipo doméstico de la marca ELITE Gourmet, modelo EDF-3500, con capacidad para procesar 1 kg de producto, consta principalmente de un cobertor o tapa con filtro de carbono, una canastilla capacidad (2,45 L), un controlador integrado de la temperatura (120 ~ 190 ºC) y tiempo (0 ~ 60 min) del termostato y un contenedor de aceite (capacidad 3,3 L).

En la canasta del equipo se colocaron los bastones obtenidos del proceso de recubrimiento. La canasta se introdujo en el aceite caliente de fritura, por un corto tiempo para fijar el recubrimiento comestible en la superficie y reducir el contenido de humedad en los bastones de papa.




**1** Cobertor; **2** Control integrado del termostato; **3** Canasta; **4** Depósito de aceite

**Figura 2.4.** Esquema del equipo de fritura por inmersión (Maxi-Matic, 2010)

## 2.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA

### 2.2.1 PESO

El peso de los bastones de papa se realizó con una balanza de precisión digital Transcell modelo PBS – 600 (máximo 600 ± 0,02 g).

### 2.2.2 TAMAÑO

La determinación de la longitud y diámetro de los bastones se realizó con un calibrador análogo (16 ± 0,0001 cm).

### 2.2.3 GRAVEDAD ESPECÍFICA

Para determinar los pesos: en aire y peso en agua (Murphy y Goven, 1959) se empleo una balanza digital Transcell modelo TI-500E (máximo 60 ± 0,25 kg), a partir de estos datos se determinó la gravedad específica por medio de la fórmula:

$$Ge = \frac{Pa}{(Pa - Pw)} \qquad [2.1]$$

Donde:
Pa = peso en aire
Pw = peso en agua

### 2.2.4 CONTENIDO DE MATERIA SECA

Se determinó empleando la ecuación de Shippers y la Tabla IBVL en el ANEXO II, que correlaciona la gravedad específica con el contenido de materia seca que contiene el tubérculo:

$$\%MS = -217{,}2 + 221.2(Ge) \qquad [2.2]$$

### 2.2.5 PROTEÍNA

Se determinó por el método A.O.A.C. 920.87 (2005), que determina el porcentaje de nitrógeno por reacciones químicas de reducción. Se utilizó el factor 5,7 y se obtuvo el porcentaje de proteína de la muestra.

### 2.2.6 HUMEDAD

Se determinó por el método A.O.A.C. 925.10 (2005), que determina de forma indirecta la humedad contenida en un alimento como la pérdida de peso, de la muestra que se ingreso una estufa a 130 ± 3 ºC.

### 2.2.7 AZÚCARES REDUCTORES

Se determinó por el método A.O.A.C. 974.06 (2005) que determina el porcentaje de azúcares totales, este valor se multiplica por un factor (*f*) para obtener el contenido de azúcares reductores.

## 2.3 OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE RECUBRIMIENTO

## 2.3.1 DESARROLLO DE LOS ENSAYOS PRELIMINARES

Los ensayos preliminares se realizaron utilizando como referencia a las patentes: Sloan *et al.* – (EE.UU.) No. 5,141,759; Wu y Woerman – (EE.UU.) No. 5,648,110; Woerman y Wu – (EE.UU.) No. 5,750,168, de aplicación de recubrimientos comestibles a variedades de papa norteamericana “Russet Burbank”. Los recubrimientos son elaborados con los ingredientes: almidón modificado de papa, almidón modificado y nativo de yuca, almidón modificado de maíz, bicarbonato de sodio y sal.

**Tabla 2.1.** Ingredientes sustitutos de la fórmula de recubrimiento

| Ingredientes | Abreviatura |
|---|---|
| Almidón nativo de yuca (PROYUCAL®) | y |
| Almidón de Maíz (MOCA®) | m |
| Harina de Arroz (QIUJU®) | a |
| Bicarbonato de sodio (KRAFT®) | b |
| Sal (ECUASAL®) | s |

A los ingredientes originales de las patentes de referencia se los sustituyó por los ingredientes que se adquirieron localmente, que se describen en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.2.** Ingredientes de la fórmula de recubrimiento 1

| **FÓRMULA 1 – Sloan *et al.*, 1991** | | |
|---|---|---|
| **Original** | **Sustitución** | **%** |
| Almidón modificado de papa | Almidón nativo de yuca | 68,45 |
| Almidón modificado de maíz | Almidón nativo de maíz | 11,90 |
| Harina de arroz | - | 14,88 |
| Bicarbonato de sodio | - | 0,00 |
| Sal | - | 4,77 |
| **Total** | | **100,00** |

**Tabla 2.3.** Ingredientes de la fórmula de recubrimiento 2 - A

| **FÓRMULA 2-A – Woerman y Wu, 1997** | | |
|---|---|---|
| **Original** | **Sustitución** | **%** |
| Almidón nativo de yuca | - | 74,18 |
| Almidón modificado de maíz | Almidón nativo de maíz | 0,00 |
| Harina de arroz | - | 20,07 |
| Bicarbonato de sodio | - | 0,96 |
| Sal | - | 4,79 |
| **Total** | | **100,00** |

**Tabla 2.4.** Ingredientes de la fórmula de recubrimiento 2 - B

| FÓRMULA 2 - B – Woerman y Wu, 1997 | | |
|---|---|---|
| **Original** | **Sustitución** | **%** |
| Almidón modificado de yuca | Almidón nativo de yuca | 55,35 |
| Almidón modificado de maíz | Almidón nativo de maíz | 16,00 |
| Harina de arroz | - | 19,07 |
| Bicarbonato de sodio | - | 0,65 |
| Sal | - | 9,00 |
| **Total** | | **100,00** |

#### 2.3.1.1 Recepción de la materia prima

La materia prima (tubérculos de papa) adquirida se examinó para separar manualmente, materiales extraños, tubérculos deteriorados o golpeados. Posteriormente se realizó la limpieza y remoción de tierra de los tubérculos con agua potable a temperatura ambiente.

#### 2.3.1.2 Pretratamiento

La papa se peló manualmente y cortó en forma de bastones (calibre 1 $cm^2$) con una picadora manual de papas. Se realizó un segundo lavado para eliminar materiales extraños. Posteriormente los bastones se escaldaron por inmersión en agua a 75 ºC por en 5 minutos. Finalmente los bastones de papa se colocaron en un secador de bandejas a 50 ºC para reducir su contenido de humedad superficial como describe Aguilera, 2002, en un 10 a 12%.

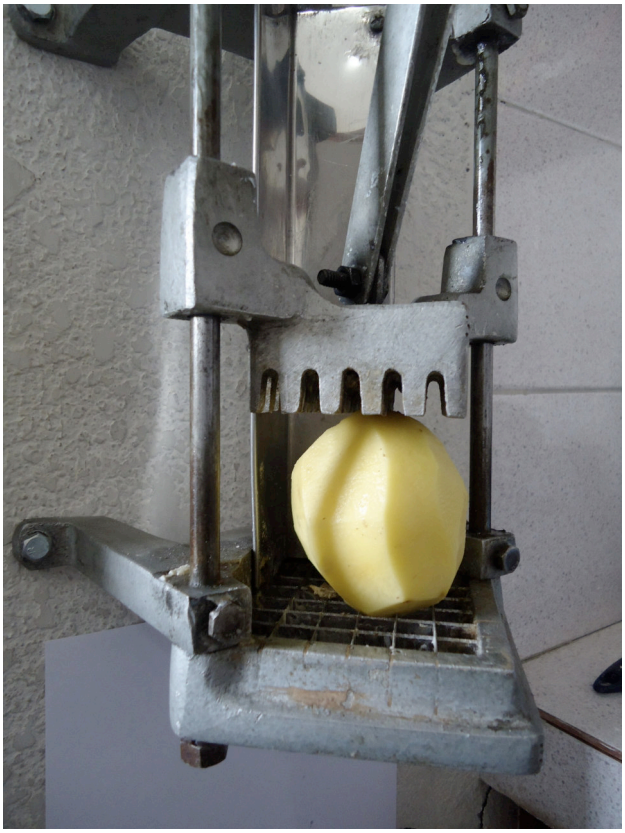


**Figura 2.5.** Picado manual en bastones de papa

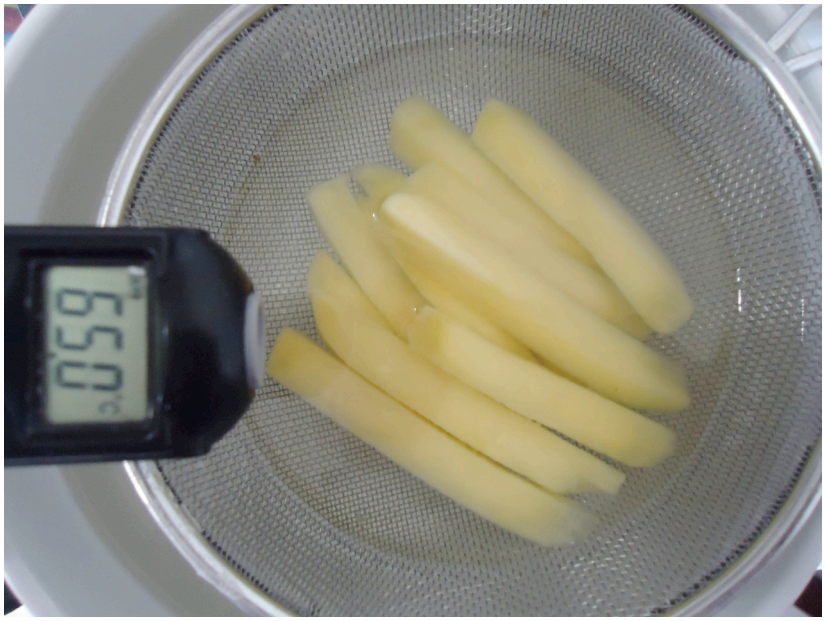



**Figura 2.6.** Escaldado por inmersión de los bastones de papa

#### 2.3.1.3 Elaboración de la mezcla para el recubrimiento

Los ingredientes secos fueron pesados y luego mezclados de forma homogénea. La mezcla de ingredientes secos fue luego incorporada gradualmente en agua que estaba a una temperatura de 10 ºC con relación sólido : líquido (1:1,4 y 1:1,8). Se consideró como factor primordial, que la mezcla acuosa (ingredientes secos + agua) se mantenga a una temperatura menor de 18 ºC para que los gránulos de almidón absorban agua, pero que no se modifique la estructura por hinchamiento (Woerman y Wu, 1997).

#### 2.3.1.4 Ensayo del proceso de recubrimiento

El proceso de recubrimiento comprende dos fases: la incorporación y fijación del recubrimiento. Para la primera, se sumergieron los bastones de papa en las mezclas acuosas de las fórmulas A, B, C a las dos concentraciones. Se ensayaron tiempos de inmersión de 20 y 40 segundos a temperaturas de 16 y 17 ºC de la mezcla. Para la segunda, después del proceso de incorporación del recubrimiento se realizó una prefritura de los bastones de papa por 30 segundos a 184 ºC para fijar el recubrimiento en la superficie externa. Los bastones de papa con el recubrimiento incorporado y fijado se congelaron –20 ºC y almacenaron por 48 horas (Sloan *et al*., 1991).

**Figura 2.7.** Aplicación del recubrimiento a los bastones de papa

#### 2.3.1.5 Selección del proceso de recubrimiento

Se determinó a base de parámetros establecidos en las patentes de referencia: la variación del peso de los bastones de papa (% de incorporación del recubrimiento) y prueba de crocancia de los tratamientos respecto a una muestra control sin recubrimiento.

Durante el proceso de recubrimiento se registraron las variaciones de peso antes y después de la aplicación del recubrimiento para verificar el porcentaje de recubrimiento incorporado a los bastones de papa.

Los bastones de papa recubiertos anteriormente se reconstituyeron en aceite (180 ºC por 2,5 minutos). Finalmente los bastones fritos, fueron sometidos a una prueba sensorial de crocancia con la participación de 10 panelistas no entrenados para evaluar en un rango de 1 a 10, siendo 1 el valor de menor crocancia y 10 el valor de mayor crocancia, el formato de análisis se puede observar en el ANEXO III.

Adicionalmente a los parámetros de control se realizó una verificación visual de la disposición y fijación uniforme del recubrimiento en los bastones de papa.

Respecto a estos parámetros de control previos se seleccionaron las fórmulas óptimas. Además se fijaron las condiciones del proceso de inmersión en el recubrimiento.

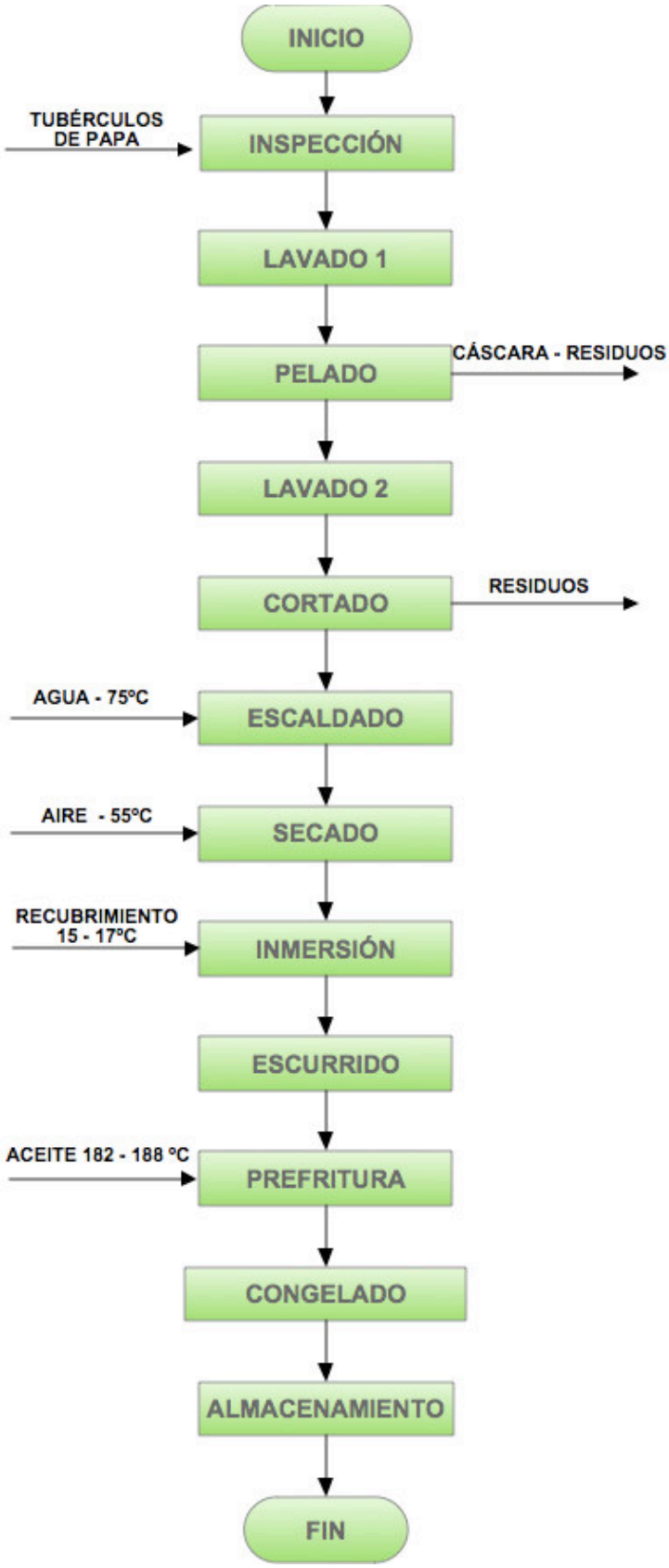



**Figura 2.8.** Proceso de elaboración de bastones de papa precongelados y recubiertos

## 2.3.2 OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE RECUBRIMIENTO DE LOS BASTONES DE PAPA

### 2.3.2.1 RECUBRIMIENTO ALIMENTICIO

Una vez determinadas las formulaciones óptimas y las condiciones del proceso de incorporación del recubrimiento: tiempo de inmersión y temperatura de la mezcla, se realizó el pretratamiento y aplicación del recubrimiento a 8 muestras de 250 g cada una para el proceso de prefritura (fijación del recubrimiento).

### 2.3.2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

**- Variables experimentales**

Las variables del proceso del experimento y sus niveles fueron seleccionados con base en trabajos de recubrimientos de papa de Sloan *et al*., 1991; Woerman y Wu, 1997, y de los ensayos preliminares, las variables fueron: fórmula óptima (F), temperatura de prefritura (ºC) y tiempo de prefritura (s).

***a) Fórmula óptima***

Se seleccionó la fórmula óptima con base en las valoraciones establecidas en los parámetros de control: porcentaje de incorporación del recubrimiento (variación del peso) y el grado crocancia registrado en la prueba sensorial, de los tratamientos en los ensayos previos.

La mezcla de los ingredientes en las fórmulas, se seleccionaron con base en bibliografía. Así Sloan *et al*., 1991 afirman que la fórmula A, en proporción 1:1,4 (mezcla seca : agua) es la recomendada para elaborar bastones de papa recubiertos, desarrollan niveles de crocancia considerables y mejoran el tiempo de almacenamiento del producto recubierto, mientras que Woerman y Wu., 1997 trabajaron con la fórmula B y C, en proporción 1:1,8. Donde incluyeron almidón de

yuca nativo y modificado, y bicarbonato de sodio, para obtener un producto recubierto con niveles de crocancia mejorados y porcentajes de absorción de aceite menores respecto al control sin tratamiento.

***b) Temperatura de prefritura***

Los niveles de la variable temperatura de prefritura fueron seleccionados en base en las temperaturas óptimas recomendadas por Sloan *et al*., 1991; Woerman y Wu, 1997, y mediante ensayos. En ensayos previos se probó una temperatura de 180 ºC que con relación al tiempo de prefritura no se logró fijar completamente el recubrimiento comestible. Además con el fin de lograr hacer mas efectivo el uso del aceite en el proceso y evitar su oxidación. Se seleccionaron las temperaturas recomendadas por Woerman y Wu, 1997, que son de 182 y 188 ºC.

***c) Tiempo de prefritura***

Los niveles de la variable tiempo de prefritura fueron seleccionados con base en los tiempos óptimos recomendados por Sloan *et al*., 1991; Woerman y Wu, 1997; y mediante ensayos previos.

En los ensayos previos se probó un tiempo de 30 segundos, el mismo que no fijaba completamente el recubrimiento en la superficie de los bastones de papa. Y esto alteraba el grado de resistencia a la manipulación del producto recubierto y el recubrimiento tendía a desprenderse. Por lo que se decidió probar con tiempos mayores a 30 segundos. Al realizar una revisión bibliográfica de varios trabajos de investigación de fijación de recubrimientos por prefritura y los tiempos recomendados por Woerman y Wu, 1997, finalmente se seleccionaron los tiempos de 40 y 50 segundos, con el fin de establecer cual es el óptimo.

Una vez que se determinaron las variables de estudio y sus niveles, se estableció el diseño experimental factorial mixto de 2x2x2 que se muestra en la Tabla 2.5.

**Tabla 2.5.** Diseño experimental 2x2x2 y variables del proceso de prefritura

| VARIABLES DEL PROCESO | FÓRMULA OPTIMA (F) | TEMPERATURA PREFRITURA (ºC) | TIEMPO PREFRITURA (s) |
|---|---|---|---|
| NIVELES | 1 | 182 | 40 |
| | | | 50 |
| | | 188 | 40 |
| | | | 50 |
| | 2 | 182 | 40 |
| | | | 50 |
| | | 188 | 40 |
| | | | 50 |

- **Combinación de los niveles de las variables de estudio**

Los tratamientos experimentales se obtuvieron a partir de la combinación simple entre los niveles de las tres variables del proceso, para lo cual se utilizó el diseño factorial multinivel que se indica en la Tabla 2.6.

**Tabla 2.6.** Tratamientos experimentales para determinar las condiciones de prefritura

| Tratamiento | Fórmula | Temperatura (ºC) | Tiempo (s) |
|---|---|---|---|
| C | - | - | - |
| 1 | 1 | 182 | 40 |
| 2 | 2 | 182 | 40 |
| 3 | 1 | 188 | 40 |
| 4 | 2 | 188 | 40 |
| 5 | 1 | 182 | 50 |
| 6 | 2 | 182 | 50 |
| 7 | 1 | 188 | 50 |
| 8 | 2 | 188 | 50 |

- **Respuesta experimental**

La respuesta experimental no se determinó directamente, por lo que se evaluó indirectamente a base de los resultados de la caracterización del producto final (bastones de papa prefritos recubiertos sometidos a fritura final de 182 ºC por 2,5 minutos). Las respuestas experimentales fueron: crocancia instrumental, contenido de grasa y análisis sensorial de las muestras procesadas.

Cada una de estas respuestas se ponderaron en una escala de 1 a 10, siendo (10) el valor más alto con las características deseadas y el valor (1) a las características no deseadas. Luego se estableció una calificación general para cada uno de los tratamientos y el control para verificar las diferencias al aplicar el recubrimiento en los bastones de papa.

## 2.4 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

### 2.4.1 CARACTERÍSTICA FÍSICA

Se realizó la caracterización física de los bastones fritos de papa, mediante la determinación del siguiente parámetro:

- **Crocancia**

Se midió con un analizador de textura (INSTRON, modelo 1011), provisto de una celda Ottawa Texture Cell de 2kN, para medir la fuerza de ruptura de la muestra. Para romper los bastones de papa se utilizó un Módulo Warner-Bratzler Knife, que se observar en la Figura 2.4. acoplado al analizador con una velocidad de 2,0 mm $s^{-1}$. Los resultados se expresaron como fuerza de ruptura en Newtons (N) y las imágenes del proceso de análisis se pueden observar en el ANEXO IV.

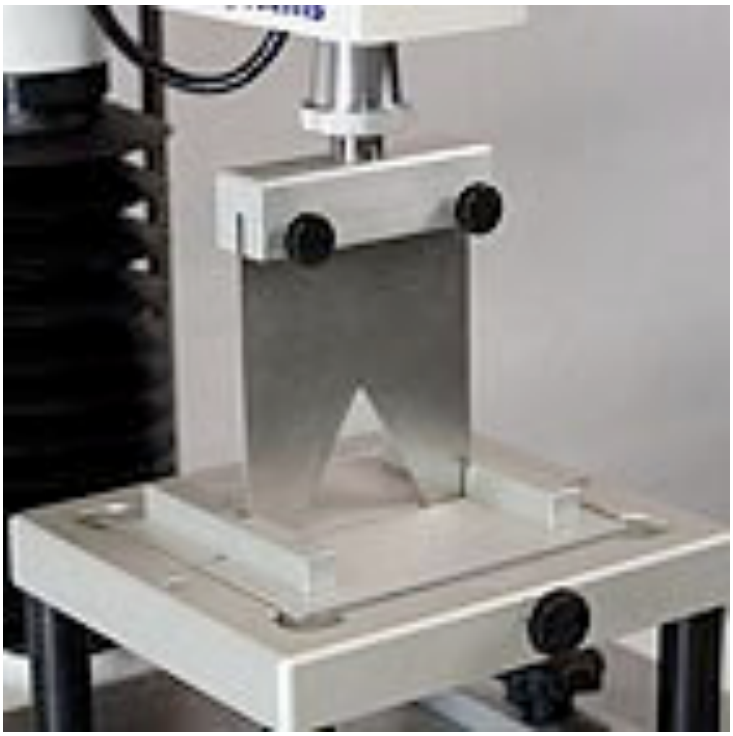


**Figura 2.9.** Módulo Warner-Bratzler Knife para medir crocancia en bastones de papa
(Instron, 2010)

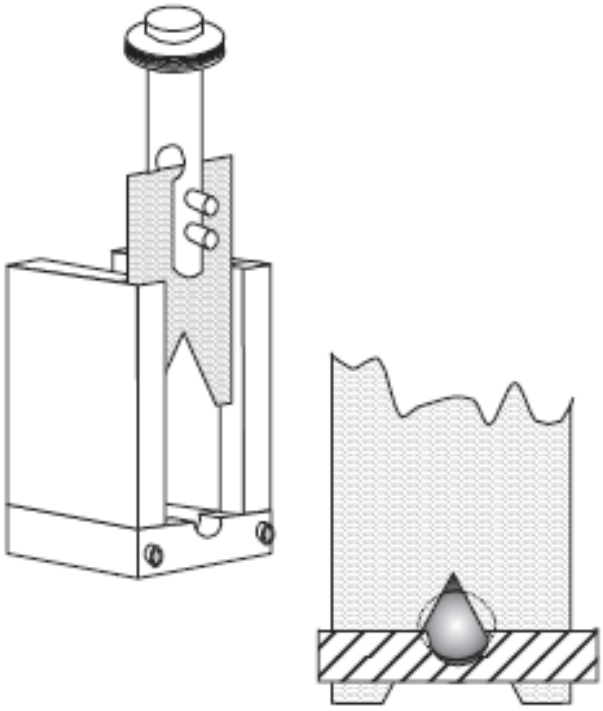


**Figura 2.10.** Diagrama del módulo de corte Warner-Bratzler Knife
(Mallikarjunan *et al*, 2010)

### 2.4.2 CARACTERÍSTICA QUÍMICA

Se realizó la caracterización química de los bastones fritos de papa, aplicando el siguiente método:

- **Contenido de grasa**

Se realizó según el método descrito en el método A.O.A.C. 920.85 (2005), por medio de la hidrólisis acida previo a la extracción con solvente, se determinó la cantidad de extracto etéreo en base húmeda.

### 2.4.3 ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó un análisis sensorial que considera los parámetros de control o respuesta. Con 14 panelistas no entrenados, mediante una escala de intervalo lineal de 10 cm, se evaluaron: crocancia, color, sabor y aceitosidad de los bastones de papa fritos. Se asignaron valores numéricos para su tabulación, el valor más alto (10) a las características deseables y el valor menor (1) a las características no deseadas. A cada uno de los panelistas se entrego 5 muestras (4 tratamientos y 1 control) a partir de un diseño de bloques al azar, para que los resultados sean estadísticamente más representativos. Las pruebas se realizaron en cabinas de degustación independientes para evitar la influencia de respuesta entre los panelistas, finalmente los resultados se ponderaron de forma que la calificación otorgada a la crocancia corresponde al 40%, sabor, color y aceitosidad al 20% respectivamente.

### 2.4.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación estadística de los resultados obtenidos de las variables de respuesta se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1. para elaborar: el diseño experimental, el análisis de varianza, la prueba de rangos múltiples y la optimización del diseño experimental. Y así verificar la interacción de las variables del proceso y el efecto estadísticamente significativo sobre las variables de respuesta.

## 2.5 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS PARA EL PROCESO

Para la determinación de la capacidad de la planta, el dimensionamiento de los equipos se partió de los datos obtenidos por una cantidad aproximada del requerimiento del producto por la cadena de comida rápida “Papitas a lo bestia” (35 toneladas/mes de papa sin procesar). El dimensionamiento de los equipos se realizó por las hojas técnicas y cotizaciones solicitadas a varias empresas relacionadas a este medio industrial. A partir de estos dos aspectos se elaboró un diagrama de distribución de la planta con las diferentes áreas de: laboratorio, recepción de materia prima, producto en proceso y producto terminado. Finalmente se consideró la operación de la planta 240 días al año, 5 días a la semana y 8 horas diarias.

## 2.6 ANÁLISIS FINANCIERO PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

Se realizó un análisis financiero con una proyección a cinco años, para lo cual se tomaron en cuenta los costos directos e indirectos para la elaboración del producto final, la inversión total, los dividendos de pago de préstamo y los ingresos proyectados por ventas del producto.

El análisis de costos, consideró el costo real de los equipos necesarios para el proceso y la depreciación de todos ellos. El costo de mano de obra directa, se calculo con base al sueldo básico vigente. Para la proyección de ventas y flujo de caja se considero: una tasa de crecimiento de la población de 1,54% y una tasa de inflación acumulada de 3,33% respectivamente.

El uso de suministros, se determinó de acuerdo a los requerimientos de energía eléctrica y agua, en las diferentes etapas del proceso productivo que se indican en el dimensionamiento de equipos.

# 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA MATERIA PRIMA

Los valores promedios para cada una de las características físicas de los tubérculos de la variedad de papa “Súper Chola” fueron analizados, en la Tabla 3.1. se muestran los resultados.

**Tabla 3.1.** Caracterización física de los tubérculos de papa “Súper Chola"

| Parámetro físico | Valor promedio |
|---|---|
| Peso (g) | 180,65 ± 5,47 |
| Diámetro (cm) | 1,01 ± 0,01 |
| Longitud (cm) | 7,05 ± 0,35 |
| Gravedad específica | 1,093 ± 0,001 |
| Contenido de materia seca (%) | 24,9 ± 0,2 |

Xm ± DS; n=15

Los parámetros de dimensión del tubérculo y contenido de materia seca son considerados como los requerimientos cualitativos principales para determinar los rendimientos al procesar el tubérculo para la obtención de bastones de papa prefritos (Andrade, 1997).

## 3.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA

El laboratorio de análisis de alimentos y productos procesados (LASA) determinó el contenido de proteína, humedad y azúcares reductores en los tubérculos de papa de la variedad “Súper Chola”.

Los valores se presentan en la Tabla 3.2. y el informe de resultados en el ANEXO V.

**Tabla 3.2.** Caracterización química de los tubérculos de papa "Súper Chola"

| Parámetro químico | Método de ensayo | Resultado (%) |
|---|---|---|
| Proteína | A.O.A.C. 920.87 | 2,9* |
| Humedad | A.O.A.C. 925.10 | 76,2 |
| Azúcares reductores | A.O.A.C. 974.06 | 0,2* |

* Resultados de la muestra en base húmeda

Los valores que se muestran en las Tablas 3.1. y 3.2. determinan que la variedad de papa ecuatoriana "Súper Chola" cumple con los parámetros para la obtención de bastones de papa prefritos congelados con recubrimiento alimenticio. De acuerdo a los requerimientos cualitativos intrínsecos y extrínsecos para la industrialización de papa recomendados por Andrade, 1997.

Se determinó la viscosidad de los ingredientes (Brabender Units) en un amilógrafo los resultados se indican en la Tabla 3.3, los valores se encuentran dentro del rango que recomiendan Woerman y Wu, 1997, para los ingredientes del recubrimiento.

**Tabla 3.3** Caracterización química de los almidones (yuca, maíz) y harina de arroz

| Ingrediente | Humedad (%) | BU (i) 25 ºC | BU 83 ºC | BU 89 ºC | BU (10min) 89 ºC | BU 50 ºC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Almidón nativo de yuca | 13,4 | 0 | 40-66 | 760 | 590 | 720 |
| Almidón nativo de maíz | 13,7 | 0 | 40-83 | 240 | 520 | 600 |
| Harina de arroz | 14,4 | 10 | 40-88 | 120 | 480 | 530 |

## 3.3 OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE RECUBRIMIENTO

### 3.3.1 ENSAYOS PRELIMINARES

Se realizaron ensayos preliminares de aplicación del recubrimiento en los bastones de papa, con las fórmulas: 1 (Sloan *et al.*, 1991), 2A y 2B (Woerman y Wu, 1997), a

dos: concentraciones (1:1,4 y 1:1,8), temperaturas (15 y 17 ºC) y tiempos (20 y 40 segundos) para la verificación del porcentaje de incorporación de recubrimiento. Los resultados se indican a continuación en las Tablas 3.4, 3.5. y 3.6.

**Tabla 3.4.** Variación del peso y porcentaje de aplicación del recubrimiento utilizando la fórmula 1

| Concentración | Temperatura (ºC) | Tiempo (s) | Tratamiento | Δ Peso* | Aplicación de recubrimiento (%)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1:1,8 | 16 | 20 | 1 | 2,68 ± 0,02 | 3,96 |
| | 16 | 40 | 2 | 2,62 ± 0,05 | 4,17 |
| | 17 | 20 | 3 | 3,34 ± 0,04 | 5,03 |
| | 17 | 40 | 4 | 3,73 ± 0,04 | 6,17 |
| 1:1,4 | 16 | 20 | 5 | 3,01 ± 0,03 | 4,53 |
| | 16 | 40 | 6 | 3,17 ± 0,02 | 5,20 |
| | 17 | 20 | 7 | 3,80 ± 0,05 | 6,21 |
| | 17 | 40 | 8 | 4,32 ± 0,06 | 6,98 |

* Diferencia de peso, después y antes de la aplicación del recubrimiento; (Xm ± DS; n=4)
** Porcentaje de recubrimiento aplicado respecto al peso de la muestra procesada.

**Tabla 3.5.** Variación del peso y porcentaje de aplicación del recubrimiento utilizando la fórmula 2-A

| Concentración | Temperatura (ºC) | Tiempo (s) | Tratamiento | Δ Peso* | Aplicación de recubrimiento (%)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1:1,8 | 16 | 20 | 1 | 3,53 ± 0,02 | 5,53 |
| | 16 | 40 | 2 | 2,63 ± 0,05 | 4,32 |
| | 17 | 20 | 3 | 3,34 ± 0,05 | 4,98 |
| | 17 | 40 | 4 | 4,27 ± 0,02 | 6,83 |
| 1:1,4 | 16 | 20 | 5 | 5,16 ± 0,03 | 8,13 |
| | 16 | 40 | 6 | 5,44 ± 0,04 | 8,20 |
| | 17 | 20 | 7 | 5,22 ± 0,03 | 7,94 |
| | 17 | 40 | 8 | 6,78 ± 0,02 | 10,69 |

* Diferencia de peso, después y antes de la aplicación del recubrimiento; (Xm ± DS; n=4)
** Porcentaje de recubrimiento aplicado respecto al peso de la muestra procesada.

**Tabla 3.6.** Variación del peso y porcentaje de aplicación del recubrimiento utilizando la fórmula 2-B

| Concentración | Temperatura (ºC) | Tiempo (s) | Tratamiento | Δ Peso* | Aplicación de recubrimiento (%)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1:1,8 | 16 | 20 | 1 | 3,55 ± 0,04 | 5,35 |
| | 16 | 40 | 2 | 2,94 ± 0,06 | 4,79 |
| | 17 | 20 | 3 | 3,09 ± 0,02 | 4,79 |
| | 17 | 40 | 4 | 4,02 ± 0,04 | 6,62 |
| 1:1,4 | 16 | 20 | 5 | 5,10 ± 0,03 | 8,32 |
| | 16 | 40 | 6 | 5,78 ± 0,05 | 9,00 |
| | 17 | 20 | 7 | 5,43 ± 0,04 | 8,98 |
| | 17 | 40 | 8 | 7,06 ± 0,02 | 10,67 |

* Diferencia de peso, después y antes de la aplicación del recubrimiento; (Xm ± DS; n=4)
** Porcentaje de recubrimiento aplicado respecto al peso de la muestra procesada.

**Tabla 3.7.** Resumen comparativo de resultados de los ensayos preliminares de aplicación

| Tratamiento | FORMULA 1 | | FORMULA 2-A | | FORMULA 2-B | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aplicación de recubrimiento (%) | Crocancia | Aplicación de recubrimiento (% | Crocancia | Aplicación de recubrimiento (%) | Crocancia |
| 1 | 3,96 | 4 | 5,53 | 4 | 5,35 | 4 |
| 2 | 4,17 | 4 | 4,32 | 3 | 4,79 | 3 |
| 3 | 5,03 | 4 | 4,98 | 4 | 4,79 | 4 |
| 4 | 6,17 | 5 | 6,83 | 4 | 6,62 | 4 |
| 5 | 4,53 | 4 | 8,13 | 7 | 8,32 | 6 |
| 6 | 5,20 | 4 | 8,20 | 7 | 9,00 | 7 |
| 7 | 6,21 | 5 | 7,94 | 6 | 8,98 | 6 |
| 8 | 6,98 | 5 | 10,69 | 9 | 10,67 | 9 |
| **Promedio** | 5,28 | 4,37 | 7,08 | 5,50 | 7,31 | 5,38 |
| **Mínimo** | 3,96 | 4,00 | 4,32 | 3,00 | 4,79 | 3,00 |
| **Máximo** | 6,98* | 5,00 | 10,69** | 9,00 | 10,67** | 9,00 |
| **D. estándar** | 1,07 | 0,52 | 2,09 | 2,07 | 2,23 | 1,99 |

* Valor fuera del rango de recubrimiento aceptable
** Valor dentro del rango de recubrimiento aceptable

Como se puede observar en la Tabla 3.7. (resumen de las Tablas 3.4, 3.5, y 3.6) los valores de aplicación de recubrimiento, alcanzan los máxima cantidad de recubrimiento utilizando las fórmulas 2-A y 2-B en comparación con los resultados obtenidos utilizando la fórmula 1.

Utilizando el programa STATGRAPHICS PLUS 5.1 se analizaron los resultados de cada ensayo preliminar y por medio del método de comparación múltiple y se determinó:

Eliminar la fórmula 1 (Sloan *et al*., 1991) para la optimización del proceso, ya que en los ensayos preliminares no alcanza el porcentaje de aplicación del recubrimiento (mínimo 10%) para generar un grado de crocancia aceptable. Mientras que se decide emplear las formulaciones 2A y 2B (Woerman y Wu, 1997), que si alcanzan el porcentaje de peso incorporado de recubrimiento en los bastones de papa.

A partir de esta exclusión de la fórmula 1, se procede a realizar una repetición del ensayo preliminar utilizando las fórmulas seleccionadas (2A y 2B) los resultados se indican en las Tablas 3.8. y 3.9.

**Tabla 3.8.** Repetición de ensayos preliminares con la fórmula 2-A

| Concentración | Temperatura (ºC) | Tiempo (s) | Tratamiento | Δ Peso* | Aplicación de recubrimiento (%)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,8 | 16 | 20 | 1 | 3,51 ± 0,03 | 5,62 |
| | 16 | 40 | 2 | 2,98 ± 0,04 | 4,89 |
| | 17 | 20 | 3 | 3,26 ± 0,06 | 4,88 |
| | 17 | 40 | 4 | 3,49 ± 0,02 | 5,53 |
| 1,4 | 16 | 20 | 5 | 5,16 ± 0,04 | 7,77 |
| | 16 | 40 | 6 | 5,62 ± 0,05 | 8,35 |
| | 17 | 20 | 7 | 5,09 ± 0,02 | 7,82 |
| | 17 | 40 | 8 | 6,65 ± 0,02 | 10,54 |

* Diferencia de peso, después y antes de la aplicación del recubrimiento; (Xm ± DS; n=4)
** Porcentaje de recubrimiento aplicado respecto al peso de la muestra procesada.

**Tabla 3.9.** Repetición de ensayos preliminares con la fórmula 2-B

| Concentración | Temperatura (ºC) | Tiempo (s) | Tratamiento | Δ Peso* | Aplicación de recubrimiento (%)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,8 | 16 | 20 | 1 | 3,58 ± 0,03 | 5,57 |
| | 16 | 40 | 2 | 3,01 ± 0,02 | 4,85 |
| | 17 | 20 | 3 | 3,19 ± 0,05 | 5,05 |
| | 17 | 40 | 4 | 4,08 ± 0,03 | 6,09 |
| 1,4 | 16 | 20 | 5 | 5,11 ± 0,06 | 7,79 |
| | 16 | 40 | 6 | 5,59 ± 0,03 | 9,14 |
| | 17 | 20 | 7 | 4,93 ± 0,05 | 7,94 |
| | 17 | 40 | 8 | 7,14 ± 0,03 | 10,87 |

* Diferencia de peso, después y antes de la aplicación del recubrimiento; (Xm ± DS; n=4)
** Porcentaje de recubrimiento aplicado respecto al peso de la muestra procesada.

#### 3.3.1.1 Análisis Estadístico

Con el fin de evaluar la influencia de las variables del proceso sobre el porcentaje de recubrimiento aplicado, se realizó el análisis de varianza al 95% de confianza, utilizando el software estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1.

Debido a que los resultados de la aplicación de recubrimiento (%) son similares en los ensayos con cada fórmula. Se decidió analizar estadísticamente la fórmula 2-A como referencia y considerar los resultados de este análisis para las dos fórmulas.

El diagrama de Pareto que indica la influencia de las variables y sus interacciones en la variable de respuesta se presenta en la Figura 3.1.

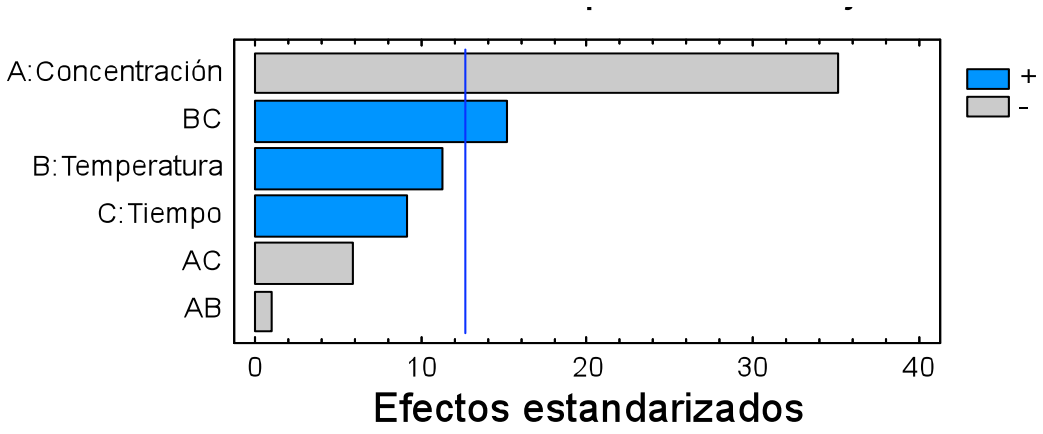



**Figura 3.1.** Diagrama de Pareto de las variables del proceso y sus interacciones (STATGRAPHICS PLUS 5.1)

En el diagrama de Pareto de la Figura 3.1. la longitud de cada barra es proporcional al efecto de la variable sobre el resultado. Por lo tanto, la concentración (A) y la interacción (BC) temperatura y tiempo, son en orden descendente, los factores que mas influyen significativamente ($p < 0,05$) en el porcentaje de recubrimiento aplicado.

Además se observa que las variable (B) y (C) no presentan un efecto significativo sobre la variable de respuesta.

A continuación se presentan las pruebas de rango múltiple y análisis de medias para cada variable del proceso, mediante la prueba de LSD (Fisher's least significant, $p < 0.05$).

- **Temperatura del recubrimiento:**

La temperatura de la mezcla de recubrimiento es la que no influye significativamente en el resultado, lo que indica que no existen diferencias significativas entre el porcentaje de recubrimiento aplicado con cada nivel de esta variable.

En la Figura 3.2. se observa que los dos niveles de la variable pertenecen a un grupo, estadísticamente homogéneo. Y en la Figura 3.3. se muestra que no existe una diferencia significativa. Por lo tanto se utiliza un rango de temperatura entre los 15 y 17 ºC para el proceso de aplicación de recubrimiento.

```
--------------------------------------------------------------------------------
Método: 95,0 porcentaje LSD
Temperatura     Recuento  Media LS      Sigma LS      Grupos Homogéneos
--------------------------------------------------------------------------------
15              4         6,545         0,544576      X
17              4         7,61          0,544576      X
--------------------------------------------------------------------------------
Contraste                                Diferencias          +/-  Límites
--------------------------------------------------------------------------------
15 - 17                                  -1,065               2,13827
--------------------------------------------------------------------------------
* indica una diferencia significativa.
```

**Figura 3.2.** Prueba de rango múltiple para la variable temperatura
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

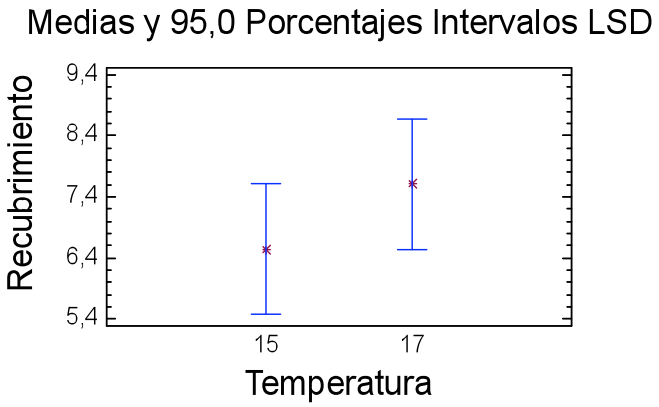



**Figura 3.3.** Análisis de medias para la variable temperatura
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

- **Tiempo de inmersión en el recubrimiento:**

El tiempo de inmersión en la mezcla de recubrimiento es la que menos influye sobre el resultado, lo que indica que no existen diferencias significativas entre el porcentaje de recubrimiento aplicado con cada nivel de esta variable.

En la Figura 3.4. se observa que los dos niveles de la variable pertenecen a un grupo, estadísticamente homogéneo. Y en la Figura 3.5. se muestra que no existe una diferencia significativa. Por lo tanto se utiliza un rango de tiempo entre los 20 y 40 segundos, para el proceso de aplicación de recubrimiento.

```
--------------------------------------------------------------------------------
Método: 95,0 porcentaje LSD
tiempo          Recuento  Media LS      Sigma LS      Grupos Homogéneos
--------------------------------------------------------------------------------
20              4         6,645         0,544576      X
40              4         7,51          0,544576      X
--------------------------------------------------------------------------------
Contraste                                Diferencias          +/-  Límites
--------------------------------------------------------------------------------
20 - 40                                  -0,865               2,13827
--------------------------------------------------------------------------------
* indica una diferencia significativa.
```

**Figura 3.4.** Prueba de rango múltiple para la variable tiempo
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

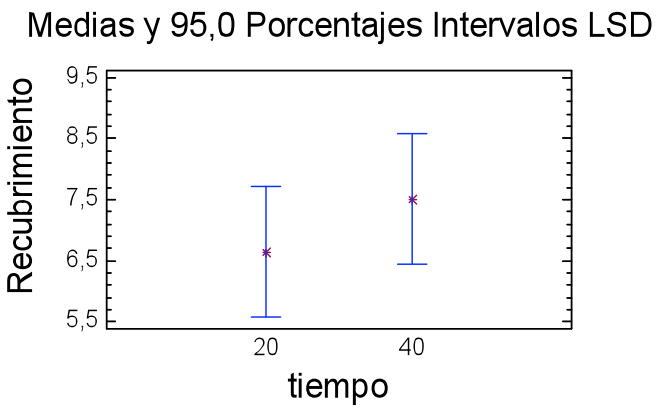



**Figura 3.5.** Análisis de medias para la variable tiempo
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

- **Concentración del recubrimiento:**

La concentración de la mezcla de recubrimiento es la que mas influye sobre el resultado, lo que indica que existen diferencias significativas entre el porcentaje de recubrimiento aplicado con cada nivel de esta variable.

Lo anteriormente expuesto se corroboró con un test de rango múltiple de la variable concentración de la mezcla, mediante la prueba LSD Fisher's least significant, $p < 0.05$), que se muestra en la Figura 3.6. y un análisis de medias por prueba LSD en la Figura 3.7, se observa dos grupos estadísticamente diferentes, lo que indica la

diferencia significativa. Por lo que es importante considerar la relación mezcla seca : agua, al momento de aplicar el recubrimiento.

```
--------------------------------------------------------------------------------
Método: 95,0 porcentaje LSD
Concentración  Recuento  Media LS      Sigma LS      Grupos Homogéneos
--------------------------------------------------------------------------------
1,8            4         5,415         0,544576      X
1,4            4         8,74          0,544576       X
--------------------------------------------------------------------------------
Contraste                                Diferencias          +/-  Límites
--------------------------------------------------------------------------------
1,4 - 1,8                                *3,325               2,13827
--------------------------------------------------------------------------------
* indica una diferencia significativa.
```

**Figura 3.6.** Prueba de rango múltiple para la variable concentración
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

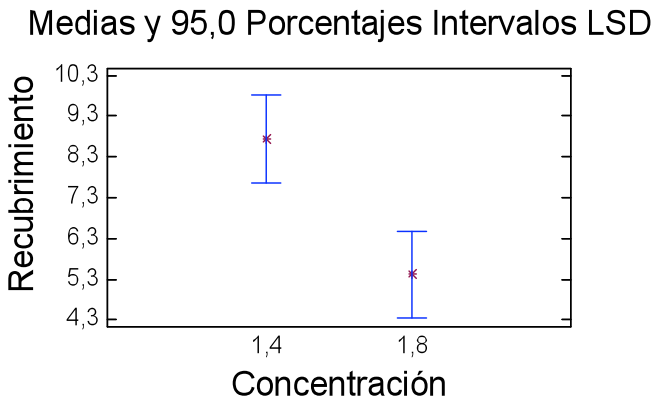



**Figura 3.7.** Análisis de medias para la variable concentración
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

El análisis de medias de la Figura 3.7. y los datos de la Figura 3.8. sugieren que en este estudio, la relación mezcla seca : agua (Concentración) de 1 : 1,4 es la que permite obtener un mayor porcentaje de recubrimiento aplicado en los bastones de papa.

Este comportamiento puede deberse al grado de viscosidad de la mezcla de recubrimiento alcanzado a esta concentración, probablemente un mayor grado de

viscosidad que permite una mayor absorción del recubrimiento en la superficie de los bastones de papa.

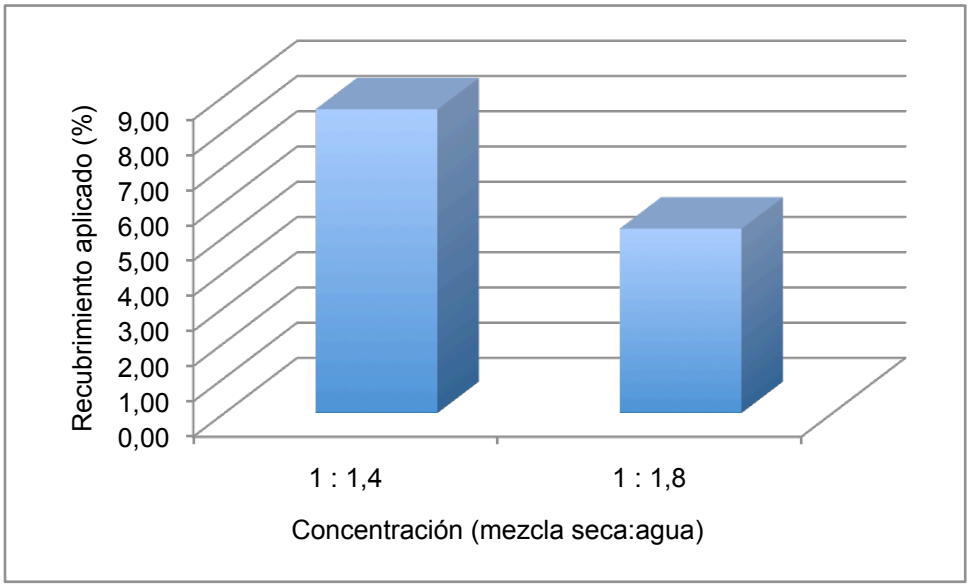



**Figura 3.8.** Porcentaje de aplicación de recubrimiento en función a sus concentraciones

En consecuencia este comportamiento concuerda con Sloan *et al*, 1991; Woerman y Wu, 1997, que indican que en función de la concentración de la mezcla seca : agua, se determina un grado de viscosidad aceptable de la mezcla de recubrimiento, ya que los almidones y harina no contribuyen a la viscosidad de la solución porque no se encuentran gelatinizados, solamente hidratados.

#### 3.3.1.2 Variables seleccionadas para el proceso de aplicación del recubrimiento

A partir del análisis estadístico de los datos de las Tablas 3.8 y 3.9. y con la función "optimización" del programa estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1. se obtuvieron los niveles calculados de las variables del proceso, que permiten aplicar la mayor cantidad de recubrimiento y el valor calculado de la variable de respuesta.

Los resultados de la selección se muestran en la Figura 3.9 y la Tabla 3.10.

```
Respuesta Optimizada
--------------------
Meta: maximizar Aplicación de Recubrimiento

Valor Optimo = 10,7375

Factor                Inferior         Mayor            Optimo
----------------------------------------------------------------------
Concentración         -1,0             1,0              -1,0
Temperatura           -1,0             1,0               1,0
tiempo                -1,0             1,0               1,0
----------------------------------------------------------------------
Optimo:
Concentración = 1,4
Temperatura   = 17
tiempo        = 40
```

**Figura 3.9.** Optimización del diseño experimental para la aplicación de recubrimiento (STATGRAPHICS PLUS 5.1)

**Tabla 3.10.** Variables del proceso que maximizan la cantidad de recubrimiento aplicado

| VARIABLES | | UNIDADES | VALOR |
|---|---|---|---|
| **PROCESO** | Concentración Mezcla | [ ] | 1 : 1,4 |
| | Temperatura | ºC | 17 |
| | Tiempo | s | 40 |
| **RESPUESTA** | Recubrimiento aplicado | % | 10,74 |

Sloan *et al*, 1991, reportan un porcentaje de aplicación de recubrimiento entre 9 y 15% en bastones de papa, con el uso de concentraciones 1 : 1,5. Esto demuestra que el resultado obtenido es similar al desarrollado en la patente 5,141,759 de aplicación de recubrimiento a bastones de papa.

En la Tabla 3.11. se muestra el porcentaje de recubrimiento aplicado (10,74%) bajo las condiciones seleccionadas para el presente estudio y cuantificada con el procedimiento de Woerman y Wu, 1997, (15%).

**Tabla 3.11.** Valor equivalente utilizando el proceso seleccionado

| | PROCESO SELECCIONADO | PROCESO WOERMAN Y WU, 1997 |
|---|---|---|
| **Recubrimiento aplicado (%)** | 10,74 | 15 |
| **Valor equivalente obtenido** | 72 | |

Como se observa en la Tabla 3.11, con el proceso seleccionado en este estudio, se logro obtener un extracto con un contenido de recubrimiento aplicado a los bastones de papa que representa el 72% de la cantidad cuantificada en el proceso de referencia, que emplea en la formulación del recubrimiento almidones modificados.

Este rendimiento de aplicación indica que el proceso seleccionado en el presente estudio es eficiente y relativamente menos costoso, comparado con el de Woerman y Wu, 1997.

### 3.3.2 OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO

Se realizaron las pruebas de optimización con las variables del proceso de fijación del recubrimiento: fórmulas 2-A (1) y 2-B (2) (concentración 1:1,4), temperatura de prefritura (182 y 188 ºC) y tiempos de prefritura (40 y 50 segundos), obteniendo las variables de respuesta: crocancia instrumental, contenido de grasa y análisis sensorial con una comparación de los resultados con el “control” para verificar la diferencia.

Las variables de respuesta del diseño factorial 2x2x2 se obtuvieron en el producto final, que son los bastones de papa con recubrimiento fritos en aceite a 182 ºC por 2,5 minutos.

- **Crocancia**

En la Tabla 3.12. se presentan los resultados de crocancia instrumental (aplicando el método descrito en el numeral 2.4.1) los resultados cada tratamiento con referencia al control. Los valores de fuerza de ruptura son interpretados de manera que los valores altos de fuerza de ruptura indican valores altos del atributo de crocancia.

**Tabla 3.12.** Resultados de la crocancia obtenida con cada tratamiento y el control

| Tratamiento | Fórmula | Temperatura (ºC) | Tiempo (s) | Crocancia (N)* |
|---|---|---|---|---|
| C | - | 184 | 45 | 10,20 ± 0,69 |
| 1 | 1 | 182 | 40 | 12,90 ± 0,85 |
| 2 | 2 | 182 | 40 | 12,75 ± 0,64 |
| 3 | 1 | 188 | 40 | 17,15 ± 1,44 |
| 4 | 2 | 188 | 40 | 15,10 ± 1,13 |
| 5 | 1 | 182 | 50 | 16,47 ± 1,27 |
| 6 | 2 | 182 | 50 | 16,45 ± 1,36 |
| 7 | 1 | 188 | 50 | 15,35 ± 1,20 |
| 8 | 2 | 188 | 50 | 12,90 ± 0,85 |

Xm ± DS; n = 5
* La fuerza de ruptura es directamente proporcional a la crocancia de la muestra.

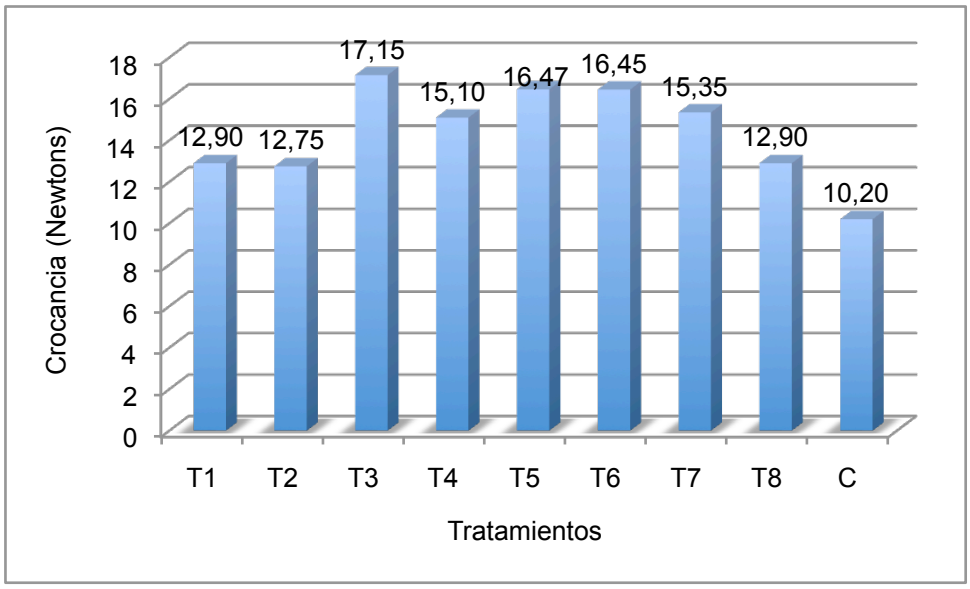



**Figura 3.10.** Comparación entre los tratamientos aplicados y el control

Como se observa en la Tabla 3.12, se alcanza un promedio de 68% mas crocante en el Tratamiento 3, respecto al control. Los resultados son similares a los reportados por Woerman y Wu, 1997 en el proceso de fijación de recubrimiento alimenticio en bastones de papa que sugieren, que las variables del proceso de prefritura y la fórmula óptima determinan el grado de crocancia del producto final. El reporte del análisis y la gráfica de fuerza de ruptura se pueden observar en el ANEXO VI.

Con el fin de evaluar la influencia de las variables del proceso sobre el grado de crocancia instrumental (Newtons), se realizó el análisis de varianza al 95% de confianza, utilizando el software estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1, que se indica en la Figura 3.11.

| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
|---|---|---|---|---|---|
| EFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Formula | 2,72611 | 1 | 2,72611 | 77,64 | 0,0719 |
| B:Temperatura | 0,465612 | 1 | 0,465612 | 13,26 | 0,1706 |
| C:Tiempo | 1,33661 | 1 | 1,33661 | 38,07 | 0,1023 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 2,34361 | 1 | 2,34361 | 66,75 | 0,0775 |
| AC | 0,0091125 | 1 | 0,0091125 | 0,26 | 0,7000 |
| BC | 15,8766 | 1 | 15,8766 | 452,16 | 0,0299 |
| RESIDUOS | 0,0351125 | 1 | 0,0351125 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 22,7928 | 7 | | | |

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Figura 3.11.** Análisis de Varianza Factorial para la variable de respuesta Crocancia (STATGRAPHICS PLUS 5.1)

Debido a que ninguno de los valores es inferior ($p < 0,05$), ninguna de las variables del proceso tiene efecto estadísticamente significativo sobre la variable de respuesta Crocancia instrumental, pero se observa que la interacción (BC) temperatura y tiempo si tienen un efecto estadísticamente significativo. El diagrama de Pareto que indica la influencia de las variables del proceso y sus interacciones en la variable de respuesta se presenta en la Figura 3.12.

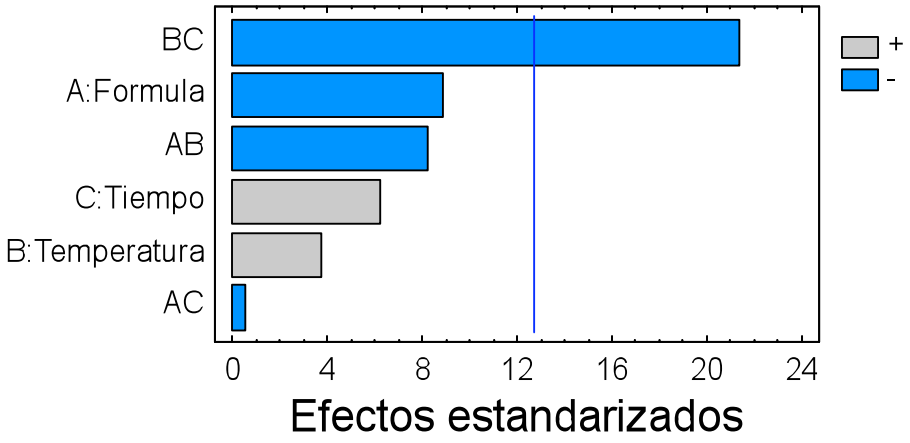



**Figura 3.12.** Diagrama de Pareto de las variables del proceso y sus interacciones
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

Para verificar el efecto no significativo de las variables del proceso, a continuación se presentan las pruebas de rango múltiple para: fórmula, temperatura y tiempo respectivamente, utilizando la prueba de LSD (Fisher's least significant, $p < 0.05$).

Método: 95,0 porcentaje LSD

| Formula | Recuento | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 4 | 14,3 | 0,0936916 | X |
| 1 | 4 | 15,4675 | 0,0936916 | X |

| Contraste | Diferencias | +/- Límites |
|---|---|---|
| 1 - 2 | 1,1675 | 1,68357 |

* indica una diferencia significativa.

**Figura 3.13.** Prueba de rango múltiple para la variable Fórmula
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

Método: 95,0 porcentaje LSD

| Temperatura | Recuento | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|---|---|---|---|---|
| 182 | 4 | 14,6425 | 0,0936916 | X |
| 188 | 4 | 15,125 | 0,0936916 | X |

| Contraste | Diferencias | +/- Límites |
|---|---|---|
| 182 - 188 | -0,4825 | 1,68357 |

* indica una diferencia significativa.

**Figura 3.14.** Prueba de rango múltiple para la variable Temperatura
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

```
--------------------------------------------------------------------------------
Método: 95,0 porcentaje LSD
Tiempo         Recuento  Media LS      Sigma LS      Grupos Homogéneos
--------------------------------------------------------------------------------
40             4         14,475        0,0936916     X
50             4         15,2925       0,0936916     X
--------------------------------------------------------------------------------
Contraste                                Diferencias          +/-  Límites
--------------------------------------------------------------------------------
40 - 50                                  -0,8175              1,68357
--------------------------------------------------------------------------------
* indica una diferencia significativa.
```

**Figura 3.15.** Prueba de rango múltiple para la variable Tiempo
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

- **Contenido de grasa**

Los resultados del contenido de grasa de los bastones fritos de papa con recubrimiento que se obtuvieron aplicando el método descrito en el numeral 2.4.2, se reportan en la Tabla 3.13. con referencia al control y el informe de resultados se muestra en el ANEXO VII.

**Tabla 3.13.** Resultados del contenido de grasa obtenido con cada tratamiento y el control

| Tratamiento | Fórmula | Temperatura (ºC) | Tiempo (s) | Contenido de grasa (%)* |
|---|---|---|---|---|
| C | - | 184 | 45 | 16,93 ± 0,22 |
| 1 | 1 | 182 | 40 | 18,47 ± 1,52 |
| 2 | 2 | 182 | 40 | 17,99 ± 0,32 |
| 3 | 1 | 188 | 40 | 16,13 ± 0,68 |
| 4 | 2 | 188 | 40 | 17,09 ± 1,33 |
| 5 | 1 | 182 | 50 | 15,64 ± 1,12 |
| 6 | 2 | 182 | 50 | 12,69 ± 1,31 |
| 7 | 1 | 188 | 50 | 16,06 ± 0,88 |
| 8 | 2 | 188 | 50 | 15,94 ± 1,35 |

Xm ± DS; n = 2
* Respecto al análisis en base húmeda

Se observa en la Tabla 3.13. que el contenido de grasa entre los tratamientos es similar, a excepción del Tratamiento 6, que indica una reducción del 25% en el contenido de grasa respecto al control.

Los resultados tienen relación a lo reportado por Aguilera, 2002. Respecto a Woerman y Wu, 1997, se considera que, con el uso de los almidones modificados en la fórmula del recubrimiento se logra una mayor reducción del contenido de grasa en los bastones fritos de papa.

Con el fin de evaluar la influencia de las variables del proceso sobre el contenido de grasa (%), se realizó el análisis de varianza al 95% de confianza, utilizando el software estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1, que se indica en la Figura 3.16.

| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
|---|---|---|---|---|---|
| EFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Formula | 0,838513 | 1 | 0,838513 | 0,33 | 0,5947 |
| B:Temperatura | 0,0231125 | 1 | 0,0231125 | 0,01 | 0,9283 |
| C:Tiempo | 10,9278 | 1 | 10,9278 | 4,34 | 0,1055 |
| RESIDUOS | 10,0645 | 4 | 2,51611 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 21,8539 | 7 | | | |

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Figura 3.16.** Análisis de Varianza factorial para la variable de respuesta contenido de grasa
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

Como se puede observar en el Análisis de varianza (Figura 3.16.) ninguno de los valores son ($p < 0,05$) por lo que ninguna de las variables del proceso tiene efecto estadísticamente significativo sobre la variable de respuesta Contenido de grasa.

Para verificar el efecto no significativo de las variables del proceso, a continuación se presentan las pruebas de rango múltiple para: fórmula, temperatura y tiempo respectivamente, utilizando la prueba de LSD (Fisher's least significant, $p < 0.05$).

```
--------------------------------------------------------------------------------
Método: 95,0 porcentaje LSD
Formula        Recuento  Media LS      Sigma LS      Grupos Homogéneos
--------------------------------------------------------------------------------
2              4         15,9275       0,793113      X
1              4         16,575        0,793113      X
--------------------------------------------------------------------------------
Contraste                                Diferencias          +/-  Límites
--------------------------------------------------------------------------------
1 - 2                                    0,6475               3,11416
--------------------------------------------------------------------------------
* indica una diferencia significativa.
```

**Figura 3.17.** Prueba de rango múltiple para la variable Fórmula
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

```
--------------------------------------------------------------------------------
Método: 95,0 porcentaje LSD
Temperatura    Recuento  Media LS      Sigma LS      Grupos Homogéneos
--------------------------------------------------------------------------------
182            4         16,1975       0,793113      X
188            4         16,305        0,793113      X
--------------------------------------------------------------------------------
Contraste                                Diferencias          +/-  Límites
--------------------------------------------------------------------------------
182 - 188                                -0,1075              3,11416
--------------------------------------------------------------------------------
* indica una diferencia significativa.
```

**Figura 3.18.** Prueba de rango múltiple para la variable Temperatura
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

```
--------------------------------------------------------------------------------
Método: 95,0 porcentaje LSD
Tiempo         Recuento  Media LS      Sigma LS      Grupos Homogéneos
--------------------------------------------------------------------------------
50             4         15,0825       0,793113      X
40             4         17,42         0,793113      X
--------------------------------------------------------------------------------
Contraste                                Diferencias          +/-  Límites
--------------------------------------------------------------------------------
40 - 50                                  2,3375               3,11416
--------------------------------------------------------------------------------
* indica una diferencia significativa.
```

**Figura 3.19.** Prueba de rango múltiple para la variable Tiempo
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

Los resultados se que se muestran en la Figura 3.17, 3.18, 3.19 muestran grupos homogéneos por lo que ninguna de las variables del proceso tienen efecto estadísticamente significativo sobre la variable de respuesta crocancia instrumental.

- **Análisis Sensorial**

Los resultados del análisis sensorial de los bastones fritos de papa con recubrimiento que se obtuvieron aplicando el método descrito en el numeral 2.4.3, se muestran en la Tabla 3.14. con referencia al control. Se realizó una ponderación proporcional general de los parámetros individuales evaluados.

**Tabla 3.14.** Resultados del análisis sensorial de cada tratamiento y el control

| Tratamiento | Fórmula | Temperatura (ºC) | Tiempo (s) | Crocancia | Sabor | Color | Aceitosidad | Valoración Sensorial* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | - | 184 | **45** | 5,1 | 6,4 | 7,4 | 6,1 | 6,0 |
| 1 | 1 | 182 | 40 | 7,1 | 7,0 | 7,9 | 5,1 | 6,9 |
| 2 | 2 | 182 | 40 | 6,9 | 6,6 | 8,0 | 4,9 | 6,6 |
| 3 | 1 | 188 | 40 | 7,9 | 6,4 | 7,2 | 5,0 | 6,9 |
| 4 | 2 | 188 | 40 | 8,3 | 8,7 | 9,0 | 6,3 | 8,1 |
| 5 | 1 | 182 | 50 | 6,9 | 7,6 | 8,1 | 5,0 | 6,9 |
| 6 | 2 | 182 | 50 | 8,0 | 8,0 | 8,4 | 6,1 | 7,7 |
| 7 | 1 | 188 | 50 | 6,7 | 8,1 | 7,5 | 6,1 | 7,0 |
| 8 | 2 | 188 | 50 | 8,4 | 7,7 | 8,9 | 7,1 | 8,1 |

Xm; n = 14
* El valor representa la ponderación de cada uno de los parámetros evaluados sensorialmente (crocancia, sabor, color y aceitosidad)

En la Figura 3.20. se presenta un perfil descriptivo de los atributos evaluados en el análisis sensorial (crocancia, sabor, color y aceitosidad). Se graficaron los tratamientos mas representativos que son: tratamiento 4, tratamiento 6 y tratamiento 8. Como se puede observar el atributo que mas se diferencia respecto al control es la crocancia que alcanza un valor significativo de aproximadamente 64,7% mas crocante respecto al control. El formato de evaluación sensorial se presenta en el ANEXO VIII.

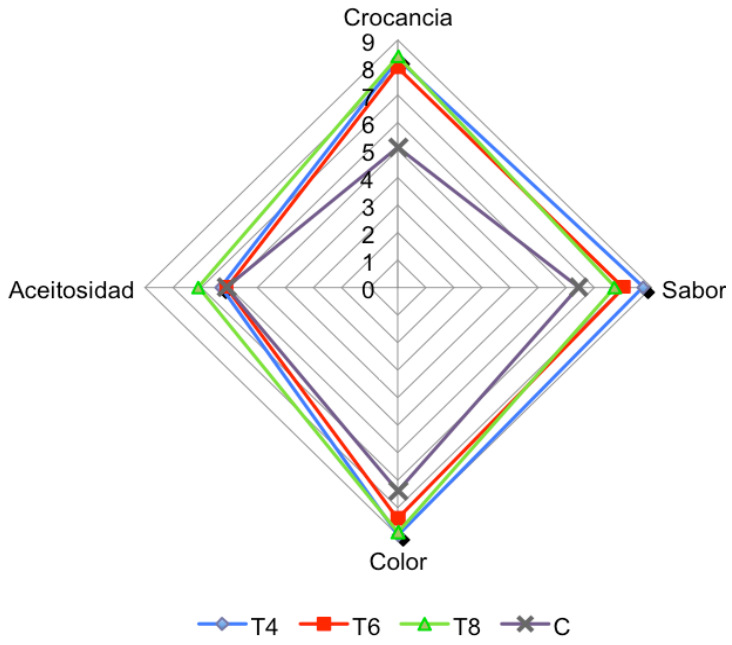



**Figura 3.20.** Perfil descriptivo entre tratamientos representativos y el control

A partir de las tres variables de respuesta se realizó una ponderación para establecer cual es el/los tratamiento(s) óptimo(s) para el proceso de fijación del recubrimiento alimenticio, los resultados se indican en la Tabla 3.15.

**Tabla 3.15.** Ponderación de las variables de respuesta de los tratamientos y el control

| Tratamiento | Crocancia (N) | Ponderación Crocancia (50%) | Contenido de grasa (%) | Ponderación Grasa (25%) | Valoración Sensorial | Ponderación Sensorial (25%) | Ponderación Final* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | 10,20 | 3,0 | 16,93 | 1,6 | 6,0 | 1,5 | 6,1 |
| 1 | 12,90 | 3,8 | 18,47 | 1,3 | 6,9 | 1,7 | 6,7 |
| 2 | 12,75 | 3,7 | 17,99 | 1,4 | 6,6 | 1,7 | 6,7 |
| 3 | 17,15 | 5,0 | 16,13 | 1,8 | 6,9 | 1,7 | 8,5 |
| 4 | 15,10 | 4,4 | 17,09 | 1,5 | 8,1 | 2,0 | 7,9 |
| 5 | 16,47 | 4,8 | 15,64 | 1,9 | 6,9 | 1,7 | 8,4 |
| 6 | 16,45 | 4,7 | 12,69 | 2,5 | 7,7 | 1,9 | 9,2 |
| 7 | 15,35 | 4,5 | 16,06 | 1,8 | 7,0 | 1,8 | 8,0 |
| 8 | 12,90 | 3,8 | 15,94 | 1,8 | 8,1 | 2,0 | 7,5 |

* El valor representa la ponderación de cada una de las variables de respuesta del diseño experimental (crocancia, contenido de grasa y valoración sensorial).

Con el fin de evaluar la influencia de las variables del proceso sobre el Análisis Sensorial, se realizó el análisis de varianza al 95% de confianza, utilizando el software estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1, que se indica en la Figura 3.21.

| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
|---|---|---|---|---|---|
| EFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Formula | 0,98 | 1 | 0,98 | 4,69 | 0,0962 |
| B:Temperatura | 0,5 | 1 | 0,5 | 2,40 | 0,1966 |
| C:Tiempo | 0,18 | 1 | 0,18 | 0,86 | 0,4057 |
| RESIDUOS | 0,835 | 4 | 0,20875 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 2,495 | 7 | | | |

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Figura 3.21.** Análisis de Varianza Factorial para la variable de respuesta Análisis Sensorial
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

Como se puede observar en el Análisis de varianza de la Figura 3.21, ninguno de los valores son ($p < 0,05$) por lo tanto ninguna de las variables del proceso tiene efecto estadísticamente significativo sobre la variable de respuesta Análisis Sensorial.

Para verificar el efecto no significativo de las variables del proceso, a continuación se presentan las pruebas de rango múltiple para: fórmula, temperatura y tiempo respectivamente, utilizando la prueba de LSD (Fisher's least significant, $p < 0.05$).

Método: 95,0 porcentaje LSD

| Formula | Recuento | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 6,925 | 0,228446 | X |
| 2 | 4 | 7,625 | 0,228446 | X |

| Contraste | Diferencias | +/- Límites |
|---|---|---|
| 1 - 2 | -0,7 | 0,896992 |

* indica una diferencia significativa.

**Figura 3.22.** Prueba de rango múltiple para la variable Fórmula
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

```
--------------------------------------------------------------------------------
Método: 95,0 porcentaje LSD
Temperatura    Recuento  Media LS      Sigma LS      Grupos Homogéneos
--------------------------------------------------------------------------------
182            4         7,025         0,228446      X
188            4         7,525         0,228446      X
--------------------------------------------------------------------------------
Contraste                                Diferencias          +/-  Límites
--------------------------------------------------------------------------------
182 - 188                                -0,5                 0,896992
--------------------------------------------------------------------------------
* indica una diferencia significativa.
```

**Figura 3.23.** Prueba de rango múltiple para la variable Temperatura
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

```
--------------------------------------------------------------------------------
Método: 95,0 porcentaje LSD
Tiempo         Recuento  Media LS      Sigma LS      Grupos Homogéneos
--------------------------------------------------------------------------------
40             4         7,125         0,228446      X
50             4         7,425         0,228446      X
--------------------------------------------------------------------------------
Contraste                                Diferencias          +/-  Límites
--------------------------------------------------------------------------------
40 - 50                                  -0,3                 0,896992
--------------------------------------------------------------------------------
* indica una diferencia significativa.
```

**Figura 3.24.** Prueba de rango múltiple para la variable Tiempo
(STATGRAPHICS PLUS 5.1)

Como se observa en las pruebas de rango múltiple para cada una de las variables del proceso, se verifica que ninguna de las variables (fórmula, temperatura y tiempo) tienen efecto estadísticamente en la variable de respuesta análisis sensorial.

#### 3.3.2.1 Variables seleccionadas para el proceso de fijación del recubrimiento

A partir del análisis del diseño experimental de los datos de la Tabla 3.15. y con la función “optimización” del programa estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1. se obtuvieron los niveles calculados de las variables del proceso, que permiten fijar la mayor cantidad de recubrimiento y el valor calculado de la variable de respuesta.

Los resultados de la selección se muestran en la Figura 3.25.

```
Respuesta Optimizada
--------------------
Meta: maximizar Ponderación Final

Valor Optimo = 9,1125

Factor                Inferior         Mayor            Optimo
----------------------------------------------------------------------
Formula               -1,0             1,0              1,0
Temperatura           -1,0             1,0              -1,0
Tiempo                -1,0             1,0              1,0
----------------------------------------------------------------------
Optimo:
Formula       = 2
Temperatura   = 182
Tiempo        = 50
```

**Figura 3.25.** Optimización del diseño experimental para la fijación del recubrimiento (STATGRAPHICS PLUS 5.1)

Como se puede observar en la Figura 3.25. los valores óptimos para la fijación del recubrimiento en la prefritura son la Fórmula 2 – A, Temperatura 182 ºC y Tiempo 50 segundos.

## 3.4 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

A partir de la selección del tratamiento 6 como el óptimo para el proceso de fijación de recubrimiento. Se detallan en la Tabla 3.16, las características físicas, químicas y sensoriales del tratamiento seleccionado y su comparación con el control, para la verificación del mejoramiento de los atributos y características con la aplicación del recubrimiento alimenticio.

**Tabla 3.16.** Comparación de las características entre el control y tratamiento seleccionado

| Tratamiento | Crocancia (N) | Contenido de grasa (%) | Valoración Sensorial |
|---|---|---|---|
| Control | 10,20 ± 0,69 | 16,93 ± 0,22 | 6,0 |
| Tratamiento 6 | 16,45 ± 1,36 | 12,69 ± 1,31 | 7,7 |

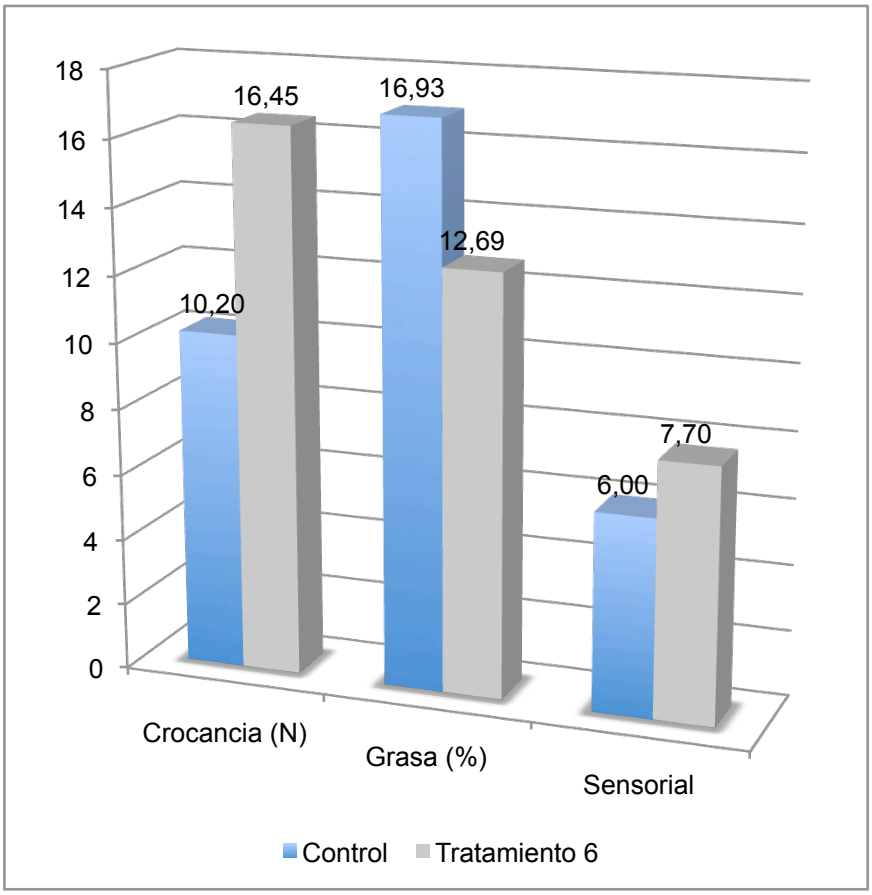



**Figura 3.26.** Comparación de atributos del control y tratamiento seleccionado

Como se observa en la Figura 3.26, la crocancia (fuerza de ruptura) se incrementó en 61,27%, el contenido de grasa se redujo en 25% y la calificación sensorial mejoro en aproximadamente 2 puntos en el tratamiento seleccionado (número 6) respecto al control que no tiene aplicado el recubrimiento alimenticio.

Las fotografías de la papa prefrita congelada con recubrimiento alimenticio del tratamiento seleccionado se muestran en el ANEXO IX.

# ESTUDIO TÉCNICO - FINANCIERO

# 3.5 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

## 3.5.1 ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima principal a utilizar son los tubérculos de la variedad de papa “Súper Chola”, los cuales van a ser adquiridos directamente a los productores de papa de las provincias del Carchi y Cotopaxi mediante negociaciones para fijar un precio anual y entregas regulares. Existe una de estacionalidad del precio y disponibilidad del producto debido a dos factores: el climatológico y el festivo. Estos dos factores marcan la fluctuación de precios en todo el trascurso del año.

## 3.5.2 LOCALIZACIÓN Y CAPACIDAD DE LA PLANTA

### 3.5.2.1 Localización de la planta

Tomando en cuenta la disponibilidad de servicios básicos (luz, agua, teléfono), mano de obra, vías de acceso y la capacidad de entrega del producto al cliente; la planta estará ubicada en la ciudad de Sangolquí, provincia de Pichincha.

### 3.5.2.2 Capacidad de la planta

La planta procesadora funcionará 240 días al año, 20 días al mes, 5 días a la semana. Se laborará al inicio del proyecto en un turno de 8 horas diarias.

La capacidad de la planta se definió considerando la demanda del producto por parte de la cadena de comida rápida “Papitas a lo bestia” y la tasa de crecimiento poblacional estimada (INEC, 2010). La capacidad de la planta se ha establecido en 1000 kg/día o 200 bolsas/día de producto,. La planta funcionará inicialmente a un 60% de su capacidad, incrementándola en un 10% cada año hasta llegar a su capacidad máxima de funcionamiento.

En la Tabla 3.17. se muestra la producción neta de bastones de papa con recubrimiento, de la planta procesadora.

**Tabla 3.17.** Producción diaria y anual de la planta

| PRODUCCIÓN | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| **kg / día** | 1.000 | 1.100 | 1.210 | 1.331 | 1.464 |
| **kg /año** | 240.000 | 264.000 | 290.400 | 319.400 | 351.384 |

### 3.5.2.3 Programa de trabajo

Diariamente se procesarán 1000 kg de producto, para cumplir con 200 bolsas/día, cada bolsa contiene 5 kg de producto que será empacado en cartones con dos bolsas cada uno. La hora de ingreso del personal será a las 6:00 AM y la hora de salida será a las 2:00 PM. En la Tabla 3.18. se indican los tiempos estimados para cada proceso.

**Tabla 3.18.** Tiempos estimados por proceso

| PROCESO | TIEMPO ESTIMADO (Horas) |
|---|---|
| Inspección – Clasificación | 1,5 |
| Lavado 1 | 1 |
| Pelado | 1,25 |
| Lavado 2 | 0,75 |
| Cortado | 2 |
| Escaldado | 1,5 |
| Secado | 2 |
| Inmersión – Escurrido | 0,5 |
| Prefritura | 1,5 |
| Congelado | 1,5 |
| Empacado | 1,5 |
| **TOTAL** | **15** |

### 3.5.2.4 Balance de masa

El balance de masa para el procesamiento se muestra en la Figura 3.28.

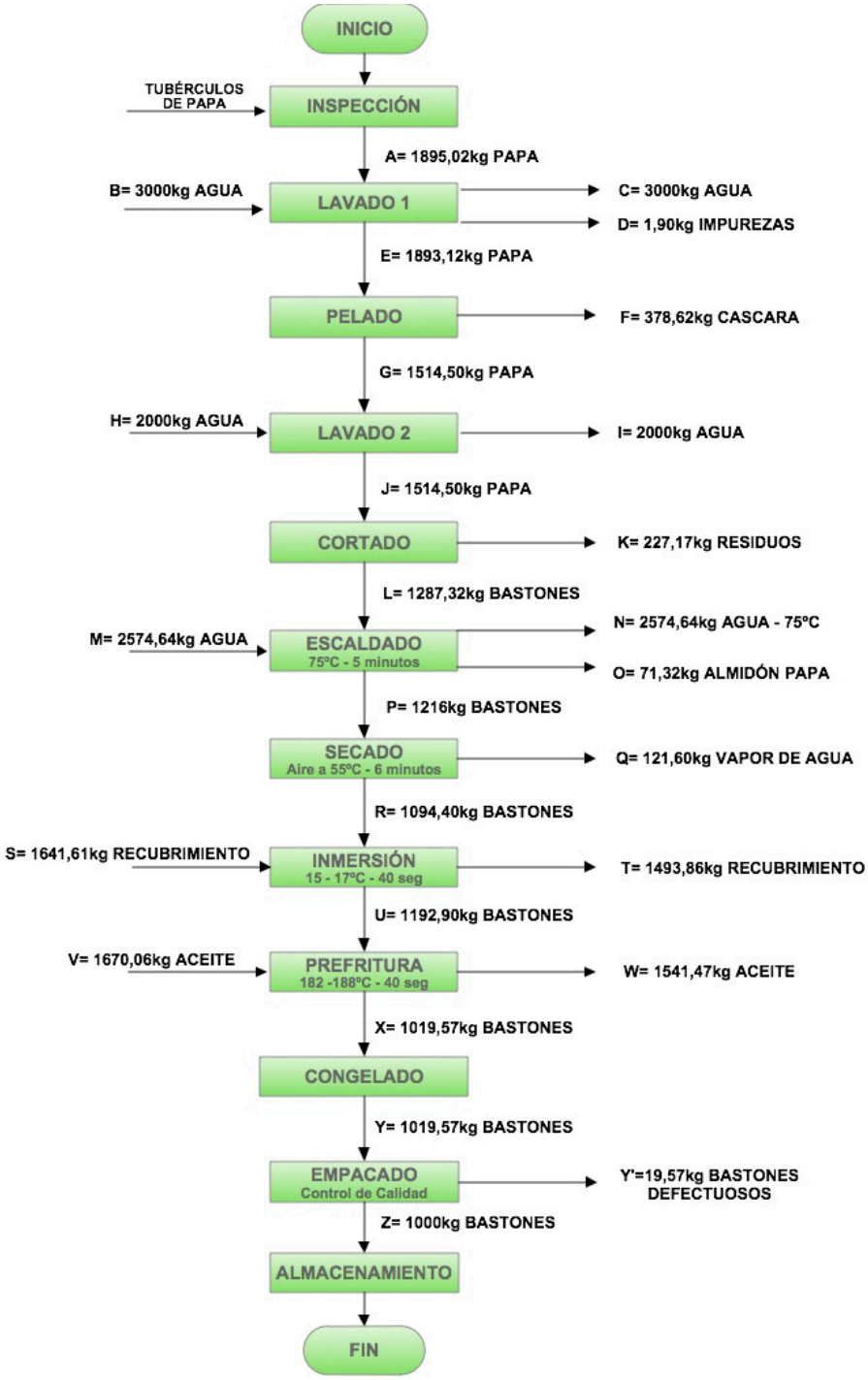



**Figura 3.27.** Balance de masa para la elaboración de 1000 kg/día de bastones de papa prefritos congelados con recubrimiento

### 3.5.3 DIMENSIONAMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

Al realizar el balance de materiales, se tiene la referencia de la cantidad de producto que se va a procesar diariamente, con esta información se logra diseñar la línea de producción con la maquinaria y equipo que se requieren. En la Tabla 3.19. se muestra la maquinaria con sus especificaciones.

**Tabla 3.19.** Maquinaria y equipo utilizado en la línea de procesamiento

| CANTIDAD | EQUIPO | ESPECIFICACIONES |
|---|---|---|
| 1 | Mesa de inspección y acondicionamiento | Material: acero inoxidable<br>Dimensiones: 1,75 x 1,85 x 0,95 m |
| 2 | Lavadora Rotativa | Dimensiones: 1,08 x 0,65 x 0,74 m<br>Capacidad: 1200 kg/hora<br>Requerimiento eléctrico: 230V/60Hz 7HP |
| 1 | Peladora por abrasión | Dimensiones: 1 x 1 x 1,10 m<br>Capacidad: 800 kg/hora<br>Potencia: 2HP |
| 1 | Cortadora | Material: acero inoxidable<br>Dimensiones: 0,58 x 1,08 x 1,19 m<br>Capacidad: 600 kg/hora<br>Requerimiento eléctrico: 230V/50Hz 0,73HP |
| 1 | Blanqueador | Capacidad: 500 kg/hora<br>Dimensiones: 1.2 x 0,6 x 1 m<br>Requerimiento eléctrico:220V/50Hz 16HP |
| 1 | Túnel de Secado Convectivo | Capacidad: 500 kg/hora<br>Dimensiones: 1 x 2 x 2,6 m<br>Requerimiento eléctrico: 380V/50Hz 2,95HP |
| 1 | Tanque agitador | Material: acero inoxidable<br>Capacidad: 800L; Dimensiones: 0,85 x 1 m |
| 1 | Freidora por inmersión (batch) | Capacidad: 300 kg<br>Dimensiones: 2,05 x 1,52 x 1,12 m<br>Requerimiento eléctrico: 380V/50Hz 32HP |
| 1 | Cámara I.Q.F. | Capacidad: 1000 kg/hora<br>Dimensiones: 7,3 x 4,1 x 3,8 m<br>Requerimiento eléctrico: 380V/60Hz 50HP |
| 1 | Selladora multipropósito 2000 | Capacidad: 1000 kg/hora<br>Dimensiones: 0,95 x 0,4 x 0,9 m<br>Requerimiento eléctrico: 220V/60Hz 0,35HP |
| 1 | Mesa para control de calidad y empaque | Material: acero inoxidable<br>Dimensiones: 1,75 x 1,85 x 0,95 m |

En la Tabla 3.20. se muestran los equipos necesarios para el procesamiento.

**Tabla 3.20.** Maquinaria y equipo auxiliar para el procesamiento

| CANTIDAD | EQUIPO | ESPECIFICACIONES |
|---|---|---|
| 1 | Balanza de pie | Dimensiones: 0,9 x 0,6 m<br>Capacidad: 200 kg |
| 2 | Coche transportador | Dimensiones: 1x 0,65 x 0,75 m<br>Capacidad: 300 kg |
| 2 | Canastas de acero inoxidable | Dimensiones: 0,8 x 0,9 m<br>Capacidad: 520 kg |
| 1 | Balanza | Capacidad: 10 kg |

En la Tabla 3.21. se muestran los equipos básicos para el laboratorio

**Tabla 3.21.** Equipos de laboratorio

| CANTIDAD | EQUIPO | ESPECIFICACIONES |
|---|---|---|
| 2 | Balanza de precisión | Capacidad: 2 kg |
| 2 | Calibrador análogo | Rango: 0 – 16 cm |
| 3 | Termómetro | Rango: -50 ~ +300 ºC |

### 3.5.4 REQUERIMIENTO DE MATERIA PRIMA E INGREDIENTES

Los requerimientos de materia prima serán semanales (tubérculos de papa) y mensuales para los ingredientes de la mezcla de recubrimiento (almidones, harina, bicarbonato, sal) y el aceite para la prefritura.

En la Tabla 3.22. se muestran los requerimientos de materia prima e ingredientes necesarios para el procesamiento de los bastones de papa recubiertos.

**Tabla 3.22.** Requerimiento de materia prima e ingredientes

| MATERIA PRIMA | REQUERIMIENTO DIARIO (kg) | REQUERIMIENTO MENSUAL (kg) | REQUERIMIENTO ANUAL (kg) |
|---|---|---|---|
| **Papa** | 1.895,02 | 37.900,40 | 454.804,80 |
| **Agua de la mezcla** | 957,62 | 1915,24 | 22.982,88 |
| **Almidón de Yuca** | 378,58 | 757,17 | 9.085,99 |
| **Almidón de Maíz** | 109,44 | 218,87 | 2.626,48 |
| **Harina de Arroz** | 129,96 | 259,91 | 3.118,95 |
| **Bicarbonato de Sodio** | 4,45 | 8,89 | 106,70 |
| **Sal** | 61,56 | 123,12 | 1.477,40 |
| **Aceite** | 1.670,06 | 6.680,24 | 80.162,88 |

### 3.5.5 REQUERIMIENTO DE INSUMOS

Para el empaque del producto se requieren diariamente de 200 bolsas de polietileno de baja densidad, cada bolsa contiene 5 kg de producto terminado y este se empacará en cartones que contienen dos bolsas (10 kg). Se estima un 5% de inventario de seguridad para los insumos.

**Tabla 3.23.** Requerimiento de insumos

| INSUMOS | REQUERIMIENTO DIARIO (u) | REQUERIMIENTO MENSUAL (u) | REQUERIMIENTO ANUAL (u) |
|---|---|---|---|
| **Bolsas plásticas** | 210* | 4.200 | 50.400 |
| **Cartones** | 105* | 2.100 | 25.200 |

* Valor incluye el 5% de inventario de seguridad

### 3.5.6 REQUERIMIENTOS DE AGUA

Para determinar los requerimientos de agua de la planta se toma en cuenta la cantidad de agua utilizada en el proceso de producción y la utilizada para la limpieza de la planta como se muestran en la Tabla 3.24.

**Tabla 3.24.** Requerimiento de agua

| OPERACIÓN | REQUERIMIENTO DIARIO ($m^3$) | REQUERIMIENTO MENSUAL ($m^3$) | REQUERIMIENTO ANUAL ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| **Lavado 1** | 3,03 | 60,60 | 727,20 |
| **Pelado** | 3,79 | 75,80 | 909,60 |
| **Lavado 2** | 1,82 | 36,40 | 436,80 |
| **Escaldado** | 2,57 | 51,40 | 616,80 |
| **Recubrimiento** | 1 | 2 | 480 |
| **Limpieza de la planta** | 3 | 60 | 720 |
| **TOTAL** | 15,21 | 286,20 | 3.890,40 |

### 3.5.7 REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Para determinar los requerimientos de energía eléctrica se relaciona: la potencia del equipo o maquinaria con el estimado de horas de operación diarias, los valores se muestran en la Tabla 3.25.

**Tabla 3.25.** Requerimiento de energía eléctrica

| MAQUINARIA/EQUIPO | POTENCIA (Kw) | TIEMPO (h/día) | Kwh | Kwh/mes | Kwh/año |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lavadora rotativa (7HP)** | 5,22 | 1 | 5,22 | 104,40 | 1.252,80 |
| **Peladora por abrasión (2HP)** | 1,49 | 1,10 | 1,64 | 32,78 | 393,36 |
| **Cortadora (0,73HP)** | 0,54 | 1,50 | 0,81 | 16,20 | 194,40 |
| **Blanqueador (16HP)** | 11,93 | 2 | 23,86 | 477,20 | 5.276,40 |
| **Túnel de secado (2,95HP)** | 2,20 | 2 | 4,40 | 88,00 | 1.056,00 |
| **Freidora por inmersión (32HP)** | 23,86 | 3 | 71,58 | 1.431,60 | 17.179,20 |
| **Túnel I.Q.F. (50HP)** | 37 | 1 | 37 | 740,00 | 8880,00 |
| **Selladora (0,35HP)** | 0,26 | 1 | 0,26 | 5,20 | 62,40 |
| **TOTAL** | | | 147,77 | 2.895,38 | 34.744,56 |

### 3.5.8 DIMENSIONAMIENTO DE ÁREAS DE LA PLANTA

El área total del terreno de la planta procesadora de los bastones de papa prefritos congelados con recubrimiento y el área administrativa es de 460 $m^2$.

- Área de procesamiento, en donde se ubica toda la línea de producción con la maquinaria del proceso, posee un área de 254,68 $m^2$.

**Tabla 3.26.** Dimensionamiento del área de procesamiento

| **Equipos** | **n** | **L** | **A** | **h** | **N** | **Ss** | **Sg** | **Se** | **St ($m^2$)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Balanza | 2 | 0,90 | 0,60 | 1,00 | 3,00 | 0,54 | 1,62 | 1,10 | 6,52 |
| Mesa de inspección | 1 | 1,75 | 1,85 | 0,95 | 4,00 | 3,24 | 12,95 | 8,26 | 24,44 |
| Lavadora rotativa | 2 | 1,08 | 0,65 | 0,74 | 1,00 | 0,70 | 0,70 | 0,72 | 4,24 |
| Peladora abrasión | 1 | 1,00 | 1,00 | 1,10 | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 1,53 | 4,53 |
| Cortadora papa | 1 | 0,58 | 1,08 | 1,19 | 1,00 | 0,63 | 0,63 | 0,64 | 1,89 |
| Blanqueador | 1 | 1,20 | 0,60 | 1,00 | 1,00 | 0,72 | 0,72 | 0,73 | 2,17 |
| Túnel de secado | 1 | 1,00 | 2,00 | 2,60 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 3,06 | 9,06 |
| Tanque agitador | 1 | 1,70 | 1,70 | 1,00 | 4,00 | 2,89 | 11,56 | 7,37 | 21,82 |
| Freidora | 1 | 2,05 | 1,52 | 1,12 | 3,00 | 3,12 | 9,35 | 6,36 | 18,82 |
| Túnel I.Q.F. | 1 | 7,30 | 4,10 | 3,80 | 2,00 | 29,93 | 59,86 | 45,79 | 135,58 |
| Selladora | 1 | 0,95 | 0,40 | 0,90 | 1,00 | 0,38 | 0,38 | 0,39 | 1,15 |
| Mesa de empaque | 1 | 1,75 | 1,85 | 0,95 | 4,00 | 3,24 | 12,95 | 8,26 | 24,44 |
| | | | | | | | | **TOTAL** | **254,68** |

Donde:

a = numero

L = largo (m)

A = ancho (m)

h = altura (m)

N = número de lados útiles

Ss = superficie estática (L*A) ($m^2$)

Sg = superficie gravitacional (Ss*N) ($m^2$)

Se = superficie de evolución (k*(Ss+Sg)) ($m^2$)

St = superficie total (n*(Ss+Sg+Se)) ($m^2$)

- Área de oficinas, en donde se ubica el personal administrativo de la planta, posee un área de 50 $m^2$.

- Área de laboratorio, en donde se ubican los equipos de laboratorio y se realiza el control de calidad de materia prima y producto terminado, posee un área de 30 $m^2$.

- Área de bodegas, en donde se almacenan las materias primas y los insumos. Se considero el área de la bodegas, estimando la compra mensual de los insumos y semanal de la materia prima, posee un área de 60 $m^2$.

- Áreas de personal varias, se consideran los vestidores, baños, cocina, comedor y guardianía con un área total de 21,32 $m^2$.

En la Tabla 3.27. se indica las áreas estimadas para cada zona de la planta.

**Tabla 3.27.** Área total para la planta procesadora

| CONSTRUCCIONES | UNIDAD | DIMENSIÓN |
|---|---|---|
| Planta de proceso | m² | 254,68 |
| Bodegas | m² | 44 |
| Oficinas | m² | 50 |
| Laboratorio | m² | 30 |
| Bodegas | m² | 60 |
| Vestidores y Baños | m² | 7 |
| Cocina y comedor | m² | 10 |
| Guardianía | m² | 4,32 |
| **TOTAL** | **m²** | **460** |

El diagrama básico de distribución de la planta de proceso y otras áreas operativas se puede observar en el ANEXO X.

## 3.6. ESTUDIO FINANCIERO

La evaluación financiera del proyecto, tiene como propósito determinar si el mismo es factible y genera rentabilidad sobre las inversiones y los egresos durante la vida útil del proyecto.

La metodología utilizada para la evaluación financiera del proyecto es la propuesta por la Corporación Financiera Nacional (CFN) para la evaluación de proyectos.

Los valores utilizados para la determinación de costos, tienen referencia a los costos del año 2010 y con un ajuste en función de la tasa de inflación anual acumulada del 3,33% y las proyecciones de ventas en base a la tasa de crecimiento anual 1,54%.

### 3.6.1 INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO

Las inversiones del proyecto constituyen todos los egresos necesarios para llevar a cabo las actividades para el desarrollo del proceso productivo.

En la Tabla 3.28, se presentan los valores que componen el monto de la inversión total.

**Tabla 3.28.** Inversión inicial del proyecto

| INVERSIÓN INICIAL | VALOR (US$) | % |
|---|---|---|
| Inversión fija | 300.377,70 | 57,68 |
| Capital de operaciones | 220.042,63 | 42,32 |
| **INVERSIÓN TOTAL** | **520.780,33** | **100,00** |
| Capital propio | 156.234,10 | 30,00 |
| Financiamiento* | 364.546,23 | 70,00 |

* El financiamiento se realizará a través de una institución bancaria que otorgue créditos (PYMES) a una tasa de interés del 11,83%.

En la Tabla 3.29 se indica el desglose de la inversión fija del proyecto, los valores muestran las inversiones que se realizarán para la puesta en marcha del proyecto.

**Tabla 3.29.** Inversión fija

| ACTIVOS FIJOS | COSTO TOTAL (US$) | % |
|---|---|---|
| Terreno y construcciones | 119.019,00 | 39,62 |
| Maquinaria y equipo | 142.905,00 | 47,58 |
| Otros activos | 24.150,00 | 8,04 |
| **SUBTOTAL** | **286.074,00** | |
| Imprevistos (5%) | 14.303,70 | 5,00 |
| **TOTAL** | **300.377,70** | **100,00** |

En la Tabla 3.30. se indica el capital de operación calculado para los tres primeros meses de funcionamiento de la planta, ya que se considera un ingreso por ventas a partir del segundo mes.

**Tabla 3.30.** Capital de trabajo

| RUBRO | TIEMPO (meses) | VALOR US$ |
|---|---|---|
| Materiales directos | 3 | 90.212,18 |
| Mano de obra directa | 3 | 105.600,00 |
| Carga fabril* | 3 | 13.444,26 |
| Gastos de administración | 3 | 8.744,69 |
| Gastos de ventas | 3 | 2.371,50 |
| **TOTAL** | | **220.402,63** |

* Sin depreciación, ni amortización

### 3.6.2 EGRESOS DE OPERACIÓN

- **Costos de Producción**

Los elementos que componen este rubro son: costos de materiales directos, mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación.

**Tabla 3.31.** Materia prima directa

| MATERIA PRIMA DIRECTA | UNIDADES | CANTIDAD | VALOR UNITARIO (US$) | VALOR TOTAL (US$) |
|---|---|---|---|---|
| Papa | kg | 454.805,80 | 0,32 | 145.537,54 |
| Almidón de yuca | kg | 13.628,99 | 1,28 | 17.445,10 |
| Almidón de maíz | kg | 3.939,72 | 1,45 | 5.712,60 |
| Harina de arroz | kg | 4.678,42 | 1,15 | 5.380,19 |
| Sal | kg | 2.216,10 | 0,29 | 642,67 |
| Bicarbonato de sodio | kg | 160,05 | 2,95 | 472,15 |
| Aceite | L | 80.162,88 | 2,25 | 180.366,48 |
| Fundas de propileno | U | 50.400,00 | 0,08 | 4.032,00 |
| Cajas de cartón | U | 25.200,00 | 0,05 | 1.260,00 |
| **TOTAL** | | | | **360.848,72** |

**Tabla 3.32.** Mano de obra directa

| MANO DE OBRA DIRECTA | CANTIDAD | SALARIO MENSUAL (US$) | TOTAL ANUAL (US$) |
|---|---|---|---|
| Calificada | 1 | 850,00 | 10.200,00 |
| Semi-calificada | 3 | 450,00 | 16.200,00 |
| **TOTAL** | | | **26.400,00** |

Los costos indirectos de fabricación, incluyen la carga fabril, los gastos de administración y los gastos de ventas. A continuación se detallan los valores de la carga fabril:

**Tabla 3.33.** Carga fabril

| MANO DE OBRA INDIRECTA | CANTIDAD | SALARIO MENSUAL (US$) | TOTAL (US$) |
|---|---|---|---|
| Bodeguero | 1 | 400,00 | 4.800,00 |
| Chofer | 1 | 400,00 | 4.800,00 |
| TOTAL 1 | | | 9.600,00 |
| | | | |
| **MATERIALES INDIRECTOS** | **CANTIDAD** | **COSTO UNITARIO (US$)** | **TOTAL (US$)** |
| Limpieza | 3 | 1.500,00 | 4.500,00 |
| TOTAL 2 | | | 4.500,00 |
| | | | |
| **DEPRECIACIÓN** | **VIDA ÚTIL (AÑOS)** | **VALOR (US$)** | **TOTAL (US$)** |
| Construcciones | 20 | 119.019,00 | 5.950,95 |
| Maquinaria y Equipos | 10 | 142.905,00 | 14.290,50 |
| Repuestos y accesorios | 3 | 6.650,00 | 2.216,67 |
| Imprevistos de la inversión fija | 10 | 14.303,70 | 1.430,37 |
| Gastos puesta en marcha | 10 | 9.021,22 | 902,12 |
| TOTAL 3 | | | 24.790,61 |
| | | | |
| **SUMINISTROS** | **CANTIDAD** | **VALOR UNITARIO (US$)** | **VALOR TOTAL (US$)** |
| Energía eléctrica (Kwh) | 34.744,56 | 0,12 | 4.169,35 |
| Agua ($m^3$) | 3.890,40 | 0,75 | 2.917,80 |
| TOTAL 4 | | | 7.087,15 |
| | | | |
| **REPARACIONES Y MANTENIMIENTO** | **%** | **COSTO (US$)** | **VALOR TOTAL (US$)** |
| Maquinaria y equipo | 1 | 142.905,00 | 1.429,05 |
| Edificios y construcciones | 1 | 119.019,00 | 1.190,19 |
| TOTAL 5 | | | 2.619,24 |

**Tabla 3.33.** Carga fabril continuación…

| SEGUROS | % | COSTO (US$) | VALOR TOTAL (US$) |
|---|---|---|---|
| Maquinaria y equipos | 1 | 142.905,00 | 1.429,05 |
| Edificios y construcciones | 1 | 119.019,00 | 1.190,19 |
| TOTAL 6 | | | 2.619,24 |
| | | | |
| SUBTOTAL | | | 51.216,24 |
| | | | |
| **IMPREVISTOS** | **%** | | **VALOR TOTAL (US$)** |
| | 5 | | 2.560,81 |
| **TOTAL GENERAL** | | | **53.777,05** |

En la Tabla 3.34. se muestran los gastos de administración del proyecto.

**Tabla 3.34.** Gastos de administración

| PERSONAL | CANTIDAD | SALARIO MENSUAL (US$) | TOTAL ANUAL (US$) |
|---|---|---|---|
| Gerente | 1 | 1.100 | 13.200 |
| Contador | 1 | 550 | 6.600 |
| Ayudante | 1 | 300 | 3.600 |
| Secretaria | 1 | 400 | 4.800 |
| **SUBTOTAL** | | | **28.200** |
| Depreciación Muebles y Enceres | | | 1.500 |
| Amortización Constitución | | | 250 |
| Gastos de oficina | | | 6.000 |
| Imprevistos 2,5% | | | 898,75 |
| **TOTAL** | | | **36.848,75** |

En la Tabla 3.35. se muestran los gastos de ventas requeridos por el proyecto.

**Tabla 3.35.** Gastos de ventas

| PERSONAL | CANTIDAD | SALARIO MENSUAL (US$) | TOTAL ANUAL (US$) |
|---|---|---|---|
| Vendedor | 1 | 650 | 7.800 |
| Promoción - Publicidad | | | 1.500 |
| **SUBTOTAL** | | | 9.300 |
| Imprevistos 1% | | | 186 |
| **TOTAL** | | | **9.486** |

### 3.6.3 COSTO UNITARIO DEL PRODUCTO

**Tabla 3.36.** Costo unitario del producto

| RUBRO | COSTOS (US$) | |
|---|---|---|
| | DIRECTO | INDIRECTO |
| Materia Prima | 145.537,54 | |
| Materiales directos | 215.311,19 | |
| Mano de obra directa | 26.400,00 | |
| Mano de obra indirecta | | 9.600,00 |
| Materiales indirectos | | 4.500,00 |
| Suministros | | 7.087,15 |
| Reparación y mantenimiento | | 2.619,24 |
| Seguros | | 2.619,24 |
| Depreciación | | 24.790,61 |
| Imprevistos | | 2560,81 |
| **Subtotales** | **387.248,72** | **53.777,05** |
| **Costo de producción** | **441.025,77** | |
| Gastos ventas | 9.846,00 | |
| Gastos administración | 36.848,75 | |
| Gastos financieros | 43.125,82 | |
| **Costo total** | **530.486,34** | |
| Unidades producidas (año) | 240.000,00 | |
| **Costo unitario (US$/kg)** | **2,21** | |

### 3.6.4 INGRESOS OPERACIÓN

#### 3.6.4.1 Nivel de producción

Para el calculo del nivel de producción se considera en referencia a la demanda actual del cliente para el año 2010 que es de 20 Tm. al mes. La producción inicial es de 21 Tm. al mes. (se incluye un Inventario de seguridad de producto final del 5% de la demanda actual).

#### 3.6.4.2 Precio de venta

Para determinar el precio de venta se considero como referencia el precio de venta en el mercado de productos similares, que es de aproximadamente US$. 2,55/Kg. Se estimo un margen de utilidad del 20% sobre el costo unitario de producción (US$. 2,21/kg) para el año 1. Para la proyección se estimó la inflación acumulada del año 2010 de 3,33%.

**Tabla 3.37.** Precio de venta de 1 Kilogramo de papa prefrita congelada con recubrimiento alimenticio

| | **VALOR (US$)** |
|---|---|
| Costo unitario (1Kg.) | 2,21 |
| Margen de utilidad (20%) | 0,44 |
| **PRECIO DE VENTA** | **2,65** |

#### 3.6.4.3 Proyección de ingresos

Para determinar los ingresos a percibir anualmente, se multiplicó el precio de venta e determinado año por el volumen de ventas en el año. Se estableció la proyección de las ventas en referencia a la tasa de crecimiento anual de la población 1,54%.

**Tabla 3.38.** Proyección anual de ingresos por venta del producto

| RUBRO | AÑO | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **Precio Kg-producto** | 2,65 | 2,74 | 2,83 | 2,92 | 3,02 |
| **Volumen de ventas** | 252.000,00 | 255.880,80 | 259.821,36 | 263.822,61 | 267.885,48 |
| **Proyección de ingresos** | 668.412,79 | 701.103,66 | 735.393,37 | 771.360,14 | 809.085,98 |

### 3.6.5 Indicadores de evaluación del proyecto

Para la determinación de los indicadores de evaluación del proyecto se requiere de la elaboración del flujo de caja proyectados que se presenta en la Tabla 3.39.

**Tabla 3.39.** Flujo de caja proyectado a cinco años

| | Año | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ingresos | | 668.412,79 | 701.103,66 | 735.393,37 | 771.360,14 | 809.085,98 |
| Costos de Producción* | | -441.025,77 | -485.128,35 | -533.641,18 | -587.005,30 | -645.705,83 |
| Gastos de Operación | | -46.334,75 | -47.863,80 | -49.443,30 | -51.074,93 | -52.760,40 |
| Gastos Financieros | | -43.125,82 | -40.648,05 | -37.877,17 | -34.778,49 | -31.313,23 |
| Depreciación | | -24.790,61 | -25.608,70 | -26.453,79 | -27.326,76 | -28.228,54 |
| Utilidad antes de imp. | | 113.135,84 | 101.854,76 | 87.977,93 | 71.174,66 | 51.077,96 |
| Impuestos (25%) | | -28.283,96 | -25.463,69 | -21.994,48 | -17.793,66 | -12.769,49 |
| Utilidad después de imp. | | 84.851,88 | 76.391,07 | 65.983,45 | 53.380,99 | 38.308,47 |
| Depreciación | | 24.790,61 | 25.608,70 | 26.453,79 | 27.326,76 | 28.228,54 |
| Inversión inicial | -520.780,33 | | | | | |
| Amortización deuda | | -20.944,76 | -23.422,53 | -26.193,41 | -29.292,09 | -32.757,35 |
| Préstamo | 364.546,23 | | | | | |
| **Flujo de caja** | -156.234,10 | 88.697,73 | 78.577,24 | 66.243,82 | 51.415,66 | 33.779,67 |

Los índices de evaluación que se utilizarán son el VAN, TIR (r=12%) y punto de equilibrio.

r = costo de oportunidad

- **VAN** = US$. 84.595,72

- **TIR** = 36,04%

- **Punto de equilibrio (Año 1):** 53,50%

**Tabla 3.40.** Cálculo del punto de equilibrio

| % Capacidad | Costos Fijos US$ | Costos Variables US$ | Costos Totales US$ | Ingresos US$ |
|---|---|---|---|---|
| 0,00 | 122.050,47 | 0,00 | 122.050,47 | 0,00 |
| 100,00 | 122.050,47 | 408.435,87 | 530.486,34 | 636.583,61 |

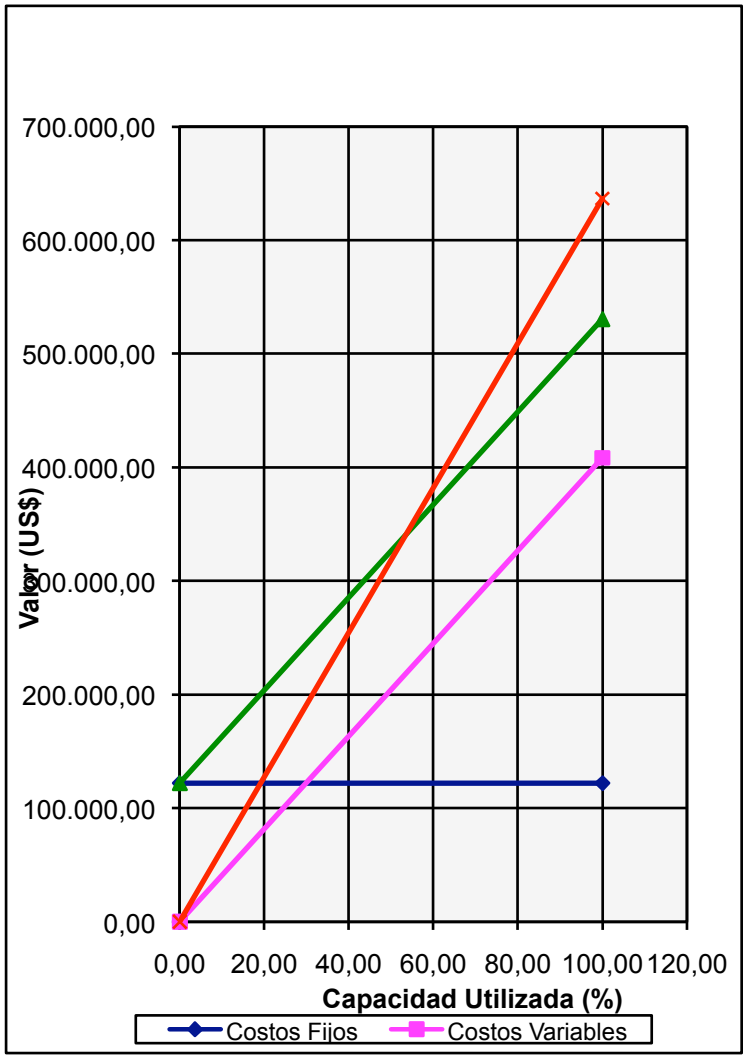



**Figura 3.28.** Punto de equilibrio

# 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 4.1 CONCLUSIONES

1. Con la caracterización de la materia prima (tubérculos de papa), se confirmó que la variedad “Súper Chola” cumple con los requerimientos cualitativos para la elaboración de bastones de papa prefritos congelados con recubrimiento y su industrialización.

2. De acuerdo con las variables probadas en este estudio, se determinó que para aplicar la mayor cantidad de recubrimiento en los bastones de papa, se deberían emplear recubrimientos alimenticios (de almidón) a una concentración mezcla seca : agua de 1:1,4, una temperatura de 17 ºC y un tiempo de 40 segundos.

3. Con las variables seleccionadas en este estudio se obtuvo un porcentaje de aplicación de recubrimiento en los bastones de papa de 10,74%.

4. La optimización del proceso de fijación del recubrimiento en la prefritura, determinó que para alcanzar el mayor grado de crocancia, menor contenido de grasa y aceptación de los bastones de papa se deberían emplear: la fórmula que contiene almidón de yuca, almidón de maíz y harina de arroz en su composición, una temperatura de prefritura de 182 ºC y un tiempo de prefritura de 40 segundos.

5. Se encontró que por la ponderación de las variables de respuesta: crocancia instrumental, contenido de grasa y análisis sensorial, el tratamiento 6 es el óptimo para la fijación del recubrimiento alimenticio en los bastones de papa y presenta mejores atributos sensoriales en comparación con el control (papa prefrita congelada convencional).

6. El mayor costo al estimar la inversión inicial corresponde a la maquinaría y equipo semiautomatizado para el procesamiento del producto para que la elaboración del producto sea más eficiente y de calidad uniforme.

7. Los rubros con mayor efecto sobre el costo unitario del producto son los costos directos: materia prima, materiales directos y mano de obra directa.

8. Los índices de evaluación financiera del proyecto VAN: US$. 84.595,72 y TIR: 36,04% reflejan que el proyecto es financieramente viable para su ejecución.

9. El punto de equilibrio refleja que al arranque de las operaciones la planta será operativa en un 53,50% , este valor concuerda con la meta de incrementar la capacidad de producción en un 10% en los siguientes cuatro años.

## 4.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un estudio de caracterización de otras variedades de papa, que desarrollen mejores características de textura y presenten menor contenido de grasa en el producto final.

2. Se recomienda probar concentraciones diferentes en las formulaciones del recubrimiento para lograr una mayor viscosidad de la mezcla y aplicar una mayor cantidad de recubrimiento alimenticio en los bastones de papa.

3. Se recomienda utilizar la combinación de almidones modificados (yuca, maíz) en las formulaciones del recubrimiento alimenticio para lograr mayor crocancia y reducir la absorción de aceite de los bastones de papa en la fritura final.

4. Se recomienda probar procesos y condiciones adicionales a las planteadas en este estudio, para la aplicación de recubrimientos alimenticios en frutas y vegetales procesados para mejorar el atributo de crocancia y reducir su contenido de grasa, al emplear el recubrimiento como barrera al aceite durante la fritura.

5. Se recomienda automatizar completamente la línea de producción para que a largo plazo la eficiencia de la planta procesadora sea la óptima para alcanzar mayores niveles de producción.

6. Se recomienda realizar negociaciones con proveedores para estabilizar los precios de la papa (materia prima), debido a que la fluctuación del precio durante todo el año lo convierte en un factor crítico sobre el costo de producción.

# BIBLIOGRAFÍA


1. Achir, N., Vitrac, O. y Trystram, G., 2009, “Heat and mass transfer during frying”, en Serpil, S. y Summu Gülüm, S., “Advances in deep-fat frying of foods”, CRC Press, EE.UU., pp. 20 – 25.

2. Aguilera, J., 2002, “Fritura de alimentos”, 2da. edición, Editorial IPN, México DF, México, pp. 187-195, 201-209.

3. Arvanitoyannis, I. y Gorris, L., 1999, “Edible and biodegradable polymeric materials for food packaging or coating”, en Oliveira, F. y Oliveira, F., “Processing foods: Quality optimization and process assessment”, CRC Press, EE.UU., pp. 357-371.

4. Baker, R., Baldwin, E. y Nísperos, M., 1994, “Edible coatings for processed foods”, en “Edible Coatings and Films to Improve Food Quality”, Technomic Publishing. Co., EE.UU, pp. 89 – 104.

5. Balasurbramaniam, M., Chinnan, P., Mallikarjunan, R. y Phillips, D., 1997, “The effect of edible film on oil uptake and moisture retention of a deep-fat fried poultry product”, Journal of Food Process and Engineering, 20 (1), 17-29.

6. Baldwin, E., Nisperos - Carriedo, M. y Baker, R,. 1995, “Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products”. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 35 (6), 509-512.

7. Ballard, T., 2003, “Application of edible coatings in maintaining crispness of breaded fried foods”, Proyecto de titulación previo a la obtención del titulo de Master en Ciencias de Alimentos, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, EE.UU, pp. 25-29.

8. Barkalow, D., Reed, M. y Mirzoeva, E., 2010, “Coated confectionery products” Patente EE.UU., 20100203190, pp. 3,4.

9. Bico, S., Raposo, M., Morais, M. y Morais, A., 2009, “Combined effects of Chemicals dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana”, Food Control, 20 (5), 508–510.

10. Boskou, D. y Elmadfa, I., 1999, “Frying of food: Oxidation, nutrient and nonnutrient antioxidants, biologically active compounds and high temperatures”, Technomic Publishing Co, EE.UU. pp. 17-25.

11. Cereda, C., Oliveira, M., Ferraz, M. y Viicentini, N., 2000, “Characterization of Edible Films of Cassava Starch by Electron Microscopy”, Brazilian Journal of Food Technology, 40 (3), 91 - 95.

12. Chien, P., Sheu, F. y Lin, H., 2007, “Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas”, Journal of Food Engineering, 79 (2), 736 – 740.

13. Cuppett, S., 1994, “Edible coatings as carriers of food additives, fungicides and natural antagonists”, en Krochta, J., Baldwin, E. y Nísperos - Carriedo, M., “Edible Coatings and Films to Improve Food Quality”, Technomic Publishing Co, EE.UU., p. 121.

14. Embuscado, M. y Hubber, K., 2009, “Edible Food and Coatings for Food Applications”, Springer Science + Business Media, EE.UU., pp. 2, 6, 113, 125, 129, 132 - 136.

15. FAO, 2008, “Usos de la papa”, http://www.potato2008.org/es/lapapa/utilizacion.html, (Septiembre, 2010).

16. Fennema, O., 1993, “Lipid type and location of the relative humidity gradient influence on the barrier properties of lipids to water vapor”, Journal of Food Engineering, 22 (2) : 225 – 229.

17. Freile, Y., Madera, T., Robledo, D., Veleva, L., Quintana, P. y Azamar, J., 2007, “Degradation of agar films in a humid tropical climate: Thermal, mechanical, morphological and structural changes”, Polymer degradation and stability, 92 (2) 244-252.

18. Gennadios, A., Weller, C. y Gooding, C., 1993, “Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films”, Journal of Food Engineering, 21 (4), 395 – 409.

19. Geraldine, R., Soares, N., Botrel, D. y Gonçalves, L., 2008, “Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality”, Carboydrate Polymers, 72 (3), 403 - 409.

20. Gordon, L., 2005, “Edible and biobased food packaging materials”, en Gordon, L., “Food Packaging Principles and Practice”, CRC Taylor and Francis, EE.UU., pp. 43 – 54.

21. Greener, E. y Fennema, O., 1994, “Edible Films and Coatings: characteristics, formation, definitions, and testing methods”, *en* Edible Coatings and Films to improve food quality, Technomic Publishing Co, EE.UU., pp. 2 - 23.

22. Guilbert, S., Gontard, N. y Gorris, L., 1996, “Prolongation of the Shelf-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings”, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 29 (2), 10 - 17.

23. Jenkins, P., Cameron, R. y Donald, A., 1993, **“**A universal feature in the structure of starch granules from different botanical sources”, Starch, 45 (12), 417 – 420.

24. Karbowiak, T., Debeaufort, F., Champion, D. y Voilley, A., 2006, “Wetting properties at the surface of iota-carrageenan-based edible Films”, Journal of Colloid and Interface Science, 294 (2), pp. 400 – 410.

25. Kays, S. y Paull, R., 2004, “Postharvest Biology: Stress in harvested products”, Exon Press, EE.UU., pp. 355 – 414.

26. Krochta, J., Baldwin, E. y Nísperos - Carriedo, M., 1994, “Edible coatings and Films to improve Food quality”, Technomic Publishing Co, EE.UU., pp. 22 – 38, 65 -77, 89 – 99, 190 -198.

27. Lambweston, 2010, “History” http://www. lambweston.com/ about_us/history/history.jsp, (Septiembre, 2010).

28. Le Tien, C., Letendre, M., Ispas-Szabo, P., Mateescu, M., Delmas-Patterson, G., Yu ,H. y Lacroix, M., 2000, “Development of biodegradable films from whey proteins by cross-linking and entrapment in cellulose” Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48 (11), pp. 5566-5575.

29. Lesinska y Leszczynski, 1989, “Potato Science and Technology”, Elsevier Science Publishers Ltd., Inglaterra, pp. 205-212, 219-226.

30. LMC, 2010, “Starch & Fermentation Reports”, http://www.lmc.co.uk/Expertise.aspx?Id=6, (Octubre, 2010).

31. McCain Foods Limited, 2008, “FAQ’s”, http://www.mccain.com/Newsroom/FAQ/Pages/Default.aspx, (Octubre, 2010).

32. Maftoonazad, N. y Ramaswamy, H., 2005, “Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating”, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 38 (6), pp. 617 - 624.

33. Mallikarjunan, P., Ngadi, M. y Chinnan, M., 2009, “Breaded fried foods” CRC Press, EEUU, pp. 82 - 87, 90 - 95.

34. Mazza, G. y Qi, H., 1991, “Control of after-cooking darkening in potatoes with edible films forming products and calcium chloride”, Journal Agricultural and Food Chemistry, 29, pp. 2163.

35. Moreira, R.G, 2001, “Deep-fat frying of foods”, Marcel Dekker Inc, EE.UU. pp. 115-120, 125, 134-140.

36. Moreira, R., Castell-Perez, M. y Barrufet, M., 1999, “Deep-fat frying: Fundamentals and applications”, Gaithersburg, MD: Aspen Publishers, Inc. EE.UU. pp. 3–6, 33–51, 75–77,118, 179–180.

37. Pavlath, A., Wong, D. y Kumosinski, T., 1993, “New Coatings for cut fruits and vegetables” CHEMTECH, 23 (2), pp. 36 – 40.

38. Pedreschi, F., 2004, “Evaluation of the texture of fried potatoes”, Journal of Texture Studies, 35, pp. 277–291.

39. Pinguin Lutosa Food Group, 2010, “LUTOSA FROZEN FRENCH FRIES AND CUT PRODUCTS FACILITY”, http://www.pinguinlutosa.com /uk/corporate /produ ction-2/potatoes-facilities/french-fries-facility/ , (Octubre, 2010).

40. Pinthus, E., Weinberg, P. y Saguy, I., 1995, “Oil Uptake in Deep Fat Frying as Affected by Porosity”, Journal of Food Science, 60 (4), pp. 767 – 772.

41. Polanski, S., 1993, “Frying food with reduced frying medium uptake – by cooking food to remove water applying coating of swollen dispersion containing natural edible polymer, drying and frying”, Patente EE.UU., 5,232, 721.

42. Ramesh, M., 2007, “Cooking and frying foods”, *en* Handbook of food preservation, Capítulo 25, 2da edición, CRC Press, EEUU, pp. 627,629,633.

43. Rico-Peña, D. y Torres, J., 1990, “Edible methylcellulose - Based Films as Moisture - Impermeable barriers in sundae ice cream cones”, Journal of Food Science, 55, pp. 1468 -1469.

44. Satoshi, T., 2007, “Method for producing meat products and processed meat products coated with curdlan gel film”, Organo Co, Japón, pp. 12,28.

45. Shukla, T., 1993, “Batters and breadings for traditional and microwavable foods” Cereal Foods World, 38 (9), pp. 701–702.

46. Simplot, 2010, “A History Entwined: J.R. Simplot and the Simplot Company”, http://www.simplot.com/company/origins_founder.cfm, (Octubre, 2010).

47. Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Osorio, F. y Aguilera, J., 2009, “Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings”, Deparment of Food science and technology, Universidad de Santiago de Chile, Chile, pp. 8 – 25.

48. Sloan, J., Middaugh, K., Jacobsen, G., 1991 “Coated Potato Product”, Patente EE.UU., No 5,141,759.

49. Sonti, S., 2003, “Consumer perception and application of edible coatings on fres – cut fruits and vegetables”, Proyecto de titulación previo a la obtención del título de ingenieria en alimentos, Lousiana State University, EE.UU., pp. 9,15.

50. Spraying Systems Co, “Food processing industry”, http://www.spray.com/applications/food_processing.asp, (Septiembre, 2010).

51. Tapia, M., Rojas-Graü, M., Rodríguez, F., Carmona, A. y Martin-Belloso, O., 2007, “Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning

agents applied on fresh-cut Fuji apples", Food Hydrocolloids, 21 (1), 118 – 122.

52. Thomas, D., y Atwell, W., 1997, "Starches", Eagan Press, EE.UU. pp. 56, 66, 71 – 79.

53. Tribelhorn, R., 1991, "Breakfast cereals" in Handbook of cereal science and technology, Marcel Dekker, EE.UU. pp. 744,761.

54. USDA – FAS, 2010, "Frozen Potato Products: World Markets and Trade"

55. van Soest, J., 1996, "Starch Plastics: Structure-Property Relationships", University of Utrecht, Países Bajos, pp. 208 – 213.

56. Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D. y González-Martínez, C., 2008, "Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits", Critical reviews in food science and nutrition, 48 (6), pp. 496 – 511.

57. Wong, D., Camirand, W. y Pavlath, A., 1994, "Development of edible coatings for minimally processed fruits and vegetables" en Krochta, J., Baldwin, E. y Nísperos - Carriedo, M., "Edible Coatings and films to improve Food Quality", Technomic Publishing. Co., EE.UU., pp. 65 – 88.

58. Wu, Y., Weller, C., Hamouz, F., Cuppett, S. y Schnepf, M., 2002, "Development and application of multicomponent edible coatings and films: A review", Advances in Food and Nutrition Research, 44, pp. 347 - 355.

59. Woerman J., Wu Y., 1997 "Tapioca Starch containing french fry formulations and method of making", Patente EE.UU., No 5,750,168.

60. Yoshimoto, Y., Takenouchi, T. y Takeda, Y., 2002, "Molecular structure and some physicochemical properties of waxy and low-amylose barley starches", Carbohydrate Polymers, 47 (2), pp. 159 - 167

# ANEXOS

# ANEXO I

# ESTRUCTURAS QUÍMICAS DE AMILOSA Y AMILOPECTINA

## AMILOSA

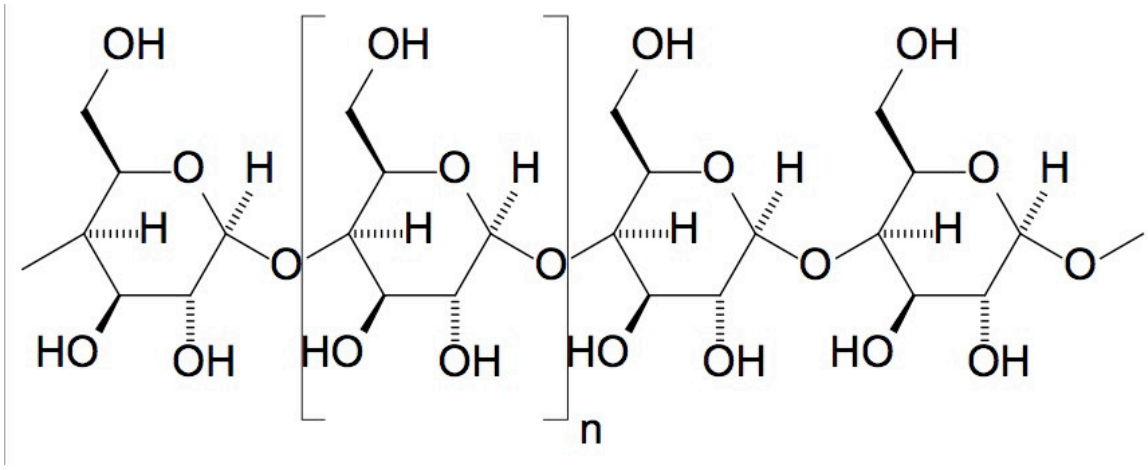



**Figura AI.1.** Fórmula desarrollada de Amilosa
(Embuscado y Huber, 2009)

## AMILOPECTINA

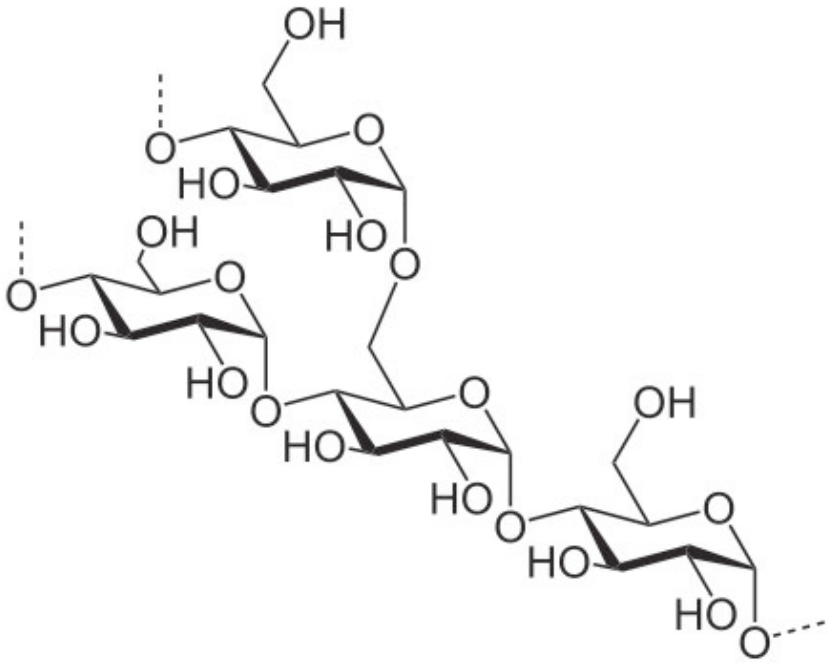



**Figura AI.2.** Fórmula desarrollada de Amilopectina
(Embuscado y Huber, 2009)

# ANEXO II

## TABLA DE CORRELACIÓN GRAVEDAD ESPECÍFICA Y CONTENIDO DE MATERIA SECA EN TUBÉRCULOS DE PAPA

Table 2: Relation between the weight in water (w.i.w.), dry matter content (d.m.) and specific gravity (S.g.) of potatoes (IBVL Publication 247 B).

| w.i.w. | d.m. | S.g. | w.i.w. | d.m. | S.g. | w.i.w. | d.m. | S.g. | w.i.w. | d.m. | S.g. | w.i.w. | d.m. | S.g. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 250 | 14,3 | 1,053 | 331 | 18,3 | 1,071 | 371 | 20,3 | 1,080 | 411 | 22,2 | 1,090 | 451 | 24,2 | 1,099 |
| 255 | 14,6 | 1,054 | 332 | 18,3 | 1,071 | 372 | 20,3 | 1,080 | 412 | 22,3 | 1,090 | 452 | 24,2 | 1,099 |
| 260 | 14,8 | 1,055 | 333 | 18,4 | 1,071 | 373 | 20,4 | 1,081 | 413 | 22,3 | 1,090 | 453 | 24,3 | 1,100 |
| 265 | 15,1 | 1,056 | 334 | 18,4 | 1,072 | 374 | 20,4 | 1,081 | 414 | 22,4 | 1,090 | 454 | 24,3 | 1,100 |
| 270 | 15,3 | 1,057 | 335 | 18,5 | 1,072 | 375 | 20,5 | 1,081 | 415 | 22,4 | 1,091 | 455 | 24,4 | 1,100 |
| 275 | 15,6 | 1,058 | 336 | 18,5 | 1,072 | 376 | 20,5 | 1,081 | 416 | 22,5 | 1,091 | 456 | 24,4 | 1,100 |
| 280 | 15,8 | 1,059 | 337 | 18,6 | 1,072 | 377 | 20,5 | 1,082 | 417 | 22,5 | 1,091 | 457 | 24,5 | 1,101 |
| 285 | 16,1 | 1,060 | 338 | 18,6 | 1,073 | 378 | 20,6 | 1,082 | 418 | 22,6 | 1,091 | 458 | 24,5 | 1,101 |
| 290 | 16,3 | 1,062 | 339 | 18,7 | 1,073 | 379 | 20,6 | 1,082 | 419 | 22,6 | 1,091 | 459 | 24,6 | 1,101 |
| 295 | 16,5 | 1,063 | 340 | 18,7 | 1,073 | 380 | 20,7 | 1,082 | 420 | 22,7 | 1,092 | 460 | 24,6 | 1,101 |
| 300 | 16,8 | 1,064 | | | | | | | | | | | | |
| 301 | 16,8 | 1,064 | 341 | 18,8 | 1,073 | 381 | 20,7 | 1,082 | 421 | 22,7 | 1,092 | 461 | 24,7 | 1,102 |
| 302 | 16,9 | 1,064 | 342 | 18,8 | 1,073 | 382 | 20,8 | 1,083 | 422 | 22,8 | 1,092 | 462 | 24,7 | 1,102 |
| 303 | 16,9 | 1,065 | 343 | 18,9 | 1,074 | 383 | 20,8 | 1,083 | 423 | 22,8 | 1,092 | 463 | 24,8 | 1,102 |
| 304 | 17,0 | 1,065 | 344 | 18,9 | 1,074 | 384 | 20,9 | 1,083 | 424 | 22,9 | 1,093 | 464 | 24,8 | 1,102 |
| 305 | 17,0 | 1,065 | 345 | 19,0 | 1,074 | 385 | 20,9 | 1,083 | 425 | 23,0 | 1,093 | 465 | 24,9 | 1,103 |
| 306 | 17,1 | 1,065 | 346 | 19,0 | 1,074 | 386 | 21,0 | 1,084 | 426 | 23,0 | 1,093 | 466 | 24,9 | 1,103 |
| 307 | 17,1 | 1,065 | 347 | 19,1 | 1,075 | 387 | 21,0 | 1,084 | 427 | 23,0 | 1,093 | 467 | 25,0 | 1,103 |
| 308 | 17,2 | 1,066 | 348 | 19,1 | 1,075 | 388 | 21,1 | 1,084 | 428 | 23,1 | 1,094 | 468 | 25,0 | 1,103 |
| 309 | 17,2 | 1,066 | 349 | 19,2 | 1,075 | 389 | 21,1 | 1,084 | 429 | 23,1 | 1,094 | 469 | 25,1 | 1,104 |
| 310 | 17,3 | 1,066 | 350 | 19,2 | 1,075 | 390 | 21,2 | 1,085 | 430 | 23,2 | 1,094 | 470 | 25,1 | 1,104 |
| 311 | 17,3 | 1,066 | 351 | 19,3 | 1,076 | 391 | 21,2 | 1,085 | 431 | 23,2 | 1,094 | 471 | 25,2 | 1,104 |
| 312 | 17,4 | 1,067 | 352 | 19,3 | 1,076 | 392 | 21,3 | 1,085 | 432 | 23,3 | 1,095 | 472 | 25,2 | 1,104 |
| 313 | 17,4 | 1,067 | 353 | 19,4 | 1,076 | 393 | 21,3 | 1,085 | 433 | 23,3 | 1,095 | 473 | 25,3 | 1,104 |
| 314 | 17,4 | 1,067 | 354 | 19,4 | 1,076 | 394 | 21,4 | 1,086 | 434 | 23,4 | 1,095 | 474 | 25,3 | 1,105 |
| 315 | 17,5 | 1,067 | 355 | 19,5 | 1,076 | 395 | 21,4 | 1,086 | 435 | 23,4 | 1,095 | 475 | 25,4 | 1,105 |
| 316 | 17,5 | 1,067 | 356 | 19,5 | 1,077 | 396 | 21,5 | 1,086 | 436 | 23,5 | 1,096 | 476 | 25,4 | 1,105 |
| 317 | 17,6 | 1,068 | 357 | 19,6 | 1,077 | 397 | 21,5 | 1,086 | 437 | 23,5 | 1,096 | 477 | 25,5 | 1,105 |
| 318 | 17,6 | 1,068 | 358 | 19,6 | 1,077 | 398 | 21,6 | 1,086 | 438 | 23,5 | 1,096 | 478 | 25,5 | 1,106 |
| 319 | 17,7 | 1,068 | 359 | 19,7 | 1,077 | 399 | 21,6 | 1,087 | 439 | 23,6 | 1,096 | 479 | 25,6 | 1,106 |
| 320 | 17,7 | 1,068 | 360 | 19,7 | 1,078 | 400 | 21,7 | 1,087 | 440 | 23,6 | 1,096 | 480 | 25,6 | 1,106 |
| 321 | 17,8 | 1,069 | 361 | 19,8 | 1,078 | 401 | 21,7 | 1,087 | 441 | 23,7 | 1,097 | 481 | 25,7 | 1,106 |
| 322 | 17,8 | 1,069 | 362 | 19,8 | 1,078 | 402 | 21,8 | 1,087 | 442 | 23,7 | 1,097 | 482 | 25,7 | 1,107 |
| 323 | 17,9 | 1,069 | 363 | 19,9 | 1,078 | 403 | 21,8 | 1,088 | 443 | 23,8 | 1,097 | 483 | 25,8 | 1,107 |
| 324 | 17,9 | 1,069 | 364 | 19,9 | 1,079 | 404 | 21,9 | 1,088 | 444 | 23,8 | 1,097 | 484 | 25,8 | 1,107 |
| 325 | 18,0 | 1,070 | 365 | 20,0 | 1,079 | 405 | 21,9 | 1,088 | 445 | 23,9 | 1,098 | 485 | 25,9 | 1,107 |
| 326 | 18,0 | 1,070 | 366 | 20,0 | 1,079 | 406 | 22,0 | 1,088 | 446 | 23,9 | 1,098 | 486 | 25,9 | 1,108 |
| 327 | 18,1 | 1,070 | 367 | 20,1 | 1,079 | 407 | 22,0 | 1,089 | 447 | 24,0 | 1,098 | 487 | 26,0 | 1,108 |
| 328 | 18,1 | 1,070 | 368 | 20,1 | 1,079 | 408 | 22,1 | 1,089 | 448 | 24,0 | 1,098 | 488 | 26,0 | 1,108 |
| 329 | 18,2 | 1,070 | 369 | 20,2 | 1,080 | 409 | 22,1 | 1,089 | 449 | 24,1 | 1,099 | 489 | 26,1 | 1,108 |
| 330 | 18,2 | 1,071 | 370 | 20,2 | 1,080 | 410 | 22,2 | 1,089 | 450 | 24,1 | 1,099 | 490 | 26,1 | 1,109 |

**Figura AII.1.** Correlación gravedad específica y contenido de materia seca
(IBVL y NIVAA HOLLAND, 2002)

# ANEXO III

## EVALUACIÓN SENSORIAL PREVIA DE PAPAS FRITAS CON RECUBRIMIENTO

Usted esta recibiendo 4 muestras de bastones de papa fritos y una marcada con C es la muestra de referencia. Por favor analice las muestras de izquierda a derecha y marque según corresponda:

Crocancia: |……..……|
Sin crocancia Muy crocante

Observaciones: ……

# ANEXO IV

# ANÁLISIS DE CROCANCIA

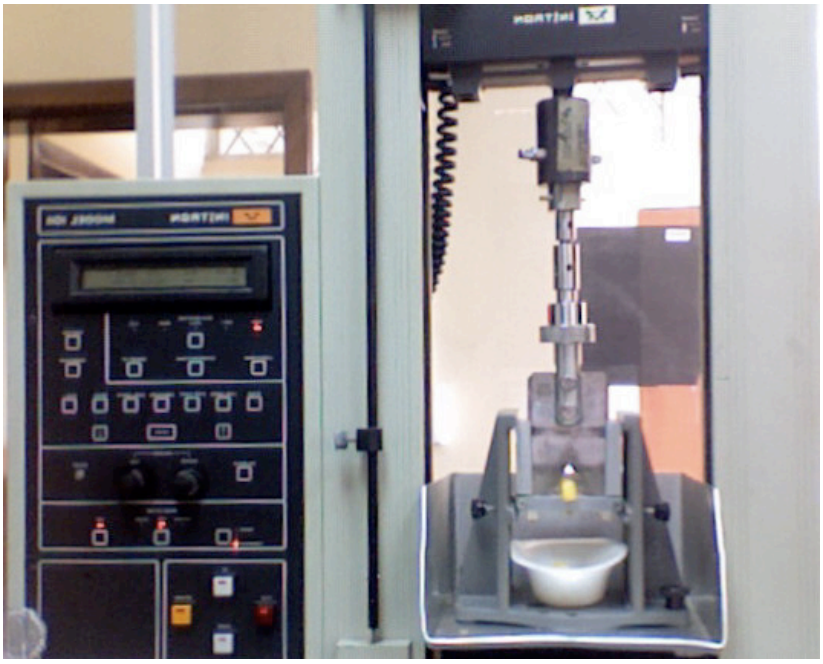


**Figura AIV.1.** Análisis de crocancia en el Texturómetre INSTRON 1011

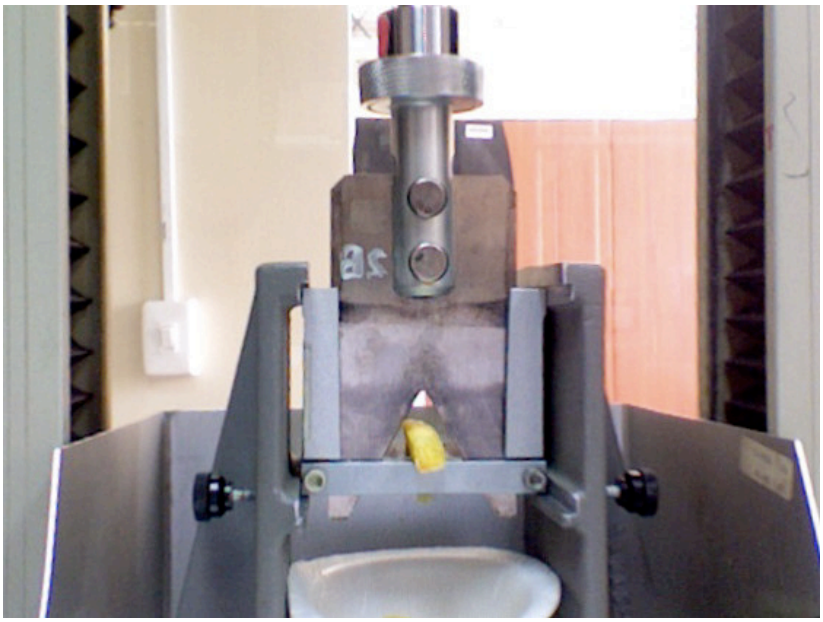


**Figura AIV.1.** Módulo Warner-Bratzler Knife cortando la corteza de los bastones de papa fritos

# ANEXO V

# ANÁLISIS DE PAPA - VARIEDAD "SÚPER CHOLA"

LASA
LABORATORIO DE ANALISIS DE ALIMENTOS
Y PRODUCTOS PROCESADOS

ENSAYOS
Nº OAE LE IC 06-002

## INFORME DE RESULTADOS

INF. LASA 10-11-10-26237
ORDEN DE TRABAJO No. 008039

**SOLICITADO POR:** SR. CRISTIAN FUENTES
**DIRECCIÓN:** SAN BARTOLO, CALLE BALZAR e3-79 Y JUJAN
**TELÉFONO / FAX:** 2672995
**TIPO DE MUESTRA:** SUPER CHOLA
**PROCEDENCIA:** PLANTA
**IDENTIFICACIÓN:** M2
**COD. DE MUESTRA:** 8731-10

**FECHA RECEPCIÓN:** 26-10-10
**FECHA DE ANÁLISIS:** 26-10/09-11-10
**FECHA DE ENTREGA:** 10-11-10
**NÚMERO DE MUESTRAS:** UNO (1)
**MUESTREO POR:** SOLICITANTE

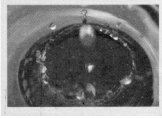
## ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

| *PROGRAMA DE EXAMEN* | *UNIDADES* | *RESULTADO* | *MÉTODO DE ENSAYO* |
|---|---|---|---|
| PROTEÍNA | % (f 6,25) | 2,9 | AOAC 920.87 |
| HUMEDAD | % | 76,2 | AOAC 925.10 |

| *MUESTRA No* | *CODIGO* | *AZUCARES REDUCTORES %* |
|---|---|---|
| 8731 | SUPER CHOLA | 0,2 |
| **METODO DE ENSAYO** | | **AOAC 974.06*** |

* METODO FUERA DE ALCANCE DE ACREDITACION

Dr. Marco Guijarro Ruales
GERENTE DE LABORATORIO



LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.
Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
* Opiniones e Interpretaciones están fuera del alcance de acreditación OAE

Pág. 1 de

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
Fax: 3303-893 • Cel.: 09 9236-287 • e-mail: info@laboratoriolasa.com
web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

# ANEXO VI

# ANÁLISIS DE TEXTURA DE BASTONES DE PAPA FRITOS CON RECUBRIMIENTO

XYZ Corporation
Main Street
Anytown, Italy

General Compression Test - S.I. Units

Test type: Compressive

Operator name: liz

Sample Identification: TRAT3
Interface Type: 1011 Series
Machine Parameters of test:
Sample Rate (pts/sec): 10.000
Crosshead Speed (mm/min ): 120.0000

Instron Corporation
Series IX Automated Materials Testing System 1.16
Test Date: 12 Apr 2008

Sample Type: ASTM

Humidity ( % ): 50
Temperature (deg. C): 23

Dimensions:

| | Spec. 1 | Spec. 2 | Spec. 3 | Spec. 4 | Spec. 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Width (mm) | 65.000 | 65.000 | 65.000 | 65.000 | 65.000 |
| Thickness (mm) | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 |
| Spec gauge len (mm) | 65.000 | 65.000 | 65.000 | 65.000 | 65.000 |
| Platen Separ. (mm) | 80.000 | 80.000 | 80.000 | 80.000 | 80.000 |

Out of 5 specimens, 0 excluded.

| Specimen Number | Load at Maximum (KN) | Displcment at Maximum (mm) | Stress at Maximum (MPa) | % Strain at Maximum (%) | Load at Yield (KN) | Displcment at Yield (mm) | Stress at Yield (MPa) | % Strain at Yield (%) | Load at 50% Strain (KN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | .0184 | 20.70 | .0283 | 31.85 | .0012 | .0283 | .0019 | .0435 | --------- |
| 2 | .0159 | 20.25 | .0245 | 31.15 | .0025 | .6632 | .0038 | 1.0200 | --------- |
| 3 | .0184 | 29.01 | .0283 | 44.62 | .0012 | .0866 | .0019 | .1332 | .0088 |
| 4 | .0110 | 21.49 | .0170 | 33.07 | .0012 | .0193 | .0019 | .0297 | --------- |
| 5 | .0159 | 19.89 | .0245 | 30.60 | .0025 | .2196 | .0038 | .3378 | --------- |
| Mean: | .0159 | 22.27 | .0245 | 34.26 | .0017 | .2034 | .0026 | .3129 | --------- |
| Standard Deviation: | .0030 | 3.81 | .0046 | 5.87 | .0007 | .2692 | .0010 | .4141 | --------- |

| Specimen Number | Displcment at 50% Strain (mm) | Stress at 50% Strain (MPa) | % Strain at 50% Strain (%) | Energy at 50% Strain (J) |
|---|---|---|---|---|

**Figura AVI.1.** Resultados del análisis de textura
(INSTRON, 2010)

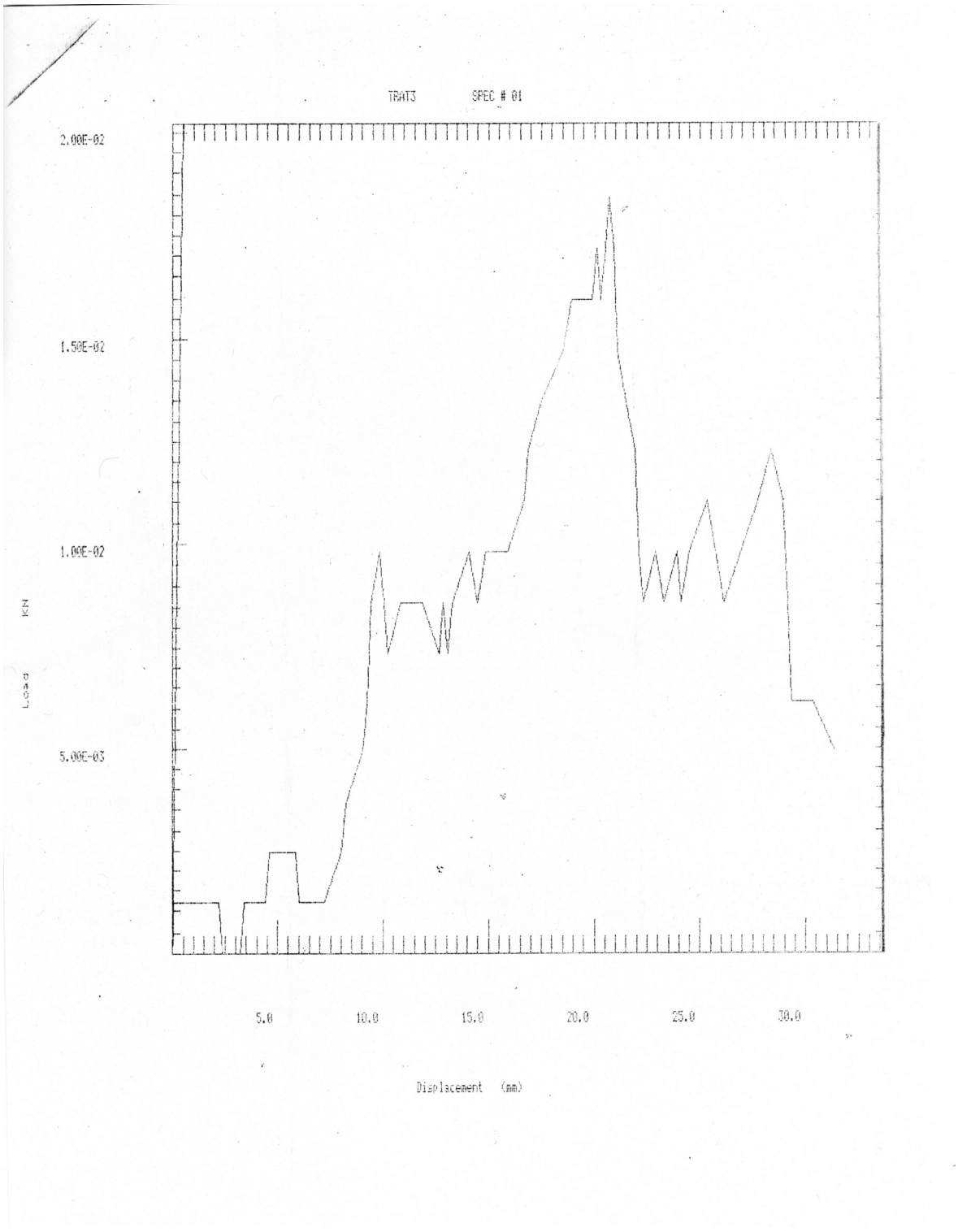



**Figura AVI.2.** Curva de la relación fuerza de ruptura vs. desplazamiento del módulo Warner-Bratzler Knife
(INSTRON, 2010)

# ANEXO VII

# ANÁLISIS DE CONTENIDO DE GRASA DE BASTONES DE PAPA FRITOS CON RECUBRIMIENTO

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA



**RESULTADOS:**

| Muestra | Analito | Unidades | Resultados | Método |
|---|---|---|---|---|
| Bastones de Papas Fritas T1 ( 2-3-11) | Extracto Etéreo | % (g/100g) | 8,13<br>7.41 | 920.85(32.1.13) AOAC 2005 (2) |
| Bastones de Papas Fritas T2 ( 2-3-11) | | | 7,31<br>7,16 | |
| Bastones de Papas Fritas T3 ( 2-3-11) | | | 6,74<br>6,54 | |
| Bastones de Papas Fritas T4 ( 2-3-11) | | | 6,90<br>6,20 | |
| Bastones de Papas Fritas T5 ( 2-3-11) | | | 7,48<br>6,76 | |
| Bastones de Papas Fritas T6 ( 2-3-11) | | | 5.11<br>6,07 | |
| Bastones de Papas Fritas T7 ( 2-3-11) | | | 6,71<br>6,07 | |
| Bastones de Papas Fritas T8 ( 2-3-11) | | | 6,11<br>7,09 | |
| Bastones de Papas Fritas Control(2-3-11) | | | 6,93<br>6,97 | |

**COMENTARIOS:**

- Notas de condiciones de Método:

| NOTAS | Analito | Reactivos | Condiciones |
|---|---|---|---|
| (1) | Humedad. | No | 100 ºC a 100 mmHg. |
| (2) | Extracto Etéreo | Eter Etílico. | Muestra seca, Extracción con éter de Etílico. |

Pasaje Andalucía N22-435 y Alfredo Mena Caamaño. Teléfono 2507138. Fax: 2507142. Casilla: 17-01-2759. Quito - Ecuador

# ANEXO VIII

## EVALUACIÓN SENSORIAL DE PAPAS FRITAS CON RECUBRIMIENTO

Usted esta recibiendo 4 muestras de bastones de papa fritos y una marcada con C es la muestra de referencia. Por favor analice las muestras de izquierda a derecha y marque según corresponda:

Crocancia: |……..……|
Sin crocancia Muy crocante

Sabor: |……..……|
Peor Mejor

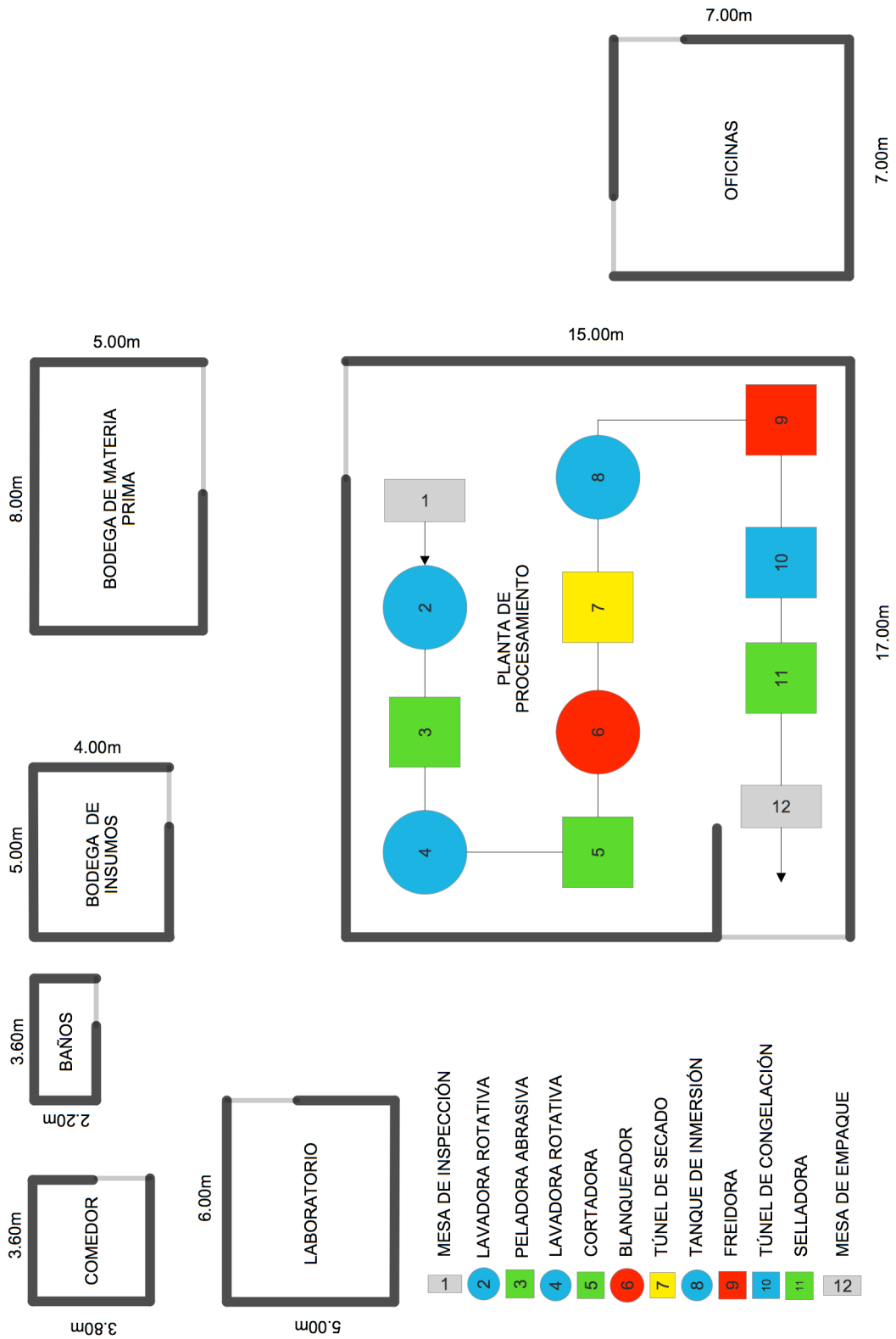
Color: |……..……|
Peor Mejor

Aceitosidad |……..……|
Muy aceitoso No aceitoso

Observaciones: ……

# ANEXO IX

## TRATAMIENTO SELECCIONADO CON EL RECUBRIMIENTO ALIMENTICIO

# ANEXO X

## DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA PROCESADORA