

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de un producto para el aprovechamiento de papas recuperadas en
mercados

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera en alimentos

Presentado por:

Erika Malena Rueda Hormaza

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo incondicional durante este proceso.

AGRADECIMIENTOS

En gratitud y reconocimiento a aquellas personas que hicieron posible este logro en especial Mi tutora M.Sc. Natasha Coello por su colaboración y dedicación en el proyecto. Así mismo al M.Sc. Kenny Escobar y al PhD. Sócrates Palacios por su tiempo y conocimientos aportados en el proyecto.

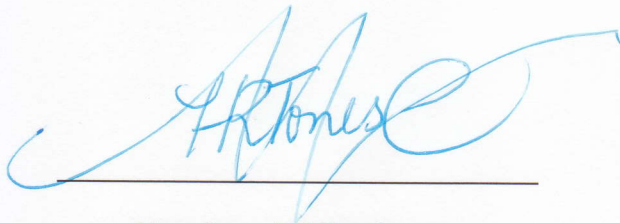
DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Erika Malena Rueda Hormaza* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Erika Rueda.


Erika Malena Rueda Hormaza

EVALUADORES



Nombre del Profesor

M.Sc. HAYDEÉ TORRES C.



Nombre del Profesor

M.Sc. NATASHA COELLO G.

RESUMEN

El Programa de Recuperación de Frutas y Verduras (FRUVER) del Banco de Alimentos Diakonía rescata frutas y verduras de los mercados de Guayaquil no siempre en óptimo estado. Gran proporción de estos se están perdiendo sin ser aprovechados, debido que no se cuenta con un procesamiento de frutas y verduras para alargar la vida de almacenamiento. El proyecto plantea fortalecer el Programa FRUVER elaborando papa mínimamente procesada y congelada.

Se establecieron seis tratamientos con variaciones de temperatura y tiempo de escaldado y su línea de proceso con los equipos y materiales necesarios en cada etapa de proceso, así como la distribución de la planta. Se realizaron análisis físico de color, índice de oxidación y dureza. Se estableció un diseño experimental que permitió obtener la mejor combinación de temperatura y tiempo de escaldado, obteniendo menor índice de oxidación y mayor dureza en las papas. Finalmente, se realizó al tratamiento ganador un análisis microbiológico que permitió evaluar si el producto es apto para el consumo humano, un análisis sensorial para conocer el nivel de aceptación del producto y la estimación de costo de producción.

Con los resultados del análisis estadístico se eligió como tratamiento ganador (100°C – 3 minutos) debido que presentó el menor índice de oxidación y mayor dureza. En conclusión se obtuvo papa mínimamente procesada y congelada cumpliendo con los criterios microbiológicos y una aceptación del producto. El costo de producción anual es de \$14,983.55 con un precio de venta de \$0.58.

ABSTRACT

The Fruit and Vegetable Recovery Program (FRUVER) of the Diakonia Food Bank rescues fruits and vegetables from markets in Guayaquil, that are not always in the finest conditions and a big portion of these are being lost without being taken advantage of, because they don't have a right processing of fruits and vegetables to extend the storage life. The project aims to strengthen the FRUVER Program by developing minimally processed and frozen potatoes.

Six treatment were established with temperature and time scalding variations and its process line with the equipment and materials needed in each stage of process, like the distribution plant. Physical analysis were made like: color, oxidation and hardness ratings. An experimental design was established that allowed to obtain the best combination of temperature and time scalding, gaining the lowest oxidation and highest hardness ratings in the potatoes. Finally, a microbiological analysis was made to the winning formulation that allowed to evaluate if the product was adequate for human consumption, a sensory analysis to know the level of acceptance of the product and the estimation of production cost.

With the results of the statistics analysis, the winning treatment was (100°C – 3 minutes) because it had the lowest oxidation rating and the highest hardness. In conclusion, potato minimally processed and frozen was obtained, following the microbiological criteria and an acceptance of the product. The annual production cost is \$ 14,983.55 with a sales price of \$0.58.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--------------------------------------|------|
| RESUMEN..... | I |
| ABSTRACT | II |
| ÍNDICE GENERAL | III |
| ABREVIATURAS..... | VI |
| SIMBOLOGÍA..... | VII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | X |
| CAPÍTULO 1..... | 1 |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1 Descripción del problema | 1 |
| 1.2 Justificación del problema | 1 |
| 1.3 Objetivos | 2 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 2 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 2 |
| 1.4 Marco teórico..... | 4 |
| 1.4.1 Papa | 4 |
| 1.4.2 Enzimas | 4 |
| 1.4.3 Pardeamiento enzimático | 4 |
| 1.4.4 Escaldado | 5 |
| 1.4.5 Color | 5 |
| 1.4.6 Empaque | 6 |
| CAPÍTULO 2..... | 7 |
| 2. Metodología | 7 |
| 2.1 Formulación del producto | 7 |
| 2.2 Línea de proceso..... | 10 |
| 2.3 Equipos y materiales | 13 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| 2.4 | Lay-out de la planta | 16 |
| 2.5 | Caracterización de la materia prima | 17 |
| 2.6 | Análisis físico-químico | 18 |
| 2.6.1 | Color | 18 |
| 2.6.2 | Índice de oxidación o pardeamiento | 19 |
| 2.6.3 | Textura..... | 19 |
| 2.7 | Diseño de experimento..... | 20 |
| 2.7.1 | Análisis de varianza (ANOVA) | 21 |
| 2.8 | Prueba de Guayacol..... | 22 |
| 2.9 | Análisis microbiológico | 23 |
| 2.10 | Análisis sensorial..... | 24 |
| 2.10.1 | Prueba de aceptación | 24 |
| 2.11 | Estimación de costo de producción | 26 |
| CAPÍTULO 3..... | | 27 |
| 3. | RESULTADOS Y ANÁLISIS | 27 |
| 3.1 | Resultado del análisis físico-químico..... | 27 |
| 3.1.1 | Color | 27 |
| 3.1.2 | Índice de oxidación o pardeamiento | 30 |
| 3.1.3 | Textura..... | 30 |
| 3.2 | Resultado del diseño experimental..... | 31 |
| 3.2.1 | Resultado estadístico del Índice de oxidación | 31 |
| 3.2.2 | Resultado estadístico de Dureza | 34 |
| 3.3 | Comparación entre el control y los tratamientos | 37 |
| 3.4 | Resultado de la prueba guayacol | 39 |
| 3.5 | Selección del tratamiento ganador | 40 |
| 3.6 | Resultado del análisis microbiológico del tratamiento ganador | 41 |
| 3.7 | Resultado del análisis sensorial | 42 |

| | | |
|-----------------|-------------------------------------|----|
| 3.7.1 | Color | 42 |
| 3.7.2 | Sabor | 43 |
| 3.7.3 | Dureza | 45 |
| 3.8 | Lay-out de la planta | 46 |
| 3.9 | Estimación de costos..... | 48 |
| 3.9.1 | Costos directos | 48 |
| 3.9.2 | Costos indirectos | 50 |
| CAPÍTULO 4..... | | 55 |
| 4. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 55 |
| 4.1 | Conclusiones..... | 55 |
| 4.2 | Recomendaciones..... | 57 |
| BIBLIOGRAFÍA | | |
| ANEXOS | | |

ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| ESPOL | Escuela Superior Politécnica del Litoral |
| INEN | Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización |
| SRI | Servicio de Rentas Internas |
| MSP | Ministerio de Salud Pública |
| IEES | Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social |
| FRUVER | Programa de Recuperación de Frutas y Verduras |
| ARCONEL | Agencia de Regulación y Control de Electricidad |
| SLP | Planeación Sistemática de la Distribución en Planta |
| TRA | Tabla Relacional de Actividades |

SIMBOLOGÍA

| | |
|----------------|------------------------|
| g | Gramos |
| lb | Libras |
| pH | Potencial de hidrógeno |
| m ³ | Metro cúbico |
| cm | Centímetros |
| mm | Milímetros |
| kg | Kilogramos |
| l | Litros |
| ml | Mililitro |
| °C | Grados Celsius |
| T | Temperatura |
| t | Tiempo |
| h | Horas |
| min | Minutos |
| s | Segundos |
| kW | Kilovatios |
| V | Voltios |
| mA | Miliamperio |
| % | Porcentaje |
| < | Menor |
| > | Mayor |
| = | Igual |
| \$ | Dólar americano |
| kW/h | Kilovatios-hora |
| H ₀ | Hipotesis nula |
| H ₁ | Hipotesis alterna |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Diagrama cromático CIE L*a*b* (Melo, 2012) | 6 |
| Figura 2.2 Diagrama de flujo de la línea de proceso para la obtención de papa congelada mínimamente procesada [Elaboración propia] | 12 |
| Figura 2.3 Papa con grietas o arrugas [Elaboración propia]..... | 17 |
| Figura 2.4 Papa con defecto mecánico [Elaboración propia] | 17 |
| Figura 2.5 Papas con defectos patógenos [Elaboración propia]..... | 18 |
| Figura 2.6 Papa con defectos internos [Elaboración propia] | 18 |
| Figura 2.7 Escala Pantone (Chamorro, 2016) | 19 |
| Figura 2.8 Texturómetro Brookfield CT3 (Zamoran, 2004) | 19 |
| Figura 2.9 Requerimientos microbiológicos de Frutas y hortalizas frescas semiprocadas (MINSA & DIGESA, 2003) | 24 |
| Figura 3.10 Resultado de análisis de varianza del índice de oxidación [Elaboración propia]..... | 31 |
| Figura 3.11 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para índice de oxidación [Elaboración propia]..... | 32 |
| Figura 3.12 Gráfica de efectos principales para índice de oxidación [Elaboración propia]..... | 33 |
| Figura 3.13 Gráfica de contorno de IO vs. Temperatura. Días [Elaboración propia]..... | 33 |
| Figura 3.14 Análisis de varianza de dureza [Elaboración propia] | 35 |
| Figura 3.15 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para dureza [Elaboración propia]..... | 35 |
| Figura 3.16 Gráfica de efecto principales para dureza [Elaboración propia] | 36 |
| Figura 3.17 Gráfica de contorno de dureza vs Temperatura. Días [Elaboración propia]..... | 37 |
| Figura 3.18 Comparación de dureza entre el control y los tratamientos [Elaboración propia]..... | 38 |
| Figura 3.19 Comparación de dureza entre el control y los tratamientos [Elaboración propia]..... | 39 |
| Figura 3.20 Análisis sensorial del color [Elaboración propia] | 42 |
| Figura 3.21 Análisis estadístico del color [Elaboración propia]..... | 42 |
| Figura 3.22 Estadística descriptiva [Elaboración propia] | 43 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.23 Análisis sensorial del sabor [Elaboración propia] | 44 |
| Figura 3.24 Análisis estadístico del sabor [Elaboración propia]..... | 44 |
| Figura 3.25 Estadística descriptiva [Elaboración propia] | 44 |
| Figura 3.26 Análisis sensorial de Dureza [Elaboración propia]..... | 45 |
| Figura 3.27 Análisis estadístico del sabor [Elaboración propia]..... | 46 |
| Figura 3.28 Estadística descriptiva [Elaboración propia] | 46 |
| Figura 3.29 Tabla Relacional de actividades (T.A.R.) [Elaboración propia]..... | 47 |
| Figura 3.30 Lay-Out de la Planta [Elaboración propia] | 47 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Tratamientos para el procesamiento de papas mínimamente procesadas y congeladas [Elaboración propia]..... | 8 |
| Tabla 2.2 Réplicas para el procesamiento de papas mínimamente procesadas y congeladas [Elaboración propia] | 9 |
| Tabla 2.3 Réplicas muestra control [Elaboración propia] | 9 |
| Tabla 2.4 Descripción de Equipos [Elaboración propia] | 13 |
| Tabla 2.5 Descripción de materiales [Elaboración propia]..... | 15 |
| Tabla 2.6 Conjunto de criterios [Elaboración propia]..... | 16 |
| Tabla 2.7 Escala de valoración de la Tabla Relacional de actividades (TRA) (Casp, 2005)..... | 16 |
| Tabla 2.8 Criterio de ANOVA [Elaboración propia]..... | 22 |
| Tabla 2.9 Métodos de análisis microbiológicos [Elaboración propia]..... | 24 |
| Tabla 2.10 Escala Hedónica [Elaboración propia] | 25 |
| Tabla 2.11 Criterio [Elaboración propia] | 26 |
| Tabla 3.12 Color de las muestras en escala Pantone [Elaboración propia] | 28 |
| Tabla 3.13 Color de las muestras en coordenadas CIE L*a*b* [Elaboración propia]..... | 29 |
| Tabla 3.14 Cambio de coloración del control en la escala Pantone [Elaboración propia]..... | 29 |
| Tabla 3.15 Color de las muestras en coordenadas CIE L*a*b* [Elaboración propia] | 30 |
| Tabla 3.16 Resultado de la prueba de Guayacol [Elaboración propia]..... | 40 |
| Tabla 3.17 Tratamientos con menor índice de oxidación [Elaboración propia]..... | 40 |
| Tabla 3.18 Resultados Microbiológicos [Elaboración propia] | 41 |
| Tabla 3.19 Disponibilidad de materia prima durante el primer semestre [Elaboración propia]..... | 48 |
| Tabla 3.20 Estimación de producción anual [Elaboración propia] | 48 |
| Tabla 3.21 Costos de materia prima y empaque [Elaboración propia] | 49 |
| Tabla 3.22 Costo de mano de obra directa [Elaboración propia]..... | 50 |
| Tabla 3.23 Costo de materiales indirectos [Elaboración propia]..... | 50 |
| Tabla 3.24 Costo de depreciación de equipos [Elaboración propia]..... | 51 |
| Tabla 3.25 Reparación y mantenimiento [Elaboración propia] | 52 |
| Tabla 3.26 Estimación tiempo del proceso [Elaboración propia] | 52 |

| | |
|---|----|
| Tabla 3.27 Consumo de equipos de proceso [Elaboración propia] | 53 |
| Tabla 3.28 Tabla de servicios [Elaboración propia] | 54 |
| Tabla 3.29 Costos de producción anual [Elaboración propia]..... | 54 |

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

El Banco de Alimentos Diakonía de la Arquidiócesis de Guayaquil, actualmente desarrolla el Programa de Recuperación de Frutas y Verduras (FRUVER) que se propone utilizar los alimentos donados por los mercados de Guayaquil. El objetivo es rescatar aquellas frutas y verduras que aún pueden ser consumidas y aprovechadas en la alimentación de grupos vulnerables reduciendo los problemas de hambre y desnutrición.

El programa FRUVER recupera frutas y verduras no siempre en óptimo estado para su distribución a las diferentes agencias beneficiarias, gran proporción de estos alimentos recuperados se están perdiendo nuevamente y no son aprovechados para alimentar a las personas que padecen hambre. Esto se debe a que el programa no cuenta con procesamiento de frutas y verduras para alargar la vida de almacenamiento.

Además, las agencias beneficiarias tienen que preparar grandes cantidades de alimentos en un corto periodo de tiempo, por esta razón suelen procesar (pelar y cortar) los vegetales el día anterior ocasionando reacciones físico-químicas como cambios en el color, textura y sabor en los alimentos.

1.2 Justificación del problema

Debido que gran cantidad de frutas y verduras se están perdiendo y la necesidad de ahorrar tiempo en la elaboración de alimentos por parte de las agencias beneficiarias para alimentar a grupos vulnerables, son los motivos por el cual se desarrollará un producto mínimamente procesado y su línea de proceso.

El desarrollo del producto tiene relevancia social porque que está destinado para la adquisición de las agencias beneficiarias para elaborar alimentos que

ahorren tiempo de preparación y se encontraría mínimamente procesado sin adición de aditivos alimentarios. El producto se consideró en base a la materia prima disponible recuperada durante todo el año, donde se pretende canalizar los excedentes alimentarios perecederos (con cadena de frío) que provienen de la recuperación de mercados.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Fortalecer el Programa Frutas y Verduras (FRUVER) para su optimización y mejora mediante la revisión de sus procesos y servicios.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar un producto alimenticio mínimamente procesado para el aprovechamiento de papas recuperadas en mercados (Ingeniería en alimentos).
- Establecer la línea de proceso y sus parámetros para la elaboración del producto a escala piloto (Ingeniería en alimentos).
- Realizar caracterización, análisis físico-químico, microbiológico y sensorial para la evaluación de la materia prima y el producto final (Ingeniería en alimentos).
- Realizar una estimación de los costos de producción del producto (Ingeniería en alimentos).
- Identificar los hábitos alimentarios y preferencias de consumo de los niños, por medio de la herramienta de Tabla de Frecuencia de Consumo de Alimentos (Licenciatura en nutrición).
- Comparar si el contenido calórico y de macronutrientes del almuerzo consumido por cada infante cubre el requerimiento de

acuerdo su edad y sexo, mediante la estimación de alimentos servidos (Licenciatura en nutrición).

- Estandarizar recetas de preparaciones de almuerzos de un mes, para mejorar el aprovechamiento nutricional de frutas y verduras (Licenciatura en nutrición).
- Estandarizar las porciones de alimentos servidos en el almuerzo, para cubrir el requerimiento calórico de los niños de 2 a 12 años de las fundaciones (Licenciatura en nutrición).
- Evaluar el estado nutricional de los niños de las fundaciones beneficiarias (Apina y Plenitud de Dios); del programa FRUVER de edad 2 a 12 años, mediante evaluación integral utilizando herramientas de evaluación nutricional dirigida a diferentes grupos asignados (Licenciatura en nutrición).
- Determinar el porcentaje de malnutrición en los niños beneficiarios del programa FRUVER, mediante la comparación de los indicadores (Licenciatura en nutrición).
- Diseñar un manual de evaluación nutricional y antropométrica, para en la toma de datos personales y físicos de cada niño de las agencias seleccionadas, beneficiarias del programa FRUVER (Licenciatura en nutrición).
- Diseñar un prototipo para el manejo de desechos orgánicos para la elaboración de compostaje (Biología).
- Elaborar un protocolo para cultivo acuapónico como base para producción de tilapias y hortalizas dentro del Banco de Alimentos (Biología).

1.4 Marco teórico

1.4.1 Papa

Es uno de los tubérculos más consumidos en el Ecuador procedente de la planta *Solanum tuberosum*. Se encuentra en el grupo de las hortalizas y se compone principalmente de agua, almidón, lípidos, proteína, vitaminas, minerales, ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas, entre otras (Andrade & Méndez, 2014).

1.4.2 Enzimas

Son proteínas capaces de acelerar la velocidad de reacciones químicas por lo que son consideradas catalizadores biológicos. Una de las principales enzimas involucradas en las reacciones oxidativas en la papa son la polifenol oxidasa y la peroxidasa (Calvo, 2014).

La actividad enzimática se incrementa cuando la temperatura aumenta hasta 50 °C, donde alcanza un nivel máximo conocido como la temperatura óptima para la acción enzimática; mientras que en temperaturas más altas se observa una considerable disminución en la actividad debido a la desnaturalización de su estructura proteínica (Calvo, 2014).

1.4.3 Pardeamiento enzimático

Es una reacción de oxidación catalizada por enzimas en la que interviene como sustrato el oxígeno molecular. Las principales enzimas responsables del pardeamiento enzimático son: polifenoloxidasas y peroxidasa (Suárez, Andreu, Colman, Clausen, & Feingold, 2009).

El pardeamiento enzimático se da cuando los compuestos fenólicos se transforman en polímeros coloreados, es decir, la aparición de colores pardos o negros denominados melaninas. Generalmente, estas reacciones bioquímicas se observan cuando las frutas, verduras y tubérculos sufren daños mecánicos o fisiológicos (Suárez et al., 2009).

1.4.4 Escaldado

Es un pre tratamiento térmico de frutas y verduras a temperaturas entre (50°C -100°C) durante 30 segundos a 30 minutos durante la preparación de la materia prima previa a otras operaciones de conservación teniendo como objetivo principal de inhibir la actividad enzimática (Ramirez, 2009).

1.4.5 Color

El color es una característica organoléptica que define la calidad del producto; uno de los métodos que se utiliza para medir color es el método CIE $L^*a^*b^*$ que utiliza un diagrama cromático para describir todos los colores puede percibir el ojo humano.

El diagrama cromático CIE $L^*a^*b^*$ está formado por coordenadas L^* , a^* y b^* ; en donde el parámetro L^* es un indicador de luminosidad o claridad que se representa en una escala de 0 (negro) a 100 (blanco) ubicado en el eje y; a^* , un espectro en una escala desde verde (-) hasta rojo (+); y b^* , un espectro es una escala que va desde (-) azul hasta (+) amarillo (Melo, 2012).

La saturación se debe a la combinación de cinco tonos fundamentales (rojo, amarillo, verde, azul y púrpura) y cinco secundarios (rojo/amarillo, verde/amarillo, azul/verde, púrpura/azul y rojo/púrpura) localizados en un círculo perpendicular al eje y, ver figura 1.1 (Melo, 2012).

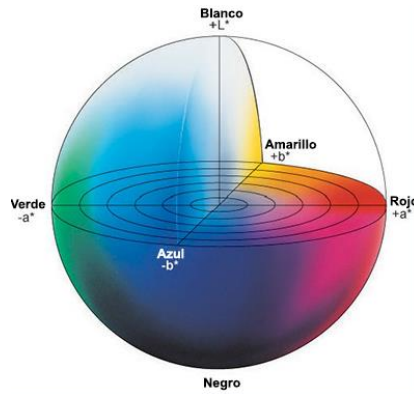


Figura 1.1 Diagrama cromático CIE L*a*b* (Melo, 2012)

1.4.6 Empaque

El empaque seleccionado debe ofrecer las condiciones óptimas para evitar alteraciones organolépticas y proteger de contaminación al producto. Por presentar una buena barrera contra el oxígeno, nitrógeno, vapor de agua y poseer un bajo costo en el mercado, el envase de polietileno de baja densidad (LDPE) es utilizado para empacar verduras congeladas (Andrade & Méndez, 2014).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Debido que el proyecto es multidisciplinario se realizó una descripción global de la metodología del proyecto por cada área que aportó en el fortalecimiento del programa FRUVER. El área de Licenciatura en nutrición evaluó a niños de 2 a 12 años de dos fundaciones beneficiarias de FRUVER, diseñando un manual de evaluación nutricional y la estandarización de mediciones antropométricas de acuerdo con el MSP. Además, se comparó si la dieta consumida cubrió con los requerimientos acorde a la edad y se identificaron los hábitos alimenticios, por medio de una ficha realizada por Sonia María Escobar. Finalmente, se realizaron recetas estándares saludables en base al menú del MIES y se establecieron las porciones adecuadas de alimentos.

La carrera de biología, para la realización de la compostera se aprovechó los desechos orgánicos y otros materiales reciclados (suelo, ramas, hojas secas y hojas verdes), los mismos que fueron ubicados por capas en ambos sistemas de dos gavetas plásticas. En cuanto al cultivo acuapónico, este se realizó mediante un prototipado a pequeña escala, el cual consiste en el cultivo de tilapias en donde sus desechos serán aprovechados por las lechugas como fuente de nutrientes.

Así mismo, se establecieron seis tratamientos y la línea de proceso de producción de papas mínimamente procesadas y congeladas. Se planteó un diseño de experimento con el fin de seleccionar la mejor combinación de tiempo y temperatura de escaldado, para luego realizar análisis físico-químico, microbiológico y sensorial de las muestras. Finalmente, se planteó la metodología para la estimación de costos del producto.

2.1 Formulación del producto

En el presente proyecto se establecieron seis tratamientos con variaciones de temperatura y tiempo de proceso de escaldado (ver tabla 2.1), con la finalidad de obtener papas mínimamente procesadas y congeladas bajo las condiciones óptimas de almacenamiento a -18°C . Las combinaciones de

tiempo y temperatura fueron establecidos según estudios previos realizados por otros investigadores (Fernández, Dolores Alvarez, & Canet, 2006; I.N.T.I., 2017).

Tabla 2.1 Tratamientos para el procesamiento de papas mínimamente procesadas y congeladas [Elaboración propia]

| | Temperatura [°C] | Tiempo [min.] |
|---------------|-------------------|---------------|
| Tratamiento 1 | 75 | 2 |
| Tratamiento 2 | 75 | 3 |
| Tratamiento 3 | 85 | 2 |
| Tratamiento 4 | 85 | 3 |
| Tratamiento 5 | 100 | 2 |
| Tratamiento 6 | 100 | 3 |

Para cada tratamiento se definió un periodo experimental de una semana estableciendo tres días (día cero, día tres y día siete) para medir color, índice de oxidación y textura.

Con el fin de seleccionar la mejor combinación de tiempo y temperatura de proceso de escaldado, se realizaron tres réplicas para cada día de medición con un peso base de 100 gramos por muestra, teniendo como resultado nueve réplicas para cada tratamiento con un total de cincuenta y cuatro muestras en todo el experimento, ver tabla 2.2.

Tabla 2.2 Réplicas para el procesamiento de papas mínimamente procesadas y congeladas [Elaboración propia]

| Tratamientos | Días de medición | Réplicas | | |
|---------------|------------------|----------|-----------------|-------|
| | | Por días | Por tratamiento | Total |
| Tratamiento 1 | día 0 | 3 | 9 | 54 |
| | día 3 | 3 | | |
| | día 7 | 3 | | |
| Tratamiento 2 | día 0 | 3 | 9 | |
| | día 3 | 3 | | |
| | día 7 | 3 | | |
| Tratamiento 3 | día 0 | 3 | 9 | |
| | día 3 | 3 | | |
| | día 7 | 3 | | |
| Tratamiento 4 | día 0 | 3 | 9 | |
| | día 3 | 3 | | |
| | día 7 | 3 | | |
| Tratamiento 5 | día 0 | 3 | 9 | |
| | día 3 | 3 | | |
| | día 7 | 3 | | |
| Tratamiento 6 | día 0 | 3 | 9 | |
| | día 3 | 3 | | |
| | día 7 | 3 | | |

Adicionalmente, se realizó la muestra control (papa sin pre tratamiento térmico) con un peso base de 100 gramos por muestra, realizando tres réplicas por cada día, con un total de nueve muestras para medir color, índice de oxidación y textura en los días establecidos anteriormente, ver tabla 2.3.

Tabla 2.3 Réplicas muestra control [Elaboración propia]

| Tratamiento | Días de medición | Réplicas | | |
|---------------------|------------------|----------|-----------------|-------|
| | | Por días | Por tratamiento | Total |
| Tratamiento control | día 0 | 3 | 9 | 9 |
| | día 3 | 3 | | |
| | día 7 | 3 | | |

2.2 Línea de proceso

Se describe la línea de proceso de elaboración del producto (papa congelada mínimamente procesada), teniendo en consideración las buenas prácticas de manufactura en cada etapa para obtener un producto apto para el consumo humano.

Recepción y almacenamiento

Se receipta la materia prima, se registra su peso y se almacena en gavetas en un sitio que garantice temperaturas entre 20°C y 30°C (Zamoran, 2004).

Selección

Se clasifica la materia prima de manera visual separando todo tubérculo que presente defectos físicos externos para ser eliminado. Los defectos físicos externos se mencionan en el apartado caracterización de la materia prima.

Lavado

El lavado de la materia prima se realiza por inmersión en tinas de acero inoxidable con agua con hipoclorito de sodio al 10% (a razón de 10 mililitros por cada 100 litros) con la finalidad de desinfectar y limpiar la materia prima (Torres & Gambarroti, 2011).

Pelado

Se realiza el pelado de manera manual utilizando peladores de vegetales y cuchillos de acero inoxidable, con el fin de retirar cáscaras, grietas y ojos presentes en la materia prima. Es necesario que el tubérculo pelado sea inmediatamente sumergido en un tanque con agua debido a que su exposición con el oxígeno empiezan las reacciones de pardeamiento enzimático (Calvo, 2014).

Cortado

Se realiza el corte del tubérculo con una longitud de 6 cm y un espesor de 2 cm, y si se encuentra defectos internos se retiran las porciones defectuosas.

Las papas cortadas serán inmediatamente sumergidas en tanques llenos de agua para eliminar el exceso de almidón.

Escaldado

La papa cortada es sumergida en agua con una temperatura fija durante un tiempo determinado; estos valores serán establecidos luego del análisis de los datos obtenidos con cada formulación del producto. Para el proceso de escaldado se utilizará un escaldador con regulador electrónico de temperatura.

Enfriado

Luego del proceso de escaldado se realiza inmediatamente el enfriado de las papas en un tanque lleno de agua con hielo con una temperatura entre (0°C - 5°C) durante 5 minutos (Torres & Gambarroti, 2011).

Ecurrido

Las papas se colocan sobre una mesa escurridora a temperatura ambiente (aprox. 30°C) durante 10 minutos con el fin de escurrir el exceso de agua.

Empacado

Se pesa 1 kg de papa y se procede a colocar en fundas transparentes de polietileno de baja densidad con un espesor de 0.075 mm, las cuales son selladas utilizando una selladora manual eliminando la mayor cantidad de oxígeno en el interior del empaque.

Almacenamiento

Las papas mínimamente procesada y empacadas son almacenadas en un congelador horizontal a temperatura de -18°C.

A continuación, se muestra en la figura 2.2 el diagrama de la línea de proceso para la obtención de papa congelada mínimamente procesadas.

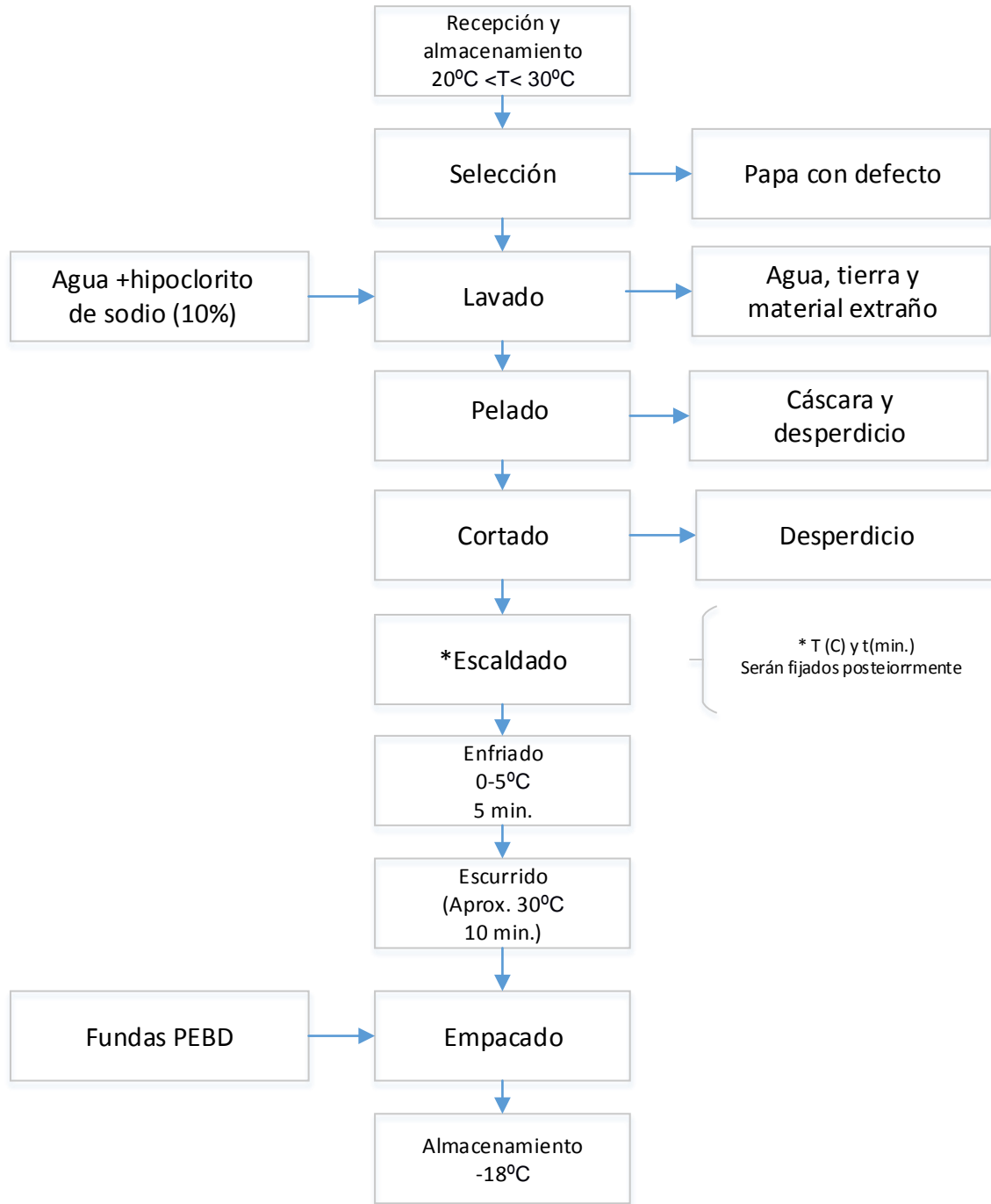






Figura 2.2 Diagrama de flujo de la línea de proceso para la obtención de papa congelada mínimamente procesada [Elaboración propia]

2.3 Equipos y materiales

Los equipos utilizados durante el proceso de producción fueron seleccionados considerando diferentes factores como: materia prima, capacidad de producción y costos. A continuación, se detallan todos los equipos y materiales, ver tabla 2.4.

Tabla 2.4 Descripción de Equipos [Elaboración propia]

| Equipo | Cantidad | Especificaciones | Función |
|--|----------|--|--|
|  Escaldador | 1 | Dimensiones: 1200*600*700 mm Capacidad: 100 kg/h Potencia: 24 KW/h Voltaje: 220V Material: Acero inoxidable | Equipo utilizado en la etapa de escaldado, con control automático de temperatura, fácil operación y rápido calentamiento. |
|  Congelador horizontal | 1 | Dimensiones: 1600x866x665 mm Capacidad: 495 litros Potencia: 3.7 KW/h Voltaje: 220 V Temperatura: -25°C - -18°C | Equipo utilizado en la etapa de almacenamiento para mantener congelado el producto final; mantiene una temperatura uniforme y de bajo consumo de energía. |
|  Tina de lavado | 1 | Dimensiones: 1900x700x900 mm Compartimiento: 450x450x450mm Perforaciones para llave: 1 ½” Salida de drenaje: 3 ½” Material: Acero inoxidable Patas tubulares: 1 ¾” | Equipo utilizado en la etapa de lavado de la materia prima; con dos divisiones, perforaciones para llaves de agua y salida de drenaje. |
|  Balanza electrónica | 1 | Capacidad: 10Kg Dimensiones: 200x265x100 mm Medida del plato: 160x180 mm Precisión: 0.5 gramos Pilas 6 x 1.5 v tipo AA Adaptador de red: 12 V / 500 mA Voltaje: 110 V Potencia: 0.05 kW/h | Equipo utilizado en la etapa de empacado, plato de acero inoxidable, base en plástico resistente, pantalla digital y función tara. Trabaja con corriente eléctrica o batería. |










| | | | |
|--|---|--|---|
|  <p>Selladora manual</p> | 1 | <p>Dimensiones: 400 mm Longitud del sellado máx: 400 mm Ancho de sellado: 2mm Espesor de sellado máximo: 0.2mm Peso de la máquina: 3.09 lb Tiempo de calor: 0.2-1.5 s Voltaje: 110 V</p> | <p>Equipo utilizado en la etapa de empaclado, sellado eficaz para bolsas de plástico, indicador LED. Fabricada en metal.</p> |
|  <p>Mesa escurridora</p> | 1 | <p>Dimensiones: 762x457x762 mm Patas tubulares: 1 3/4" Material: Acero inoxidable</p> | <p>Utilizada en la etapa de escurrido, panel perforado para escurrir el exceso de agua, resistente al desgaste y corrosión</p> |
|  <p>Mesa de trabajo</p> | 1 | <p>Dimensiones: 1200x600x680 mm Patas tubulares: 1 3/4" Material: Acero inoxidable</p> | <p>Utilizada en las etapas de la línea de producción como pelado y otras necesidades, rectangular con piso y de fácil limpieza.</p> |
|  <p>Tanque</p> | 2 | <p>Dimensiones: 1200x600x680 mm Patas tubulares: 1 3/4" Material: Acero inoxidable Capacidad : 100 litros</p> | <p>Equipo utilizado en la etapa de pelado, cortado y enfriado para mantener la materia prima sumergida en agua. Múltiples usos con drenaje de agua.</p> |
|  <p>Balanza de plataforma</p> | 1 | <p>Capacidad: 100Kg Dimensiones: 300x400x660 mm Precisión: 10 gramos Voltaje: 220 V Batería: DC 6V – 5A Material: Acero inoxidable Potencia: 0.25 KW/h</p> | <p>Equipo utilizado en la etapa de recepción y almacenamiento, diseño robusto, función de tara y pantalla digital. Trabaja con corriente eléctrica o batería.</p> |

Tabla 2.5 Descripción de materiales [Elaboración propia]

| Materiales | Cantidad | Especificaciones | Función |
|--|----------|---|--|
|  Gavetas | 5 | Dimensiones: 495x375x275 mm Capacidad de carga : 50 kg Material: Plástico polipropileno | Material utilizado en la etapa de recepción y almacenamiento. Gaveta rejillada de polietileno de alta densidad. |
|  Pelador vegetal | 4 | Dimensiones: 170x83x15 mm Peso : 50g Material: Acero inoxidable | Material utilizado en la etapa de pelado, pelador de vegetales, multiusos, resistente, mango ergonómico, ligero y portátil |
|  Fundas de polietileno de baja densidad | 100 | Dimensiones: 250x300 mm Calibre: 0.075mm Capacidad: 1.5 kg Material: Polietileno de baja densidad Color: Transparente | Material utilizado en la etapa de empaclado, flexible, resistencia, barrera al oxígeno y aromas. Ideal para productos alimenticios. Cada funda será impresa con la fecha de elaboración, expiración y lote del producto. |
|  Cuchillo | 4 | Dimensiones:305x82 mm Dimensión de la hoja: 175x2.5 mm Material: Acero inoxidable de alto carbono | Material utilizado en la etapa de pelado y cortado, mango ergonómico, multiuso y resistente al desgaste. |
|  Hipoclorito de sodio | 1 | Concentración: 10 % Apariencia: Líquido traslúcido color amarillo Olor: Característico a cloro | Material utilizado en la etapa de lavado, acción antibacteriana, desinfecta frutas y hortalizas. Es de bajo costo. |

2.4 Lay-out de la planta

Una vez definido el diagrama de proceso, se procedió a elaborar la distribución en planta (Lay-out) relacionando la disposición de equipos, áreas de trabajo y los espacios necesarios para la producción del producto. Para la elaboración del lay-out se siguió el método de planeación sistemática de la distribución en planta (SLP); este método utiliza una tabla relacional de actividades (TRA), la cual permite obtener datos cualitativos y mediante el algoritmo constructivo CORELAP los convierte en datos cuantitativos que son necesarios para determinar la distribución más adecuada de la planta.

La tabla relacional de actividades es cuadro organizado de forma diagonal que relaciona cada actividad con las demás, evaluando la necesidad de proximidad entre cada actividad utilizando un conjunto de criterios, ver tabla 2.6 y una escala de valoración propuesta por Muther mediante un código de letra, ver tabla 2.7.

Tabla 2.6 Conjunto de criterios [Elaboración propia]

| # | Criterios |
|---|--------------------------------|
| 1 | Proximidad en el proceso |
| 2 | Higiene |
| 3 | Control |
| 4 | Temperatura |
| 5 | Contaminación |
| 6 | Seguridad del producto |
| 7 | Utilización del material común |

Tabla 2.7 Escala de valoración de la Tabla Relacional de actividades (TRA) (Casp, 2005)

| Código | Proximidad | Color asociado |
|--------|--------------------------|----------------|
| A | Absolutamente necesario | Rojo |
| E | Especialmente importante | Amarillo |
| I | Importante | Verde |
| O | Poco importante | Azul |
| U | Sin importancia | Negro |
| X | No deseable | Café |

2.5 Caracterización de la materia prima

Debido que el enfoque general del proyecto es optimizar el programa FRUVER donde se busca rescatar la mayor cantidad de frutas y verduras, la caracterización de la materia prima (papa) no se realizó de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 1516 hortalizas frescas papas requisitos, sin embargo se realizó una clasificación de manera visual desechando toda papa que presente las siguientes características:

- Papa que presente grietas o arrugas



Figura 2.3 Papa con grietas o arrugas [Elaboración propia]

- Papa que presente cortes y otros defectos mecánicos.



Figura 2.4 Papa con defecto mecánico [Elaboración propia]

- Papa que presente bacterias y hongos



Figura 2.5 Papas con defectos patógenos [Elaboración propia]

- Papa que presente coloración oscura interna



Figura 2.6 Papa con defectos internos [Elaboración propia]

2.6 Análisis físico-químico

Con el fin de elegir el mejor tratamiento se realizó un análisis físico-químico de medición de color, índice de oxidación y dureza a todas las muestras incluyendo el control.

2.6.1 Color

Para medir el color de cada una de las muestras se utilizó el libro PANTONE Color Specifer 1000/Coated Volume 1A de The Pantone Lybrary of color; realizando una comparación visual del color con la escala Pantone obteniendo un código; para luego realizar la conversión del código a coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ utilizando el programa Work with color, ver figura 2.7 (Work with color, 2013).



Figura 2.7 Escala Pantone (Chamorro, 2016)

2.6.2 Índice de oxidación o pardeamiento

Para determinar el índice de oxidación (IO) de todas las muestras se aplicó las ecuaciones 2.1 y 2.2 (Aroca, Regalado, Acosta, & Científico, 2018) respectivamente utilizando las coordenadas CIE L*a*b*; para posteriormente realizar un análisis estadístico (ANOVA) del índice de oxidación.

$$X = \frac{(a+1,75L)}{5,645L+(a-3,012b)} \quad 2.1$$

$$IO = \frac{100(x-0,31)}{0,17} \quad 2.2$$

2.6.3 Textura

Para el análisis de textura se colocó un corte de cada muestra (2 cm de ancho por 6 cm de largo) en el Texturómetro CT3 Brookfield; donde el centro de la superficie es comprimida por la sonda TA41 de 6.5 milímetro (mm), con velocidad constante de 0.5 mm/s realizando dos ciclos de compresión (Aroca et al., 2018). El parámetro evaluado fue dureza, ver figura 2.8.



Figura 2.8 Texturómetro Brookfield CT3 (Zamoran, 2004)

2.7 Diseño de experimento

El diseño de experimento se realizó en la etapa de escaldado con el fin de escoger la mejor combinación de tiempo y temperatura. Se utilizó el diseño factorial completo general debido a que uno de los factores tiene diferentes niveles en comparación con los otros.

Variables

Las variables de respuestas a medir en el diseño de experimento son el índice de oxidación y la dureza.

Factores

Se definieron tres factores:

Factor 1: Temperatura de escaldado

Factor 2: Tiempo de escaldado

Factor 3: Días de medición

Niveles

Los niveles establecidos para cada factor son:

Factor 1: Temperatura de escaldado con tres niveles.

Nivel 1= 75 °C

Nivel 2= 85 °C

Nivel 3= 100 °C

Factor 2: Tiempo de escaldado con dos niveles.

Nivel 1= 2 min.

Nivel 2= 3 min.

Factor 3: Días de medición con tres niveles.

Nivel 1= Día 0

Nivel 2= Día 3

Nivel 3= Día 7

2.7.1 Análisis de varianza (ANOVA)

Análisis de varianza (ANOVA) es un método útil que evalúa la importancia de uno o más factores, comparando las medias de las variables de respuestas en los diferentes niveles de los factores.

Una vez definidos los seis tratamientos para el procesamiento de papa congelada se evaluó las variables de respuestas planteando la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alterna (H_1)

Hipótesis 1 - Índice de oxidación

- H_{01} = No existe diferencia significativa entre las medias de los valores de índice de oxidación entre los tratamientos.
- H_{11} = Al menos una media difiere de los valores de índice de oxidación entre los tratamientos.

H_{01} : $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4 \mu_5=\mu_6$ H_{11} : Existe al menos una media diferente

Donde:

μ_1 : La media de los valores del índice de oxidación del tratamiento 1

μ_2 : La media de los valores del índice de oxidación del tratamiento 2

μ_3 : La media de los valores del índice de oxidación del tratamiento 3

μ_4 : La media de los valores del índice de oxidación del tratamiento 4

μ_5 : La media de los valores del índice de oxidación del tratamiento 5

μ_6 : La media de los valores del índice de oxidación del tratamiento 6

Hipótesis 2 - Dureza

- H_{02} = No existe diferencia significativa entre las medias de los valores de dureza entre los tratamientos.
- H_{12} = Al menos una media difiere de los valores de dureza entre los tratamientos.

H_{02} : $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4=\mu_5=\mu_6$ H_{12} : Existe al menos una media diferente

Donde:

μ_1 : La media de los valores de dureza del tratamiento 1

μ_2 : La media de los valores de dureza del tratamiento 2

μ_3 : La media de los valores de dureza del tratamiento 3

μ_4 : La media de los valores de dureza del tratamiento 4

μ_5 : La media de los valores de dureza del tratamiento 5

μ_6 : La media de los valores de dureza del tratamiento 6

El criterio que se utilizó en el diseño estadístico ANOVA, se muestra en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Criterio de ANOVA [Elaboración propia]

| | |
|--------------|---------------------------------|
| $p < \alpha$ | Se rechaza la hipótesis nula |
| $p > \alpha$ | No se rechaza la hipótesis nula |

Los datos obtenidos del índice de oxidación y dureza de cada muestra se tabularon y se procesaron estadísticamente por el método análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ con ayuda del software Minitab 18.

Con el resultado obtenido del análisis estadístico se seleccionó el tratamiento ganador que presentó el menor índice de oxidación y mayor dureza. Finalmente, se realizó el análisis microbiológico, el análisis sensorial y el análisis de costos.

2.8 Prueba de Guayacol

La prueba de Guayacol se realizó a todos los tratamientos con el fin de verificar de manera visual el efecto de la temperatura y tiempo de escaldado en la inactivación enzimática.

La actividad enzimática de la peroxidasa está indicada por la formación de un color café-rojizo, es decir, mayor coloración mayor actividad enzimática y mientras su coloración sea menor, la actividad enzimática será menor.

Para la determinación de inactivación enzimática se utilizó la siguiente metodología:

Pesar aproximadamente 5 g de muestra y colocarla en un tubo de ensayo. Se agrega 1 ml de solución de guayacol al 1% y 1ml de peróxido de hidrógeno al 0.5%. Observar el cambio de coloración durante 4 minutos. Selección de la muestra.

2.9 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó al tratamiento ganador obtenido en base al índice de oxidación y dureza, según la norma técnica Peruana NTS N°-MINS/DIGESA-V.01 Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad e inocuidad para alimentos y bebidas de consumo humano (MINS & DIGESA, 2003).

El tratamiento ganador debió cumplir con los requisitos microbiológicos mostrados en la figura 2.9, para comprobar si el producto final es apto para el consumo humano, con excepción del análisis *Listeria monocytogenes*, considerando la excepción que establece la norma.

El análisis microbiológico se realizó en el laboratorio acreditado de análisis de alimento PROTAL-ESPOL, utilizando los métodos de análisis descritos en la tabla 2.9.

| XIV.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas) refrigeradas y/o congeladas. | | | | | | |
|--|-----------|-------|---|---|-----------------|-----------------|
| Agente microbiano | Categoría | Clase | n | c | Límite por g | |
| | | | | | m | M |
| Aerobios mesófilos | 1 | 3 | 5 | 3 | 10 ⁴ | 10 ⁶ |
| <i>Escherichia coli</i> | 5 | 3 | 5 | 2 | 10 | 10 ² |
| <i>Salmonella sp.</i> | 10 | 2 | 5 | 0 | Ausencia /25 g | ----- |
| <i>Listeria monocytogenes</i> (*) | 10 | 2 | 5 | 0 | Ausencia /25 g | ----- |

(*) Solo para frutas y hortalizas de tierra (a excepción de las precocidas).

Figura 2.9 Requerimientos microbiológicos de Frutas y hortalizas frescas semiprocadas (MINSA & DIGESA, 2003)

Tabla 2.9 Métodos de análisis microbiológicos [Elaboración propia]

| Análisis | Método de ensayo |
|-------------------------|---------------------------------------|
| <i>Salmonella sp.</i> | API-5.8-04-01-00M8 (AOAC 20th 967.26) |
| <i>Escherichia coli</i> | API-5.8-04-01-00M3 (AOAC 20th 991.44) |
| Aerobios mesófilos | API-5.8-04-01-00M1 (AOAC 20th 966.23) |

2.10 Análisis sensorial

Una vez establecido el tratamiento ganador en base al índice de oxidación y dureza, se procedió a realizar una evaluación sensorial de la misma utilizando una prueba de aceptación en donde se evaluaron los atributos de color, sabor y dureza. Para la prueba de aceptación se procedió a evaluar sensorialmente papas fritas en bastones

2.10.1 Prueba de aceptación

Se realizó una prueba de aceptación con el objetivo de cuantificar el nivel de agrado o desagrado de la muestra ganadora. Para el análisis de aceptación se empleó una escala hedónica de siete puntos, ver tabla 2.10. El formulario se encuentra en el Anexo A.

Tabla 2.10 Escala Hedónica [Elaboración propia]

| Descripción | Valor |
|----------------------------|-------|
| Me gusta mucho | 7 |
| Me gusta ligeramente | 6 |
| Me gusta un poco | 5 |
| Ni me gusta ni me disgusta | 4 |
| Me disgusta un poco | 3 |
| Me disgusta ligeramente | 2 |
| Me disgusta mucho | 1 |

La prueba de aceptación se realizó en el campus Gustavo Galindo de la ESPOL, para la cual se seleccionó 30 penalistas no entrenados, de ambos sexos con un rango de edad de 20-40 años.

Para la evaluación de los atributos del tratamiento ganador se planteó la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alterna (H_1).

Hipótesis 1 - Color

- H_{03} = La mediana del nivel de aceptación del color es mayor o igual que 5 (Me gusta un poco a me gusta mucho).
- H_{13} = La mediana del nivel de aceptación del color es menor que 5 (Ni me gusta ni me disgusta a me disgusta mucho).

$$H_{03}: \mu_1 \geq 5 \quad H_{13}: \mu_1 < 5$$

Hipótesis 2 - Sabor

- H_{04} = La mediana del nivel de aceptación del sabor es mayor o igual que 5.
- H_{14} = La mediana del nivel de aceptación del sabor es menor que 5.

$$H_{04}: \mu_1 \geq 5 \quad H_{14}: \mu_1 < 5$$

Hipótesis 3 - Dureza

- H_{05} = La mediana del nivel de aceptación de dureza es mayor o igual que 5.
- H_{15} = La mediana del nivel de aceptación de dureza es menor que 5.

$$H_{05}: \mu_1 \geq 5 \quad H_{15}: \mu_1 < 5$$

El criterio que se utilizó en el diseño estadístico (T de 1 muestra) para el análisis sensorial, se muestra en la tabla 2.11.

Tabla 2.11 Criterio [Elaboración propia]

| | |
|--------------|---------------------------------|
| $p < \alpha$ | Se rechaza la hipótesis nula |
| $p > \alpha$ | No se rechaza la hipótesis nula |

Los datos obtenidos de la prueba de aceptación se tabularon y se procesaron estadísticamente por el método T de una muestra a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ con ayuda del software Minitab 18.

2.11 Estimación de costo de producción

La estimación de costo se realizó tomando en cuenta los costos directos e indirectos; los costos directos contemplan costos de mano de obra directa y materia prima; mientras que los costos indirectos incluyen gastos en suministros, materiales y obra de mano indirecta.

Para los costos de mano de obra directa se tomó en cuenta el salario básico publicado por el Ministerio de Trabajo y las regulaciones del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS).

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Debido que el proyecto es multidisciplinario se realiza una descripción global de los resultados del proyecto. El área de nutrición determina que la Fundación Plenitud De Dios presenta mayor grado de desnutrición tomando como dato la relación de la talla correspondiente a su edad. En la recolección de datos por medio de la frecuencia de consumo de alimentos se logra observar que los hábitos alimentarios de los infantes de las fundaciones no incluyen frutas y verduras con regularidad.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico para la variable de respuesta índice de oxidación muestran que la temperatura de escaldado y los días de almacenamiento afectan al índice de oxidación mientras que el tiempo de escaldado no tiene ningún efecto. Por el contrario, la dureza de la papa se ve afecta solo por los días de almacenamiento mientras que la temperatura y tiempo de escaldado no afectan.

Finalmente, se selecciona el tratamiento ganador en base al análisis estadístico y prueba de guayacol al tratamiento (100°C - 3minutos) debido que se observa menor índice de oxidación y mayor dureza en la papa durante un periodo de almacenamiento de siete días. Los análisis microbiológicos indicaron que el producto es apto para consumo humano. Se logra una aceptación del producto obteniendo calificaciones mayor 5 (me gusta mucho) para todos los atributos (color, sabor y dureza). El costo de 1Kg de papa es de \$0.58.











3.1 Resultado del análisis físico-químico

3.1.1 Color

Tratamientos

En la tabla 3.12 se observan los códigos de color de los tratamientos como un promedio de las tres réplicas realizadas para cada día de medición. Se presenta un promedio debido que las tres réplicas para cada día de medición de cada tratamiento tuvieron el mismo código de color.

Tabla 3.12 Color de las muestras en escala Pantone [Elaboración propia]

| | Temperatura [°C] | Tiempo [min.] | Día 0 | Día 3 | Día 7 |
|---------------|------------------|---------------|--|---|---|
| Tratamiento 1 | 75 | 2 |  |  |  |
| Tratamiento 2 | 75 | 3 |  |  |  |
| Tratamiento 3 | 85 | 2 |  |  |  |
| Tratamiento 4 | 85 | 3 |  |  |  |
| Tratamiento 5 | 100 | 2 |  |  |  |
| Tratamiento 6 | 100 | 3 |  |  |  |

En la tabla 3.13 se muestran los resultados obtenidos de las coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ para cada formulación como un promedio de las tres réplicas realizadas para cada día de medición. A medida que la temperatura de escaldado aumenta, la luminosidad (L^* 0= negro, 100=blanco) se acerca a 100, es decir el color de la muestra es más claro y a medida que pasan los días, el valor de L^* disminuye acercándose a 0, por consiguiente el color de la muestra es más oscuro.

Tabla 3.13 Color de las muestras en coordenadas CIE L*a*b* [Elaboración propia]

| | Temperatura [°C] | Tiempo [min.] | Día 0 | | | Día 3 | | | Día 7 | | |
|---------------|------------------|---------------|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|
| | | | L* | a* | b* | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| Tratamiento 1 | 75 | 2 | 86 | 2 | 73 | 77 | 11 | 69 | 77 | 11 | 69 |
| Tratamiento 2 | 75 | 3 | 86 | 2 | 73 | 77 | 11 | 69 | 77 | 11 | 69 |
| Tratamiento 3 | 85 | 2 | 88 | -2 | 61 | 84 | -2 | 72 | 84 | -2 | 72 |
| Tratamiento 4 | 85 | 3 | 88 | -2 | 61 | 84 | -2 | 72 | 84 | -2 | 72 |
| Tratamiento 5 | 100 | 2 | 88 | -6 | 57 | 86 | -4 | 68 | 86 | -4 | 68 |
| Tratamiento 6 | 100 | 3 | 88 | -6 | 57 | 86 | -4 | 68 | 86 | -4 | 68 |

Para una temperatura de 75°C, la ubicación del color de la muestra se encuentra en el primer cuadrante del diagrama cromático CIE L*a*b* en una zona (Rojo/Amarillo) debido que +a* (Rojo) y +b* (Amarillo); mientras que para las temperaturas de 85°C y 100°C, el color de la muestra se encuentra en el segundo cuadrante en una zona (Verde/Amarillo) dado que -a* (Verde) y +b* (Amarillo).

Considerando que el color rojo está asociado con el pardeamiento enzimático, se puede inferir que a temperaturas de 85°C y 100°C hay menor pardeamiento enzimático debido a la ausencia del color rojo, mientras que a temperaturas de 75°C hay presencia del color rojo; por consiguiente hay mayor pardeamiento enzimático.

Muestra control

En la tabla 3.14 se observa los datos experimentales obtenidos en el análisis del color del control como un promedio de las tres réplicas realizadas para cada día de medición, además se aprecia que a medida que transcurre los días el color es más oscuro.

Tabla 3.14 Cambio de coloración del control en la escala Pantone [Elaboración propia]

| | Día 0 | Día 3 | Día 7 |
|----------|------------------|------------------|------------------|
| Réplicas | PANTONE 127 C | PANTONE 136 C | PANTONE 138 C |

En la tabla 3.15 se observan los resultados de las coordenadas CIE L*a*b* del control como un promedio de las tres réplicas realizadas para cada día de medición. La luminosidad (L* 0= negro, 100=blanco) disminuye con respecto a los días, en el día 0 el valor de L* es cercano a 100 por lo tanto el color es más claro y durante el día 3 hasta el día 7 el valor de L* se acerca a 0 por consiguiente el color de la muestra es más oscuro.

Tabla 3.15 Color de las muestras en coordenadas CIE L*a*b* [Elaboración propia]

| | L* | a* | b* |
|-------|----|----|----|
| Día 0 | 88 | -6 | 57 |
| Día 3 | 81 | 12 | 69 |
| Día 7 | 62 | 32 | 68 |

Para el día 0 la ubicación del color del control se encuentra en el segundo cuadrante del diagrama cromático CIE L*a*b* en una zona (Verde/Amarillo) debido que -a* (Verde) y +b*(Amarillo), mientras que para el día 3 y día 7 el color de la muestra se encuentra en el primer cuadrante en una zona (Rojo/Amarillo) dado que +a* (Rojo) y b+* (Amarillo).

Considerando que el color rojo está asociado con el pardeamiento enzimático, se puede inferir que para el día 3 y día 7 hay mayor pardeamiento enzimático debido a la presencia del color rojo, mientras que para el día 0 no hay presencia del color rojo, por consiguiente hay menor pardeamiento enzimático.

3.1.2 Índice de oxidación o pardeamiento

La tabla de resultados del índice de oxidación o pardeamiento de las muestras incluida el control se encuentra en el Anexo B.

3.1.3 Textura

La tabla de resultados de dureza de las muestras incluida el control se encuentra en el anexo C.

3.2 Resultado del diseño experimental

3.2.1 Resultado estadístico del Índice de oxidación

En la figura 3.10 se observa que para los factores temperatura y días el valor p es 0,000 siendo menor a $\alpha=0.05$, por esta razón se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto, existe diferencia significativa entre las medias de los valores de índice de oxidación entre los tratamientos.

En cambio, para el factor tiempo el valor p es 1,000 siendo mayor a $\alpha=0.05$; por esta razón, no se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto no existe diferencia significativa entre las medias de los valores de índice de oxidación entre los tratamientos.

Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 5 | 42547,1 | 8509,4 | 438,39 | 0,000 |
| Lineal | 5 | 42547,1 | 8509,4 | 438,39 | 0,000 |
| Temperatura | 2 | 26267,5 | 13133,7 | 676,63 | 0,000 |
| Tiempo | 1 | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 1,000 |
| Días | 2 | 16279,7 | 8139,8 | 419,35 | 0,000 |
| Error | 48 | 931,7 | 19,4 | | |
| Falta de ajuste | 12 | 931,7 | 77,6 | * | * |
| Error puro | 36 | 0,0 | 0,0 | | |
| Total | 53 | 43478,8 | | | |

Figura 3.10 Resultado de análisis de varianza del índice de oxidación [Elaboración propia]

En la figura 3.11 se observa el diagrama de Pareto de efectos estandarizados que tiene cada factor sobre el índice de oxidación. Si los factores se encuentran por encima de la línea de referencia indica que es significativo su efecto con un nivel de confianza de 0.05.

Por lo tanto, existe suficiente evidencia estadística para indicar que los factores temperatura y días afectan significativamente al índice de oxidación mientras que el tiempo de escaldado no afecta.

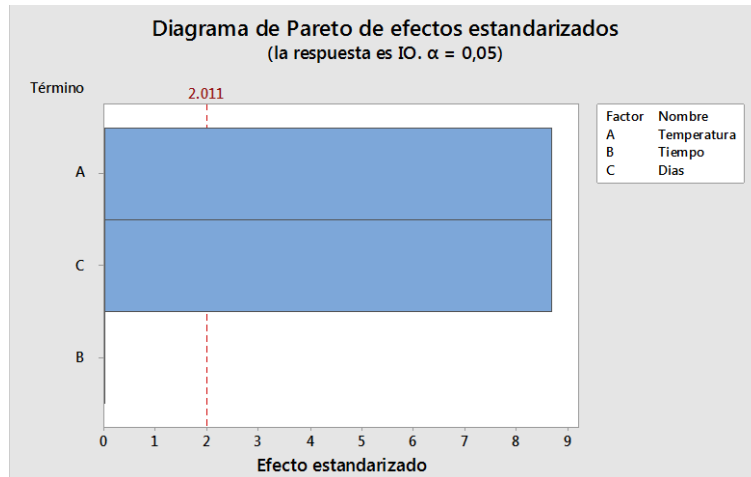


Figura 3.11 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para índice de oxidación
[Elaboración propia]

En la figura 3.12 se observan los valores de media de índice de oxidación con respecto a los factores temperatura, tiempo y días. Con respecto al factor temperatura se aprecia que la media de índice de oxidación disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Con respecto al factor días, los tres primeros días la media de índice de oxidación va aumentando y a partir del tercero hasta el séptimo día permanece constante, indicando que a medida que los días de almacenamiento transcurren des del día 0 hasta el día 3 la actividad enzimática aumenta.

Por otra parte, se observa que la media del índice de oxidación no varía con respecto al factor tiempo, es decir que para el tiempo 2 minutos y 3 minutos la media de índice de oxidación es la misma.

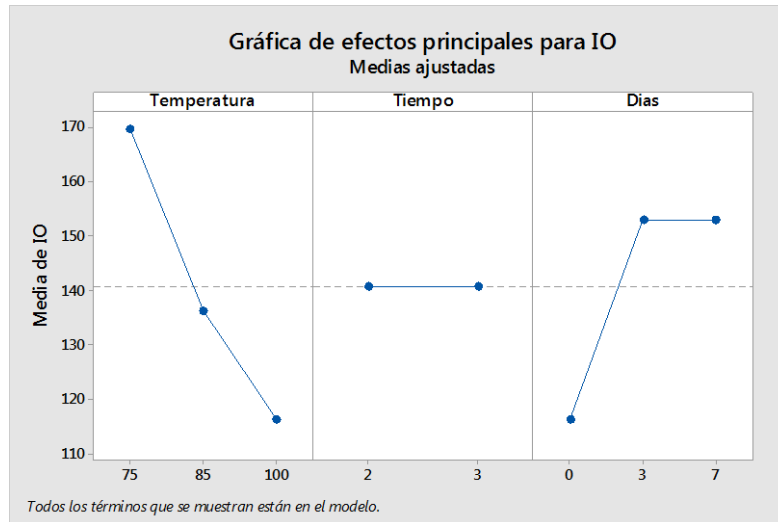


Figura 3.12 Gráfica de efectos principales para índice de oxidación [Elaboración propia]

La figura 3.13 proporciona una vista bidimensional de líneas de contorno que representan intervalos del índice de oxidación, en donde las regiones más oscuras indican los valores más altos del índice de oxidación, indicando que los factores temperatura y días afectan a la variable de respuesta índice de oxidación.

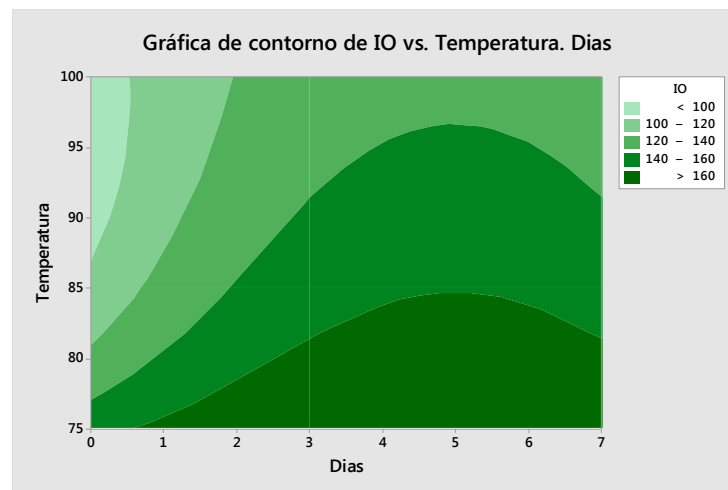


Figura 3.13 Gráfica de contorno de IO vs. Temperatura. Días [Elaboración propia]

Finalmente, todas las gráficas obtenidas en el análisis estadístico ANOVA de la variable de respuesta índice de oxidación, confirman que existe suficiente evidencia estadística para indicar que los factores temperatura y días afectan al índice de oxidación, mientras que el factor tiempo de escaldado no tiene ningún efecto significativo.

En base a otros estudios científicos se corrobora que el índice de oxidación se reduce por el aumento de la temperatura, debido a que se produjo una inactivación enzimática (Ramirez, 2009).

Por el contrario, los días afectan al índice de oxidación aumentando su valor durante los tres primeros días de almacenamiento; una de las causas pudo ser que la temperatura y tiempo de escaldado no fueron suficiente para inactivar completamente la actividad enzimática presente en las muestras y puesto que la temperatura de congelación no es lo suficiente baja para detener la actividad enzimática residual, por esta razón las reacciones de pardeamiento van a seguir lentamente produciendo el oscurecimiento del producto con el paso de los días.

Estudios científicos mencionan que si bien la actividad enzimática está muy reducida si se almacena el producto a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, es necesario un almacenamiento a temperaturas inferior -18°C para lograr mayor inactivación enzimática. Della Rocca, Roche, & Mascheroni (2013), coinciden con Mostacero & Ruiz (2016) quienes señalan que a menor temperatura de almacenamiento más largo es el tiempo requerido para la reactivación enzimática.

3.2.2 Resultado estadístico de Dureza

En la figura 3.14 se observa que para los factores temperatura y tiempo el valor de p es 0.672 y 0.756 respectivamente siendo ambos mayor a $\alpha=0.05$, por esta razón no se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto no existe diferencia significativa entre las medias de los valores de dureza entre los tratamientos.

Así mismo, para el factor días el valor p es 0,000 siendo menor a $\alpha=0.05$; por esta razón, se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto existe diferencia significativa entre las medias de los valores de dureza entre los tratamientos.

Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 5 | 0,030419 | 0,006084 | 8,90 | 0,000 |
| Lineal | 5 | 0,030419 | 0,006084 | 8,90 | 0,000 |
| Temperatura | 2 | 0,000548 | 0,000274 | 0,40 | 0,672 |
| Tiempo | 1 | 0,000067 | 0,000067 | 0,10 | 0,756 |
| Días | 2 | 0,029804 | 0,014902 | 21,81 | 0,000 |
| Error | 48 | 0,032796 | 0,000683 | | |
| Falta de ajuste | 12 | 0,003396 | 0,000283 | 0,35 | 0,974 |
| Error puro | 36 | 0,029400 | 0,000817 | | |
| Total | 53 | 0,063215 | | | |

Figura 3.14 Análisis de varianza de dureza [Elaboración propia]

En la figura 3.15 se observa el efecto estandarizado que tiene cada factor sobre la variable dureza. Si los factores se encuentran por encima de la línea de referencia indica que es significativo su efecto con un nivel de confianza de 0.05.

Por lo tanto, existe suficiente evidencia estadística para indicar que el factor días afecta significativamente a la dureza de la muestra; mientras que el tiempo y la temperatura no afectan.

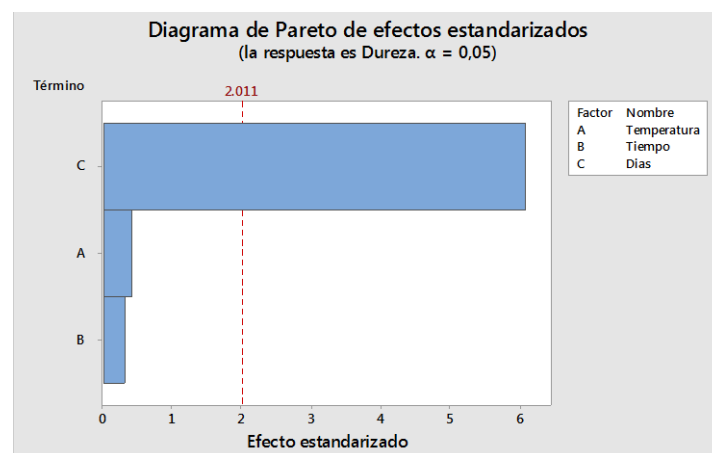


Figura 3.15 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para dureza [Elaboración propia]

En la figura 3.16 se observa los valores de media de dureza con respecto a los factores temperatura, tiempo y días. Con respecto al factor días; los tres primeros días la media va disminuyendo en gran cantidad hasta el tercer día y desde del tercero hasta el séptimo día su variación es mínima, por otro lado la media de dureza no varía significativamente con respecto a los factores temperatura y tiempo de escaldado.

Se observa que en el día 0 las muestras presentaron mayor media de dureza, pero una vez almacenadas a -18°C comienza a disminuir su valor considerablemente obteniendo menor valor de media de dureza en el día 7.

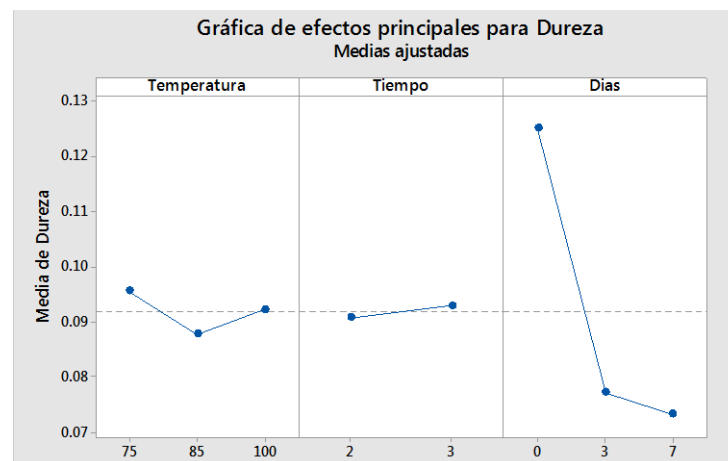


Figura 3.16 Gráfica de efecto principales para dureza [Elaboración propia]

La figura 3.17 proporciona una vista bidimensional de líneas de contorno que representan intervalos de dureza, en donde las regiones más oscuras indican los valores más altos de dureza, indicando que solo el factor días tiene un efecto sobre la variable de respuesta dureza.

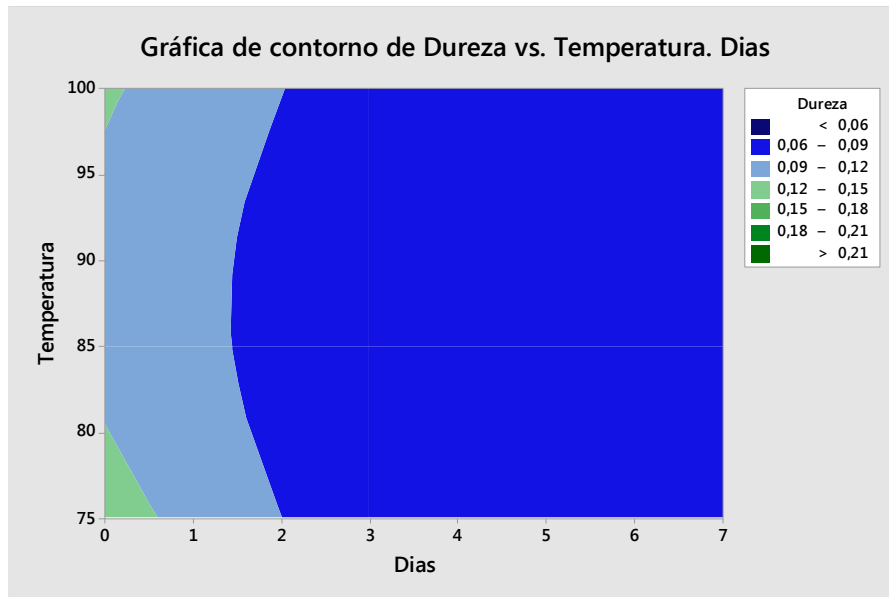


Figura 3.17 Gráfica de contorno de dureza vs Temperatura. Días [Elaboración propia]

Finalmente, todas las gráficas obtenidas en el análisis estadístico ANOVA de la variable de respuesta dureza, confirman que existe suficiente evidencia estadística para indicar que el factor días afecta la dureza, mientras que los factores temperatura y tiempo no tienen ningún efecto significativamente.

Los días de almacenamiento afectan la dureza de la papa durante el almacenamiento a una temperatura de -18°C ; esto se confirma con el estudio de productos de IV gama en guisantes, que indican “La textura de los vegetales presenta problemas cuando son sometidos a congelación debido a que en la célula vegetal se forman cristales de hielo que se penetran a través de la membrana celular conduciendo a la pérdida de presión por turgencia produciendo cambios en la textura” (Ibern & Yepes, 2009).

3.3 Comparación entre el control y los tratamientos

Con los valores obtenidos del índice de oxidación y dureza de los tratamientos y el control se realizó un gráfico comparativo.

Índice de oxidación

En la figura 3.18 se observa que el índice de oxidación aumenta con respecto a los días tanto para los tratamientos como el control. Los índices de oxidación

del control y los tratamientos son diferente; durante el día 0 el control tiene un índice de oxidación similar al de los tratamientos y al final del periodo de almacenamiento (día 7) el índice de oxidación del control se incrementa considerablemente con respecto a los índices de oxidación de los tratamientos.

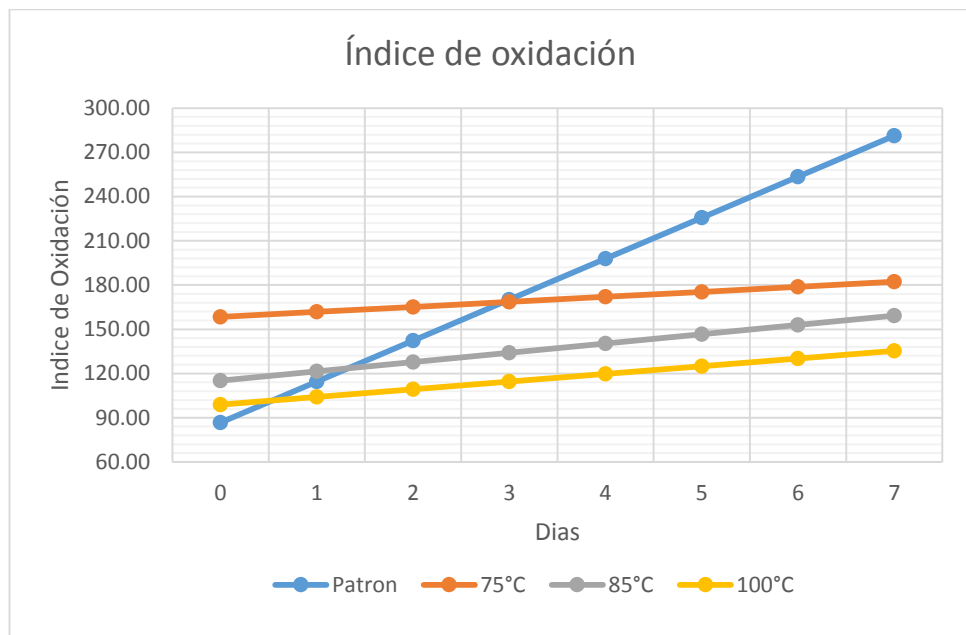


Figura 3.18 Comparación de dureza entre el control y los tratamientos
[Elaboración propia]

Dureza

Con los valores obtenidos del índice de oxidación y dureza de los tratamientos y control se realizó un gráfico comparativo.

En la figura 3.19 se observa que la dureza de los tratamientos y del control decrece con respecto a los días, sin embargo al final del periodo de almacenamiento evaluado (Día 7) la dureza de los tratamientos y del control son similares, esto quiere decir que el almacenamiento afecta a la dureza de todas las muestras sin importar el tratamiento que reciban.

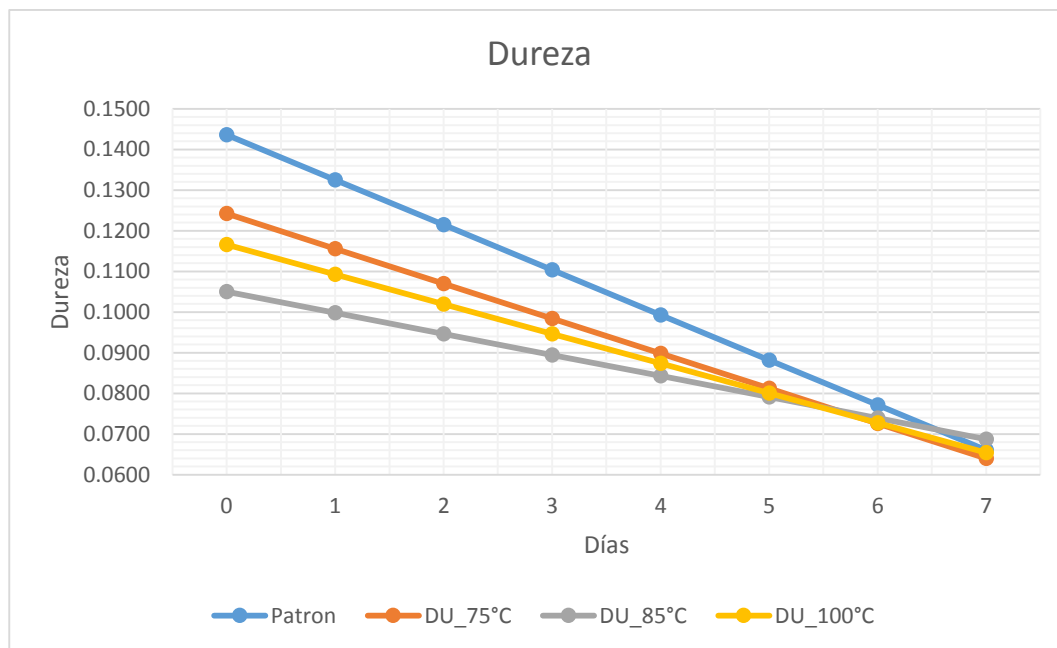








Figura 3.19 Comparación de dureza entre el control y los tratamientos [Elaboración propia]

3.4 Resultado de la prueba guayacol

Con los resultados obtenidos de la prueba guayacol, se observa que a medida que la temperatura y el tiempo de escaldado aumentan hay menos formación de color (café-rojizo), es decir la actividad enzimática disminuye, ver tabla 3.16.

Además, a temperaturas de 75°C y 85°C se observa gran cantidad de coloración (café/rojizo) que en comparación con los tratamientos de 100°C. En el tratamiento 100°C por 2 minutos se aprecia porciones de papa con coloración (café/rojiza), sin embargo no se aprecia una coloración en la fase líquida como en los tratamientos a temperaturas de 75°C y 85°C. A 100°C por 3 minutos se observa la mayor inactivación enzimática debido que no se aprecia coloración en la fase líquida y las porciones con coloración en la papa son menores que el tratamiento a 100°C por 2 minutos.

Tabla 3.16 Resultado de la prueba de Guayacol [Elaboración propia]

| Tiempo [min.] | Temperatura [°C] | | |
|---------------|--|---|--|
| | 75 | 85 | 100 |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |

3.5 Selección del tratamiento ganador

De acuerdo con los resultados del análisis estadístico obtenido en el diseño de experimento y la prueba de guayacol, se escoge dos tratamientos (tratamiento 5 - tratamiento 6), ver tabla 3.17.

Tabla 3.17 Tratamientos con menor índice de oxidación [Elaboración propia]

| | Temperatura [°C] | Tiempo [min.] |
|---------------|--------------------|---------------|
| Tratamiento 5 | 100 | 2 |
| Tratamiento 6 | 100 | 3 |

Los tratamientos se seleccionaron considerando que a temperatura de 100°C se obtiene los menores valores de índice de oxidación y que el tiempo de proceso de escaldado (dos minutos y tres minutos) no tiene ningún efecto sobre el índice de oxidación y dureza.

Por lo tanto, a pesar de que no se elimina totalmente la actividad enzimática se elige como tratamiento ganador (100°C – 3 minutos) debido que presenta menor índice de oxidación y mayor dureza, lo cual se verifica visualmente con la prueba de guayacol. Estudios científicos indican que si hay alguna actividad de peroxidasa al final del escaldado entonces podría ser mejor la calidad de los productos. Mostacero & Ruiz, (2016) así mismo indican que “si la peroxidasa es eliminada por completo significa escaldado excesivo” (Fellows, 2000).

3.6 Resultado del análisis microbiológico del tratamiento ganador

En la tabla 3.18 se observan los resultados del análisis microbiológico de papa escaldada mínimamente procesada

Tabla 3.18 Resultados Microbiológicos [Elaboración propia]

| Ensayo realizados | Unidad | Resultados | Requisitos | Métodos/Ref. |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|
| Aerobios mesófilos | UFC/g | 5.1*10 ² | 1.0*10 ⁴ | API-5.8-04-01-00M8 (AOAC 20th 966.23) |
| <i>E. coli</i> | UFC/g | <10 | 10 | API-5.8-04-01-00M3 (AOAC 20th 991.44) |
| <i>Salmonella sp.</i> | Ausencia/25 g o Presencia/25 g | Ausencia/25 g | Ausencia/25 g | API-5.8-04-01-00M8 (AOAC 20th 967.26) |

Con los resultados del análisis microbiológico se determina que el producto (papa escaldada mínimamente procesada) es apto para el consumo humano, debido que cumple con los parámetros requeridos en la norma técnica Peruana NTS N °- MINSa/DIGESA-V.01 (MINSa & DIGESA, 2003).

3.7 Resultado del análisis sensorial

3.7.1 Color

Con los resultados obtenidos del color de la prueba de aceptación, se aprecia que el 50% de los panelistas (15 personas), otorgaron una calificación en la escala hedónica de 7 (me gusta mucho); el 40% (12 personas) una calificación de 6 (me gusta ligeramente) y el 10% (3 personas) calificaron 4 (Ni me gusta ni me disgusta) a la tratamiento ganador, ver figura 3.20

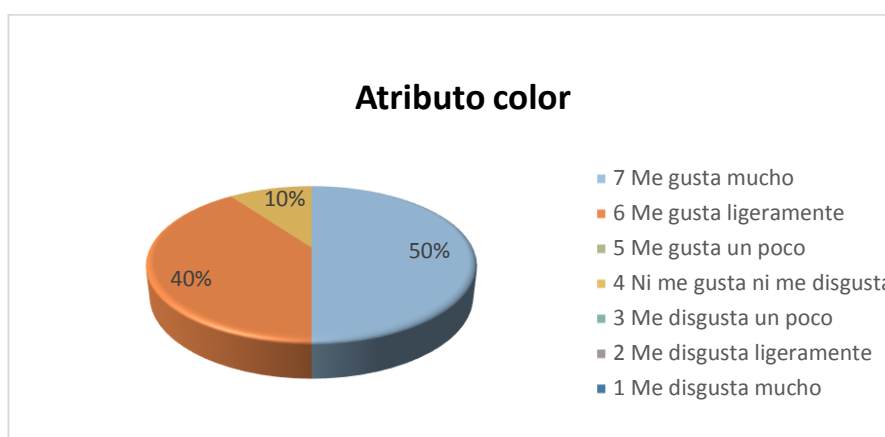


Figura 3.20 Análisis sensorial del color [Elaboración propia]

Resultado estadístico del color

En la figura 3.21 se observa que el valor p es 1,000 siendo mayor a $\alpha=0.05$, por esta razón no se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto existe suficiente evidencia estadística para indicar que la mediana del nivel de aceptación del color es mayor o igual que 5.

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta = 5$

Hipótesis alterna $H_1: \eta < 5$

| Muestra | Número < 5 | Número = 5 | Número > 5 | Valor p |
|---------|------------|------------|------------|---------|
| COLOR | 3 | 0 | 27 | 1.000 |

Figura 3.21 Análisis estadístico del color [Elaboración propia]

En la gráfica 3.22 se observa que la mediana de aceptación del color es 7, es decir que al menos el 50% de los panelistas otorgaron una calificación de 7 (Me gusta mucho) en la escala hedónica.

Estadísticas descriptivas

| Muestra | N | Mediana |
|---------|----|---------|
| COLOR | 30 | 7 |

Figura 3.22 Estadística descriptiva [Elaboración propia]

En base a las calificaciones otorgadas por los panelistas, se puede inferir que el atributo color del tratamiento ganador les gusta mucho (calificación 7 en la escala hedónica); por lo tanto existe una aceptación del color debido a la eficiencia del método utilizado (escaldado) para inhibir las enzimas responsables del pardeamiento enzimático, puesto que otros estudios científicos indican que si el escaldado es adecuado previene la oxidación enzimática reteniendo el color característica de los vegetales (Troncoso, Zúñiga, Ramírez, Parada, & Carlos, 2009).

Por consiguiente el cambio de color de la papa como un producto mínimamente procesado fue imperceptible y aceptado por los panelistas, como lo menciona otros estudios, “El color es probablemente la primera característica que el consumidor asocia con la calidad y la aceptabilidad de los alimentos” (Gregory, 2000).

3.7.2 Sabor

Con los resultados obtenidos del atributo sabor en la prueba de aceptación, se puede apreciar que el 70% (21 personas) de los panelistas, otorgaron una calificación en la escala hedónica de 7 (me gusta mucho); el 23% (7 personas) una calificación de 6 (me gusta ligeramente) y el 7% (2 personas) calificaron 3 (me disgustas un poco) a la tratamiento ganador, ver figura 3.23

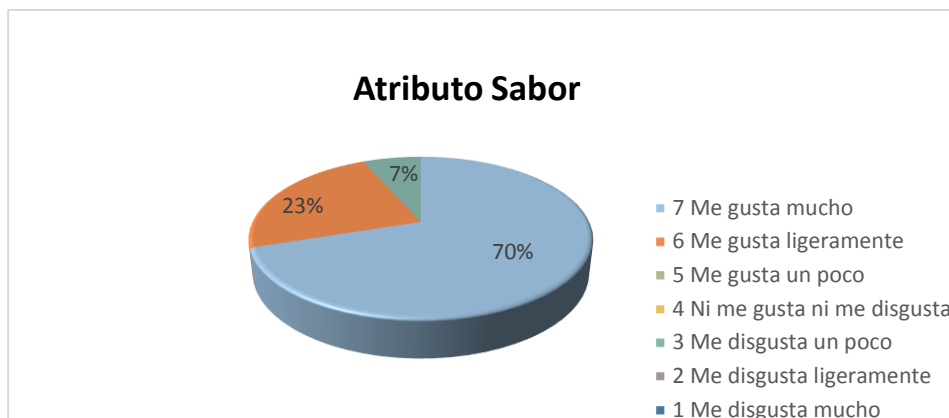


Figura 3.23 Análisis sensorial del sabor [Elaboración propia]

Resultado estadístico del sabor

En la figura 3.24 se observa que el valor p es 1,000 siendo mayor a $\alpha=0.05$, por esta razón no se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto existe suficiente evidencia estadística para indicar que la mediana del nivel de aceptación del sabor es mayor o igual que 5

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta = 5$

Hipótesis alterna $H_1: \eta < 5$

| Muestra | Número < 5 | Número = 5 | Número > 5 | Valor p |
|---------|------------|------------|------------|---------|
| SABOR | 0 | 2 | 28 | 1.000 |

Figura 3.24 Análisis estadístico del sabor [Elaboración propia]

En la figura 3.25 se observa que la mediana de aceptación del sabor es 7, es decir que al menos el 50% de los panelistas otorgaron una calificación de 7 (me gusta mucho) en la escala hedónica.

Estadísticas descriptivas

| Muestra | N | Mediana |
|---------|----|---------|
| SABOR | 30 | 7 |

Figura 3.25 Estadística descriptiva [Elaboración propia]

En base a las calificaciones otorgadas por los panelistas, se puede inferir que el atributo sabor del tratamiento ganador les gusta mucho (calificación 7 en la escala hedónica), indicando la aceptación del atributo sabor. El proceso de escaldado se realizó adecuadamente, como se indica en otros estudios, “Si el escaldado se realiza correctamente, la mayor parte de los alimentos no sufren cambios significativos ni en su aroma ni en su sabor” (Fellows, 2000).

3.7.3 Dureza

Con los resultados obtenidos del atributo dureza en la prueba de aceptación, se aprecia que el 50% de los panelista, otorgaron una calificación en la escala hedónica de 7 (me gusta mucho), el 27% una calificación de 6 (me gusta ligeramente), el 10% una calificación de 5 (me gusta un poco) y un 13% que son cuatro panelistas otorgaron una calificación menor a cinco, ver figura 3.26

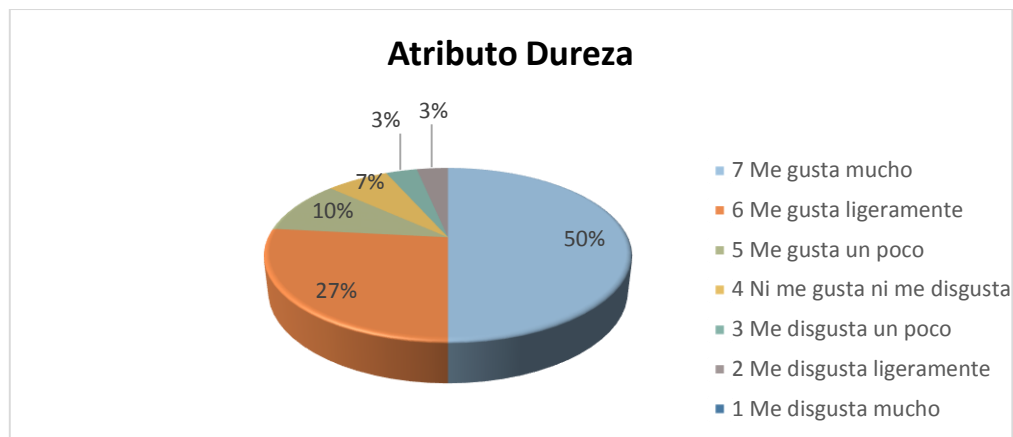


Figura 3.26 Análisis sensorial de Dureza [Elaboración propia]

Resultado estadístico de dureza

En la figura 3.27 se observa que el valor p es 1,000 siendo mayor a $\alpha=0.05$, por esta razón no se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto existe suficiente evidencia estadística para indicar que la mediana del nivel de aceptación de dureza es mayor o igual que 5.

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta = 5$

Hipótesis alterna $H_1: \eta < 5$

| Muestra | Número < 5 | Número = 5 | Número > 5 | Valor p |
|---------|------------|------------|------------|---------|
| DUREZA | 4 | 3 | 23 | 1.000 |

Figura 3.27 Análisis estadístico del sabor [Elaboración propia]

En la gráfica 3.28 se observa que la mediana de aceptación de dureza es 6.5, es decir que al menos el 50% de los panelistas otorgaron una calificación mayor a 6 (Me gusta ligeramente) en la escala hedónica.

Estadísticas descriptivas

| Muestra | N | Mediana |
|---------|----|---------|
| DUREZA | 30 | 6.5 |

Figura 3.28 Estadística descriptiva [Elaboración propia]

En base a las calificaciones otorgadas por los panelistas, se puede inferir que el atributo dureza de la tratamiento ganador se encuentra entre me gusta ligeramente y me gusta mucho (calificación 6.5 en la escala hedónica) debido que el tratamiento de escaldado no afectó considerablemente al tejido vegetal del producto.

Finalmente, la prueba de aceptación del producto tuvo calificaciones mayores a 5 (me gusta un poco) para todos los atributos (color, sabor y dureza) dando como resultado una aceptación de los atributos, por esta razón se puede inferir que el tratamiento de escaldado no afectó las características organolépticas del producto.

3.8 Lay-out de la planta

En la figura 3.29 se muestra el resultado de las relaciones e importancia de todas las actividades entre sí.

| Departamentos | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|---|
| 1 | Recepción y almacenamiento | | | | | | | | |
| 2 | Selección y lavado | I 1 | | | | | | | |
| 3 | Pelado y cortado | E 2 | X 2 | | | | | | |
| 4 | Escaldado | A 1 | X 5 | X 6 | | | | | |
| 5 | Enfriado | A 1 | X 5 | X 5 | X 5 | | | | |
| 6 | Escurrido | E 1 | I 1 | O 4 | X 5 | X 2 | | | |
| 7 | Empacado | A 1 | I 1 | U 1 | U 1 | | | | |
| 8 | Almacenamiento | A 2 | | | | | | | |

Figura 3.29 Tabla Relacional de actividades (T.A.R.) [Elaboración propia]

En la figura 3.30 se observa la distribución de los departamentos considerando un espacio disponible de 58 m², ver Anexo B. La distribución de la planta sigue el siguiente orden: la zona preliminar que comprende el área de recepción y almacenamiento (#8), seguido por la zona donde se realiza el proceso de transformación del producto que comprende el área de selección y lavado (#7), pelado y cortado (#6), área de escaldado (#1), área de enfriado (#2), y área de escurrido (#3).

Finalmente, la zona de empaque y distribución que comprende la zona de empaque (#4) y de almacenamiento (#5).

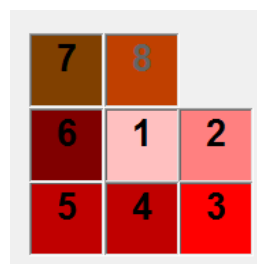


Figura 3.30 Lay-Out de la Planta [Elaboración propia]

3.9 Estimación de costos

La estimación de producción se realiza en base a la disponibilidad de materia prima con la que cuenta el Banco de Alimentos durante el primer semestre obteniendo un valor promedio de (205 kg/mes), ver tabla 3.19.

Tabla 3.19 Disponibilidad de materia prima durante el primer semestre [Elaboración propia]

| Mes | Materia prima (Kg) |
|----------|--------------------|
| Enero | 133.05 |
| Febrero | 214.05 |
| Marzo | 392.45 |
| Abril | 29.25 |
| Mayo | 228.40 |
| Junio | 234.90 |
| Promedio | 205 kg |

Se establece un día a la semana para producir un promedio de 200 kg de papa mensualmente, obteniendo 50 unidades de 1 kg semanalmente. La estimación de producción semanal y anual se muestra en la tabla 3.20 considerando 52 días laborables anuales.

Tabla 3.20 Estimación de producción anual [Elaboración propia]

| | |
|-------------------------------|---------------|
| Días laborales anuales | 52 días |
| Producción semanal | 50 Kg |
| Producción anual | 2600 kg |
| Producción semanal (unidades) | 50 unidades |
| Producción anual (unidades) | 2600 unidades |

3.9.1 Costos directos

Costo de materia prima y empaque

La materia prima y el empaque se obtienen mediante donaciones de los mercados de Guayaquil y proveedores respectivamente, por esta razón el precio de la materia prima no representa ningún valor monetario, ver tabla 3.21.

Tabla 3.21 Costos de materia prima y empaque [Elaboración propia]

| Producción anual | | | |
|---|---------------------|---------------------|------------------|
| Materia prima | Cantidad (Kg) | precio/ Kg (\$) | Costo total (\$) |
| Papa | 2600 | 0 | 0 |
| Hipoclorito | 1 garrafa (20lt.) | 27 | 27 |
| Empaque | Cantidad (unidades) | precio/ unidad (\$) | Costo total (\$) |
| Fundas | 2600 | 0 | 0 |
| Costo total materia prima + costo total empaque | | | 27 |

Mano de obra directa

Los costos de mano de obra directa se muestran en la tabla 3.22 considerando una jornada laboral de 8 horas, durante cinco días laborales debido a que el personal que estará a cargo de procesar el producto tendrá actividades adicionales en el Banco de Alimentos.

Tabla 3.22 Costo de mano de obra directa [Elaboración propia]

| Personal | # de trabajadores | Salario mensual (\$) | Sub total mensual (\$) | Total anual nominal | 13 AVO (\$) | 14 AVO (\$) | Aporte patronal 11.15% (\$) | Fondo de reserva 9.75% (\$) | Total mensual | Costo anual (\$) |
|-------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|---------------------|-------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|------------------|
| Operadores | 2 | 386.00 | 722.00 | 8,664.00 | 722.00 | 722.00 | 966.04 | 70.39 | 651.71 | 11,074.04 |
| Costo total de mano de obra directa | | | | | | | | | | 11,074.04 |

3.9.2 Costos indirectos

Materiales indirectos

El costo de materiales indirectos requeridos para la producción de papa congelada anualmente se muestra en la tabla 3.23

Tabla 3.23 Costo de materiales indirectos [Elaboración propia]

| Materiales | Cantidad | Precio unitario (\$) | Total (\$) |
|-----------------------------------|------------|----------------------|------------|
| Gavetas | 8 unidades | 17.00 | 136.00 |
| Cuchillos | 4 unidades | 10.00 | 40.00 |
| Pelador de vegetales | 4 unidades | 7.00 | 28.00 |
| Costo total materiales indirectos | | | \$ 204.00 |

Costos de depreciación

Los costos de depreciación se calcularon de acuerdo a lo establecido por el Servicio de Rentas internas (SRI, 2018), considerando una depreciación del 10% anual para maquinarias; los costos de los equipos se obtuvieron a través de cotizaciones a los proveedores nacionales, ver tabla 3.24.

Tabla 3.24 Costo de depreciación de equipos [Elaboración propia]

| Equipo | Cantidad | Precio (\$) | Total (\$) | Tiempo de vida útil (año) | Depreciación de activos | Valor residual (\$) | Depreciación anual (\$) |
|-------------------------|----------|-------------|------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| Escaldador | 1 | 1200 | 1200 | 10 | 0.10 | 120.00 | 108.00 |
| Congelador horizontal | 1 | 863 | 863 | 10 | 0.10 | 86.30 | 77.67 |
| Tina de lavado | 2 | 375 | 750 | 10 | 0.10 | 75.00 | 67.50 |
| Balanza electrónica | 1 | 20 | 20 | 10 | 0.10 | 2.00 | 1.80 |
| Balanza de plataforma | 1 | 45 | 45 | 10 | 0.10 | 4.50 | 4.05 |
| Selladora manual | 1 | 40 | 40 | 10 | 0.10 | 4.00 | 3.60 |
| Mesa escurridora | 1 | 110 | 110 | 10 | 0.10 | 11.00 | 9.90 |
| Mesa de trabajo | 1 | 155 | 155 | 10 | 0.10 | 15.50 | 13.95 |
| Depreciación total (\$) | | | | | | | 286.47 |

Reparación y mantenimiento

Se realiza el cálculo de reparación y mantenimiento a los equipos considerando el 5% del costo inicial, ver tabla 3.25.

Tabla 3.25 Reparación y mantenimiento [Elaboración propia]

| Equipo | Cantidad | Precio (\$) | Tota (\$) | Reparación y mantenimiento (\$) |
|-----------------------|----------|-------------|-----------|---------------------------------|
| Escaldador | 1 | 1200.00 | 1200.00 | 60.00 |
| Congelador horizontal | 1 | 863.00 | 863.00 | 43.15 |
| Tina de lavado | 2 | 750.00 | 750.00 | 37.50 |
| Balanza electrónica | 1 | 20.00 | 20.00 | 1.00 |
| Balanza de plataforma | 1 | 45.00 | 45.00 | 2.25 |
| Selladora manual | 1 | 40.00 | 40.00 | 2.00 |
| Mesa escurridora | 1 | 110.00 | 110.00 | 5.50 |
| Mesa de trabajo | 1 | 155.00 | 155.00 | 7.75 |
| Total (\$) | 9 | | | 157.15 |

Cálculo de consumo eléctrico

Para realizar el cálculo de producción, se calcula el tiempo en cada etapa de la línea de proceso, ver tabla 3.26.

Tabla 3.26 Estimación tiempo del proceso [Elaboración propia]

| Proceso | Tiempo (min) |
|----------------------------|--------------|
| Recepción y almacenamiento | 15 |
| Selección | 15 |
| Lavado | 40 |
| Pelado | 60 |
| Cortado | 90 |
| Escaldado | 90 |
| Enfriado | 5 |
| Ecurrido | 15 |
| Empacado | 60 |
| Tiempo neto de producción | 390 |

En la tabla 3.27 se detalla el consumo de energía y tiempo de operación de cada equipo, la potencia de cada equipo se obtuvo de las especificaciones técnicas.

Tabla 3.27 Consumo de equipos de proceso [Elaboración propia]

| Equipo | Potencia Consumo | | Tiempo total de operación al día |
|-----------------------|------------------|------|----------------------------------|
| Escaldador | 24 | kW/h | 90 |
| Balanza eléctrica | 0.05 | kW/h | 60 |
| Balanza de plataforma | 0.25 | kW/h | 15 |
| Congelador | 3.7 | KW/h | 1440 |
| Total | | | 1605 |

Consumo eléctrico del escaldador

$$= 24 \text{ kW/h} \left(\frac{90 \text{ min.}}{1 \text{ día}} \right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \right) \left(\frac{52 \text{ día}}{1 \text{ año}} \right) = 1872 \text{ kW/año}$$

Consumo eléctrico de balanza eléctrica

$$= 0.05 \text{ kW/h} \left(\frac{60 \text{ min.}}{1 \text{ día}} \right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \right) \left(\frac{52 \text{ día}}{1 \text{ año}} \right) = 2.6 \text{ kW/año}$$

Consumo eléctrico de balanza de plataforma

$$= 0.25 \text{ kW/h} \left(\frac{15 \text{ min.}}{1 \text{ día}} \right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \right) \left(\frac{52 \text{ día}}{1 \text{ año}} \right) = 3.25 \text{ kW/año}$$

Consumo eléctrico del congelador

$$= 3.7 \text{ kW/h} \left(\frac{1440 \text{ min.}}{1 \text{ día}} \right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \right) \left(\frac{365 \text{ día}}{1 \text{ año}} \right) = 32412 \text{ kW/año}$$

CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL

$$\Sigma \text{ Consumo de equipo} = 1872 + 2.6 + 3.25 + 32412$$

$$\text{Consumo anual} = 34289.85 \text{ kW/año}$$

Costo de materiales y suministros

En la tabla 3.28 se estima el costo de la energía eléctrica en base al costo de (kW/h) de \$ 0.09 de acuerdo a la tarifa establecida por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018) ; así mismo se estima el costo del agua en base al costo de m³ de \$ 0.37 de acuerdo a la tarifa establecida por Interagua.

Tabla 3.28 Tabla de servicios [Elaboración propia]

| Producción 2600 kg anualmente | | | | |
|-------------------------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|
| Servicio | Consumo anual | Unidad | Precio unitario (\$) | total |
| Energía eléctrica | 34,289.85 | kW/h | 0.09 | \$ 3,188.95 |
| Agua | 166.40 | m ³ | 0.37 | \$ 61.56 |
| Total | | | | \$ 3,250.51 |

Costo de producción

En la tabla 3.29 se observa que los costos directos son \$ 11,101.04 y los costos indirectos son \$3,897.80 obteniendo un costo de producción anual de \$14,998.84 con un costo de fabricación unitario de \$ 5.76.

Finalmente el precio de venta al público por unidad es \$0.58, debido que el Banco de Alimentos Diakonía provee sus productos con el 90% de descuento del precio de venta al público.

Tabla 3.29 Costos de producción anual [Elaboración propia]

| Producción 2600kg (1 año) de Papa mínimamente procesada | |
|---|--------------|
| COSTOS DE PRODUCCIÓN | |
| Producción en kilogramos (kg) | 2,600.00 |
| Producción (Unidades) | 2,600.00 |
| Costos directos | \$ 11,101.04 |
| Materia prima (\$) | 27.00 |
| Mano de obra directa (\$) | 11,074.04 |
| Costos indirectos | \$ 3,897.80 |
| Materiales indirectos (\$) | 204.00 |
| Servicios(\$) | 3,250.52 |
| Depreciación (\$) | 286.47 |
| Reparación y Mantenimiento 5% (\$) | 157.15 |
| Costo de Producción | \$ 14,998.84 |
| Costo de fabricación unitario | \$ 5.77 |
| Precio de venta (10%) | \$ 0.58 |

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Licenciatura en nutrición como conclusión reportó casos de déficit de proteína y lípidos, como también un exceso en cuanto a carbohidratos y calorías totales, debido al desequilibrio de macronutrientes servidos en cada plato en las fundaciones, pese que el Banco de Alimentos Diakonía les ofrece por medio del Programa FRUVER, alimentos como frutas y verduras a un precio accesible de un 10% del costo real comercial (Licenciatura en Nutrición). Se logró evaluar a una población total de 160 niños, de 2 y 12 años de edad de las fundaciones Apina y Plenitud de Dios, utilizando una encuesta nutricional validada.
- Biología obtuvo como conclusión que la principal ventaja de los sistemas de acuaponía y compostaje se basa en que estos sistemas se pueden replicar sin ningún problema dentro de los hogares, permitiendo así un aporte de alimento orgánico, es decir, sin la utilización de fertilizantes, pesticidas ni herbicidas.

4.1 Conclusiones

- Se obtuvo papa mínimamente procesada y congelada cumpliendo la propuesta de aprovechar papas recuperadas en los mercados de Guayaquil, realizando un pre tratamiento térmico (escaldado) para alargar la vida útil del producto (Ingeniería en alimentos).
- Se seleccionó el pre tratamiento térmico de escaldado temperatura 100°C y tiempo 3 minutos debido que se observa menor índice de oxidación en el almacenamiento en un periodo de siete días (Ingeniería en alimentos).
- Se estableció la línea de proceso para papa mínimamente procesada estableciendo todas las etapas y parámetros para la elaboración del producto (Ingeniería en alimentos).

- Se realizó una caracterización de forma visual, desechando papa que presente: grietas o arrugas, defectos mecánicos, coloración oscura interna, hongos y bacterias. La materia prima eliminada no formó parte del proceso de producción (Ingeniería en alimentos).
- Se realizó un análisis físico del color para las muestras con tratamiento térmico y sin tratamiento térmico donde se determinó que a temperaturas de 100°C la muestra es más luminosa y presenta menos pardeamiento enzimático a diferencia de las muestras a 75°C y 85°C que presentan mayor pardeamiento (Ingeniería en alimentos).
- Se cumplió con los criterios microbiológicos de calidad sanitaria que exige la norma técnica Peruana NTS N°- MINSA/DIGESA-V.01 garantizando que el producto es apto para el consumo humano (Ingeniería en alimentos).
- Se logró una aceptación por parte de los panelista en los atributos de color, sabor, dureza del tratamiento ganador obteniendo calificaciones mayor a 5 (me gusta un poco) en la escala hedónica (Ingeniería en alimentos).
- Se calculó que el costo de producción anual es de \$ 14,998.84, con un costo de fabricación por unidad de \$ 5.77 y precio de venta de \$0.58 que es el 10% del costo de fabricación unitario (Ingeniería en alimentos).

4.2 Recomendaciones

- Realizar un estudio del producto alargando la etapa de almacenamiento (congelamiento) para observar los cambios de la actividad enzimática y sus características organolépticas
- Utilizar una máquina para envasar al vacío para estudiar las reacciones oxidativas y el crecimiento de microorganismo aerobios que conducen el deterioro durante el almacenamiento.
- Realizar el escaldado con vapor para conservar vitaminas, proteínas, azúcares y minerales como vitamina C, potasio, calcio entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2018). Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución. Servicio público de energía eléctrica. Periodo: enero - diciembre 2018, 18, 1–34. Retrieved from <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/2018-01-11-Pliego-y-Cargos-Tarifarios-del-SPEE-20182.pdf>
- Andrade, & Méndez. (2014). "Diseño de una línea de producción de papas (*Solanum Tuberosum* L.) Tipo bastón Prefritas y Congeladas en la variedad I-Fripapa y Superchola." Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30574>
- Aroca, K. ;, Regalado, O., Acosta, S., & Científico, A. (2018). Estudio De La Conservación De Frutas En " Iv Gama " Con La Aplicación De Un Recubrimiento Biodegradable-Activo. *Revista Científica Ecuatoriana*, 5(5), 1–11.
- Calvo, M. A. (2014). TIROSINASA. Retrieved from <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/enzimas/tirosinasa.html>
- Casp, A. (2005). *Diseño de industrias agroalimentarias*.
- Chamorro, D. (2016). Trabajo de grado.
- Della Rocca, P., Roche, L. A., & Mascheroni, R. (2013). Estudio comparativo de la congelación de papa (*Solanum tuberosum* L.) sometida a diferentes pretratamientos. *Proyecciones*, 11(1), 31–46.
- Fellows, P. (2000). Water Activity. *Food Processing Technology. Principles and Practice.*, 44–47.
- Fernández, C., Dolores Alvarez, M., & Canet, W. (2006). The effect of low-temperature blanching on the quality of fresh and frozen/thawed mashed potatoes. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(5), 577–595. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01119.x>
- Gregory, J. (2000). Introducción a la química de los alimentos. *Química de Los Alimentos*, 666–677. <https://doi.org/10.1157/13068212>
- I.N.T.I. (2017). Protocolo de calidad de papa, 7–9. Retrieved from https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/SAA033_Protocolo_de_Calidad_para_Yogur.pdf
- Ibern, M., & Yepes, T. (2009). Estudio de un producto alimentario de v gama a partir de guisantes, 84. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7660/1/memoria.pdf>
- Melo, P. (2012). Prefactibilidad Tecnico Financiera Para La Instalacion De Una Planta Procesadora De Papa Cortadas En Bastones, Prefritas Y Congeladas.
- MINSA & DIGESA. (2003). NTS N° 071- MINSA/DIGESA-V.01. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, 23. Retrieved from <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2015/03/733.pdf>
- Mostacero, Gloria & Ruiz, M. (2016). Artículo Original Effect of Thermal Variation of Blanching on Peroxidase Activity in Tubers, 2(2), 105–112.

- Ramirez, C. (2009). Estudio Experimental de la Desactivación de la Enzima Peroxidasa Durante el Proceso de Escaldado de Papas, 62. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/far173e/doc/far173e.pdf>
- SRI. (2018). Derecho Ecuador - DEPRECIACIONES DE ACTIVOS FIJOS. Retrieved August 2, 2018, from <https://www.derechoecuador.com/depreciaciones-de-activos-fijos>
- Suárez, P., Andreu, A., Colman, S., Clausen, A., & Feingold, S. (2009). Enzymatic browning: phenotypic, biochemical and molecular characterization of native potatoes from Argentina. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 15(1), 66–71. Retrieved from <http://www.papaslatinas.org/v15n1p66.pdf>
- Torres & Gambarroti. (2011). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL Previo a la obtención del Título de: INGENIERO DE ALIMENTOS Presentado por: FABIÁN ERNESTO VERA ÁLVAREZ GUAYAQUIL – EC.*
- Troncoso, E., Zúñiga, R., Ramírez, C., Parada, J., & Carlos, J. (2009). Microstructure of Potato Products: Effect on Physico-Chemical Properties and Nutrient Bioavailability. *Food Global Science Books*.
- Work with color. (2013). WorkWithColor.com :: Color Changes the World. Retrieved June 27, 2018, from <http://www.workwithcolor.com/>
- Zamoran, D. (2004). Manual de Procesamiento Papa Criolla (pp. 18–19).

ANEXOS

ANEXO A

PRUEBA DE ACEPTACIÓN

Producto: Papas Fritas

Nombre:

Edad:

Sexo:

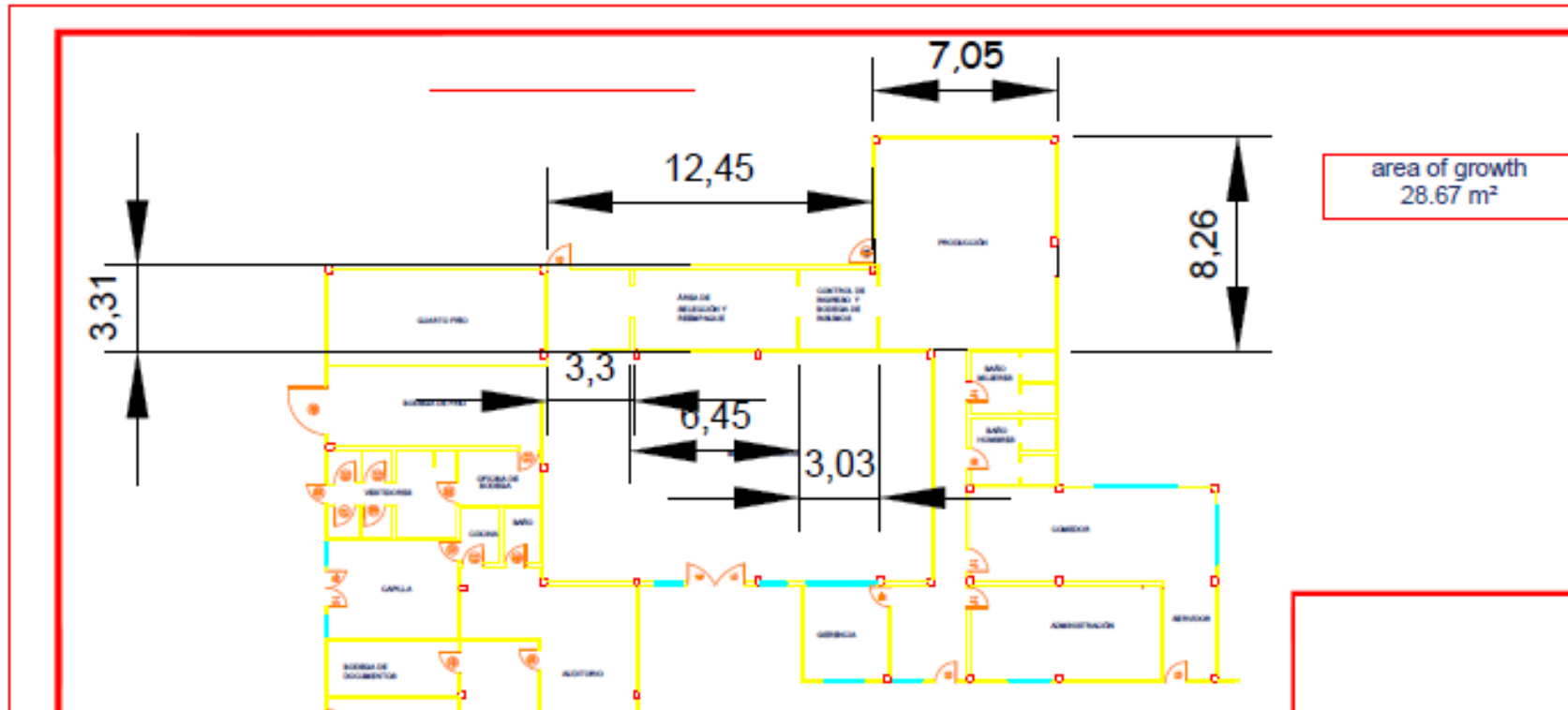
Instrucciones:

Frente a usted encontrará una muestra de papa frita, proceda a probar la muestra para evaluar el producto indicando su opinión con respecto los siguientes atributos (color, sabor, dureza)

| | Color | Sabor | Dureza |
|----------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Me gusta mucho | | | |
| Me gusta ligeramente | | | |
| Me gusta un poco | | | |
| Ni me gusta ni me disgusta | | | |
| Me disgusta un poco | | | |
| Me disgusta ligeramente | | | |
| Me disgusta mucho | | | |

Comentarios:

ANEXO B



ANEXO C

| Tratamientos | | | | |
|------------------|---------------|-------|----------|--------|
| Temperatura [°C] | Tiempo [min.] | Días | Réplicas | IO |
| 75 | 2 | DIA 0 | R1 | 152.88 |
| | | | R2 | 152.88 |
| | | | R3 | 152.88 |
| 75 | 3 | DIA 0 | R1 | 152.88 |
| | | | R2 | 152.88 |
| | | | R3 | 152.88 |
| 85 | 2 | DIA 0 | R1 | 105.12 |
| | | | R2 | 105.12 |
| | | | R3 | 105.12 |
| 85 | 3 | DIA 0 | R1 | 105.12 |
| | | | R2 | 105.12 |
| | | | R3 | 105.12 |
| 100 | 2 | DIA 0 | R1 | 90.49 |
| | | | R2 | 90.49 |
| | | | R3 | 90.49 |
| 100 | 3 | DIA 0 | R1 | 90.49 |
| | | | R2 | 90.49 |
| | | | R3 | 90.49 |
| 75 | 2 | DIA 3 | R1 | 178.13 |
| | | | R2 | 178.13 |
| | | | R3 | 178.13 |
| 75 | 3 | DIA 3 | R1 | 178.13 |
| | | | R2 | 178.13 |
| | | | R3 | 178.13 |
| 85 | 2 | DIA 3 | R1 | 151.72 |
| | | | R2 | 151.72 |
| | | | R3 | 151.72 |
| 85 | 3 | DIA 3 | R1 | 151.72 |
| | | | R2 | 151.72 |
| | | | R3 | 151.72 |

| | | | | |
|-----|---|-------|----|--------|
| 100 | 2 | DIA 3 | R1 | 129.14 |
| | | | R2 | 129.14 |
| | | | R3 | 129.14 |
| 100 | 3 | DIA 3 | R1 | 129.14 |
| | | | R2 | 129.14 |
| | | | R3 | 129.14 |
| 75 | 2 | DIA 7 | R1 | 178.12 |
| | | | R2 | 178.12 |
| | | | R3 | 178.12 |
| 75 | 3 | DIA 7 | R1 | 178.12 |
| | | | R2 | 178.12 |
| | | | R3 | 178.12 |
| 85 | 2 | DIA 7 | R1 | 151.72 |
| | | | R2 | 151.72 |
| | | | R3 | 151.72 |
| 85 | 3 | DIA 7 | R1 | 151.72 |
| | | | R2 | 151.72 |
| | | | R3 | 151.72 |
| 100 | 2 | DIA 7 | R1 | 129.14 |
| | | | R2 | 129.14 |
| | | | R3 | 129.14 |
| 100 | 3 | DIA 7 | R1 | 129.14 |
| | | | R2 | 129.14 |
| | | | R3 | 129.14 |

| Control | | |
|---------|----------|--------|
| DÍAS | REPLICAS | IO |
| DIA 0 | 1 | 90.49 |
| | 2 | 90.49 |
| | 3 | 90.49 |
| DIA 3 | 1 | 163.61 |
| | 2 | 163.61 |
| | 3 | 163.61 |
| DIA 7 | 1 | 284.12 |
| | 2 | 284.12 |
| | 3 | 284.12 |

ANEXO D

| Tratamientos | | | | |
|------------------|---------------|-------|----------|------------|
| Temperatura [°C] | Tiempo [min.] | Días | Réplicas | Dureza [N] |
| 75 | 2 | DIA 0 | R1 | 0.14 |
| | | | R2 | 0.14 |
| | | | R3 | 0.09 |
| 75 | 3 | DIA 0 | R1 | 0.11 |
| | | | R2 | 0.22 |
| | | | R3 | 0.12 |
| 85 | 2 | DIA 0 | R1 | 0.09 |
| | | | R2 | 0.08 |
| | | | R3 | 0.16 |
| 85 | 3 | DIA 0 | R1 | 0.06 |
| | | | R2 | 0.13 |
| | | | R3 | 0.16 |
| 100 | 2 | DIA 0 | R1 | 0.12 |
| | | | R2 | 0.08 |
| | | | R3 | 0.18 |
| 100 | 3 | DIA 0 | R1 | 0.08 |
| | | | R2 | 0.15 |
| | | | R3 | 0.14 |
| 75 | 2 | DIA 3 | R1 | 0.09 |
| | | | R2 | 0.07 |
| | | | R3 | 0.09 |
| 75 | 3 | DIA 3 | R1 | 0.08 |
| | | | R2 | 0.07 |
| | | | R3 | 0.06 |
| 85 | 2 | DIA 3 | R1 | 0.06 |
| | | | R2 | 0.07 |
| | | | R3 | 0.1 |
| 85 | 3 | DIA 3 | R1 | 0.08 |
| | | | R2 | 0.06 |
| | | | R3 | 0.08 |

| | | | | |
|-----|---|-------|----|------|
| 100 | 2 | DIA 3 | R1 | 0.08 |
| | | | R2 | 0.09 |
| | | | R3 | 0.07 |
| 100 | 3 | DIA 3 | R1 | 0.07 |
| | | | R2 | 0.10 |
| | | | R3 | 0.07 |
| 75 | 2 | DIA 7 | R1 | 0.06 |
| | | | R2 | 0.06 |
| | | | R3 | 0.08 |
| 75 | 3 | DIA 7 | R1 | 0.09 |
| | | | R2 | 0.08 |
| | | | R3 | 0.07 |
| 85 | 2 | DIA 7 | R1 | 0.06 |
| | | | R2 | 0.07 |
| | | | R3 | 0.08 |
| 85 | 3 | DIA 7 | R1 | 0.08 |
| | | | R2 | 0.08 |
| | | | R3 | 0.08 |
| 100 | 2 | DIA 7 | R1 | 0.07 |
| | | | R2 | 0.08 |
| | | | R3 | 0.09 |
| 100 | 3 | DIA 7 | R1 | 0.07 |
| | | | R2 | 0.06 |
| | | | R3 | 0.06 |

| Control | | |
|---------|----------|------------|
| Días | Réplicas | Dureza (N) |
| DIA 0 | 1 | 0.13 |
| | 2 | 0.23 |
| | 3 | 0.14 |
| DIA 3 | 1 | 0.07 |
| | 2 | 0.07 |
| | 3 | 0.07 |
| DIA 7 | 1 | 0.09 |
| | 2 | 0.09 |
| | 3 | 0.07 |