

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



ESCUELA DE POSGRADO

TESIS

**CARACTERIZACIÓN DEL HELADO DE
VAINILLA ENRIQUECIDO CON PASTA
DE CÁSCARA DE PAPA COMO
COMPLEMENTO ALIMENTICIO EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ
FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN - 2015**

PRESENTADO POR:

ROBERT WILLIAM OCROSPOMA DUEÑAS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LOS
ALIMENTOS**

ASESOR:

MG. RONALD FERNANDO RODRIGUEZ ESPINOZA

HUACHO - 2018

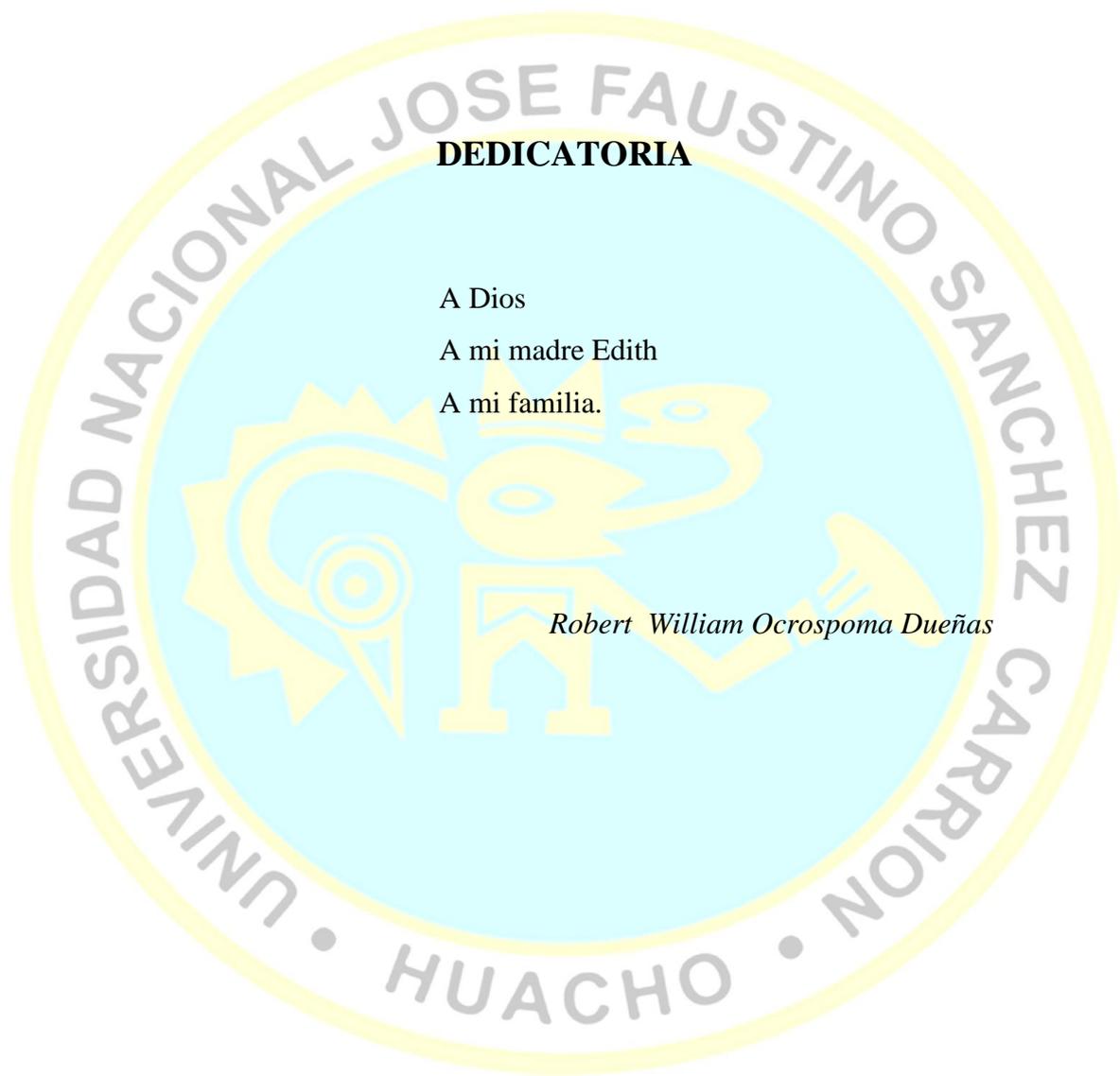
**CARACTERIZACIÓN DEL HELADO DE VAINILLA ENRIQUECIDO
CON PASTA DE CÁSCARA DE PAPA COMO COMPLEMENTO
ALIMENTICIO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN - 2015**

ROBERT WILLIAM OCROSPOMA DUEÑAS

TESIS DE MAESTRÍA

ASESOR: MG. RONALD FERNANDO RODRIGUEZ ESPINOZA

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRO EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS
HUACHO
2018**



DEDICATORIA

A Dios

A mi madre Edith

A mi familia.

Robert William Ocrosopoma Dueñas

AGRADECIMIENTO

Al divino creador que ilumina mis pasos, a mi madre Edith por su apoyo incondicional y a todos aquellos personas que de una u otra forma colaboraron o participaron en la realización de esta investigación



ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema	1
1.2.1 Problema general	1
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Objetivos de la investigación	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Justificación de la investigación	2
1.5 Delimitaciones del estudio	3
1.6 Viabilidad del estudio	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes de la investigación	4
2.1.1 Investigaciones internacionales	4
2.1.2 Investigaciones nacionales	5
2.2 Bases teóricas	7
2.3 Definición de términos básicos	25
2.4 Hipótesis de investigación	26
2.4.1 Hipótesis general	26
2.4.2 Hipótesis específicas	26
2.5 Operacionalización de las variables	27
CAPÍTULO III	29
METODOLOGÍA	29
3.1 Diseño metodológico	29
3.1.6. Análisis físico-químico, microbiológico y organoléptico de la materia prima y producto terminado.	37
3.1.6.1. Análisis Microbiológico.	39

3.1.7. Rendimiento	39
3.1.8. Determinación del tiempo de vida útil.	39
3.1.9. Diseño estadístico.	42
3.2 Población y muestra	42
3.2.1 Población	43
3.2.2 Muestra	43
3.3 Técnicas de recolección de datos	43
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información	43
CAPÍTULO IV	44
RESULTADOS	44
4.1 Análisis de resultados	44
4.1.2. Efecto de mezcla de cascara de papa, leche descremada y crema de leche sobre el overrun del helado de vainilla	51
4.1.3. Efecto de mezcla de cascara de papa, leche descremada y crema de leche sobre la viscosidad aparente del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa	56
CAPÍTULO V	68
DISCUSIÓN	68
5.1 Discusión de resultados	68
CAPÍTULO VI	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
6.1 Conclusiones	72
6.2 Recomendaciones	72
REFERENCIAS	73
7.2 Fuentes bibliográficas	73
ANEXOS	75

INDICE DE TABLA

Tabla 1:	
Valores nutricionales de la papa (100 g)	17
Tabla 2	
Composición de los residuos de cascara de papa	23
Tabla 3	
Análisis químico proximal en 100 g de muestra de cáscara de papa	24
Tabla 4	
Análisis químico proximal en 100 g de muestra de harina de cáscara papa	25
Tabla 5	
Diseño simplex reticular (3,2) con centroide ampliado.	33
Tabla 6	
Transformación de pseudocomponentes a componentes	36
Tabla 7	
Fórmula base para elaboración del helado	37
Tabla 8	
Media para la consistencia sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa	44
Tabla 9	
Prueba de Friedman, para la evaluación sensorial de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa	45
Tabla 10	
Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Nemenyi / Prueba bilateral, para la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	46
Tabla 11	
Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa	47
Tabla 12	
Análisis de varianza del modelo para la variable respuesta aceptación sensorial	47
Tabla 13	
Estadísticas de ajuste del modelo lineal para la variable respuesta aceptación sensorial	48

Tabla 14	
Coefficientes de regresión del modelo lineal aplicado a la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	48
Tabla 15	
Overrun de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	51
Tabla 16	
Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta overrun de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	52
Tabla 17	
Análisis de varianza del modelo para la variable respuesta overrun de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	52
Tabla 18	
Estadísticas de ajuste del modelo lineal para la variable respuesta overrun del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	53
Tabla 19	
Coefficientes de regresión del modelo cuadrático aplicado a overrun del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	53
Tabla 20	
Viscosidad aparente de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	56
Tabla 21	
Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable Viscosidad aparente de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	57
Tabla 22	
Análisis de varianza del modelo para la variable respuesta Viscosidad aparente	59
Tabla 23	
Estadísticas de ajuste del modelo lineal para la variable respuesta Viscosidad aparente.	59
Tabla 24	
Coefficientes de regresión del modelo lineal aplicado al helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	60
Tabla 25	
Valores asignados a las variables respuesta para la determinación de la zona de formulación factible.	62

Tabla 26

Estadístico de fechas indica cuantos evaluadores aprobaron hasta el último día de la evaluación de la muestra a -18°C . 64

Tabla 27

Coefficiente de Regresión para el tratamiento de 25°C . 65

Tabla 28

Cuartiles a -18°C 67



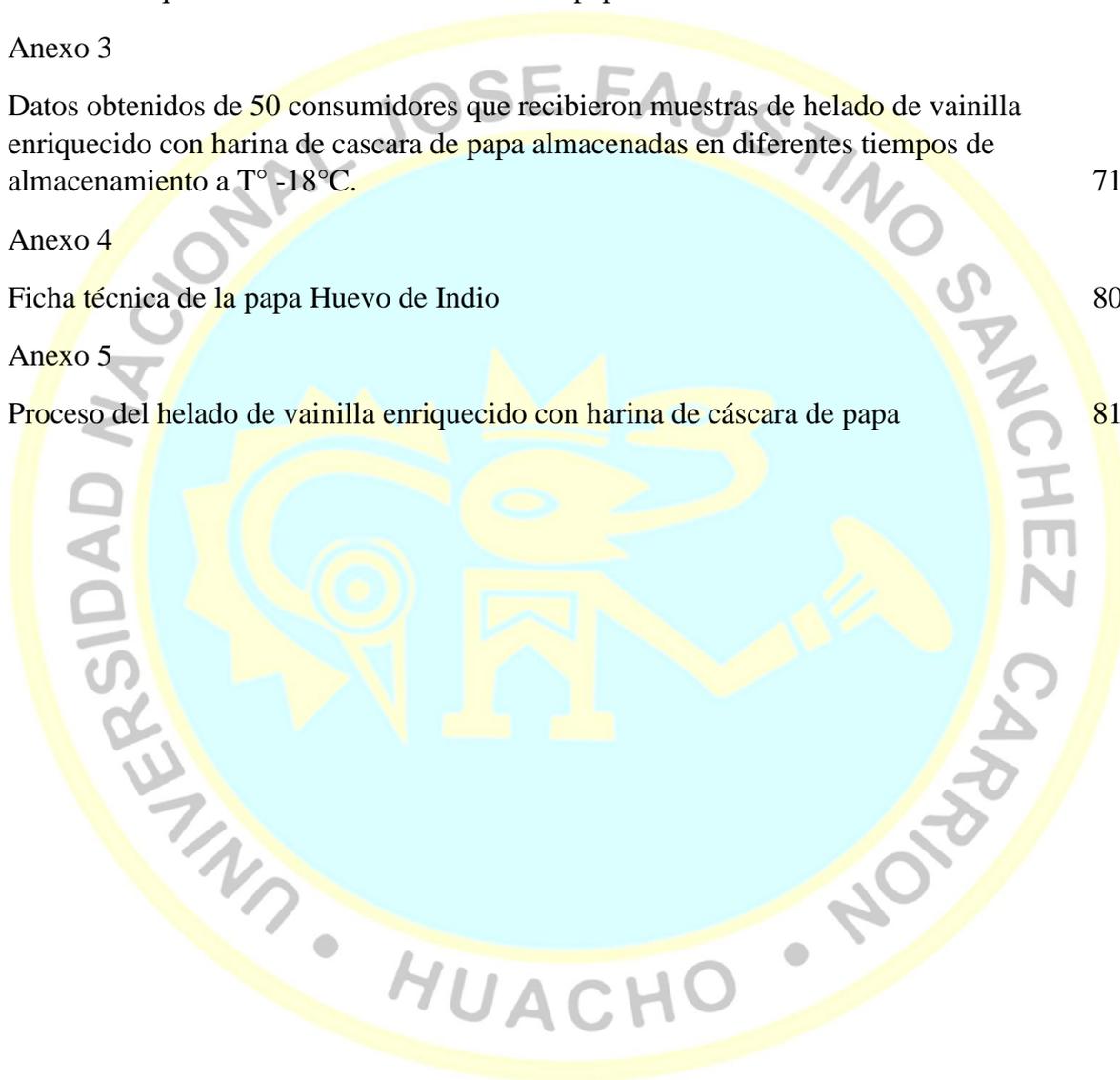
INDICE DE FIGURAS

Figura 1	
Elaboración de harina de cáscara de papa	30
Figura 2	
Diseño símplex reticular (3,2) con centroide ampliado	32
Figura 3	
Grafico del diseño simplex con centroide ampliado para la mezcla de helado de vainilla enriquecido con pasta de cascara de papa con los nuevos componentes	35
Figura 4	
Esquema experimental de aceptabilidad general de Helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa durante el almacenaje	40
Figura 5	
Evaluación de la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	45
Figura 6	
Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas para la aceptabilidad sensorial, respecto a los componentes.	46
Figura 7	
Representación gráfica de contornos (a) para la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	50
Figura 8	
Representación gráfica de superficie de respuesta para la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	51
Figura 9	
Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas para el % de overrun, respecto a los componentes.	52
Figura 10	
Representación de la gráfica de contornos para el overrun del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	55
Figura 11	
Representación de la gráfica de superficie de respuesta para el helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	56

Figura 12	
Representación de la gráfica de contornos para la Viscosidad aparente de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	57
Figura 13	
Representación de la gráfica de superficie de respuesta para la Viscosidad aparente de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.	58
Figura 14	
Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas para la viscosidad, respecto a los componentes.	61
Figura 15	
Superposición de gráficas de contornos de las variables respuesta: Aceptación sensorial, overrun y viscosidad aparente.	62
Figura 16	
Grafica de Preferencias (Aceptabilidad) para la muestra a -18°C .	65
Figura 17	
Función de distribución de preferencias (Aceptación) a -18°C	66
Figura 18	
Función de riesgo (Rechazo) a -18°C	66

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	
Evaluación sensorial (consistencia sensorial) de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa	69
Anexo 2	
Formato de evaluación para determinar la vida útil sensorial de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa	70
Anexo 3	
Datos obtenidos de 50 consumidores que recibieron muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa almacenadas en diferentes tiempos de almacenamiento a T° -18°C.	71
Anexo 4	
Ficha técnica de la papa Huevo de Indio	80
Anexo 5	
Proceso del helado de vainilla enriquecido con harina de cáscara de papa	81



RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue diseñar y evaluar la formulación de un helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa como complemento alimenticio. **Método:** se desarrollo un diseño de mezclas denominado diseño simplex reticular (3,2) con centroide ampliado obteniéndose un total de 10 tratamientos, la restricciones para cada componente se establecieron de la siguiente manera del 1 al 4% de harina de cascara de papa, leche descremada de 8 a 11%, su variable de respuestas fueron: Aceptación sensorial, overrum y textura. **Resultados:** La muestra T8 es la que tiene la mayor aceptación sensorial sobre los demás helados de vainilla enriquecidos con harina de cascara de papa. Los tratamientos T1, T4 y T7 son los que presentan la menor % de overrum, estas podrían deberse a que estos tratamientos son los que tienen mayor cantidad de harina de papa y menor cantidad de leche en polvo descremada, el cual influye en la capacidad de retención de agua. Además se aprecia que la incorporación de mayor concentración de crema de leche aumento significativamente en el % de overrum en el helado. **Conclusiones:** a. Los parámetros óptimos del proceso de elaboración del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa fueron: Pasteurizado a 80°C por 10 minutos, en la mezcla base el % de harina de cascara de papa está en 2,27 %, crema de leche en 11,41% , 8,32% de leche descremada en polvo, 15% azúcar estabilizante 0,3%, el congelado a -10 °C por 15 minutos, endurecimiento a -20°C y almacenado a temperatura de -18°C

Palabras clave: Helado, harina de cascara de papa, overrum,

ABSTRACT

The objective of the present work was to design and evaluate the formulation of a vanilla ice cream enriched with potato skin meal as a food supplement. Method: a mix design was developed called simplex reticular design (3,2) with expanded centroid obtaining a total of 10 treatments, the restrictions for each component were established in the following way from 1 to 4% of potato peel flour, skim milk from 8 to 11%, its variable of responses were: Sensory acceptance, overrum and texture. Results: The T8 sample is the one with the highest sensory acceptance over the other vanilla ice cream enriched with potato peel meal. The T1, T4 and T7 treatments are the ones with the lowest% of overrum, these could be due to the fact that these treatments are those that have greater amount of potato flour and less amount of skimmed milk powder, which influences the capacity of water retention. Also it is appreciated that the incorporation Higher concentration of milk cream increased significantly in the% of overrum in the ice cream. Conclusions: a. The optimal parameters of the process of making the vanilla ice cream enriched with potato peel flour were: Pasteurized at 80 ° C for 10 minutes, in the base mixture the% of potato peel flour is in 2.27%, cream milk in 11.41%, 8.32% of skimmed milk powder, 15% stabilizing sugar 0.3%, frozen at -10 ° C for 15 minutes, hardening at -20 ° C and stored at a temperature of -18 ° C

Keywords: Ice cream, potato peel flour, overrum

INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales generan residuos que no están siendo manejados óptimamente en su mayoría. Este trabajo de investigación busca aprovecharlos dándoles valor agregado, incrementando así las utilidades para la empresa y reduciendo la contaminación ambiental.

Se busca conseguir el aprovechamiento de subproductos generados en el proceso de muchas empresas. Dentro de estos subproductos se encuentra la cáscara de papa que se obtiene como residuo en la producción y transformación de la papa. Actualmente se desechan toneladas diarias de cáscara de papa, que corresponde aproximadamente al 11% del total de la materia prima utilizada en el día de las diferentes empresas procesadoras de papas.

Como consecuencia, el proyecto presentado en este documento se dirige hacia el aprovechamiento de la cáscara de papa como agente enriquecedor en la producción de helados avocándose en primera instancia a los helados de vainilla. El proceso de transformación estudiado fue la producción de esta cáscara en una harina homogénea que permita alcanzar los estándares de calidad requeridos para su utilización en el helado de vainilla, imprimiendo un valor nutricional al producto.

Son los productos alimenticios llevados al estado sólido o pastoso por medio de la congelación, elaborados con dos o más de los ingredientes siguientes: Leche o productos lácteos en sus diferentes formas, grasa de leche, grasas vegetales deodorizadas; edulcorantes permitidos, huevos, agua, jugos y pulpa de frutas, frutas, chocolate, nueces y/o productos similares, aditivos permitidos y otros. NTP -ITINTEC 202.057.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Los procesos en la industria alimentaria generan residuos que no están siendo manejados óptimamente en su mayoría. Este trabajo de investigación busca aprovecharlos dándoles valor agregado a un alimento que agrada a la gran mayoría.

Se busca conseguir el aprovechamiento de subproductos generados en el proceso de muchas empresas. Dentro de estos subproductos se encuentra la cáscara de papa que se obtiene como residuo en la producción y transformación de la papa. Actualmente se desechan toneladas diarias de cáscara de papa, que corresponde aproximadamente al 11% del total de la materia prima utilizada en el día de las diferentes empresas procesadoras de papas.

Como consecuencia, el proyecto presentado en este documento se dirige hacia el aprovechamiento de la cáscara de papa como agente enriquecedor en la producción de helados avocándose en primera instancia a los helados de vainilla. El proceso de transformación estudiado fue la producción de esta cascara en una pasta homogénea que permita alcanzar los estándares de calidad requeridos para su utilización en el helado de vainilla, imprimiendo un valor nutricional al producto.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Será factible diseñar y evaluar la formulación de un helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa como complemento alimenticio?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuáles serán los parámetros óptimos en la formulación de un helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa como complemento alimenticio”?
- b. ¿Cuáles serán las características sensorial y microbiológica que tendrá el helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa como complemento alimenticio?
- c. ¿Cómo determinar y evaluar la vida útil de un helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa como complemento alimenticio?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y evaluar la formulación de un helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa como complemento alimenticio

1.3.2 Objetivos específicos

- a. Determinar los parámetros óptimos en el desarrollo de un helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.
- b. Evaluar la característica sensorial y microbiológica que tendrá el helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.
- c. Determinar y evaluar la vida útil del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

1.4 Justificación de la investigación

Actualmente la industria heladera ha revolucionado el mercado heladero nacional, es así que el denominado helado artesanal de Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, cada vez cobra más fuerza. La UNJFSC no cuenta realmente con una fábrica de helados 100% industrializada que cubra los estándares de calidad a nivel nacional y en un futuro internacional, ya que carece de tecnología necesaria para producir helados en grandes cantidades y cubrir el nicho de mercado heladero.

Por esta razón surge la idea de elaborar helados enriquecida con una pasta de cascara de papa, para estudiar y contar con estrategias necesarias para la aplicación de dicho proyecto, el cual nos llevará a la apertura de la fábrica de helados.

Lo que buscamos en sí con el proyecto es una repuesta de aceptación, para resolver una necesidad utilizando un conjunto de recursos disponibles, un estudio como estos asegura la utilización de un subproducto como insumo para otra industria, dándole un valor agregado, y permitiendo que se disminuyan los desechos en los procesos incrementando así las ganancias para la empresa y reduciendo la contaminación industrial.

1.5 Delimitaciones del estudio

a. Delimitación Espacial:

El estudio se realizó en el comedor de la universidad con el helado de vainilla enriquecido con cascara de papa.

b. Delimitación Social:

Se considero a los alumnos de la UNJFSC como los jueces para la evaluación del helado de vainilla enriquecido con harina de cascar de papa.

1.6 Viabilidad del estudio

El proyecto de investigación es viable porque está de acuerdo con las delimitaciones del estudio y además contará con presupuesto del Tesista.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

García & Posada (2000), se dirigieron a buscar el aprovechamiento de la cáscara de papa como insumo de la industria de alimentos balanceados para animales. El proceso de transformación estudiado fue la deshidratación por medio del secado que permite alcanzar los estándares requeridos para su utilización, imprimiendo un valor agregado al producto. Un estudio como estos asegura la utilización de un subproducto como insumo para otra industria, dándole un valor agregado, y permitiendo que se disminuyan los desechos en los procesos reduciendo la contaminación industrial. García Quintana, santias (2000) (MarcadorDePosición1)

Ulcuango (2007), evaluó la mezcla de ingredientes funcionales (estabilizante y crema de leche) en la elaboración de helados de crema tipo paleta, con sus respectivos tiempos de batido, utilizando además técnicas no de tipo industrial pero si semi industrial, con la ayuda de un equipo de enfriamiento rápido construido para el efecto el cual se encuentra funcionando en los laboratorios de la facultad. La función principal de este equipo es congelar en cuestión de minutos los helados tipo paleta, sumergidos en una salmuera de CaCL₂ en moldes de acero inoxidable; con esto optimizamos especialmente en el tiempo que tarda el mix en congelarse, con la utilización de un congelador normal. Para la fase experimental, se planteó un diseño de bloques completos al azar conformado por: dos porcentajes de estabilizante (0,3 y 0,4 %), dos porcentajes de crema (10 y 20 %) y dos tiempos de batido (5 y 10 minutos). Llegando a establecer que el uso de los ingredientes funcionales (estabilizante y crema de leche) influye directamente en la calidad del helado de crema, no así los tiempos de batido. En cuanto a la aceptabilidad general el mejor tratamiento

fue el T8 (0,4 % de estabilizante, 20 % de crema y 10 minutos de batido), el cual se ubica también como uno de los mejores tratamientos en cuanto al porcentaje de overrun (incorporación de aire).

Maldonado & Merino (2015), en su tesis titulada “Utilización de la Cáscara de Papa (*Solanum tuberosum*) como Antioxidante Natural en la Elaboración de Hamburguesas de Res Pre-Fritas y Congeladas”, indican que la cáscara de papa es un desecho de gran volumen en las industrias de alimentos. Como una forma de aprovechamiento se investigó su uso como antioxidante natural en hamburguesas de res pre-fritas y congeladas, por ser una fuerte importante de compuestos fenólicos. El extracto de la cáscara tuvo un contenido de polifenoles de 348,77 mg ácido gálico/100 g de cáscara cuando se utilizó metanol como solvente. Se realizó usando un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 52, correspondiente a la combinación de concentración de antioxidantes (factor A) y tiempo de almacenamiento (factor B). Se añadieron diferentes concentraciones de antioxidante natural (0 ppm, 1600 ppm, 2400 ppm, 4800 ppm) y antioxidante sintético (500 ppm de eritorbato de sodio) evaluándose el índice de peróxidos, porcentaje de ácidos grasos libres y ácido tiobarbitúrico (TBA) durante 4 semanas en intervalos de 7 días. Las hamburguesas sin antioxidante y con 1600 ppm de extracto alcanzaron los valores más altos de oxidación. El tratamiento con 4800 ppm tuvo mejor efecto inhibitorio que el antioxidante sintético utilizado en la industria cárnica, alargando la vida útil del producto. (Maldonado & Merino, 2015)

2.1.2 Investigaciones nacionales

Rodríguez (2014) evaluó el efecto de la sustitución de harina de trigo (15, 25 y 35%) por una proporción de la mezcla de harina de cáscara de papa:harina de papa (*Solanum tuberosum* pps) (30:70, 50:50 y 70:30) sobre el color, textura, contenido de fibra cruda y aceptabilidad general en galletas dulces. Los resultados obtenidos con respecto al color mostraron que a mayor porcentaje de cáscara de papa, el color marrón de las galletas va acentuándose. La muestra S2P1, escogida como la mejor, tuvo un valor L de 57.78, valor a* de -0.35 y valor b* de 22.40. En cuanto a textura, se escogió una la muestra S2P1, debido a que, dentro del grupo que mostró una fuerza media (25% de sustitución) es la más débil, la fuerza del punto de quiebre que presentó fue de 10.53 N. Respecto a la fibra cruda, se observaron valores promedios dispersos. Por lo cual se escogió la muestra idónea

basándonos en la aceptabilidad general. La muestra escogida, S2P1, tuvo un 3.49% de contenido de fibra. En cuanto a la aceptabilidad general, las galletas se evaluaron con 30 panelistas no entrenados, utilizando una escala hedónica de nueve puntos; se aplicó la prueba de Friedman indicando que entre los nueve tratamientos existieron diferencias significativas, el rango promedio más alto (6.58) obtenido fue el correspondiente al tratamiento S1P1 (15% de sustitución, 30:70 proporción de harina de cáscara de papa : harina de papa) ; seguidamente se aplicó la prueba de Wilcoxon, determinándose que el tratamiento S1P1 es estadísticamente igual al tratamiento S2P1 (25% de sustitución, 30:70 proporción de harina de cáscara de papa: harina de papa). Por lo tanto se escogió la muestra S2P1 por contener un mayor porcentaje de harina de cáscara de papa como la muestra idónea.

Vargas (2015) tuvo como objetivo obtener, caracterizar y modificar, químicamente por acetilación, el almidón de una variedad comercial de papa, var. Única, y probar su aplicación para la elaboración de un helado soft de características similares a uno comercial, empleándose como insumo sustituto parcial de sólidos lácteos no grasos (SLNG), estabilizante y espesante. La extracción se realizó con agua y la modificación química se realizó por acetilación mediante anhídrido acético a diferentes niveles (% v/w de almidón). Se caracterizó el almidón nativo y almidón modificado: composición proximal, claridad en gel, viscosidad aparente y estabilidad al congelamiento, asimismo se midió el porcentaje de grupos acetilos (GA). El rendimiento de extracción fue 16,5 por ciento y la viscosidad aparente del almidón nativo de papa fue 25000,1 cP. Asimismo, se seleccionó el almidón modificado con 15 por ciento de acetilación para su aplicación en un helado soft por sus características funcionales. Para esta aplicación, se usó el diseño de mezclas simplex lattice, encontrando una mezcla de estabilizantes óptima de proporciones de 0,2375 de carboximetilcelulosa (0,08 por ciento de la mezcla base de helado) y 0,7625 por ciento de almidón modificado (2,28 por ciento de la mezcla base de helado) reemplazando el 2,28 por ciento de SLNG, este helado tuvo una aceptabilidad del 98 por ciento entre 96 consumidores, además los resultados de densidad de mezcla base de helado, densidad del helado, viscosidad aparente, overrun, estabilidad de emulsión, constantes reológicas de la mezcla base de helado, fueron similares a los reportados por diferentes autores.

Isique & Sinc (2017), en su tesis titulada “Influencia de la hidrólisis química en las características fisicoquímicas y funcionales de los residuos industriales de papa, camote y yuca”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial en la Universidad

Nacional del Santa, en donde el objetivo del presente trabajo fue determinar las características físico químicas y funcionales de las harinas obtenidas de los residuos industriales de papa, camote y yuca, y determinar la influencia de la hidrólisis química sobre las mencionadas características. Se determinaron las óptimas condiciones de operación del proceso de hidrólisis, al evaluar la concentración de azúcares reductores a un nivel de significancia de 0,95, que fueron a una temperatura de 90°C, concentración de ácido sulfúrico de 5% y tiempo de 4 horas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Helado

Según Mosquera (2011) y la NTP 202.057:2006 (revisada el 2013) (2013) citado por Angulo Cellestino (2016) Indica que el helado es un producto batido refrescante de distintos sabores, constituido por burbujas de aire limitadas por películas de una mezcla de proteínas, azúcares, sales y otros componentes, disueltos o no. También contiene glóbulos de grasa emulsionada y cristales de hielo. Son los productos alimenticios llevados al estado sólido o pastoso por medio de la congelación, elaborados con dos o más de los ingredientes siguientes: leche o productos lácteos en sus diferentes formas, grasa de leche, grasas vegetales deodorizadas; edulcorantes permitidos, huevos, agua, jugos y pulpa de frutas, frutas, chocolate, nueces y/o productos similares, aditivos permitidos y otros. (Angulo Cellestino, 2016)

El Codex Alimentarius (1997) citado por Alzamora Pinao, (2018), define a los helados comestibles como los productos edulcorados obtenidos a partir de una emulsión de grasa y proteínas, con la adición de otros ingredientes y sustancias, o bien a partir de una mezcla de agua, azúcares y otros ingredientes y sustancias, que han sido tratados por congelación, y que se destinan al almacenamiento, venta y consumo humano en estado de congelación o congelación parcial

El helado se dice que es “visto técnicamente un producto batido constituido por burbujas de aire, que están limitadas por películas de una mezcla de proteínas, azúcares,

sales y otros componentes disueltos. También contiene glóbulos de grasa emulsionada y cristales de hielo”(Isique Huaroma, 2014).

2.2.1.1. Clasificación del helado

Según la NTP 202.057 (INDECOPI, 2013) citado por Alzamora Pinao, (2018), clasifica los helados en:

- a. **Helados de crema:** Aquellos que tienen un alto contenido de grasa comestible y un contenido de sólidos lácteos no grasos de 6 por ciento.

Contiene en masa como mínimo:

- 8% de materia grasa exclusivamente de origen lácteo.
- 2.5% mínimo de proteínas, exclusivamente de origen lácteo
- 29% como mínimo de Extracto seco total
- Espesantes, estabilizantes y emulgentes: en total 1 por ciento, como máximo.

- b. **Helados de leche:** aquellos en que predomina el contenido de sólidos lácteos, sin considerar los azúcares.

Contiene en masa como mínimo:

- 2.2% mínimo de materia grasa, exclusivamente de origen lácteo.
- 23% mínimo de extracto seco total lácteo

- c. **Sorbetes:** aquellos que tienen en su composición sólidos lácteos y cuyo contenido de grasa vegetal o grasa de leche, sólidos no Grasos y sólidos totales es inferior al del helado de leche.

Contiene en masa como mínimo:

- 15% de frutas.
- 20% mínimo de extracto seco total

- d. **Helado de agua:** aquellos elaborados con agua potable, azúcar, esencias autorizadas o jugos de frutas y en algunos casos, glucosa y espesantes.

Contiene en masa como mínimo:

- 12% de extracto seco total

2.2.1.2. Composición de los helados:

Según Ríos (1998) citado por Choquemamani yana & Bustinza Zavaleta (2011), menciona que para la elaboración de helados se utilizan los siguientes insumos:

- a. **Agua:** Debe estar hervida, puede proceder de la misma leche, si se usa leche líquida.
- b. **Grasa:** Confiere mayor sabor y textura al helado y facilita el batido, debe estar en equilibrio con los sólidos de la leche descremada. Es decir, usar crema fresca. Otras fuentes de grasa pueden ser la mantequilla, grasa Láctea anhidra y grasa vegetal.
- c. **Azúcar:** La cantidad de azúcar utilizada influye sobre la disminución del punto de congelación, la suavidad del producto y la resistencia a la descongelación. También influye en la sensación de derretimiento y suavidad del helado. Las fuentes más comunes son el azúcar de caña (sacarosa), la melaza, la miel (azúcar invertida: glucosa y fructuosa), glucosa (dextrosa), azúcar de maíz, dextrina, etc.
- d. **Estabilizante:** Produce suavidad, mejora la textura, reduce la formación de cristales de hielo y da al producto uniformidad resistencia a la descongelación. En combinación con el agua, incrementa la viscosidad de la mezcla. Se usa para evitar la separación del azúcar y para que el producto no se desmorone. Los más comunes son la gelatina, carboxil metil celulosa (CMC), pectina, goma arábica y otros.
- e. **Emulsificantes:** Son sustancias que permiten la emulsión de líquidos que normalmente no se mezclan. Son mono o di glicéridos, y hacen que la contextura del helado sea más suave y su apariencia más seca. Además aumenta el nivel de aireación.
- f. **Aire (overrun):** Se introduce mediante el batido y es un ingrediente necesario, porque sin aire, el helado sería demasiado denso, duro y frío. El aumento del volumen del helado efectuado durante el batido en frío (-12°C) se conoce como OVERRUM. El aumento está referido al volumen de la mezcla que ingresa a la máquina antes de ser batida. El rango de overrun suele ser mayor en los helados cremosos que en los de fruta, muchas veces representa el margen de ganancia del producto. Si el overrun es alto la ganancia será mayor, pero se corre el riesgo de que el helado no tenga una buena conservación; en cambio si es bajo el helado será duro y demasiado compacto, lo que reducirá considerablemente el margen de utilidad.

2.2.1.3. Defectos en los helados

Fraser (1996) citado por Alzamora Pinao (2018), indica que al referirse a la calidad de un producto se debe tener en cuenta la calidad física, química y microbiológica. Teniendo estas consideraciones para el caso de helados es posible clasificar los defectos de la siguiente manera:

a. Defectos del sabor

- **Sabor a cocido:** cuando el tratamiento térmico durante el procesamiento es demasiado alto, en cuanto a tiempo y temperatura, se producen compuestos sulfidrilos a partir de las proteínas de la leche. La solución es mantener las condiciones de tratamiento térmico y no utilizar ingredientes recalentados.
- **Sabor ácido:** debido a que la leche utilizada ha desarrollado acidez por las malas condiciones de procesamiento o almacenamiento a temperaturas excesivamente elevadas, por ejemplo utilizar leche descremada con 0.19 por ciento de ácido láctico ya es posible que el defecto se desarrolle. Realizar un cuidadoso control de calidad de materias primas, respetar las condiciones de procesamiento y congelar rápidamente la mezcla son acciones que puede evitar este defecto.
- **Sabor rancio:** la rancidez es originada por la acción de la enzima lipasa sobre la grasa, dando lugar a la formación de compuestos desagradables. La lipasa está presente en la leche cruda y también puede producirse por microorganismos que contaminan el producto. Este defecto puede presentarse cuando la mezcla es mantenida por largo tiempo en almacenamiento antes de someterla a congelación.
- **Sabor a sebo o cartón:** es otro defecto de la grasa causado por cambios químicos que originan dichos sabores, estos cambios pueden ocurrir en aquellas grasas almacenadas durante largo tiempo o que han sido contaminadas con cobre o hierro, aun en pequeñas cantidades. La prevención del defecto se logra mediante un buen manejo de stock de la grasa y su almacenamiento apropiado.
- **Helado desabrido:** puede ocurrir a consecuencia del almacenamiento del helado por largo tiempo en cámaras de frías. Si el helado queda expuesto al ambiente en la cámara fría, puede sufrir un cierto grado de deshidratación en la superficie, dándole una textura cerosa y acartonada.
- **Sabor extraño:** todos los productos lácteos, incluyendo los helados, absorben rápidamente los sabores y aromas de sustancias colocadas cerca de ellos, como los

aromas de aceite, petróleo, parafina y pinturas. De la misma forma, productos químicos como detergentes, productos de limpieza, pueden tomar contacto con los helados cuando los equipos y utensilios no son adecuadamente enjuagados.

b. Defectos de la textura

- **Textura áspera o icy:** producido por la presencia de cristales de hielo debido a un congelamiento lento, congelamiento insuficiente, a que la temperatura del helado durante la cadena de frío es fluctuante ocasionando shock térmico, a una mezcla del helado con bajo contenido de sólidos totales y exceso de agua, a la adición de estabilizante en cantidad insuficiente o si al utilizar gelatina no se respeta el tiempo de maduración de la mezcla y no se desarrolla la estructura del gel.
- **Textura escamosa o nevosa:** debido a que la cantidad de aire que se ha incorporado a la mezcla es demasiado elevada por lo que se producen grandes células de aire y que la mezcla tiene un bajo contenido de sólidos.
- **Textura arenosa:** defecto causado por la presencia de pequeños y duros cristales de lactosa que no se disuelven con facilidad, debido al alto contenido de sólidos no grasos en un helado almacenado durante varios días. La utilización de sólidos de suero puede, también causar este defecto, ya que este ingrediente contiene alta proporción de lactosa a diferencia de otros sólidos de leche.
- **Textura de mantequilla:** cuando la mezcla ha sido congelada lentamente, mal homogenizada o contenga una cantidad insuficiente de emulsificante.

c. Defectos de cuerpo

- **Helado pesado:** con una apariencia húmeda y mucho más frío, debido a un *overrun* demasiado bajo, exceso de azúcar, estabilizante o sólidos.
- **Helado liviano, blando y esponjoso:** apariencia aguada y de fácil derretimiento, debido a un exceso de *overrun* y a un bajo contenido de sólidos totales.
- **Helado débil y acuoso:** debido al bajo contenido de sólidos totales, poco estabilizante o a que la crema fue extraída del congelador sin estar suficientemente congelada.
- **Helado gomoso:** no se derrite con facilidad y es pegajoso, debido al exceso de estabilizante que genera una estructura de gel muy consistente.

- **Helado desmenuzable:** cuando no se sostiene al ser servido, debido a la poca cantidad de estabilizante, azúcares y sólidos totales y demasiado *overrun*.
- **Helado de cuerpo seco:** debido al exceso de emulsificante y a una presión de homogenización muy alta.

Helado arenoso: este defecto se presenta cuando los cristales son demasiado grandes y numerosos, para evitarlo debe mantenerse una relación entre lactosa y agua, en la mezcla, no superior al 0.104. La lactosa alcanza un poco más del 50 por ciento de los sólidos en la leche descremada, tiene mala solubilidad y por tal razón la tendencia a formar cristales cuando la concentración es alta.

- **Derretimiento espumoso:** el helado debe derretirse enteramente hasta producir un líquido de apariencia similar a la mezcla de la cual fue hecho. Si en lugar de lo señalado se forma una espuma, puede ser debido a la presencia de células de aire muy grandes en el helado, no se utilizó suficiente estabilizante en la mezcla o la viscosidad de la misma era muy baja.
- **Muy alta resistencia al derretimiento:** debido a la adición excesiva de estabilizante, provocando una estructura semi-gel, cuando los sólidos totales están dentro del estándar, pero el *overrun* es muy alto o una crema con grasa parcialmente batida establece una estructura alrededor de las células de aire y así dificulta el derretimiento.
- **Derretimiento con aspecto de cuajada:** la "salida de suero" se origina por la desestabilización de las proteínas de la leche por el uso de algunos estabilizantes en base de CMC o goma guar.

d. Defectos de color y apariencia

Algunos defectos pueden aparecer, los colorantes son ácidos, alcalinos y algunos de ellos pueden causar manchas en el helado. Si el helado es mantenido en una cámara fría por un tiempo muy prolongado, la superficie podrá secarse con lo cual la parte externa se presenta más oscura o más clara que el resto.

e. Defectos por encogimiento

Es un defecto que puede ocurrir en un helado almacenado a temperatura adecuada que se caracteriza porque el producto pierde volumen e incluso forma. Para evitar este

defecto, es fundamental que la temperatura de almacenamiento se mantenga sin variación y que el helado no sea sometido a *shock* térmico.

Cualquier factor que resulte en desestabilización de la proteína puede causar encogimiento, como el exceso de sólidos no grasos de leche que provoque una contracción de las membranas de las células de aire o la acción proteolítica ocasionada por bacterias o enzimas. El exceso de aire puede favorecer el encogimiento en el helado y su velocidad aumenta con el *overrun*, es decir, a mayor *overrun* mayor probabilidad de encogimiento.

f. Cristalización

Los principales defectos identificados por los consumidores de helados están asociados a procesos de cristalización en diferentes etapas, tanto del proceso productivo como en la distribución y venta del producto terminado.

Cristalización se refiere a la extracción de un soluto, como la sal, de una solución por precipitación de dicho soluto. La cristalización también es un proceso de separación sólido-líquido en el que hay transferencia de masa de un soluto de la solución líquida a una fase cristalina sólida pura. Un ejemplo importante es la producción de sacarosa de azúcar de remolacha, donde la sacarosa se cristaliza de una solución acuosa. (Geankoplis, 1998)

Esta agua se encuentra en los tejidos animales y vegetales en dos formas diferentes:

- Agua estrechamente ligada a las estructuras moleculares, agua combinada que puede difícilmente separarse de las estructuras con las que se halla ligada (agua intracelular);
- Agua libre, que puede extraerse fácilmente del producto (agua extracelular).

Si durante un proceso de congelación lento se supera, aun ligeramente, el punto crioscópico, se forman en el agua libre unos núcleos de cristalización alrededor de los que se solidificarán primero el agua libre y, luego, el agua ligada.

Durante la congelación lenta la cristalización se realiza en una primera fase sobre todo en ámbito extracelular; en la segunda fase, se observa un aumento de los cristales debido a la difusión de agua desde el interior de las células hacia los núcleos cristalinos que ya se han formado.

Las células sufren una progresiva deshidratación a la que se asocia, consiguientemente, una concentración de solutos y una elevación del punto de congelación.

Por último, cuando alcanzan dimensiones notables, los macro cristales ejercen una presión sobre las fibras y las membranas celulares hasta lacerarlas.

Durante el proceso de descongelación el agua que se ha liberado del hielo no es nuevamente absorbida por las células y los intersticios celulares, por lo que se tendrán las pérdidas de sustancias nutritivas y las variaciones negativas de los caracteres organolépticos que tan frecuentemente se encuentran en los productos congelados.

Cuanto más rápido sea el proceso descrito y cuanto más baja sea la temperatura del producto al final del tratamiento, menores serán las dimensiones de los cristales de hielo que irán formándose y menores serán las variaciones organolépticas (aspecto, sabor, color, consistencia, etc.) en el producto en la fase de descongelación.

2.2.2. La Papa (*Solanum tuberosum*)

Borba (2008) menciona que la papa es un alimento de consumo básico, el cuarto de mayor ingesta en el mundo, que por sus características sensoriales, sabor y color neutro, puede ser parte de una alimentación saludable y variada. Cada unidad se encuentra conformada por tres partes principales: piel, cáscara y zona medular. Esta última se constituye fundamentalmente de tejido parenquimatoso, reservaría por excelencia de almidón, y por ende de energía, citado en Quispe (2014, pág. 19).

Isique & Valverde (2017). En el mundo existen 5000 variedades, en Perú se encuentran alrededor de 3000. La papa uno de los aportes del Perú al mundo, es hoy en día un producto que por su versatilidad se encuentra en las recetas de las más variadas cocinas a nivel mundial. Es el cuarto principal producto alimenticio en el mundo, después del trigo, el arroz y el maíz. Ha sido cultivada desde hace 8000 años en América del Sur y era alimento importante de los Incas quienes desarrollaron técnicas avanzadas para almacenarlas. Además, tiene una amplia gama de aplicaciones tanto industriales como domésticas, se guisa, se sancocha, se asa, se saltea, se fríe. Interviene en purés, en cremas, suflés, croquetas y tortillas.

2.2.2.1 Variedades de papa

En el mundo existen 5000 variedades de papa, de las cuales 3000 son netamente peruanas. Entre las más importantes podemos destacar.

- Papa canchan

- Papa tomasa
- Papa Amarilla
- Papa huayro
- Papa huamantanga
- Papa Negra
- Papa peruanita
- Papa tarmeña
- Papa perricholi
- Papa coctel
- Papa Huevo de Indio

Dentro de las papas generadas por el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) tenemos.

- Papa Ventura INIA 318
- Papa Roja Ayacuchana- INIA 316
- Papa Wankita-INIA 313
- Papa Pucalliclla-INIA 312
- Papa Pallay Poncho-INIA 311
- Papa Chucmarina-INIA 310
- Papa Serranita-INIA 309
- Papa Colparina-INIA 308
- Papa Puneñita

2.2.2.2 Taxonomía de la papa (*Solanum tuberosum*).

Reino : Plantae
 División : Magnoliophyta
 Clase : Magnoliopsida
 Subclase : Asteridae
 Orden : Solanales
 Familia : Solanaceae
 Género : Solanum
 Especie : *S. tuberosum*

2.2.2.3 Importancia nutricional de la papa

La papa es una buena fuente de energía y tiene una gran capacidad para combinarse con otros alimentos, lo que permite y da lugar a platos muy variados y apetitosos. Estos pueden resultar muy completos cuando se acompañan de legumbres o carnes para completar las proteínas necesarias para una alimentación adecuada. (FAO, 2010)

Tabla N° 1. Valores nutricionales de la papa (100 g)

Componente	Cantidad
Agua	74.5
Proteína	2.1
Grasa	0.1
Carbohidrato	22.3
Fibra	0.6
Ceniza	1.0

Fuente: Collazos (1993) citado por Quispe (2014)

2.2.2.4 Composición de la papa

Handbook (2012) menciona que en la papa se encuentran componentes nutritivos (energía, macro y micronutrientes) y componentes no nutritivos (agua, celulosa, hemicelulosa, pectina, glucoalcaloides, ácidos orgánicos, enzimas, entre otros minoritarios). Luego de su cosecha los tubérculos contienen en promedio 80% de agua y 20% de materia seca (60% de esta corresponde a almidón). La composición se puede modificar por factores tales como la variedad, la localidad donde se produce, el tipo de suelo, el clima y las condiciones de cultivo. Las enfermedades, las plagas, la duración de los ciclos productivos también afecta. De igual manera la composición se modifica con la preparación a nivel casero y con su procesamiento a nivel industrial, citado en Quispe (2014, pág. 20).

2.2.2.4.1 Componentes nutritivos

Handbook (2012) menciona que el aporte nutricional de los tubérculos está dado por el contenido de macro y micronutrientes y por la biodisponibilidad de los mismos citado en Quispe (2014, pág. 20)

a. Energía

Tradicionalmente se ha reconocido que los tubérculos cumplen un rol energético en la alimentación por cuanto su componente mayoritario en materia seca corresponde al almidón.

b. Carbohidratos

La papa es un alimento que contiene cantidades importantes de carbohidratos los cuales se encuentran mayoritariamente como almidón y un pequeño porcentaje como azúcares (sacarosa, fructosa, glucosa).

c. Proteína

La proteína de este alimento sobresale por un alto contenido de lisina y bajos contenidos de aminoácidos azufrados. El contenido de proteína de la papa, aunque inferior al aportado por alimentos de origen animal, es superior al aportado por la mayoría de los cereales, tubérculos y raíces.

d. Grasa

El contenido de grasa de las papas es muy bajo lo cual constituye una ventaja para individuos con restricciones de calorías y/o de grasas dietarias.

e. Vitaminas

Los tubérculos aunque contienen vitaminas, no son considerados alimentos fuente de estos nutrientes. Las vitaminas que se encuentran en el tubérculo son el ácido ascórbico, 81, 86 y niacina. Se concentran principalmente en la piel y en la cáscara.

f. Minerales

El contenido de minerales en el tubérculo depende directamente de la naturaleza del suelo donde es cultivado, por tal razón el contenido de minerales es variable. Sobresalen los altos aportes de potasio, fósforo y el bajo contenido de sodio.

2.2.2.4.2 Componentes no nutritivos: Handbook (2012) citado en Quispe (2014, pág. 22), nos da a conocer lo siguiente:

a. Fibra

En la cáscara o piel los tubérculos tienen pectina en forma de pectatos solubles de calcio que favorecen la adhesión a la médula, celulosa, lignina y hemicelulosas.

b. Enzimas

La papa contiene las siguientes enzimas endógenas: fosforilasas, polifenoloxidasas, lipooxigenasas.

c. Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos contribuyen con el pH característico del alimento: pH de 5.6-6.2. Los más representativos son el málico y el cítrico.

d. Flavonoides y antocianinas

Suzanne (2009) menciona que estos compuestos son objeto de investigación actual por cuanto son asociados como posibles antioxidantes de la dieta. Se han evidenciado algunos comportamientos antioxidantes en variedades cuya piel es de rojo violeta sanguíneo o la disminución de la glucosa en la sangre, o todo ello, citado en Quispe (2014, pág. 22).

2.2.2.5 Fibra dietética

Suzanne (2009) la fibra dietética es la parte comestible de las plantas o los hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano, con una fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye los polisacáridos, los oligosacáridos, la lignina y las sustancias vegetales asociadas. La fibra promueve efectos fisiológicos beneficiosos tales como la laxación, o la atenuación del colesterol sanguíneo o la disminución de la glucosa en la sangre, o todo ello citado en Quispe (2014, pág. 22).

2.2.2.5.1 Importancia de la fibra dietética

Burkitt (1975), menciona que en 1982 se postuló que la prevalencia de las enfermedades de corazón y de ciertos tipos de cáncer en las sociedades occidentales estaba relacionada con un consumo inadecuado de fibra dietética. Suzanne (2009) dice que desde entonces se han llevado a cabo muchas investigaciones para comprobar la

hipótesis de la fibra. Mientras que la investigación no siempre ha producido resultados consistentes, está claro que el consumo adecuado de la fibra dietética es importante para mantener una salud óptima. El consumo adecuado de fibra dietética procedente de una diversidad de alimentos ayudara a la prevención del cáncer del colon y, además, ayudara a normalizar los lípidos en la sangre, reduciendo de esta manera el riesgo de padecer una enfermedad cardiovascular. Ciertos tipos de fibra pueden retardar la absorción de la O-glucosa y reducir la secreción de insulina, lo cual es de gran importancia para los que son diabéticos y también, probablemente, para aquellos que no lo son. La fibra ayuda a prevenir el estreñimiento, sin embargo la fibra dietética no es una poción mágica que vaya a corregir o prevenir todas las enfermedades. Más bien, la fibra dietética es un componente esencial de una dieta bien equilibrada, que ayudara a minimizar algunos problemas de salud habituales. La dosis diaria para la fibra dietética ha sido establecida en 25 g por cada 2 000 kcal para promover una salud óptima citado en Quispe (2014, pág. 23).

2.2.2.5.2 Componentes principales de la fibra dietética

Suzanne (2009), los componentes principales de la fibra dietética natural son la celulosa, las hemicelulosas y otros polisacáridos vegetales distintos del almidón, tales como la pectina, y la lignina. En un producto alimentario, se incluyen las gomas o hidrocoloides añadidos, el almidón resistente y determinados oligosacáridos, tales como los derivados de la inulina que son los polisacáridos, porque también son indigestibles y proporcionan algunos de los beneficios fisiológicos de la fibra dietética citado en Quispe (2014, pág. 23).

2.2.2.5.2.1 Los polisacáridos de la pared celular de las plantas terrestres

➤ La celulosa

La celulosa es un polímero lineal formado por unidades β -D-glucopiranosilo. Algunas moléculas pueden contener 10.000 o más unidades glucosilo. El enlace de hidrogeno entre polímeros paralelos forma microfibrillas fuertes. Las microfibrillas de celulosa proporcionan la fuerza y la rigidez necesarias a las paredes celulares de las plantas. Suzanne (2009) citado en Quispe (2014, pág. 24).

➤ Las hemicelulosas

Las hemicelulosas son un grupo heterogéneo de polisacáridos, siendo la única similitud entre ellas su asociación con la celulosa en las paredes celulares. Las unidades 0-xilosa, D-manosa y O-galactosa y los ácidos urónicos están, a menudo, presentes como unidades de ramificación o en las cadenas laterales. Las hemicelulosas pueden ser solubles o insolubles en agua. Los tamaños moleculares y los grados de ramificación varían ampliamente. Suzanne (2009) citado en Quispe (2014, pág. 24).

➤ **Las pectinas**

La pectina se encuentra de forma natural en las frutas (manzanas, ciruelas, membrillos, cítricos) y verduras (zanahorias, papas). El uso principal de la pectina en la industria alimentaria es como agente gelificador/ espesante y estabilizador para alimentos como mermeladas, jaleas, dulces, productos lácteos y conservas. También se utiliza (además de las gomas) como sustituto de la grasa en productos con menos contenido de grasa (Suzanne, 2009). Suzanne (2009) citado en Quispe (2014, pág. 24).

2.2.2.5.2.2 Las gomas hidrocoloides alimentarios como fibra dietética

Todos los polisacáridos distintos de aquellos contenidos en el almidón cocinado son indigestibles y, por consiguiente, se clasifican como fibra dietética. En consecuencia, aquellos polisacáridos clasificados como gomas o hidrocoloides alimentarios quedan dentro de la definición de la fibra dietética. Aquellos obtenidos de algas marinas, como la celulosa, las hemicelulosas y los polisacáridos pécticos de los vegetales superiores terrestres, son componentes estructurales. Suzanne (2009) citado en Quispe (2014, pág. 25).

2.2.2.5.2.3 El almidón resistente

El almidón resistente, por definición está compuesto por almidón y productos de degradación del almidón que escapa a la digestión del intestino delgado. Suzanne (2009) citado en Quispe (2014, pág. 25).

2.2.2.5.2.4 La lignina

La lignina es un polímero distinto de un hidrato de carbono, tridimensional, insoluble en agua y un componente principal de las paredes

celulares de los vegetales superiores terrestres (Lewis, 1 999). Suzanne (2009) citado en Quispe (2014, pág. 25).

2.2.2.5.3 Propiedades físicas de la fibra dietética

Hernández *et al.* (1998), nos menciona que las propiedades físico químicas, están relacionados con la acción en el aparato digestivo del ser humano. Siendo estas la capacidad de absorción de agua (WBC), capacidad de retención de agua (WHC), capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO) y capacidad de intercambio catiónico (CIC), de deshidratación y de absorción de moléculas orgánicas, son las principales propiedades que representan las fibra dietéticas citado en Quispe (2014, pág. 25).

2.2.2.5.3.1 Tamaño de partícula

Hernández *et al.* (1998) dice que dependiendo de la granulometría de la fibra, será el tipo de alimento o proceso en el cual se incorporará. La fibra fina (de tres a cinco micrómetros) puede emplearse como sustituto de grasas, las de mayor tamaño se aplican en hojuelas de maiz y en productos donde su textura lo permita. Así mismo el tamaño ideal de partículas de fibra para consumo humano se ubica en un rango de 50 a 500 μ m; tamaños mayores pueden afectar la apariencia del producto e impartir una sensación fibrosa dificultando la masticación y deglución, tamaños menores pueden presentar problemas en la hidratación citado en Quispe (2014, pág. 26).

2.2.2.5.3.2 Capacidad de retención de agua (WBC)

Hernández *et al.* (1998) menciona que mayor sea la capacidad de retención de agua de una fibra, mayor será el aumento del peso de las heces y menor el tiempo de tránsito intestinal, lo que provoca menor absorción de nutrientes. La capacidad de retención de agua además de la solubilidad, hinchamiento y viscosidad de la fibra dietética en los alimentos, están determinadas fundamentalmente por su contenido de pectina, gomas, mucilagos, hemicelulosa insoluble, lignina y otros componentes relacionados con la fibra dietética tiene una influencia limitada sobre las propiedades. Esta diferencia debido al mayor número de polisacáridos con grupos funcionales libres en los residuos de los azúcares. Por esta razón, los alimentos ricos en fibra soluble como las frutas y

verduras presentan mayor capacidad de hidratación que los cereales. La capacidad de retención de agua, es la parte más apreciada de la fibra dietética, que representa la facultad de conservar el agua en el interior de su matriz citado en Quispe (2014, pág. 26).

2.2.2.5.3 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Hernández *et al.* (1998) nos da a conocer que la acción de la biodisponibilidad de algunos minerales y electrolitos, debido a su absorción y eliminación por las heces, constituye uno de los factores adversos atribuidos a la fibra. Los grupos carboxílicos, presentan en los ácidos urónicos de los polisacáridos con mayor número de carboxílicos, aunque también están presentes en las hemicelulosas y proteínas asociadas a la fibra. Otros grupos funcionales que participan en la CIC de la fibra son los grupos hidroxilicos de los polisacáridos neutros y ácido fítico a través de grupos fosfóricos citado en Quispe (2014, pág. 27).

2.2.2.5.4 Métodos de análisis de la fibra dietética

2.2.2.5.4.1 Método enzimático/gravimétrico

Hernández *et al.* (1998) nos dice que la muestra por duplicado de alimentos desecados (desengrasados si contiene grasa mayor al 10%), son gelatinizados con α -amilasa estable al calor, y luego digeridos enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover una proteína y el almidón. Se añade cuatro volúmenes de alcohol etílico para precipitar la fibra dietaría soluble. El residuo total es filtrado, lavado con alcohol etílico 78%, alcohol etílico 95% y acetona. Una vez secado se pesa el residuo. Un duplicado se utiliza para analizar proteína y la otra se incinera a $525^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$ para obtener las cenizas. La fibra dietaría total = peso del residuo - peso (proteínas cenizas), citado en Quispe (2014, pág. 28).

2.2.2.5.4.2 Método enzimático/químico

Hernández *et al.* (1998) nos menciona que la muestra se dispersará con dimetil sulfoxido (DMSO) y se aplicara un tratamiento enzimático con α -amilasa y amiloglucosidasa (3mg/g muestra). El residuo soluble se precipitará con etanol y junto al insoluble se hidroliza con ácido sulfúrico. Los monómeros que se obtienen (azucares neutros y ácidos urónicos). Se determinara por

espectrofotometría. El método enzimático/químico proporciona la cantidad de cada uno de los azúcares neutros y ácidos, se pueden estimar por separado la lignina y añadirla a la suma de los azúcares individuales dando el contenido de fibra total. El residuo de las fibras obtenido después de la digestión enzimática es hidrolizado con ácidos fuertes para liberar los azúcares monoméricos que se determinan colorimétricamente, por cromatografía de gas líquido (GLC) o cromatografía líquida de alta presión (HPLC). Los azúcares ácidos se cuantifican por descarboxilación y medición del anhídrido carbónico liberado o colorimétricamente, citado en Quispe (2014, pág. 28).

2.2.2.6 Cáscara de papa

La papa se obtiene a partir de la planta solanácea (*Solanum tuberosum* L), es una herbácea anual que alcanza una altura de un metro y produce un tubérculo, la papa misma, con tan abundante contenido de almidón, es el cuarto de mayor ingesta en el mundo, después del maíz, el trigo y el arroz. Pertuz Cruz (2012) menciona que la papa es un alimento de consumo básico, que por sus características sensoriales, sabor y color neutro, puede ser parte de una alimentación saludable y variada. Corresponde a los tubérculos conformados por engrosamiento subterráneo, citado por Isique & Sing (2017, pág. 73). Cada unidad se encuentra conformada por tres partes principales: piel, cáscara y zona medular, esta última se forma primordialmente de tejido parenquimatoso, reservorio por excelencia de almidón, y por ende de energía. Luego de su cosecha los tubérculos contienen en promedio 80% de agua y 20% de materia seca (60% de esta corresponde a almidón).

Tabla 2: Composición de los residuos de cascara de papa

<i>Parámetros</i>	<i>Peso seco (%)</i>
Humedad	85.06
Carbohidratos totales	68.7
Azúcares solubles totales	1
Azúcares reductores	0.61
Almidón	1.3
Proteínas (N.tot 6.25)	8
Ceniza	6.34

Fuente: Arapoglou et al, (2010) citado por Isique & Sing (2017).

La cáscara de la papa considerada "sin valor" en la industria tiene un abundante contenido de almidón un polvo fino y sin sabor, de "excelente textura", da mayor viscosidad que los almidones de trigo o de maíz, y permite elaborar productos más gustosos. Se utiliza para hacer espesas las salsas y los cocidos, y como aglutinante en las harinas para pastel, las masas, las galletas y el helado. La fibra alimentaría representa 1-2% del total de la papa y se encuentra preferentemente en la piel. Tienen muchos carbohidratos, por lo cual son una buena fuente de energía. Tienen el contenido más elevado de proteínas (en torno al 2,1% del peso del producto fresco. Además tienen abundante vitamina C.

Freidmen (1997) nos menciona que la cáscara de papa proporciona una fuente excelente para la recuperación de compuestos fenólicos, ya que casi el 50% de compuestos fenólicos se encuentra en la piel y de los tejidos adyacentes y a disminuir hacia el centro del tubérculo, citado por Isique & Sing (2017, pág. 75).

Peschel et al (2006) nos da a conocer que la eficacia de la extracción, la estabilidad y la actividad de los compuestos fenólicos y su idoneidad para el uso de alimentos son las consideraciones importantes para su recuperación y utilización de subproductos industriales, citado por Isique & Sing (2017, pág. 75).

2.2.2.6.1 Caracterización químico proximal de la cáscara de papa

2.2.2.6.1.1 Análisis químico proximal de la cáscara de la papa

Los resultados obtenidos del análisis químico proximal de la cáscara de papa, que fue cultivada en los terrenos del Distrito de Acobamba, Provincia de Acobamba, se detalla en el cuadro N° 03.

Tabla N° 3:Análisis químico proximal en 100 g de muestra de cáscara de papa

Componentes	Base húmeda	Base seca
Humedad(%)	91,90	----
Ceniza(%)	0,96	11,85
Proteína(%)	0,59	7,28
Grasa(%)	0,04	0,49
Fibra(%)	0,88	10,86
Carbohidratos (%)	5,63	69,51

Fuente: Quispe (2014)

2.2.2.6.1.2 Análisis químico proximal de la harina de cáscara papa

Los resultados obtenidos del proceso realizado a la harina de cáscara de papa que fue realizado en el laboratorio de la Escuela Académico Profesional de Agroindustrias de la Universidad Nacional de Huancavelica, se detalla en el Cuadro N° 06.

Tabla N° 4: Análisis químico proximal en 100 g de muestra de harina de cáscara papa

Componentes	Base húmeda	Base seca
Humedad(%)	13,36	----
Ceniza(%)	2,41	2,78
Proteína(%)	1,02	1,18
Grasa(%)	0,31	0,36
Fibra(%)	2,65	3,06
Carbohidratos (%)	80,25	92,62

Fuente: Quispe (2014)

2.3 Definición de términos básicos

Helado: Son los productos alimenticios llevados al estado sólido o pastoso por medio de la congelación, elaborados con dos o más de los ingredientes siguientes: Leche o productos lácteos en sus diferentes formas, grasa de leche, grasas vegetales deodorizadas; edulcorantes permitidos, huevos, agua, jugos y pulpa de fruta, frutas, chocolates, nueces y/o productos similares, aditivos permitidos y otros.

Harina: Harina, es el polvo fino que se obtiene de cereales molidos y de otros alimentos ricos en almidón, como lo es en el caso de la papa; la harina debe ser: suave al tacto, de color natural, sin sabores extraños a rancio, moho, amargo o dulce. Debe presentar una apariencia uniforme sin puntos negros, libre de insectos vivos o muertos, cuerpos extraños y olores anormales.

Cáscara de papa: Es un desecho de gran volumen en las industrias de alimentos, la cáscara de la papa considerada "sin valor" en la industria tiene un abundante contenido de almidón un polvo fino y sin sabor, de "excelente textura", da mayor viscosidad que los almidones de trigo o de maíz, y permite elaborar productos más gustosos; proporciona una fuente excelente para la recuperación de compuestos

fenólicos, ya que casi el 50% de compuestos fenólicos se encuentra en la piel y de los tejidos adyacentes y a disminuir hacia el centro del tubérculo.

Papa: La papa es un alimento de consumo básico, el cuarto de mayor ingesta en el mundo, que por sus características sensoriales, sabor y color neutro, puede ser parte de una alimentación saludable y variada. Cada unidad se encuentra conformada por tres partes principales: piel, cáscara y zona medular.

Fibra: Fibra es sinónimo de fibra vegetal o constituyentes de la pared de la célula vegetal, resistentes a las enzimas del tracto digestivo humano. Bajo este concepto se engloba celulosa, hemicelulosa y lignina, componentes de la pared celular de las plantas que, al no ser digeridas, son capaces de incrementar el volumen de los contenidos intestinales, facilitando el tránsito intestinal y por tanto, la evacuación de las heces; la fibra alimentaria representa fundamentalmente un concepto nutricional, que incluye aspectos botánicos, físico-químicos y fisiológicos.

Complemento alimenticio: Los complementos alimenticios se definen como una fuente concentrada de nutrientes u otras sustancias alimenticias autorizadas que tienen un efecto nutricional o fisiológico. Los complementos alimenticios pueden estar compuestos de diferentes ingredientes, siendo los más conocidos: vitaminas, minerales, fibras, aminoácidos, AGPI (Ácidos Grasos Poliinsaturados), plantas, probióticos.

Papa de huevo de indio: Según los agricultores, es una variedad que se comercializa y vende sola, su precio es un poco menor que el de la peruanita. Comentan que por su gran tamaño y forma se parece a los testículos de los indios, de ahí su nombre Huevo de Indio, el color primario de la piel del tubérculo es marrón (pálido), y el color secundario de la piel del tubérculo es rojo- morado.

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

Es posible diseñar un helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa como complemento alimenticio, que tenga la aceptación en sus características física, química, microbiológica y sensorial.

2.4.2 Hipótesis específicas

H₁: Es posible determinar los parámetros óptimos a utilizar en el proceso de elaboración de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa como complemento alimenticio.

H₂: Es posible analizar y evaluar las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa como complemento alimenticio.

H₃: Es posible determinar la vida útil del producto y evaluar efecto del almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y estabilidad microbiológica.

2.5 Operacionalización de las variables

2.5.1. Variables Independientes

- Uso de Harina de cascara de papa.

Indicador:

Concentración óptima de harina de cascara de papa.

2.5.2. Variables dependientes

- Aceptación de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Indicadores:

- Aceptabilidad sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa

2.5.3. Variables intervinientes.

a. Valor comercial.

Indicador.

- Características físicas- organolépticas.
- Características química-bromatológicas.

b. Inocuidad.

Indicador.

Criterios microbiológicos

c. Aceptabilidad.

Indicador.

ANOVA y prueba no paramétrica de Friedman



CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1. Obtención de harina de cáscara de papa.

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo para la preparación de la harina de cascara de papa variedad Huevo de indio, indicando las etapas realizadas en la preparación de la papa hasta su envasado para su uso posterior, tal como lo describe Bisso (2012).

- a. **Recepción.** La materia prima fue evaluada según sus atributos de calidad como son su forma y textura (oval y lisa).
- b. **Selección.** Se separaron las papas en buen estado de las defectuosas.
- c. **Lavado.** Se realizó con el fin de eliminar todo tipo de material extraño o contaminante adherido a la superficie para eliminar la suciedad. Se lavó con abundante agua potable.
- d. **Pelado.** Las papas fueron peladas con ayuda de vapor. Esta cocina ligeramente los exteriores de la papa haciendo que el desprendimiento de la cáscara sea fácil. De este modo se aseguró que la cáscara de papa no esté contaminada de pulpa de papa en la harina.
- e. **Secado.** La cáscara de papa fue secada por medio de un secador eléctrico, 40°C. La cáscara fue expuesta a esta temperatura por un día, tiempo en el cual la muestra alcanzó un peso constante.
- f. **Triturado.** Se realizó una molienda usando un molino manual de discos.
- g. **Envasado.** La muestra fue envasada en bolsas de papel Kraft.

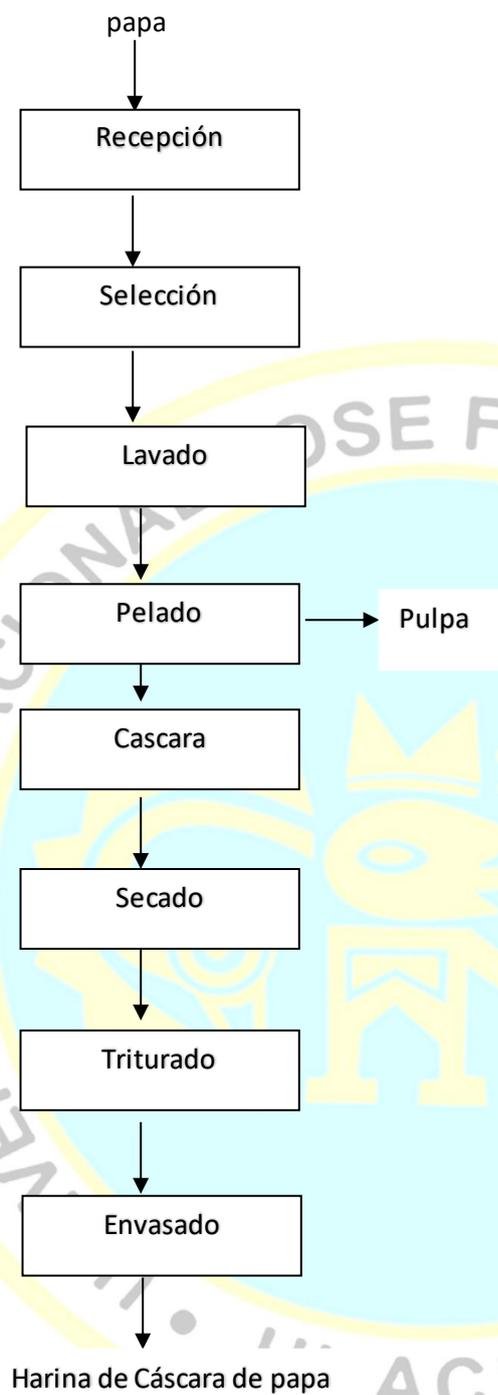


Figura 1. Elaboración de harina de cáscara de papa

3.1.2. Preparación del Helado

a. Recepción y selección

Se recibió todos los ingredientes a utilizar en la preparación de la mezcla y se descartó todos aquellos que presentaron algún tipo de defecto.

b. Dosimetría

Seleccionados los insumos, se procederá al pesado de los mismos de acuerdo a la formulación de la mezcla previamente calculada en una balanza.

c. Mezclado

En esta etapa se procederá a unir, todos los ingredientes líquidos (leche, crema de leche, etc.) en primera instancia y posteriormente se añadieran los sólidos (leche en polvo, azúcar, estabilizantes, etc.). Esta operación se efectuó en los tanques de mezcla con la ayuda de un agitador. En primera instancia se mezclará la crema de leche, con la leche en polvo reconstituida, luego se aplicó calor y se agregó los otros ingredientes secos.

La adición del estabilizante se hará con la mitad del azúcar empleado, con el fin de lograr una mejor dispersión del estabilizante en la mezcla del helado. La otra mitad se añadirá a la temperatura de 50°C. Todos los ingredientes así mezclados reciben el nombre de "mezcla base".

d. Adición de la harina de cascara de papa

Se preparará previamente la harina de cascara de papa, se cocerá la cascara y luego con la ayuda de una licuadora se obtendrá la harina, se tratará que la harina sea lo más fina posible para que se incorpore más fácilmente con la mezcla base.

e. Pasteurizado

La temperatura empleada será de 80°C por 10 minutos.

f. Homogenización

Las mezclas homogenizadas producen un helado con más cuerpo, de textura suave, mejora la incorporación de aire durante el batido y permitirá el utilizar menos emulsificantes, es aquí donde agregaremos la grasa natural al helado para que el helado sea más cremoso.

g. Enfriado

Luego de pasteurizada y homogenizada la mezcla, estará pasó a ser enfriada rápidamente en una cámara de refrigeración a temperaturas de 4°C por un tiempo de 5 hrs.

h. Maduración

Durante esta etapa la grasa se solidificará (se torna cristalina), los estabilizantes se hinchan, así como las proteínas, se mejora la suavidad y el cuerpo del helado, se aumenta la viscosidad y facilita el incremento del aire durante el batido.

i. Congelado

Una vez realizada correctamente los pasos anteriores se expondrá a un medio de congelamiento llegándose hasta los - 10 °C, por un tiempo de 15 minutos.

j. Endurecimiento

Se realizará en las cámaras de congelación a temperaturas de -20°C, ya que la mitad del agua se congela en el batido y la otra mitad se completa en esta etapa.

3.1.3. Diseño experimental

El esquema experimental empleado para obtener la mezcla óptima en la elaboración de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa corresponderá el desarrollo de un “diseño de mezclas” denominado “diseño simplex reticular (3,2) con centroide ampliado” (Figura 2) dentro de la metodología “Superficie de respuesta”.

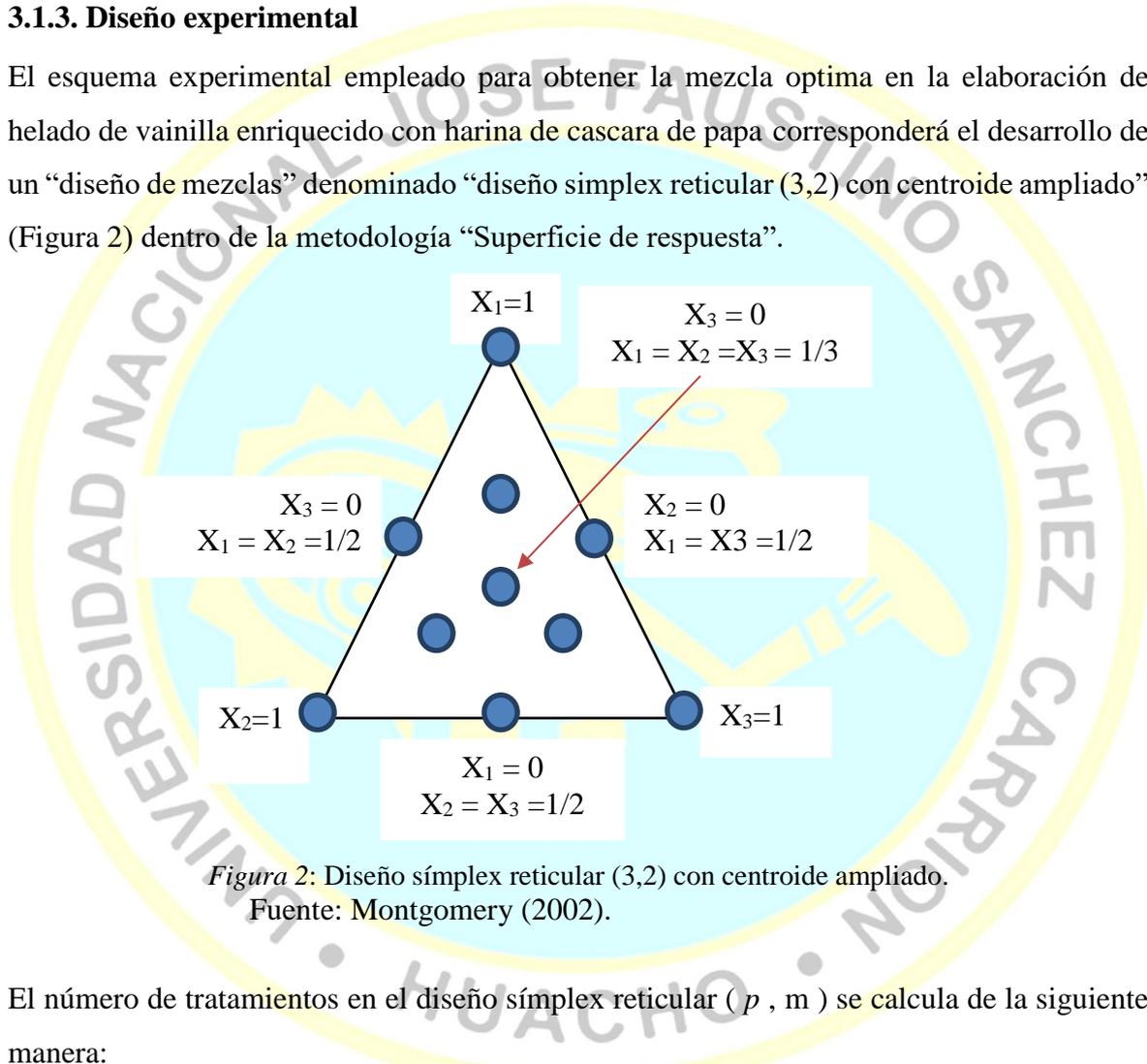


Figura 2: Diseño simplex reticular (3,2) con centroide ampliado. Fuente: Montgomery (2002).

El número de tratamientos en el diseño simplex reticular (p , m) se calcula de la siguiente manera:

$$N = \frac{(p + m - 1)!}{m! (p - 1)}$$

Donde:

N = Número de tratamientos a realizar

p = Número de factores

m = Número de niveles de los factores

Para este diseño símplex reticular (3,2), el número de tratamientos se calculó de la siguiente manera:

$$N = \frac{(3 + 2 - 1)!}{2! (3 - 1)}$$

$$N = 6$$

Un diseño símplex reticular (3,2) consta de los puntos definidos por los siguientes arreglos de las coordenadas: las proporciones asumidas por cada componente toman los niveles $m+1$ valores que están separados por una distancia igual de 0 a 1. En la tabla 5 se presentan los datos que brinda el software Design-Expert 11 versión de prueba al ingresar los datos: p (factores) = 3, correspondientes a cascara de papa, crema de leche y leche descremada y m (niveles) = 2, correspondientes a las concentraciones: 0 y 1. Estos datos parten de mezclas puras (1,0,0); (0,1,0); (0,0,1) hasta mezclas binarias (1/2,1/2,0); (0,1/2,1/2); (1/2,0,1/2); correspondientes a un total de 6 tratamientos. Con el fin de abarcar mayor región experimental se incluye el centroide correspondiente a la mezcla ternaria (1/3, 1/3, 1/3) y otras correspondientes al centroide ampliado (0,67; 0,17; 0,17); (0,17; 0,67; 0,17); y, (0,17; 0,17; 0,67); obteniéndose un total de 10 tratamientos.

Tabla 5. Diseño simplex reticular (3,2) con centroide ampliado.

Tratamiento	Cascara de papa (%)	Crema de leche (%)	Leche descremada en polvo (%)	Aceptación general	Overrum (%)	Textura
T ₁	1	0	0			
T ₂	0	1	0			
T ₃	0	0	1			
T ₄	0,5	0,5	0			
T ₅	0,5	0	0,5			
T ₆	0	0,5	0,5			
T ₇	0,33	0,33	0,33			
T ₈	0,67	0,17	0,17			
T ₉	0,17	0,67	0,17			
T ₁₀	0,17	0,17	0,67			

Fuente: elaboración propia

Este diseño responde al siguiente modelo matemático:

- a. Lineal: El número de corridas en el diseño base si el modelo más complicado se ajusta a un modelo lineal. Un modelo lineal tiene la forma

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

- b. Cuadrático – El número de corridas en el diseño base si el modelo más complicado se ajusta a un modelo cuadrático. Un modelo cuadrático tiene la forma

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3$$

- c. Cúbico Especial – El número de corridas en el diseño base si el modelo más complicado se ajusta a un modelo cúbico. Un modelo cúbico tiene la forma

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3$$

- d. Cúbico - El número de corridas en el diseño base si el modelo más complicado se ajusta a un modelo cúbico completo. Un modelo cúbico completo tiene la forma.

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 + D_{12} X_1 X_2 (X_1 - X_2) + D_{13} X_1 X_3 (X_1 - X_3) + D_{23} X_2 X_3 (X_2 - X_3)$$

Los términos de estos modelos tienen interpretaciones relativamente simples. En todas las ecuaciones, el parámetro β_j representa la respuesta esperada para la mezcla pura $X_i = 1$ y $X_j = 0$ cuando $j \neq i$. A la porción $\sum \beta_i X_i$ se le llama porción de mezcla lineal. Cuando hay una curvatura derivada de una mezcla no lineal entre pares de componentes, los parámetros β_{ij} representan una mezcla sinérgica o bien antagonica. Los términos de órdenes superiores suelen ser necesarios en los modelos para mezclas porque 1) los fenómenos estudiados pueden ser complejos y 2) la región experimental con frecuencia es la región de operabilidad completa y, en consecuencia, es grande y requiere un modelo elaborado.

Donde:

X_j = cantidad del componente j en la mezcla,

Y = es el valor esperado de la variable de respuesta

Observe que términos tal como la constante y factores elevados a la segunda potencia no aparecen. Debido a la restricción sobre la suma de los componentes, el modelo polinomial completo puede ser sobre-parametrizado. El modelo cúbico especial es popular y puede representar muchos tipos de superficies de respuesta. Como es evidente, no se puede lograr una mezcla con 100% de crema de leche, 100% de cascara de papa o 100% de leche descremada en polvo por lo que el diseño definido anteriormente corresponderá a un

triángulo que tenga la misma distribución, pero inscrito en otro triángulo que represente todo el universo de posibilidades de mezclas; es decir, se tendrá un diseño de mezclas con restricciones.

Las restricciones corresponden a los límites máximos y mínimos de cada uno de los componentes, los mismos que serán definidos posteriormente. A las coordenadas iniciales del diseño se le llamará: Pseudocomponentes y a las coordenadas del triángulo inscrito: Componentes. Se restringió de la siguiente manera, para garantizar la participación de los tres componentes.

Harina de cascara de papa (X_1)	: 1 a 4%
Crema de leche (X_2)	: 10 a 13%
Leche descremada en polvo (X_3)	: 8 a 11%
$X_1 + X_2 + X_3 = 22$	

El triángulo inscrito tiene necesariamente que ser un triángulo equilátero de tal modo que se cumpla el principio que la suma de los componentes debe ser necesariamente igual a 100, como se observa en la figura 3.

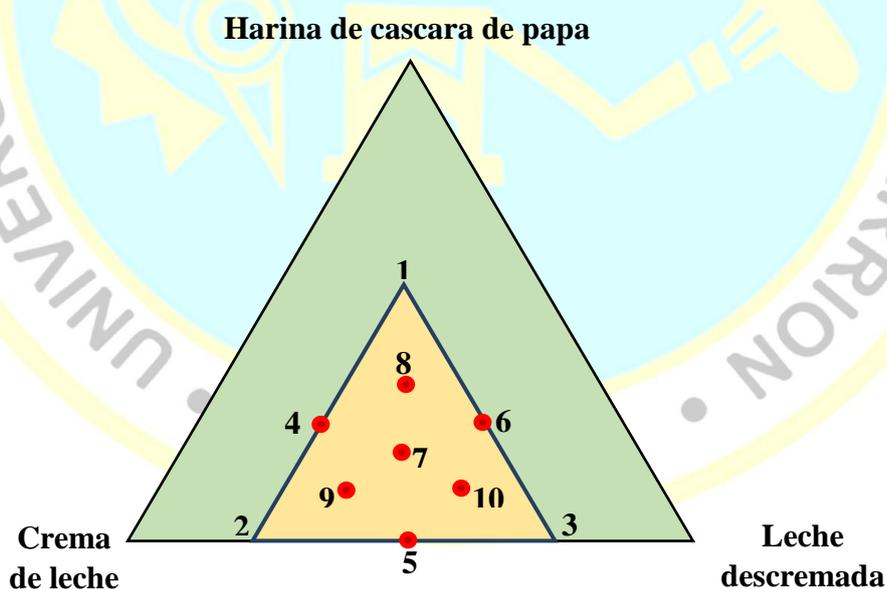


Figura 3: Grafico del diseño simplex con centroide ampliado para la mezcla de helado de vainilla enriquecido con pasta de cascara de papa con los nuevos componentes.

Fuente: Elaboración propia (2018).

Harina de cascara de papa un rango que va de 1% al 4%, crema de leche 10 a 13% y leche en polvo descremado de 8 a 11%. Son diez los tratamientos que resultaron de la aplicación de este diseño cada cual, con una combinación determinada de cada componente, para lo cual nuestras variables de respuesta fueron: Aceptación sensorial, overrun y textura. Este diseño, permite evaluar a la vez cinco niveles en cada factor como se puede apreciar en el Tabla 6.

Una vez definidas las coordenadas de los pseudocomponente, así como, los límites de Harina de cascara de papa un rango que va de 1% al 4%, crema de leche 10 a 13% y leche en polvo descremado de 8 a 11%, se estableció ecuaciones que permitieron las transformaciones de pseudocomponentes a componentes. Para tal fin se utilizará el software Design-Expert 11 versión de prueba, como se detalla en la tabla 8 mostrado a continuación.

Tabla 6: Transformación de pseudocomponentes a componentes

Tratamiento	Variables independientes (%) (Pseudocomponentes)			Variables independientes (%) (componentes)			Respuesta	Datos de control
	A: Harina de cascara de papa (%)	B: Crema de leche (%)	C: Leche descremad a (%)	A: Harina de cascara de papa (%)	B: Crema de leche (%)	C: Leche descremad a (%)		
T ₁	1	0	0	4	10	8	Aceptación sensorial	Overrun viscosidad
T ₂	0	1	0	1	13	8		
T ₃	0	0	1	1	10	11		
T ₄	0.5	0.5	0	2.5	11.5	8		
T ₅	0.5	0	0.5	2.5	10	9.5		
T ₆	0	0.5	0.5	1	11.5	9.5		
T ₇	0.33	0.33	0.33	2	11	9		
T ₈	0.67	0.17	0.17	3	10.5	8.5		
T ₉	0.17	0.67	0.17	1.5	12	8.5		
T ₁₀	0.17	0.17	0.67	1.5	10.5	10		

Fuente: elaboración propia

3.1.4. Estandarización de la mezcla

La Harina de cascara de papa un rango que va de 1% al 4%, crema de leche 10 a 13% y leche en polvo descremado de 8 a 11% se colocaron en un recipiente y se adicionaron los demás ingredientes del helado de acuerdo a la formulación establecida para el producto en base a pruebas iniciales como se indica en la tabla 7.

Tabla 7. Fórmula base para elaboración del helado

Ingrediente	Cantidad (%)
Harina de cascara de papa	X1
Crema de leche	X2
Leche en polvo descremada	X3
Azúcar	15
Suero de leche en polvo	1
Estabilizante/ emulsificante	0.3
Glucosa	5
Agua	56.70
TOTAL	100.00

3.1.5. Evaluación sensorial

Para evaluar la aceptación sensorial de las muestras se utilizó 50 panelistas no entrenados (consumidores habituales de Helados) evaluaron la aceptabilidad general de cada uno de los tratamientos mediante una escala hedónica de nueve puntos (1 - “me disgusta extremadamente” a 9 “me gusta extremadamente”), dado que esta es una de las escalas más fáciles de comprender por los consumidores.

A todos los panelistas se les entregó las muestras una por una y de forma aleatoria, además, se les entregó el formato de evaluación de la aceptación sensorial del helado (Anexo 2), remarcando el término aceptación sensorial y brindándoles una paleta para la evaluación.

3.1.6. Análisis físico-químico, microbiológico y organoléptico de la materia prima y producto terminado.

Los métodos de análisis son los siguientes:

- a. Determinación de la viscosidad: la viscosidad se midió siguiendo la metodología descrita por Alfaifi y Stathopoulos (2010). Se utilizó el reómetro de Brookfield (modelo DV-II, spindle #2) a 50 rpm y 5 segundos para determinar la viscosidad; las muestras se tomaron después del madurado y antes del batido en un *beaker* de 200 ml a una temperatura de $4 \pm 0,5$ °C, los resultados se midieron en Centipoises (cP), valor que equivale a $\text{g}\cdot(\text{s}\cdot\text{cm})^{-1}$.
- b. Determinación del aireado (*overrun*): se determinó utilizando el método descrito por Datta, Sahin, Sumnu y Keshin (2007) y AOAC (1988), aplicado por Alfaifi y Stathopoulos (2010). La medición del aireado se tomó por muestra, comparando el peso de la mezcla base y el helado en un recipiente de volumen fijo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Aireado (\%)} = \frac{\text{vol. de helado} - \text{vol. mezcla}}{\text{vol. de mezcla}} * 100$$

Los resultados se expresan en porcentaje de aire incorporado luego del batido con respecto a la mezcla base; la temperatura de la base será de 4 °C y del helado a la salida del batidor de - 5 °C.

- c. Determinación de la dureza: se determinó usando el método de Roland, Phillips y Book (1999), aplicado por Lim et al. (2008). La dureza se determinó en el laboratorio a temperatura ambiente de 25 ± 2 °C. Se utilizó un texturómetro QTS25 equipado con un cilindro acrílico de 2,5 cm de diámetro. La velocidad de compresión fue de 2 mm/s hasta una distancia de 20 mm; las muestras se tomaron a la salida de la batidora, en envases de plástico de 6 cm de diámetro y 3 cm de altura, se almacenó a -18 °C, los resultados se expresaron en gramos.
- d. Determinación de Grasa: Se determinó mediante el método Gerber, (2010).(Min & Ellefson, 2010)

3.1.6.1. Análisis Microbiológico.

Se evaluó el producto microbiológicamente al inicio y al final del almacenaje. Los análisis se evaluaron teniendo en cuenta lo recomendado por el manual de Microbiología de la Merck. (Merck, 2010) y por Roberts y Greenwood (2003). (Roberts & Greenwood, 2003)

Determinaciones microbiológicas

- Recuento de psicófilos aerobios y facultativos viables
- Recuento de Mohos y levaduras
- Determinación de *Estafilococos coagulasa positivos*
- Recuento de coliformes totales
- Determinación de *salmonella sp*

3.1.7. Rendimiento

El rendimiento de las diferentes formulaciones de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa se evaluó mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$R(\%) = (W_{mp}/W_{pt}) \times 100$$

Donde:

- R = Rendimiento (%)
- W_{mp} = Peso de la materia prima
- W_{pt} = Peso del producto terminado

3.1.8. Determinación del tiempo de vida útil.

El esquema experimental que explica el procedimiento para la determinación del tiempo de vida útil se muestra en la figura 4. Se elaborará un lote de producción helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa y se almacenará a la temperatura de -18°C para sus respectivas evaluaciones sensoriales correspondientes a cada periodo de almacenaje. En el presente trabajo de investigación se evaluará la aceptabilidad general, como variable dependiente, y el tiempo de almacenamiento como variable independiente.

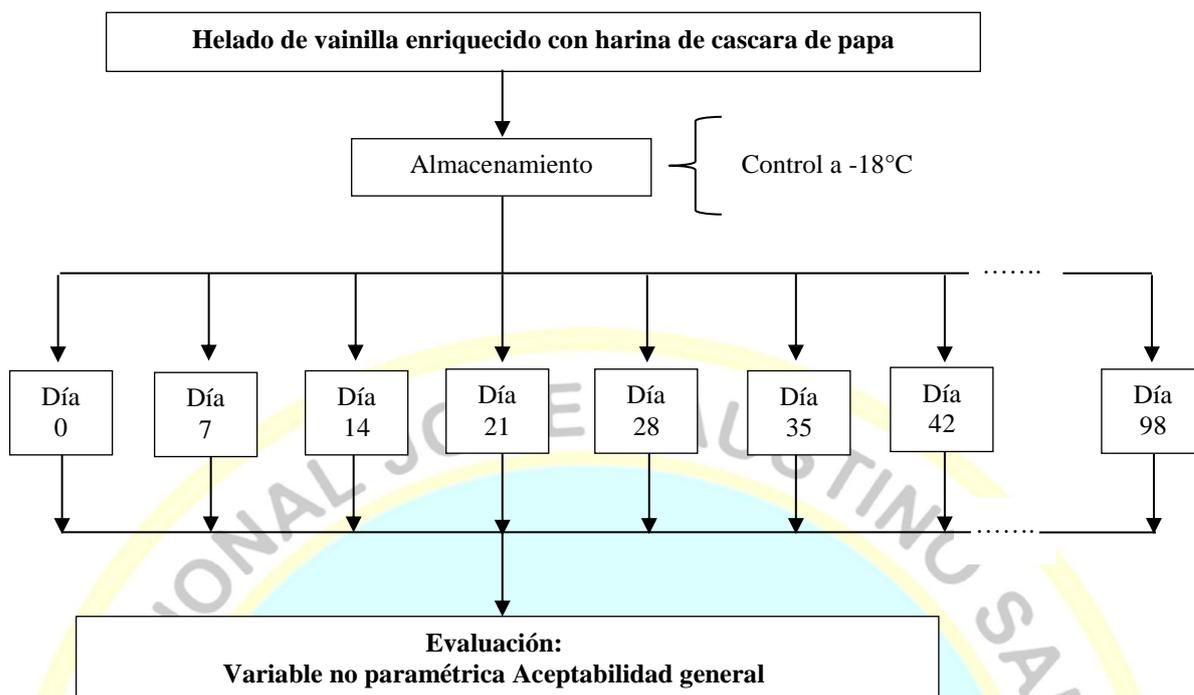


Figura 4: Esquema experimental de aceptabilidad general de Helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa durante el almacenaje.

Fuente: elaboración propia

3.1.8.1. Evaluación sensorial durante el almacenamiento

La evaluación sensorial se llevó a cabo con 50 panelistas no entrenados de ambos sexos y en edad promedio de 22 años de la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Durante la evaluación sensorial, los panelistas no entrenados, recibieron las muestras de Helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa correspondientes a los 15 tiempos de almacenaje y evaluaron la aceptabilidad general de cada muestra mediante la prueba de Aceptación/rechazo como se muestra en el Anexo 2. Cada consumidor recibió las muestras correspondientes con diferentes grados de deterioro. La presentación fue monódicamente en orden aleatorio. Había agua disponible para el enjuague. Para cada muestra los consumidores contestaron la pregunta: “¿Usted normalmente consumiría este producto? ¿Sí o No? Este análisis es usado para medir a qué nivel de aceptación es capaz de llegar el panelista al consumir un determinado alimento, lo que se determina a partir de la apreciación de cómo agrada o desagrade éste a una muestra poblacional de potenciales consumidores. (Houhg & Fiszman, 2005)

3.1.8.2. Ajuste de datos para el Tiempo de vida útil.

Cuando se dispone de un conjunto de observaciones, pertenecientes a una determinada variable aleatoria T de distribución desconocida, lo primero que conviene hacer es tratar de identificar alguna distribución teórica por la cual se puedan ajustar bien dichas observaciones. En otras palabras, se trataría de comprobar si dichas observaciones se distribuyen según un patrón conocido (según una normal, una binomial, etc.), pues ello nos simplificaría el análisis descriptivo de los datos, así como la realización de inferencias sobre la población.

En muchas ocasiones será posible identificar la distribución que mejor se aproxima a las observaciones mediante el uso de gráficos de probabilidad. Este tipo de gráficos muestran la función de distribución linealizada de una distribución teórica junto con una nube de puntos que representan estimaciones (no paramétricas) puntuales de la función de distribución de T . Evidentemente, cuanto más se aproxime la nube de puntos a la recta que aparece en el gráfico, tanto mejor será el ajuste. Si se lograra aproximar la distribución de T mediante alguna distribución teórica conocida, sería posible usar esta última para representar gráficamente estimaciones de la función de distribución y/o de la función de densidad asociada a las observaciones. En tales casos, se habla de descripción paramétrica de la variable T (porque hemos logrado identificar la distribución –y los parámetros asociados que describen correctamente el comportamiento de la variable aleatoria analizada).

3.1.8.3. Determinación del Tiempo de vida útil de Helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa

La estimación de vida útil o vida de anaquel utilizó el Método de distribución probabilística de Weibull y la aplicación del software XLSTAT 2018.

Procedimiento de cálculo:

1. Se realizará la prueba sensorial de aceptabilidad general mediante una prueba de aceptación/rechazo, como se muestra en el anexo 2
2. Se ordenan los tiempos de fallo de las observaciones realizadas, tanto las no censuradas como las censuradas a la izquierda o en intervalos, ignorando las observaciones censuradas a la derecha o suspendidas.

3. Se calculan los rangos inversos de esas observaciones. A las observaciones ligadas se les asignan rangos descendentes como si estuvieran ordenadas por su significación en lugar de arbitrariamente.
4. Se estima el riesgo $h(t)$ para cada observación como el recíproco de su correspondiente rango inverso.
5. Se calcula el riesgo acumulado (t) sumando los riesgos $h(t)$ estimados de las observaciones precedentes.
6. Se calculan los logaritmos naturales para t y (t) .
7. Se emplea un análisis de regresión lineal simple para obtener los estimadores de $\ln \alpha$ y $1/\beta$ (el intercepto y la pendiente respectivamente).
8. La vida útil del producto para el percentil deseado p se estima sustituyendo $\ln \alpha$ y $1/\beta$ en:

$$F^{-1}(p) = e^{\ln \alpha} [-\ln(1 - p)]$$

3.1.9. Diseño estadístico.

Los resultados de rendimiento y la composición se analizaron por análisis de varianza empleando la prueba de Tukey para evaluar las diferencias entre las medias, haciendo uso del programa Minitab versión 18.

El análisis estadístico a aplicar para determinar si existe diferencia significativa entre los resultados de la evaluación sensorial en los tratamientos efectuados, en el producto terminado, se realizará una comparación de medianas por Friedman empleando la prueba de Nemenyi, haciendo uso del programa XLSTAT 2018 versión libre.

Durante el almacenamiento del producto terminado, se utilizó el análisis de riesgos de Weibull, haciendo uso del programa XLSTAT versión 2018, el cual facilitará la determinación del tiempo de vida útil y el modelamiento de los datos de evaluación sensorial. (Larsen, 2006)

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población está conformada por la leche fresca que se producen en el establo de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Huacho, del cual se obtendrá la crema de leche, el cual se encuentran dentro del área geográfica que comprende el estudio.

3.2.2 Muestra

Se utilizó un muestro no probabilístico, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. Las muestras fueron representadas para dos finalidades:

- Para valorar y analizar fisicoquímica y microbiológicamente de las materias primas como la papa, crema de leche, leche en polvo descremada y los otros insumos utilizados en la elaboración del helado.
- Para realizar los ensayos y las pruebas piloto para la estandarización del producto.

3.3 Técnicas de recolección de datos

- Método de Entrevista – Interrogatorio:** Aplicación de las Encuestas
- Método de Observación Directa:** De los análisis Fisicoquímicos de la muestra y producto terminado.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

El análisis de datos se realizará a partir de toda la información obtenida a partir de lo descrito anteriormente una vez ya codificada, realizando así un estudio de manera detallada que nos permita relacionar datos y variables para poder así llegar a una conclusión que nos demuestre la posibilidad de éxito de la propuesta de investigación.

- Clasificación de materiales recolectados
- Codificación de la información registrada para procesarlo con el programa estadístico Design expert versión 11 y Xlstat 2018 en sus versiones de prueba.
- Organización de los datos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1. Efecto de mezcla de cascara de papa, leche descremada y crema de leche sobre la aceptación sensorial del helado de vainilla

La respuesta de los 50 jueces no entrenados en cuanto a la aceptación sensorial se muestra en el Anexo II. En la tabla 8 se muestran los rangos promedio obtenidos estadísticamente mediante la prueba de Friedman para todos los tratamientos, con lo cual se determinó el tratamiento que obtuvo mayor preferencia en la aceptación sensorial.

Tabla 8

Media para la consistencia sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Tratamientos	Media	Mediana	Rango promedio
T ₁	5.0	5	1.84
T ₂	8.4	8	7.81
T ₃	8.3	8	7.62
T ₄	6.8	7	4.41
T ₅	6.1	6	3.2
T ₆	8.2	8	7.3
T ₇	5.6	5	2.51
T ₈	8.8	9	8.79
T ₉	7.8	8	6.41
T ₁₀	7.2	7	5.11

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5 se observa los puntajes de todos los tratamientos evaluados con su respectiva desviación estándar (representada por las líneas rojas), la cual es baja y pareja en todos los tratamientos, lo que indica una baja dispersabilidad de los datos respecto a su mediana. Esto a su vez refleja un buen control al momento de realizarse la evaluación sensorial ya que se brindó las mismas condiciones ambientales y otras variables que pudieran influenciar en los panelistas al momento de realizar la evaluación.

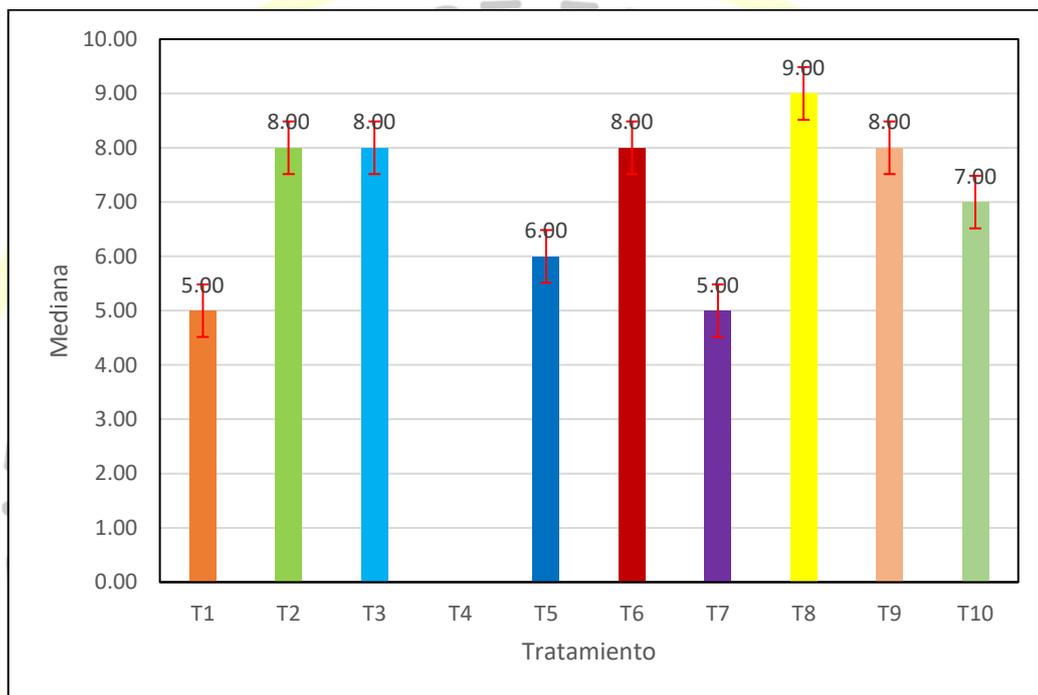


Figura 5. Evaluación de la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Tabla 9: Prueba de Friedman, para la evaluación sensorial de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

X^2_f (Valor observado)	317.809
X^2_f (Valor crítico)	16.919
GL	9
valor-p (bilateral)	< 0.0001
alfa	0.05

Interpretación: Se puede observar en la Tabla 9, el valor p y el estadístico X_r^2 de Friedman correspondiente. El valor p nos indica que la probabilidad de rechazar la hipótesis nula aun siendo verdadera es menor que 0.0001. Puesto que el valor - p computado es menor que el nivel de significación alfa igual a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 , y se acepta la hipótesis alternativa H_a , y así concluir que existen diferencias significativas entre los helados de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

De igual modo el X_r^2 (Valor observado) es mayor que X_t^2 (Valor crítico), por lo que rechazamos la hipótesis nula, ya que se rechaza H_0 si $X_r^2 \geq X_t^2$, como lo manifiesta Hollander, Wolfe, & Chicken (2014). (Hollander, Wolfe, & Chicken, 2014)

Tabla 10: Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Nemenyi / Prueba bilateral, para la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos		
T1	50	92.000	1.840	A		
T7	50	125.500	2.510	A	B	
T5	50	160.000	3.200	A	B	C
T4	50	220.500	4.410		B	C
T10	50	255.500	5.110			C D
T9	50	320.500	6.410			D E
T6	50	365.000	7.300			E F
T3	50	381.000	7.620			E F
T2	50	390.500	7.810			E F
T8	50	439.500	8.790			F

Interpretación: Los siguientes resultados mostrados en la Tabla 10, permiten identificar qué los helados son diferentes unos de otros, mediante el procedimiento de comparaciones múltiples por pares de Nemenyi. Se observa que Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.050$), vemos que la muestra T_8 es el que tiene la mayor aceptación sensorial sobre los demás helados de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Tabla 11: Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F	p	R ²	R ² ajustado	R ² predecido
Lineal	14.11	2	7.06	40.44	0.0001	0.9203	0.8976	0.8234
Cuadrático	14.37	5	2.87	11.88	0.0163	0.9369	0.8581	-0.1715
Cúbico	15.24	8	1.90	19.19	0.1749	0.9935	0.9417	-4.0779
Ajuste Total	15.34	9						

Interpretación: En la Tabla 11 se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para la variable respuesta aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa. Determinado por el software Desing Expert 11 versión de prueba.

Tabla 12. Análisis de varianza del modelo para la variable respuesta aceptación sensorial

Fuente	Suma de cuadrados	G.L	Cuadrado medio	Valor F	Valor p	Significancia
Model	14.11	2	7.06	40.44	0.0001	Significativo
⁽¹⁾ Mezcla lineal	14.11	2	7.06	40.44	0.0001	
Residual	1.22	7	0.1745			
Total	15.34	9				

⁽¹⁾ La inferencia para mezclas lineales usa sumas de cuadrados tipo I.

Interpretación: En la Tabla 12 se presentan los resultados del ANOVA para el modelo lineal se presentan, con una significancia de $p < 0,05$, el valor F del modelo de 40,44 implica que el modelo es significativo. Solo existe un 0.01% de posibilidades de que un valor F tan grande pueda ocurrir debido al ruido. Los valores P inferiores a 0,05 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso A (Harina de cascara de papa), B (crema de leche) y C (leche descremada en polvo) son términos significativos del modelo. Los valores superiores a 0,05 indican que los términos del modelo no son significativos.

Tabla 13. Estadísticas de ajuste del modelo lineal para la variable respuesta aceptación sensorial

Desviación estándar	0.4177
Media	7.22
C.V. %	5.79
R²	0.9203
R² ajustado	0.8976
R² predicha	0.8234
Valor de precisión adecuado (Adeq Precision)	17.6277

Interpretación: En la Tabla 13 se presentan las Estadísticas de ajuste del modelo lineal para la variable respuesta aceptación sensorial, El R² predicho de 0.8234 concuerda razonablemente con el R² ajustado de 0.8976; es decir, la diferencia es menor a 0.2, pues según Montgomery (2013), Una diferencia mayor que 0.20 entre la "R² predicho " y la "R² ajustado" indica un posible problema con el modelo y/o los datos.

Tabla 14: Coeficientes de regresión del modelo lineal aplicado a la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Variables	Coefficiente Estimada	G.L	Error Standard	-95.% Límite de confianza	+95.% Límite de confianza	VIF
A – Harina de cascara de papa	4.74	1	0.3082	4.01	5.47	1.15
B – Crema de leche	8.78	1	0.3082	8.05	9.50	1.15
C – Leche descremada en polvo	8.14	1	0.3082	7.41	8.87	1.15

Interpretación: En la Tabla 14 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a la aceptación sensorial, Según Cornell (2011), la estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes. La intersección en un diseño ortogonal es la respuesta promedio general de todas las carreras. Los coeficientes son ajustes en torno a ese promedio en función de la configuración del factor. Cuando los factores son ortogonales, los factores de inflación de la varianza (VIF) son 1; Los VIF mayores que 1

indican multicolinealidad, cuanto mayor es el VIF, más grave es la correlación de los factores. Como regla general, las VIF inferiores a 10 son tolerables.(Cornell, 2011)

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo lineal para la variable respuesta consistencia sensorial fue la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Aceptación sensorial} = & +4.74* \text{Harina de cascara de papa} \\ & + 8,78* \text{Crema de leche} \\ & +8.14* \text{Leche descremada en polvo} \end{aligned}$$

En la ecuación matemática se puede observar el efecto de las concentraciones puras de Harina de cascara de papa, Crema de leche y Leche descremada en polvo ante la aceptación sensorial. Se observa que el efecto de la Crema de leche es mayor, seguido por la Leche descremada en polvo y finalmente, la Harina de cascara de papa.

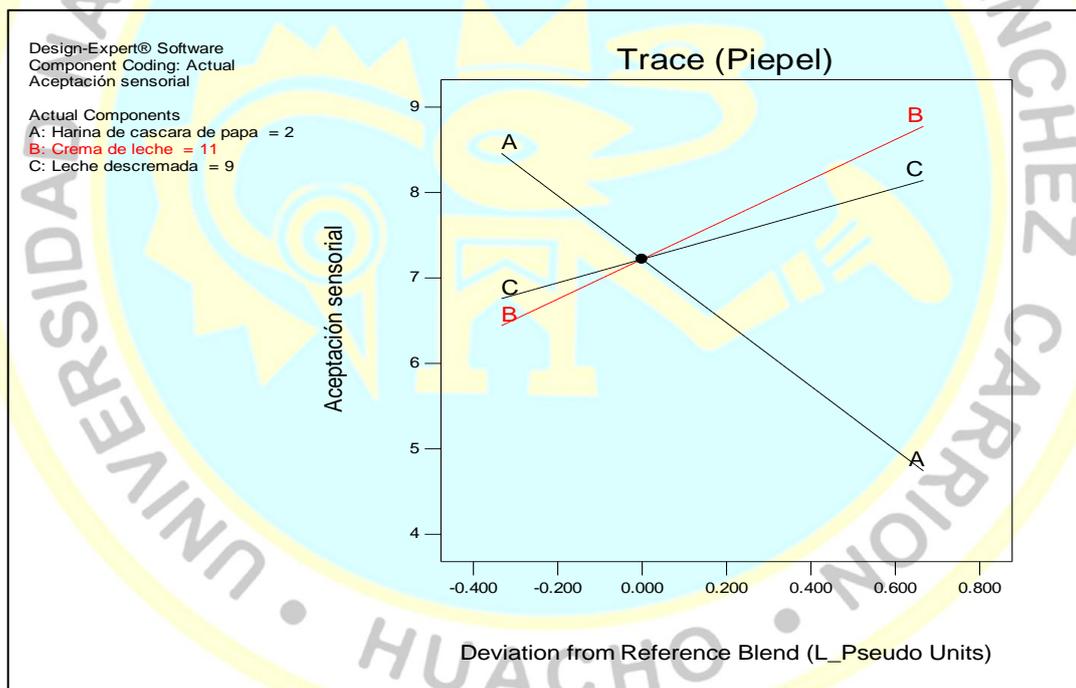


Figura 6. Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas para la aceptabilidad sensorial, respecto a los componentes.

Interpretación: En la figura 6 permite entender cómo es que se comportan los componentes y su importancia por si solos, nótese que a medida que se aumenta en la mezcla la *Harina de cascara de papa* hasta cierto punto se podrá obtener menor aceptabilidad. Lo contrario ocurre con los demás componentes, donde se observa un efecto positivo respecto a la aceptabilidad

que aumenta y siendo la Crema de leche la que más influye positivamente en la aceptación sensorial.

El modelo seleccionado fue usado para generar los contornos de las restricciones para la aceptación del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa (Figura 7), en la cual se aprecia los valores de la aceptación sensorial representados por áreas; además, su representación gráfica en tres dimensiones (Figura 8).

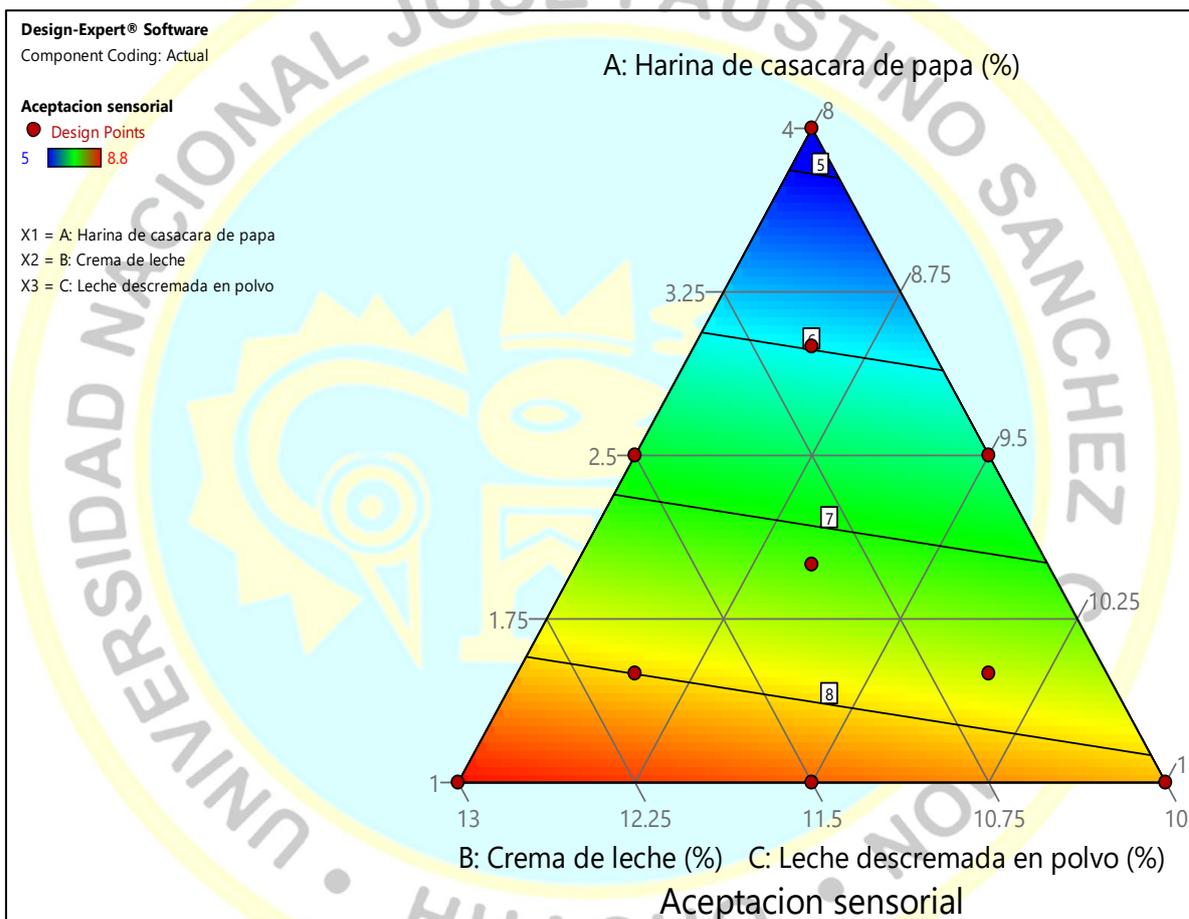


Figura 7. Representación gráfica de contornos (a) para la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

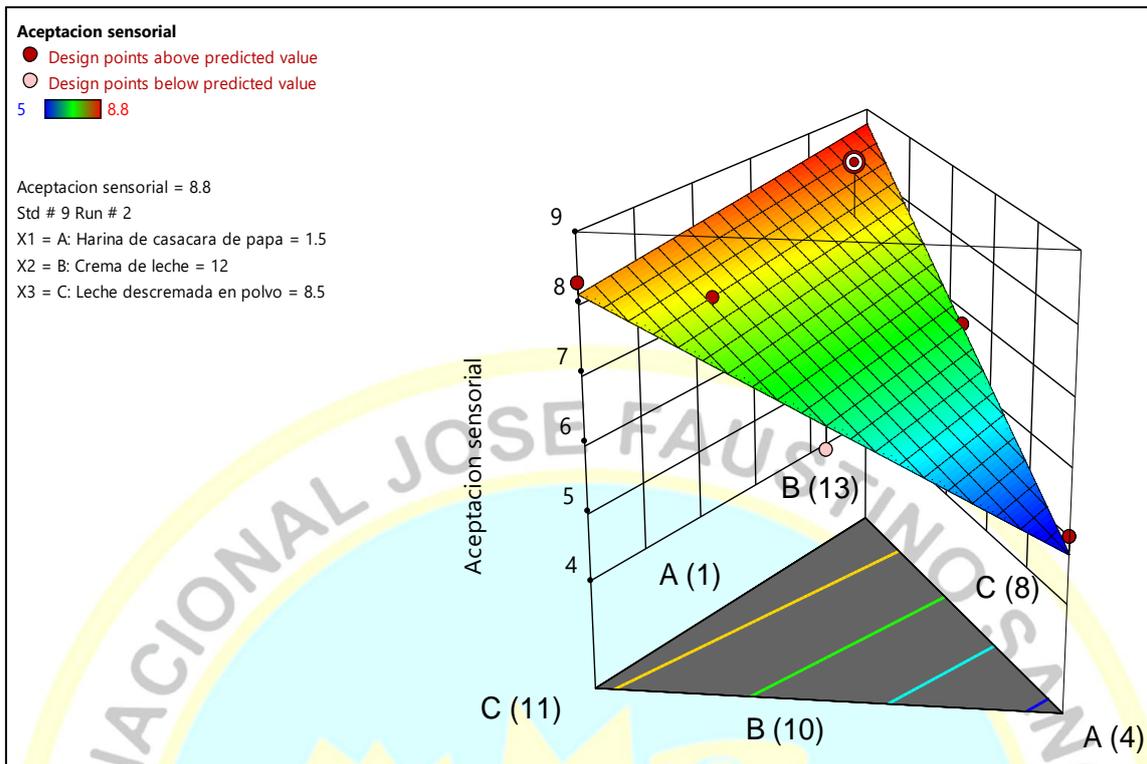


Figura 8. Representación gráfica de superficie de respuesta para la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

4.1.2. Efecto de mezcla de cascara de papa, leche descremada y crema de leche sobre el overrun del helado de vainilla

Tabla 15. Overrun de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Tratamiento	Corrida	Variables independientes (%) (componentes)			Overrun %
		A: Harina de cascara de papa %	B: Crema de leche %	C: Leche descremada en polvo %	
1	9	4	10	8	78.4
2	5	1	13	8	118.4
3	6	1	10	11	110.5
4	10	2.5	11.5	8	96.8
5	3	2.5	10	9.5	109.8
6	4	1	11.5	9.5	115.2
7	8	3	10.5	8.5	82.2
8	2	1.5	12	8.5	109.3
9	1	1.5	10.5	10	106.2
10	7	2	11	9	102.6

Interpretación: En la Tabla 15 se aprecia que los tratamientos T₁, T₄, y T₇ son las que presentan la menor % de overrun oscilando este valor entre estos tratamientos de 77,4 a 96,8%, esto podría deberse a que estos tratamientos son los que tienen la mayor cantidad de Harina de papa y la menor cantidad de leche en polvo descremada, el cual influye en la capacidad de retención de agua. Además, se aprecia que la incorporación de mayor concentración de crema de leche aumento significativamente en el % de overrun en el helado.

Tabla 16. Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable respuesta overrun de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F	p	R ²	R ² ajustado
Lineal	1336.37	2	668.18	16.80	0.0021	0.8276	0,7783
Cuadrático	1458.00	5	291.60	7.44	0.0373	0.9029	0.7815
Cúbico	1576.74	8	197.09	5.18	0.3280	0.9764	0.7879

Interpretación: En la Tabla 16 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos para la variable respuesta *overrun de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa*. El modelo seleccionado fue el modelo lineal, ya que fue el que más se ajustó estadísticamente al comportamiento del overrun, con un valor p igual a 0,0001 ($p < 0,05$) y un coeficiente de determinación (R²) de 0,8276.

Tabla 17. Análisis de varianza del modelo para la variable respuesta overrun de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Fuente	Suma de cuadrados	G.L	Cuadrado medio	Valor F	Valor p	Significancia
Model	1336.37	2	668.18	16.80	0.0021	Significativo
⁽¹⁾ Linear Mixture	1336.37	2	668.18	16.80	0.0021	
Residual	278.42	7	39.77			
Total	1614.78	9				

⁽¹⁾ La inferencia para mezclas lineales usa sumas de cuadrados tipo I.

Interpretación: En la Tabla 17 se presentan los resultados del ANOVA para el modelo lineal se presentan, con una significancia de $p < 0,05$, El valor F de 60,98 implica que el modelo es significativo. Solo existe un 0.21% de posibilidades de que un valor F tan grande pueda ocurrir debido al ruido, y los valores P inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso, A, B y C son términos significativos del modelo. Los valores superiores a 0.05 indican que los términos del modelo no son significativos.

Tabla 18. Estadísticas de ajuste del modelo lineal para la variable respuesta overrun del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Desviación estándar	6.31
Media	102.94
C.V. %	6.13
R ²	0.8276
R ² ajustado	0.7783
R ² predicho	0.6862
Valor de precisión adecuado (Adeq Precision)	10.8561

Interpretación: En la tabla 18 , el R² predicho de 0.6862 está en acuerdo razonable con el R² ajustado de 0.7783; es decir, la diferencia es menor a 0,2. La “Precisión adecuada” (Adeq Precision) mide la relación señal / ruido, se calcula dividiendo la diferencia entre la respuesta predicha máxima y la respuesta predicha mínima por la desviación estándar promedio de todas las respuestas predicha. Son deseables valores grandes de esta cantidad, y los valores que exceden a 4 indican por lo general que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción. La relación de 10.8561 indica una señal adecuada para usar este modelo para navegar por el espacio de diseño.

Tabla 19. Coeficientes de regresión del modelo cuadrático aplicado a overrun del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Variabes	Coficiente Estimada	G.L	Error Standard	-95.% Límite de confianza	+95.% Límite de confianza	VIF
A- Cascara de papa	78.60	1	4.65	67.59	89.60	1.15
B-Crema de leche	116.10	1	4.65	105.09	127.10	1.15
C-LDP	114.13	1	4.65	103.13	125.13	1.15

Interpretación: En la Tabla 19 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a la humedad. Los factores de inflación de la varianza (VIF) mayores que 1 indican multicolinealidad, cuanto mayor es el VIF, más grave es la correlación de los factores. Como regla general, las VIF inferiores a 10 son tolerables. Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo lineal para la variable respuesta Overrun fue la siguiente:

$$\% \text{Overrun} = +78.6 * \text{Cascara de papa} + 116.1 * \text{Crema de leche} + 114.13 * \text{LPD}$$

Se observa que, individualmente, el componente *Crema de leche* en el helado es el de mayor impacto en el % overrun, seguido por la leche en polvo descremada (LPD) y finalmente, la harina de cascara de papa.

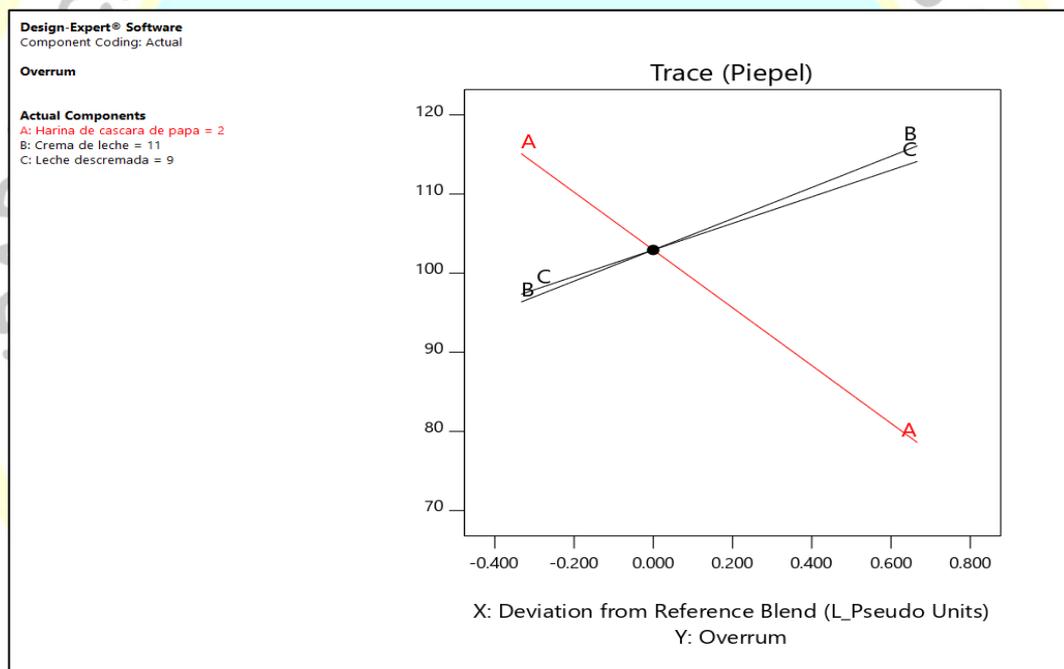


Figura 9. Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas para el % de overrun, respecto a los componentes.

Interpretación: En la figura 9 permite entender cómo es que se comportan los componentes y su importancia por si solos, nótese que a medida que se aumenta en la mezcla la harina de papa disminuye el % overrun en el helado. Lo contrario ocurre con los demás componentes, donde se observa un efecto positivo respecto al %Overrun que se incrementa conforme

aumenta la concentración de crema de leche y leche en polvo descremado y siendo la crema de leche la que más influye positivamente en el % de overrun del Helado enriquecido.

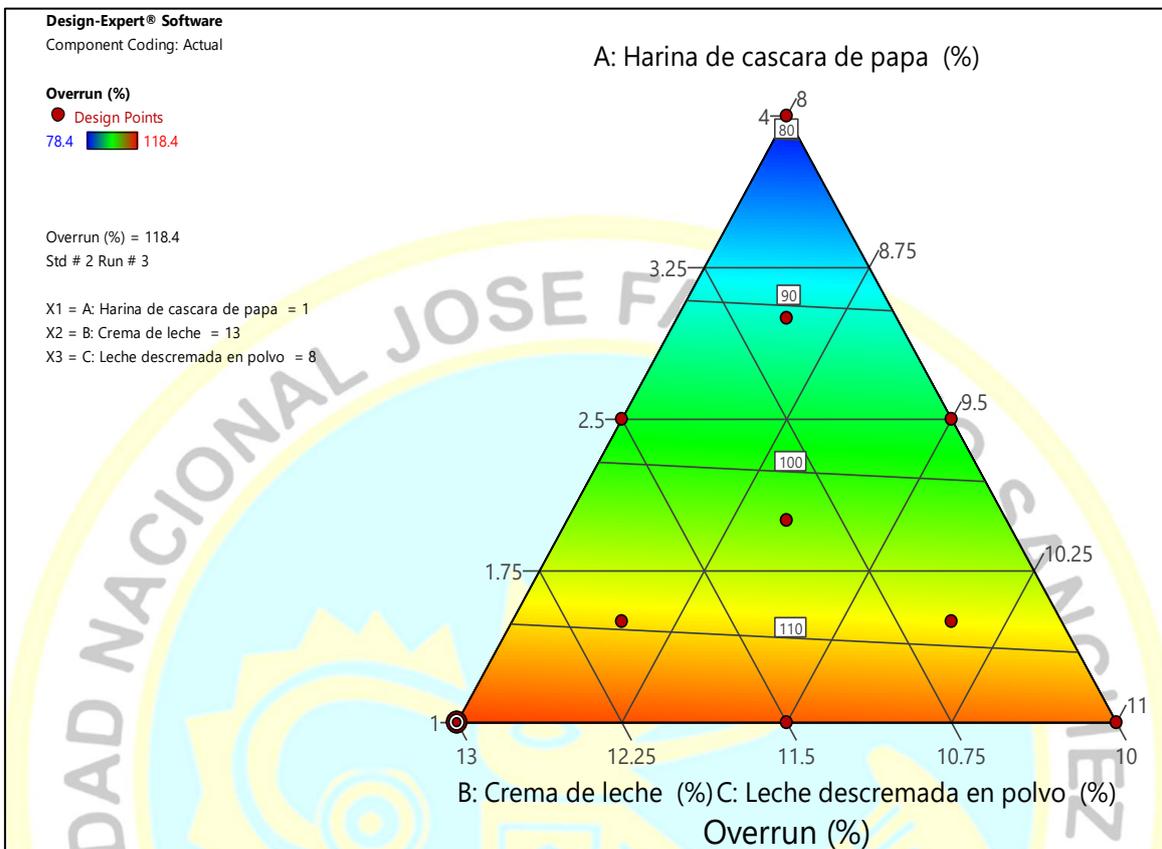


Figura 10: Representación de la gráfica de contornos para el overrun del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

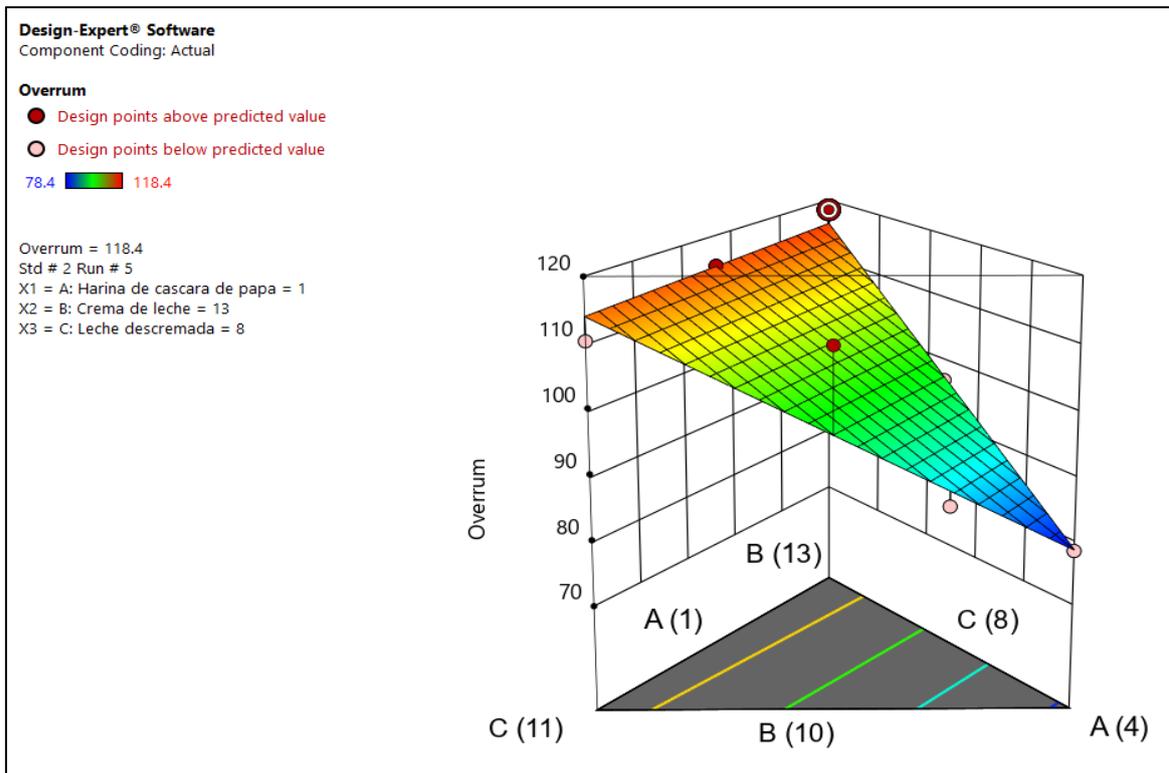


Figura 11: Representación de la gráfica de superficie de respuesta para el helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa

4.1.3. Efecto de mezcla de cascara de papa, leche descremada y crema de leche sobre la viscosidad aparente del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa

Tabla 20 . Viscosidad aparente de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Tratamiento	Corrida	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Respuesta 3
		A: Harina de cascara de papa %	B: Crema de leche %	C: Leche descremada %	Viscosidad aparente (cP)
1	5	4	10	8	148.2
2	3	1	13	8	230.2
3	4	1	10	11	224.6
4	1	2.5	11.5	8	215.8
5	6	2.5	10	9.5	213.6
6	7	1	11.5	9.5	229.1
7	2	2	11	9	180
8	9	3	10.5	8.5	222.4
9	8	1.5	12	8.5	225.2
10	10	1.5	10.5	10	215.4

Tabla 21 Análisis de varianza de los modelos aplicados a la variable Viscosidad aparente de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Modelo	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F	p	R ²	R ² ajustado
Lineal	5222.20	2	2611.10	19.41	0.0014	0.8472	0.8036
Cuadrático	5897.45	5	1179.49	17.71	0.0078	0.9568	0.9028
Cúbico	6121.39	8	765.17	18.05	0.1802	0.9931	0.9381

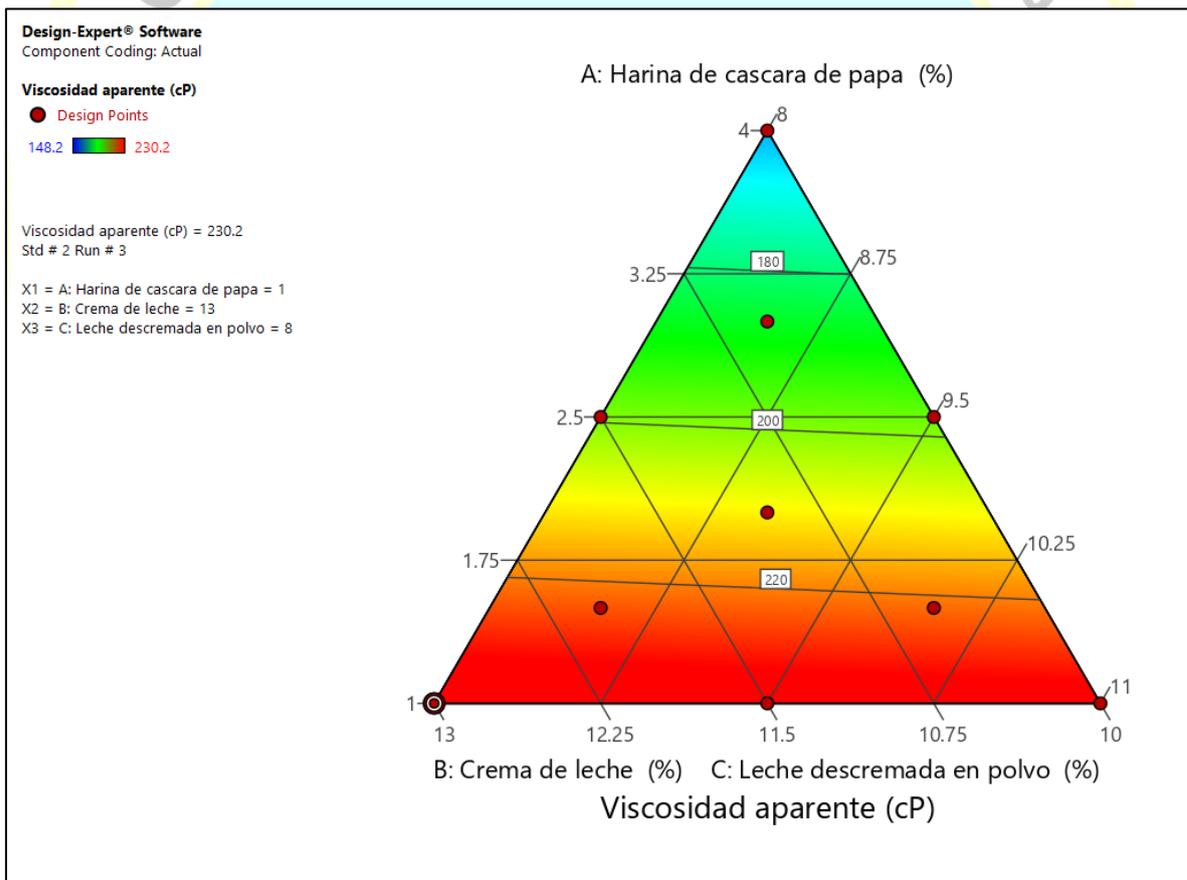


Figura 12: Representación de la gráfica de contornos para la Viscosidad aparente de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa

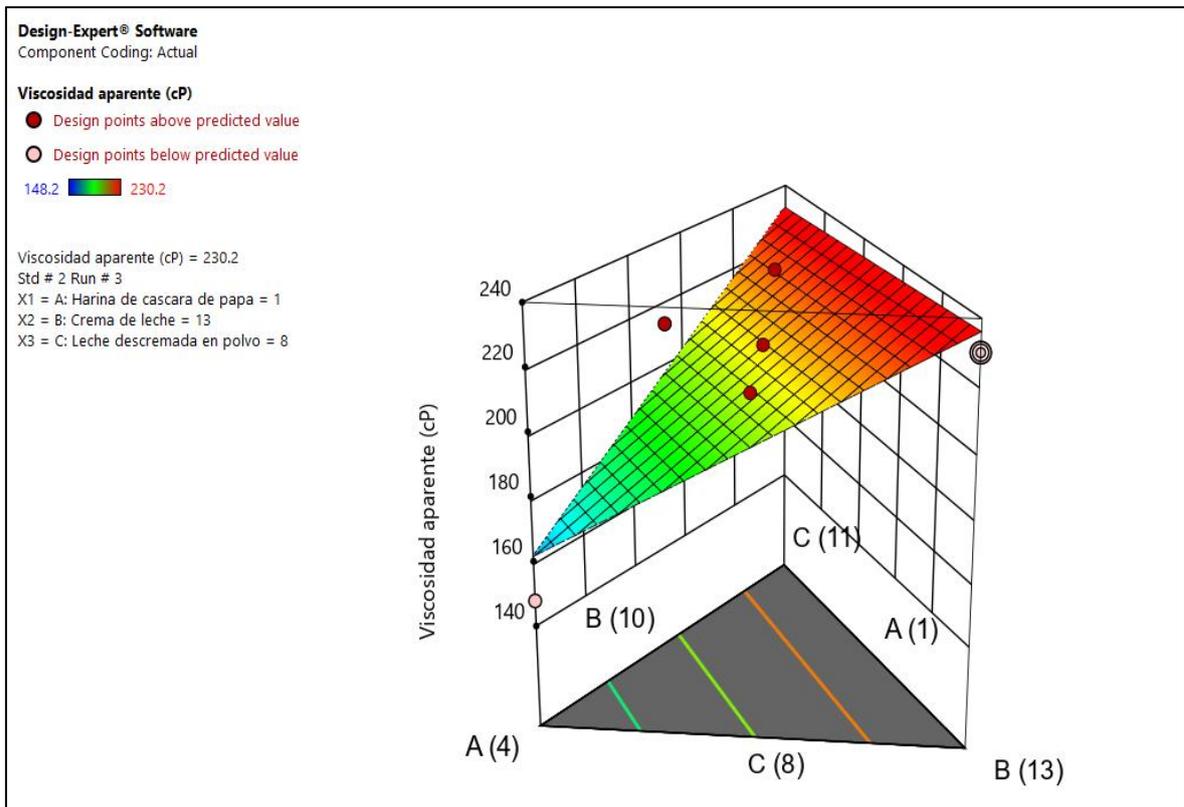


Figura 13: Representación de la gráfica de superficie de respuesta para la Viscosidad aparente de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa

Interpretación: Los valores de viscosidad aparente obtenidos para las 10 muestras mostrados en la Tabla 20 , variaron desde 148,2 a 230,2 cP.

En la Tabla 21 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos para la variable respuesta Viscosidad aparente. El modelo seleccionado fue el modelo lineal, ya que fue el que más se ajustó estadísticamente al comportamiento de la viscosidad, con un valor p igual a 0,0014 ($p < 0,05$) y un coeficiente de determinación (R^2) de 0,8472.

En la Figura 12 y 13 se muestra los contornos y superficie de respuesta generados por el Diseño de mezcla simplex con centroide ampliado, donde se aprecia el efecto de los componentes del helado sobre la Viscosidad aparente de muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa.

Tabla 22. Análisis de varianza del modelo para la variable respuesta Viscosidad aparente.

Fuente	Suma de cuadrados	G.L	Cuadrado medio	Valor F	Valor p	Significancia
Modelo	5222.20	2	2611.10	19.41	0.0014	significativo
⁽¹⁾ Mezcla lineal	5222.20	2	2611.10	19.41	0.0014	
Residual	941.58	7	134.51			
Total	6163.79	9				

⁽¹⁾ La inferencia para mezclas lineales usa sumas de cuadrados tipo I.

En la Tabla 22 se presentan los resultados del ANOVA para el modelo lineal se presentan, con una significancia de $p < 0,05$, El valor F de 19,41 implica que el modelo es significativo. Solo existe un 0.14% de posibilidades de que un valor F tan grande pueda ocurrir debido al ruido y los valores P inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos.

Tabla 23 Estadísticas de ajuste del modelo lineal para la variable respuesta Viscosidad aparente.

Desviación estándar	11.60
Media	210.45
C.V. %	5.51
R ²	0.85
R ² ajustado	0.80
R ² predecido	0.60
Valor de precisión adecuado (Adeq Precision)	11.64

En la Tabla 23 se presentan las Estadísticas de ajuste del modelo cuadrático para la variable respuesta textura, El R² predecido de 0.60 concuerda razonablemente con el R² ajustado de 0.80; es decir, la diferencia es igual a 0.2, pues según Montgomery (2013), Una diferencia mayor que 0.20 entre la "R² predecido" y la "R² ajustado" indica un posible problema con el modelo y/o los datos.

Montgomery (2013), indica que la "Precisión adecuada" (Adeq Precision) mide la relación señal / ruido, se calcula dividiendo la diferencia entre la respuesta predecida máxima y la

respuesta predecida mínima por la desviación estándar promedio de todas las respuestas predecida. Son deseables valores grandes de esta cantidad, y los valores que exceden a 4 indican por lo general que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción. La relación de 11.64 indica una señal adecuada para usar este modelo para navegar por el espacio de diseño.

Tabla 24 . Coeficientes de regresión del modelo lineal aplicado al helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa

Variables	Coefficiente Estimada	G.L	Error Standard	-95.% Límite de confianza	+95.% Límite de confianza	VIF
Harina de cascara de papa	162.32	1	8.56	142.08	182.55	1.15
Crema de leche	236.28	1	8.56	216.05	256.52	1.15
Leche descremada en polvo	232.75	1	8.56	212.51	252.99	1.15

En la Tabla 24 se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a la viscosidad aparente.

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo cuadrático para la variable respuesta viscosidad aparente fue la siguiente:

$$\text{Viscosidad aparente (cP)} = + 162.32 * \text{Harina de cascara de papa} + 236.28 * \text{Crema de leche} + 232.75 * \text{Leche descremada en polvo}$$

Se observa que, individualmente, el componente crema de leche es el de mayor impacto en la *Viscosidad aparente (cP)* en el helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa, seguido por la leche descremada en polvo y finalmente, la harina de cascara de papa.

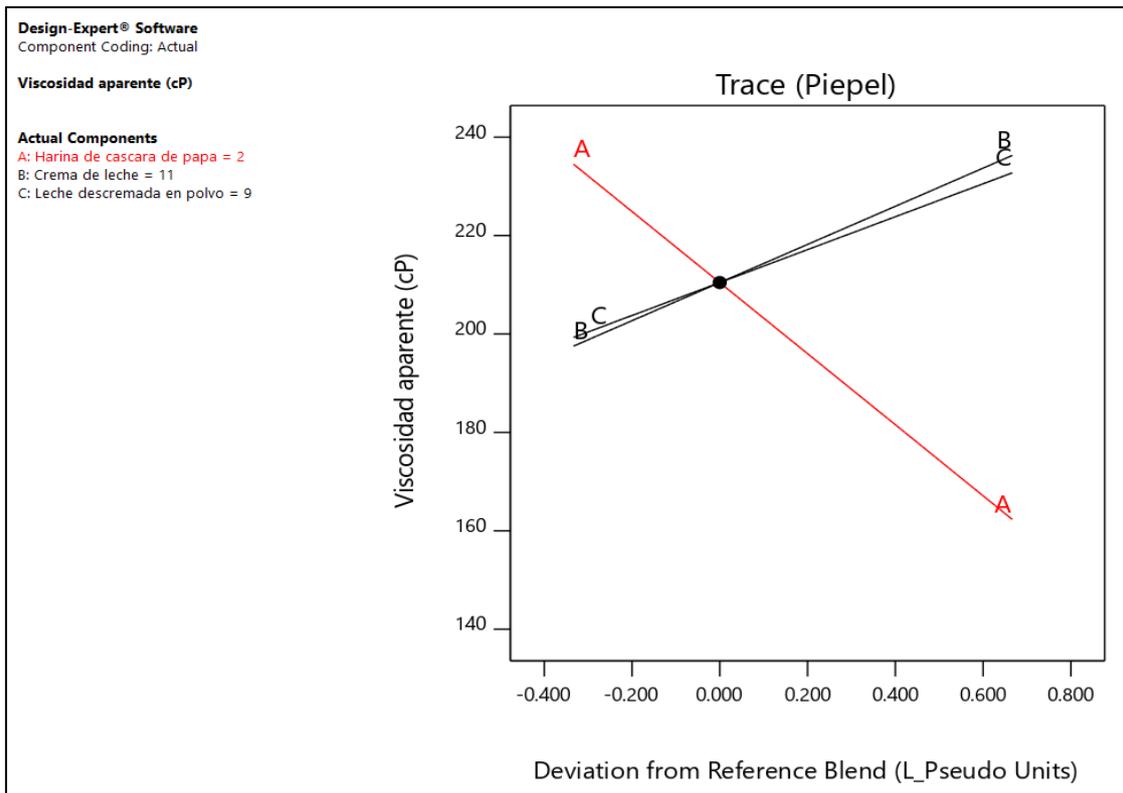


Figura 14. Comportamiento de las trazas para respuestas esperadas para la viscosidad, respecto a los componentes.

En la figura 14 permite entender cómo es que se comportan los componentes y su importancia por sí solos, nótese que a medida que se aumenta en la mezcla la harina de cascara papa disminuye la viscosidad aparente en el helado. Lo contrario ocurre con los demás componentes, donde se observa un efecto positivo respecto a la viscosidad aparente que disminuyen y siendo la crema de leche la que más influye positivamente en la viscosidad aparente del helado enriquecido.

4.1.4. Determinación de la zona de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima.

La optimización de la mezcla de Harina de cascara papa, crema de leche y leche en polvo descremada fue realizada sobre la zona de formulación factible, la cual se determinó mediante el método de superposición gráficas de contorno a fin de obtener el área determinada por los valores aproximados a los deseados para las variables respuesta.

En la superposición de gráficas de contorno se consideró todas las respuestas planteadas. La zona de formulación factible se determinó asignando valores (restricciones) que deseamos obtener de las variables respuesta: Aceptación sensorial, overrun y viscosidad aparente.

Tabla 25: . Valores asignados a las variables respuesta para la determinación de la zona de formulación factible.

Parámetros	Meta	Inferior	Objetivo	Superior
Aceptación sensorial	Máxima	6	7.5	9
overrun	Máxima	50	100	120
Viscosidad aparente	Máxima	130	230	250

Interpretación: En la Tabla 25 se detalla los valores: meta, inferior, objetivo y superior asignados para cada variable respuesta. También se observa los valores asignados a las variables respuesta afectadas significativamente ($p < 0,05$) por las concentraciones de harina de cascara de papa, crema de leche y leche en polvo descremada empleadas y en las cuales se ajusta algún modelo matemático. Estos valores o restricciones se emplearon para delimitar la zona de formulación factible, tal como lo cita.(Montgomery, 2013)

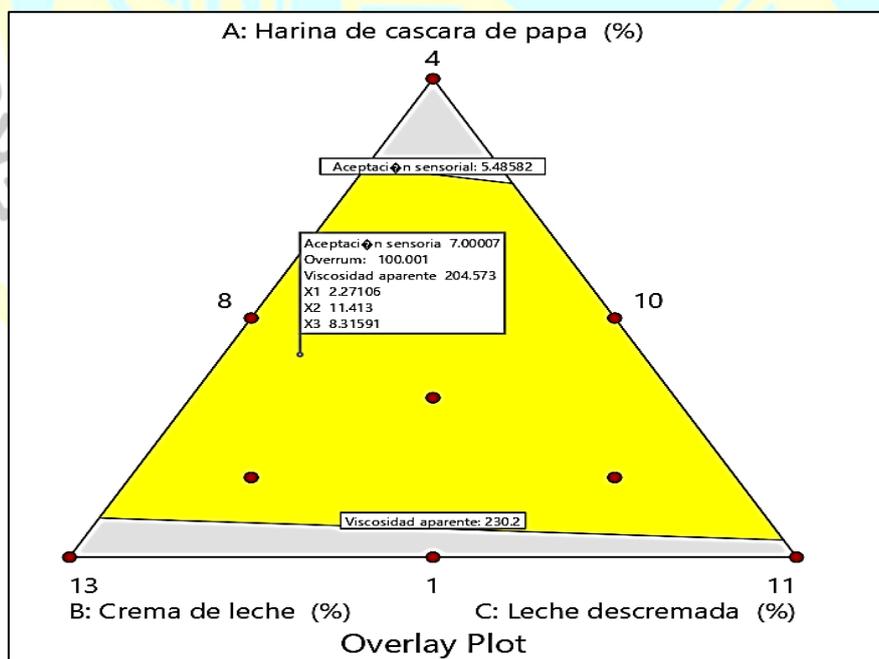


Figura 15. superposición de gráficas de contornos de las variables respuesta: Aceptación sensorial, overrun y viscosidad aparente.

En la Figura 15 se presenta la superposición de gráficas de contornos de las variables respuesta: Aceptación sensorial, overrun y viscosidad aparente; las zonas de formulación factible y la localización numérica de la mezcla óptima de helado. En la Figura se observan dos zonas de formulación factible resultantes de la superposición de gráficas para encontrar la mezcla óptima. Claramente se observa que la zona de mayor aceptación se encuentra cuando % de harina de cascara de papa está entre 2,27%, crema de leche 11,41% y leche en polvo descremada de 8,32%. Con dicha mezcla se espera obtener los siguientes valores de las variables respuesta: 100% de overrun, 204,57 de viscosidad aparente y 7 de aceptación sensorial, correspondiente a la calificación “me gusta moderadamente”.

4.2. Determinación de vida útil sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa mediante Análisis de Supervivencia:

Luego de haber obtenido el producto óptimo se determinó el tiempo de vida útil del producto mediante el método probabilístico de Weibull, y la aplicación del software XLSTAT 2018.

En el Anexo 4 se presenta datos obtenidos de 50 consumidores que recibieron muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa almacenadas en diferentes tiempos de almacenamiento a T° ambiente -18°C, Para cada muestra que los consumidores probaban y contestaban a la pregunta: “¿Usted consumiría este producto? ¿Sí o No?”. (Formato en Anexo 2)

Las muestras almacenadas a esta temperatura, permanecieron estables, durante los 98 días de almacenamiento establecidos, se observó que no presentaron ninguna variación en sus características físicas y sensoriales. Al final de la evaluación solo 19 personas rechazan la muestra por un leve cambio de color y 31 evaluadores aun la dan como aceptable, por tanto, no se genera rechazo al no haber mayoría como se muestra en el Anexo 4.

4.2.2. Conjunto de datos para el análisis de la vida útil sensorial

Los datos que se encuentran en el anexo 4; corresponden a la evaluación del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa ganadora. Las muestras se probaron 1 vez cada 7 días un periodo de 98 días para la muestra acondicionada a -18°C. Los evaluadores han dado su gusto (sí / no) para todos estos tiempos. En los datos, las evaluaciones de los

consumidores se codificaron utilizando el 0 cuando la evaluación es negativa y 1 cuando es positiva.

Una vez que se activó el programa XLSTAT, se seleccionaron e introdujeron los datos al programa, se utilizó la distribución de Weibull para ajustar el modelo.

4.2.3. Interpretación de los resultados de un análisis de la vida útil sensorial

La tabla 26; corresponde a las estadísticas de resumen básicos asociados a los datos de tiempo. En la figura 16; se muestra una visión general de las respuestas de los evaluadores. Estos gráficos muestran una disminución en el número de jueces que aprecian el helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa. Al final del análisis, sólo 31 evaluadores todavía les gusta el producto.

Tabla 26. Estadístico de fechas indica cuantos evaluadores aprobaron hasta el último día de la evaluación de la muestra a -18 °C.

Fecha	Número de positivos	%
0	50.000	100.000
7	50.000	100.000
14	50.000	100.000
21	50.000	100.000
28	50.000	100.000
35	50.000	100.000
42	50.000	100.000
49	50.000	100.000
56	50.000	100.000
63	50.000	100.000
70	50.000	100.000
77	50.000	100.000
84	49.000	98.000
91	42.000	84.000
98	31.000	62.000

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 16: Grafica de Preferencias (Aceptabilidad) para la muestra a -18 °C.

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla 27 que se muestra es similar a los que se muestran en una curva de supervivencia paramétrica, los coeficientes de regresión para los tratamientos de -18 °C se muestran en el anexo 4. En la Figura 17; se observa como una curva de Weibull se monta en el modelo. Podemos ver que ambos parámetros son significativos.

Tabla 27: Coeficiente de Regresión para el tratamiento de 25 °C.

Variable	Valor	Error estándar	Chi-cuadrado de Wald	Pr > Chi ²	Límite inf.(95%)	Límite sup.(95%)
Intercepción	4.628	0.008	348485.605	< 0.0001	4.613	4.643
Escala	0.060	0.011	28.664	< 0.0001	0.041	0.086

FUENTE: Elaboración propia.

La trama función de distribución de preferencia basada en una distribución de Weibull es la siguiente:

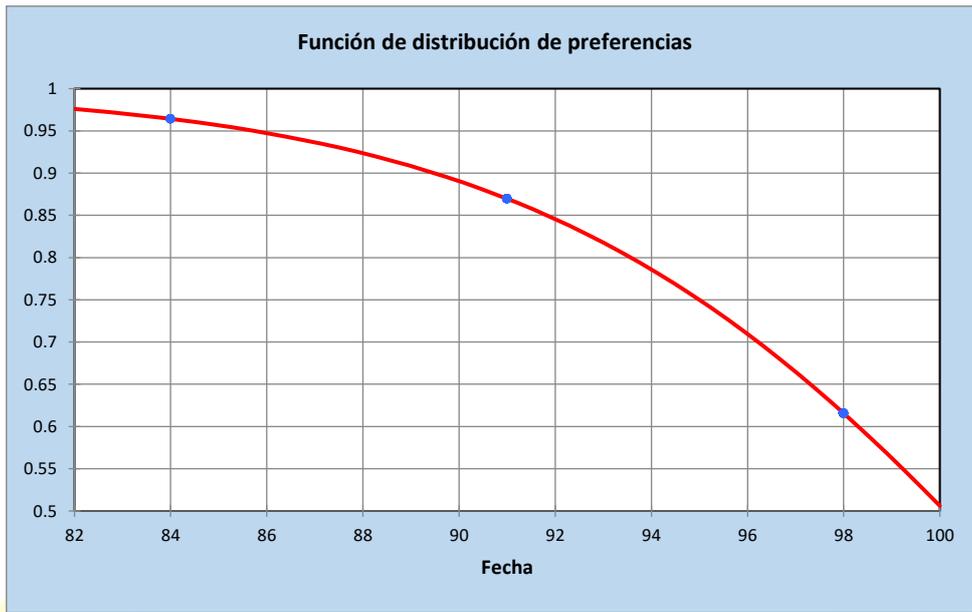


Figura 17. Función de distribución de preferencias (Aceptación) a -18°C.

Fuente : Elaboración propia.

En la figura 18; se muestran las gráficas de función de riesgo para -18°C que va incrementando en función al tiempo.



Figura 18. Función de Riesgo (Rechazo) a -18 °C.

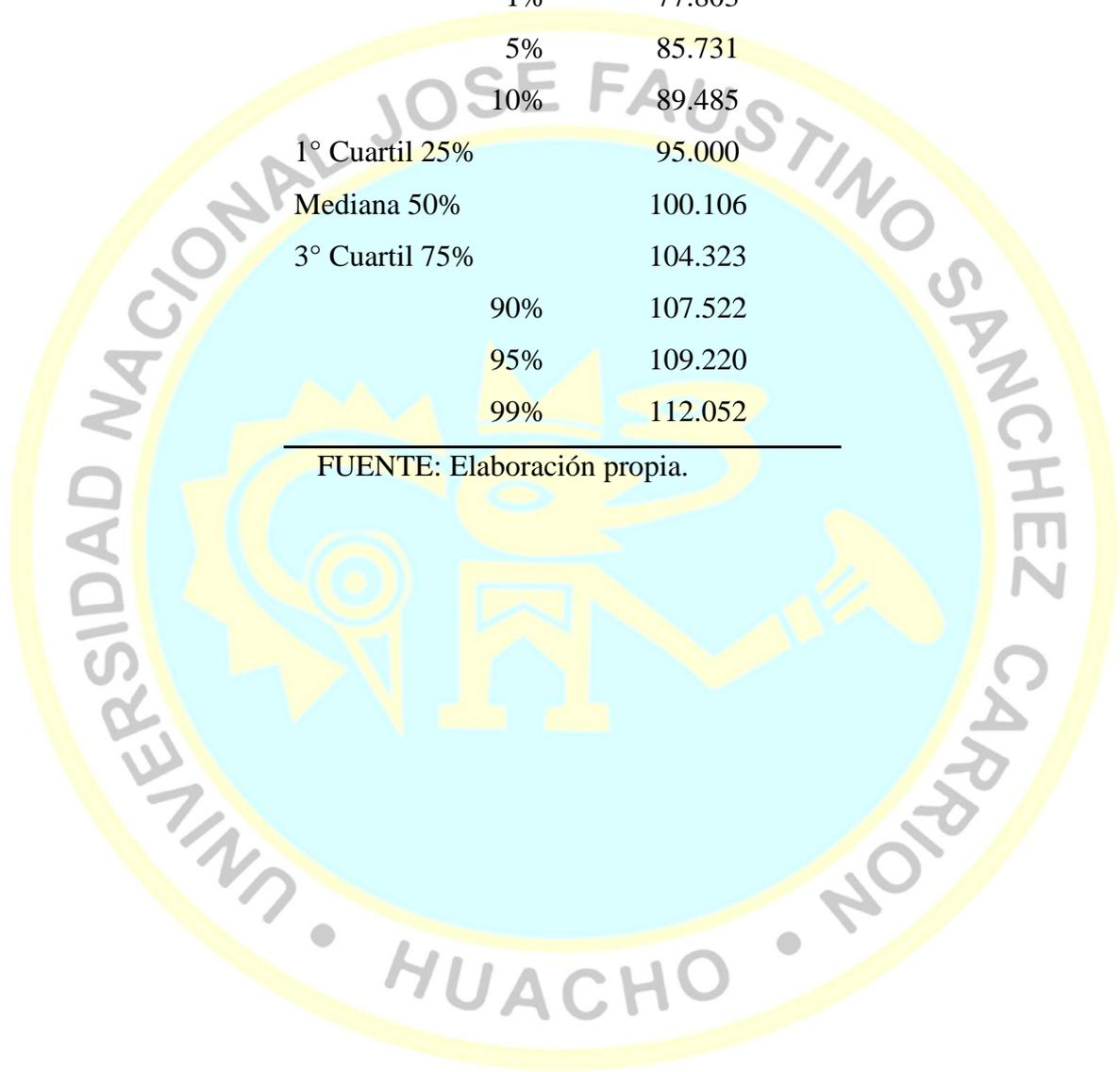
Fuente : Elaboración propia.

En la tabla 24; se muestran los percentiles el cual se utilizará percentil 50% de cada temperatura para poder determinar la vida útil a la temperatura de -18°C . Podemos ver que el tiempo promedio para una temperatura de -18°C es de entre 100,106 días.

Tabla 28. Cuartiles a -18°C .

Percentil	Valor
1%	77.803
5%	85.731
10%	89.485
1° Cuartil 25%	95.000
Mediana 50%	100.106
3° Cuartil 75%	104.323
90%	107.522
95%	109.220
99%	112.052

FUENTE: Elaboración propia.



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

Los resultados mostrados en la Tabla 24 del Análisis Proximal para la harina de cascara de papa, expresado en g/ 100 g de muestra en base húmeda del presente trabajo fueron muy similares a los reportados por Pesantes Lázaro, (2014): humedad 14, proteínas 10,1, grasa 2, fibra 1,2, ceniza 0,5 y carbohidratos 72,2% respecto a la harina de papa.

En la evaluación de la aceptación sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa, en la tabla 26 se observa que el tratamiento T8 obtuvo el mayor rango promedio (8,8), el cual la mezcla base estuvo constituido por 1,5% de harina de papa, 12% de crema de leche y 8,5% de leche descremada en polvo y es seguido por el T₂ que tienen 1 % de harina de papa. Mientras que los tratamientos T1, T₇ y T₅, son los menos aceptados por los panelistas, probablemente por su composición, ya que para los tres casos hay una presencia importante de harina de cascara de papa lo cual sugiere que esta aporta un sabor no muy agradable. Al analizar la mediana de todos los tratamientos, el tratamiento T₈ presenta una mediana de 9. Arroyave y Esguerra (2006) señalan que la harina de papa es un ingrediente que aporta positivamente en las características sensoriales de los productos.

En la elección del modelo matemático que mejor se ajusta a la optimización de la galleta enriquecida, en base a la variable respuesta aceptación sensorial se tomó en cuenta lo indicado por Gutierrez Pulido y De la Vara Salazar (2013), quienes manifiestan que el valor P, prueba si el modelo es significativo o si tiene una aportación adicional significativa a la explicación de la respuesta, los valores P inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos, en este caso, se puede observar en la Tabla 29 los modelos lineal y cuadrático presentan valor P significativos de 0,0001 y 0.0163 respectivamente por ser

menores que 0.05, y el modelo cubico posee un valor de $p > 0.05$, es decir no presentan significancia, por lo que la decisión del mejor modelo será en base al modelo lineal y cuadrático, pero para la selección del modelo se tiene el criterio de los coeficientes de determinación (R^2 , R^2 ajustado y R^2 predecido). En este caso, se elige el modelo lineal, ya que sus coeficientes de determinación (R^2 , R^2 ajustado y R^2 predecido) son un poco mejores que los del modelo cuadrático. Mientras que el modelo cúbico especial, aunque podría ser una alternativa, logra aumentar poco el coeficiente de determinación y no compensa la complicación adicional del modelo. Montgomery (2013) y Hour et al(1980) citado por Mora Barandiaran (2013) mencionan que un coeficiente de determinación mayor a 0,85 permite predecir la respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla siempre que la suma de los componentes sea 100. (Gutierrez Pulido & de la Vara, 2011; Pulido, 2013) (Montgomery, 2013)

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo cuadrático para la variable respuesta aceptación sensorial fue la siguiente:

$$\text{Aceptación sensorial} = +4.74A + 8.78B + 8.14C$$

A: Harina de cascara de papa

B: Crema de leche

C: Leche descremada en polvo

En la ecuación matemática se puede observar el efecto de las concentraciones puras de harina de cascara de papa, crema de leche y Leche descremada en polvo ante la aceptación sensorial. Se observa que el efecto de la crema de leche es mayor, seguido por el de la leche descremada en polvo y finalmente, la cascara de papa.

En la Tabla 34 se presentan los resultados del análisis de varianza de los modelos para la variable respuesta overrun del helado enriquecido con cascara de papa, el modelo seleccionado fue el modelo lineal, ya que fue el que más se ajustó estadísticamente al comportamiento del overrun, con un valor p igual a 0,0021 ($p < 0,05$) y un coeficiente de determinación (R^2) de 0,8276, Montgomery (2013), Gutierrez (2008) y Hour (1980) quienes mencionan que un coeficiente de determinación mayor a 0,85 permite predecir la

respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla siempre que la suma de los componentes sea 100.

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo cuadrático para la variable respuesta overrun fue la siguiente:

$$\text{Overrun} = +78.60A + 116.1B + 114.13C$$

A: Harina de cascara de papa

B: Crema de leche

C: Leche descremada en polvo

En la ecuación matemática se puede observar el efecto de las concentraciones puras de harina de cascara de papa, crema de leche y Leche descremada en polvo ante el overrun. Se observa que el efecto de la crema de leche es mayor, seguido por el de la leche descremada en polvo y finalmente, la cascara de papa.

El R^2 predicho de 0.6862 concuerda razonablemente con el R^2 ajustado de 0.7783; es decir, la diferencia es menor a 0.2, pues según Montgomery (2013), Una diferencia mayor que 0.20 entre la " R^2 predicho" y la " R^2 ajustado" indica un posible problema con el modelo y/o los datos.

Montgomery (2013), indica que la "Precisión adecuada" (Adeq Precision) mide la relación señal / ruido, se calcula dividiendo la diferencia entre la respuesta predicha máxima y la respuesta predicha mínima por la desviación estándar promedio de todas las respuestas predicha. Son deseables valores grandes de esta cantidad, y los valores que exceden a 4 indican por lo general que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción. La relación de 10,8561 indica una señal adecuada para usar este modelo para navegar por el espacio de diseño.

En la Tabla 16 se aprecia que los tratamientos T_1 y T_7 son las que presentan la menor viscosidad aparente oscilando este valor entre estos tratamientos de 148,2 cP y 180 cP, esto podría deberse a que estos tratamientos son los que tienen la menor cantidad de crema de leche y leche descremada en polvo, el cual influye en la viscosidad del helado.

En la tabla 12 se puede observar que el modelo lineal fue el que más se ajustó estadísticamente al comportamiento de la viscosidad, con un valor p igual a 0,0014 ($p < 0,05$) y un coeficiente de determinación (R^2) de 0,8472, Montgomery (2002), Gutierrez (2008) y Hour (1980) quienes mencionan que un coeficiente de determinación mayor a 0,85 permite predecir la respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla siempre que la suma de los componentes sea 1.

Modelando matemáticamente, la ecuación ajustada del modelo cuadrático para la variable respuesta textura fue la siguiente:

$$\text{Viscosidad aparente} = +162.32A + 236.28B + 232.75C$$

A: Harina de cascara de papa

B: Crema de leche

C: Leche descremada en polvo

En la ecuación matemática se puede observar el efecto de las concentraciones puras de harina de cascara de papa, crema de leche y Leche descremada en polvo sobre la viscosidad del helado. Se observa que el efecto de la crema de leche es mayor, seguido por el de la leche descremada en polvo y finalmente, la cascara de papa.

En la Figura 16 se observa dos zonas de formulación factible resultantes de la superposición de gráficas para encontrar la mezcla óptima. Claramente se observa que la zona de mayor aceptación se encuentra cuando el % de harina de cascara de papa está en 2,27 %, crema de leche en 11,41% y 8,32% de leche descremada en polvo.

En la Tabla 32, la Determinación de vida útil sensorial del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa mediante Análisis de Supervivencia fue condicionada por el atributo limitante sabor, obteniendo 100 días.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- a. Los parámetros óptimos del proceso de elaboración del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa fueron: Pasteurizado a 80°C por 10 minutos, en la mezcla base el % de harina de cascara de papa está en 2,27 %, crema de leche en 11,41% , 8,32% de leche descremada en polvo, 15% azúcar estabilizante 0,3%, el congelado a -10 °C por 15 minutos, endurecimiento a -20°C y almacenado a temperatura de -18°C.
- b. La formulación de mayor aceptación sensorial cuando el % de harina de cascara de papa está en 2,27 %, crema de leche en 11,41% y 8,32% de leche descremada en polvo. cuya composición y características fisicoquímica del producto terminado y durante todo el periodo de almacenamiento fueron: 100% de overrun, 204,57 de viscosidad aparente y 7 de aceptación sensorial.
- c. El tiempo de vida útil con respecto al análisis sensorial de la aceptabilidad del helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa, en condiciones de almacenamiento a temperatura de -18°C , el tiempo promedio esta entre 100 días.

6.2 Recomendaciones

- a. Promover el uso de la harina de cascara de papa en la diversificación de productos alternativos en la elaboración de otros productos.

REFERENCIAS

7.1 Fuentes bibliográficas

- Alzamora Pinao, N. D. (2018). *La cristalización como efecto en los helados de crema*. Universidad Nacional Agraria la Molina. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3148.2008.00479.x>
- Angulo Cellestino, F. G. N. (2016). *Universidad Privada Antenor Orrego*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Arroyave Sierra, L. M., & Esguerra Romero, C. (2006). *Utilización de la harina de quinua (Chenopodium quinoa wild) en el proceso de panificación*. Universidad de la Salle.
- Choquemamani yana, D. A., & Bustinza Zavaleta, G. (2011). *Efecto de la adición de harina de cañihua en las propiedades físico, químicas y microbiológicas del helado*. Universidad nacional del altiplano.
- Cornell, J. A. (2011). *A Primer on Experiments with Mixtures*. (D. J. Balding, N. A. C. Cressie, & G. M. Fitzmaurice, Eds.), *A Primer on Experiments with Mixtures* (Primera Ed). Hoboken, Nueva Jersey: Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470907443>
- FAO. (2010). *La papa un alimento con tradición, nutrición y sabor*. Infoagro. Guatemala.
- García Quintana, Santiago Posada Coltázár, A. (2000). *Estudio del Aprovechamiento de la Cascara de Papa Como Insumo en la Producción de Alimentos Balanceados*. *Journal of Molecular Biology*. UNIVERSIDAD DE LA SABANA.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigma* (Tercera ed). México, D.F: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Hollander, M., Wolfe, D. A., & Chicken, E. (2014). *Nonparametric Statistical Methods* (Tercera Ed). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Hough, G., & Fiszman, S. (2005). *Estimación de la vida útil sensoria de los alimentos*. (G. Hough & S. Fiszman, Eds.) (Primera ed). Madrid.
- Isique Huaroma, J. (2014). *Elaboración de helados*. (L. Chaparro Huauya, Ed.) (Primera ed). Lima - Peru: Marco EIRL.
- Isique Valverde, M. J., & Sinc Lezama, J. L. (2017). *Influencia de la hidrólisis química en las características fisicoquímicas y funcionales de los residuos industriales de papa, camote y yuca*. Tesis. Universidad Nacional del Santa.
- Larsen, R. a. (2006). *Food shelf life: estimation and optimal design*. Master of Science. Brigham Young University. <https://doi.org/10.1080/00949650802549135>
- Maldonado Utreras, S., & Merino Barrera, G. A. (2015). *Utilización de la Cáscara de Papa (Solanum tuberosum) como Antioxidante Natural en la Elaboración de Hamburguesas de Res Pre-Fritas y Congeladas*. Universidad San Francisco de Quito.

- Merck. (2010). *Microbiology Manual* (12 th).
- Min, D. B., & Ellefson, W. C. (2010). Fat Analysis. In N. S. Suzanne (Ed.), *Food Analysis* (4 Edition, pp. 118–121). West Lafayette.
- Montgomery, D. C. (2013). *Design and Analysis of Experiments*. (WILEY, Ed.) (Eighth Edi). Hoboken, Nueva Jersey.
- Mora Barandiaran, F. J. (2013). *Efecto de la concentración de cmc, goma guar y goma xantana sobre la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (Cynara scolymus l.) Variedad imperial star*. Universidad privada Antenor Orrego. <https://doi.org/http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/967>
- Quispe Centeno, J. G. (2014). *Obtención y caracterización de la fibra dietética a partir de los residuos de papa (Solanum tuberosum)*. Universidad Nacional de Huancavelica. Retrieved from repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/733%0A
- Roberts, D., & Greenwood, M. (2003). *Practical Food Microbiology*. (D. Roberts & M. Greenwood, Eds.) (Tercera Ed). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470757512>
- Rodríguez, G. D. C. (2014). *Efecto de la Sustitución de Harina de trigo por una Proporción de la mezcla Harina de Cáscara de papa:Harina de Papa(Solanum tuberosum pps)Sobre el Color,Textura,Fibra y Aceptabilidad General en Galletas Dulces*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Ulcuango Túquerres Wilma Esperanza. (2007). “Evaluación de los ingredientes Funcionales (crema y estabilizante)en la helaboracion de helados de crema tipo paleta.” Universidad tecnica del norte. <https://doi.org/10.1007/s00158-012-0835-z>
- Vargas Nina, G. alvaro K. (2015). “*Síntesis y Caracterización de un Almidón Modificado de Papa((Solanum tuberosum),(Var. Única) Para su aplicación en un Helado Soft.*” Universidad Nacional Agraria La Molina.

ANEXOS

Anexo 1: Evaluación sensorial (consistencia sensorial) de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa

Nº JUEZ	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
1	6.00	9.00	9.00	6.00	6.00	8.00	5.00	8.00	8.00	6.00
2	4.00	8.00	7.00	8.00	8.00	7.00	6.00	9.00	8.00	8.00
3	4.00	9.00	8.00	6.00	6.00	8.00	7.00	9.00	6.00	6.00
4	4.00	8.00	7.00	7.00	8.00	9.00	6.00	9.00	6.00	7.00
5	7.00	8.00	8.00	6.00	7.00	8.00	5.00	9.00	8.00	6.00
6	6.00	9.00	9.00	6.00	8.00	9.00	5.00	8.00	7.00	6.00
7	6.00	8.00	8.00	6.00	8.00	9.00	6.00	9.00	7.00	6.00
8	5.00	9.00	9.00	8.00	6.00	8.00	4.00	8.00	8.00	8.00
9	4.00	8.00	8.00	7.00	7.00	9.00	7.00	9.00	7.00	7.00
10	5.00	8.00	9.00	8.00	7.00	9.00	6.00	8.00	9.00	8.00
11	6.00	8.00	9.00	7.00	5.00	9.00	6.00	8.00	7.00	7.00
12	7.00	8.00	9.00	6.00	7.00	9.00	7.00	8.00	8.00	8.00
13	4.00	9.00	9.00	8.00	8.00	8.00	5.00	9.00	7.00	8.00
14	7.00	9.00	8.00	6.00	6.00	7.00	7.00	9.00	8.00	6.00
15	5.00	8.00	7.00	7.00	6.00	9.00	6.00	9.00	9.00	7.00
16	5.00	8.00	8.00	8.00	5.00	8.00	5.00	9.00	8.00	8.00
17	5.00	8.00	9.00	6.00	6.00	9.00	7.00	9.00	9.00	8.00
18	4.00	9.00	9.00	6.00	5.00	9.00	5.00	9.00	8.00	7.00
19	6.00	8.00	9.00	6.00	6.00	9.00	6.00	9.00	6.00	7.00
20	6.00	9.00	9.00	8.00	7.00	8.00	5.00	9.00	7.00	8.00
21	4.00	8.00	7.00	6.00	8.00	9.00	4.00	9.00	7.00	9.00
22	4.00	9.00	8.00	8.00	7.00	9.00	6.00	9.00	7.00	8.00
23	4.00	9.00	7.00	7.00	6.00	8.00	6.00	9.00	7.00	7.00
24	5.00	8.00	7.00	6.00	7.00	9.00	4.00	9.00	8.00	6.00
25	4.00	8.00	9.00	6.00	6.00	8.00	6.00	8.00	9.00	6.00
26	6.00	9.00	8.00	8.00	5.00	9.00	4.00	9.00	7.00	8.00
27	6.00	9.00	9.00	7.00	5.00	7.00	7.00	8.00	8.00	7.00
28	5.00	8.00	9.00	6.00	5.00	9.00	6.00	9.00	7.00	8.00
29	4.00	9.00	9.00	7.00	7.00	8.00	7.00	8.00	9.00	7.00
30	6.00	8.00	8.00	7.00	5.00	9.00	5.00	9.00	7.00	8.00
31	4.00	8.00	9.00	7.00	6.00	9.00	7.00	9.00	8.00	7.00
32	6.00	7.00	8.00	8.00	5.00	8.00	8.00	9.00	8.00	8.00
33	4.00	8.00	8.00	8.00	6.00	7.00	7.00	9.00	7.00	8.00

34	5.00	8.00	9.00	7.00	7.00	8.00	5.00	9.00	8.00	7.00
35	5.00	8.00	7.00	7.00	6.00	7.00	7.00	9.00	7.00	7.00
36	5.00	9.00	9.00	6.00	5.00	9.00	5.00	9.00	8.00	8.00
37	4.00	8.00	6.00	8.00	6.00	7.00	4.00	8.00	8.00	8.00
38	6.00	9.00	8.00	6.00	6.00	7.00	5.00	9.00	9.00	6.00
39	5.00	9.00	9.00	7.00	5.00	7.00	6.00	9.00	8.00	8.00
40	5.00	8.00	9.00	6.00	6.00	8.00	5.00	9.00	9.00	7.00
41	5.00	9.00	8.00	7.00	5.00	8.00	5.00	9.00	9.00	7.00
42	5.00	8.00	8.00	6.00	5.00	9.00	5.00	9.00	9.00	8.00
43	5.00	8.00	9.00	7.00	6.00	8.00	5.00	9.00	9.00	7.00
44	4.00	9.00	8.00	7.00	5.00	7.00	4.00	9.00	8.00	8.00
45	4.00	8.00	9.00	7.00	5.00	7.00	7.00	9.00	8.00	7.00
46	4.00	9.00	8.00	6.00	6.00	7.00	5.00	9.00	8.00	6.00
47	5.00	8.00	9.00	6.00	6.00	8.00	5.00	9.00	8.00	7.00
48	5.00	9.00	8.00	7.00	6.00	8.00	4.00	9.00	8.00	6.00
49	5.00	8.00	9.00	6.00	5.00	9.00	5.00	9.00	7.00	7.00
50	5.00	9.00	8.00	7.00	5.00	8.00	5.00	9.00	9.00	7.00
X	5.00	8.40	8.30	6.80	6.10	8.20	5.60	8.80	7.80	7.20
Mediana	5.00	8.00	8.00	7.00	6.00	8.00	5.00	9.00	8.00	7.00



Anexo 2: Formato de evaluación para determinar la vida útil sensorial de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa

PRUEBA DE ACEPTACION/RECHAZO

Nombre del consumidor:

Muestra evaluada:

Fecha:

Instrucciones: Por favor, pruebe la muestra helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa y responda a la siguiente pregunta ¿Usted consumiría el producto?

NO

SI

Observación:

.....

.....

.....

.....

.....

MUCHAS GRACIAS.

Anexo 3: Datos obtenidos de 50 consumidores que recibieron muestras de helado de vainilla enriquecido con harina de cascara de papa almacenadas en diferentes tiempos de almacenamiento a T° -18°C.

CONSUMIDOR	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
	Días														
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98
1	si	si	si	si	si										
2	si	si	si	si	no										
3	si	si	si	si	si										
4	si	si	si	no	no										
5	si	si	si	si	no										
6	si	si	si	si	si										
7	si	si	si	si	si										
8	si	si	si	no	no										
9	si	si	si	si	si										
10	si	si	si	si	si										
11	si	si	si	si	no										
12	si	si	si	si	si										
13	si	si	si	si	no										
14	si	si	si	si	si										
15	si	si	si	si	si										
16	si	si	si	si	si										
17	si	si	no	no	no										
18	si	si	si	si	si										
19	si	si	si	si	no										
20	si	si	si	si	si										
21	si	si	si	si	si										
22	si	si	si	si	si										
23	si	si	si	no	no										
24	si	si	si	si	no										
25	si	si	si	si	si										
26	si	si	si	si	no										
27	si	si	si	si	si										
28	si	si	si	si	si										
29	si	si	si	no	no										
30	si	si	si	si	si										
31	si	si	si	si	si										
32	si	si	si	si	no										
33	si	si	si	si	no										

34	si														
35	si														
36	si														
37	si														
38	si	no													
39	si														
40	si	no	no												
41	si														
42	si														
43	si														
44	si	no													
45	si	no	no												
46	si														
47	si														
48	si														
49	si	no	no												
50	si														



Anexo 4: Ficha técnica de la papa Huevo de Indio

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE PAPA POR VARIEDAD ADAPTADA DEL CATÁLOGO DE VARIEDAD DE PAPA NATIVA DE CHUGAY, HUAMACHUCO LA LIBERTAD – PERÚ	
NOMBRE: Huevo de Indio	
ABUNDANCIA: Común	
DESCRIPCION MORFOLÓGICA	
Hábito de crecimiento	Recta
Color de la flor	Blanca
Color del tallo	Negro
Forma del tubérculo	Larga ovalada
Color de la piel del tubérculo	Coloradita
Color de la carne del tubérculo	Blanca
CARACTERES AGRONÓMICOS	
Promedio de tubérculos por planta	4 kg / planta
Resistencia a racha	Resistente
Resistencia a helada	Resistente
Tiempo de almacenamiento	Dos meses
Lugar de adaptación	Zonas altas
USOS CULINARIOS: Sirve para sancochar y freír. Mayormente en las pollerías se utiliza esta papa	

Fuente: Catálogo De Variedad De Papa Nativa De Chugay, La Libertad – Perú. 24/05/2017

Anexo 5: Proceso del helado de vainilla enriquecido con harina de cáscara de papa



HUACHO

Mg. Ronald Fernando Rodriguez Espinoza
ASESOR

Dr. Angel Hugo Campos Diaz
PRESIDENTE

Dr. Jose Vicente Nunja Garcia
MIEMBRO

Msc. Benigno Felix Dueñas Sanchez
MIEMBRO



