

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



“EFECTOS DE DIFERENTES NIVELES DE ADICIÓN DE PASTA DE *Arachis hypogaea* L. (MANÍ) EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS Y REOLOGICAS DEL DULCE DE LECHE”

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

VICTOR RAUL MORA MENDOZA

TINGO MARÍA – PERU

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail; fiia@unas.edu.pe

"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 009-2023

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 3 de agosto del 2023, a horas 12:00 m., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bach. **VICTOR RAUL MORA MENDOZA**, titulada:

"EFECTOS DE DIFERENTES NIVELES DE ADICIÓN DE CREMA DE MANÍ (*Arachis hypogaea* L.), EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS Y REOLOGICAS DEL DULCE DE LECHE"

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran A.PROBADO con el calificativo de ... MUY BUENO...; en consecuencia, la sustentante, queda apto para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 3 de agosto del 2023


Dr. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz
Presidente


Dr. Jaime Eduardo Basilio Atencio
Miembro


M.Sc. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Miembro


M.Sc. Luz Milagros Follegatti Romero
Asesora



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N 077 - 2026 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:

Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EFECTOS DE DIFERENTES NIVELES DE ADICIÓN DE PASTA DE <i>Arachis hypogaea</i> L. (MANÍ) EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS Y REOLOGICAS DEL DULCE DE LECHE	VICTOR RAÚL MORA MENDOZA	15 % Quince	0 % Cero

Tingo María, 09 de marzo de 2026.


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

“Promoviendo la Calidad de la Investigación”

REGISTRO DE PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Escuela Profesional : Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Título de Tesis : Efectos de diferentes niveles de adición de pasta de *Arachis hypogaea* L. (maní) en las características organolépticas y reológicas del dulce de leche.
Objetivo General : Evaluar los resultados de distintas cantidades de pasta de maní en las propiedades sensoriales y reológicas del manjar de leche.
Autor de la Tesis : Mora Mendoza, Victor Raul
DNI : 40361476
Correo Electrónico : victor-mora@unas.edu.pe
Asesores de Tesis : M.Sc. Luz Milagros Follegatti Romero
Área de Investigación : Ciencia de Alimentos
Grupo de Investigación : Ingeniería de Alimentos - IA
Línea de Investigación : Ingeniería de Alimentos
Lugar de Ejecución : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Fecha de inicio : Octubre 2021
Fecha de termino : Agosto 2023
Presupuesto : S/. 8,838.00
Financiamiento : Propio () FEDU () Externo ()

M.Sc. Luz Milagros Follegatti Romero
Asesora

Bach. Victor Raul Mora Mendoza
Tesisista

Según: Resolución: N° 461-2023-R-UNAS y Resolución: N° 295-2023-R-UNAS

DEDICATORIA

A Dios por su infinita bondad al haber permitido esta instancia maravillosa de ver cristalizada mi anhelo de ser un profesional.

A mi adorada madre Rosario Mendoza Perea por su gran amor y apoyo incondicional para culminar mi carrera.

A Tania Cecibel Amaringo Ramírez mi esposa que con su gran amor es siempre una gran motivación en mi vida

A mi hermana Kelly Mora Mendoza que siempre alentó y apoyó mi formación profesional y personal

A mis queridos hijos Francesca Giovanna y Luka André Mora Amaringo que hoy se han constituido en la razón de ser de mi existencia

A mi querida y respetada suegra Helder Giovanna Ramírez Arévalo por su apoyo incondicional y paciencia hacia mi persona

AGRADECIMIENTO

Al Ing. M. Sc. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz, presidente del Jurado de Tesis por sus orientaciones y consejos para la realización del presente trabajo.

A la Ing. M. Sc. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo, miembro del Jurado por sus observaciones y orientación para mejorar la realización de la presente tesis.

Al Doctor Roberto Dávila Trujillo, miembro del Jurado por sus consejos y orientación para la realización del presente trabajo.

A la Ing. M. Sc. Luz Milagros Follegati Romero asesora del presente trabajo, quien contribuyo con el planteamiento, justificación y ejecución de la presente tesis.

A todos los docentes de la FIIA por sus conocimientos impartidos y por haber compartido sus experiencias profesionales para mi formación profesional.

A mis compañeros de la facultad por la hermosa convivencia durante mi permanencia en la Universidad.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	03
2.1. Antecedentes de la investigación.....	03
2.1. Bases teóricas.....	04
2.2.1. La leche.....	04
2.2.2. El Maní.....	07
2.2.3. Dulce o manjar de leche.....	10
2.2.4. Las propiedades reológicas.....	12
2.3. Definición de términos básicos.....	15
III. MATERIALES Y METODOS.....	17
3.1. Lugar de realización.....	17
3.2. Materia prima e insumos.....	17
3.2.1. Materias primas.....	17
3.2.2. Insumos.....	17
3.3. Equipos, materiales y reactivos.....	17
3.3.1. Equipos.....	17
3.3.2. Materiales.....	18
3.3.3. Reactivos y soluciones.....	18
3.4. Métodos de análisis.....	18
3.4.1. Métodos de análisis fisicoquímico del manjar con pasta de maní tostado.....	18
3.4.2. Análisis físicos.....	19
3.4.3. Estudios microbiológicos.....	19
3.4.4. Estudio sensorial.....	20
3.5. Metodología experimental.....	20
3.5.1. Obtención de la pasta de maní.....	20
3.5.2. Formulado del dulce de leche con pasta de maní.....	21
3.5.3. Evaluación sensorial.....	22
3.5.4. Determinación de las características fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y reológicas del dulce de leche con pasta de maní.....	22

3.6.	Diseño experimental.....	23
3.6.1.	Pruebas de formulación para obtener el dulce de leche con pasta de maní.....	23
3.6.2.	Estudio de las propiedades reológicas.....	24
3.7.	Análisis estadístico.....	25
3.7.1.	Para la formulación y optimización del dulce de leche con pasta de maní.....	25
3.7.2.	Determinación de las propiedades reológicas del dulce de leche con pasta de maní.....	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1.	Elaboración y estabilización de la pasta de maní.....	27
4.2.	Evaluación sensorial, formulación y elaboración del dulce de leche con maní.....	28
4.2.1.	Evaluación sensorial.....	28
4.2.2.	Formulación del dulce de leche con maní.....	40
4.2.3.	Elaboración del dulce de leche con pasta de maní y balance de materia.....	41
4.3.	Características fisicoquímicas de dulce de leche con pasta de maní más aceptable.....	47
4.4.	Propiedades reológicas de dulce de leche con pasta de maní a temperaturas de 30 °C, 40 °C, 50 °C y 60 °C.....	48
4.4.1.	Determinación del umbral de fluencia del dulce de leche con crema de maní en función a la temperatura.....	48
4.4.2.	Establecimiento del coeficiente de viscosidad aparente e índice de flujo del dulce de leche con crema de maní en función a la temperatura.....	53
4.4.3.	Cálculo de la energía de activación del dulce de leche con crema de maní.....	57
4.5.	Análisis microbiológico del dulce de leche con pasta de maní.....	58
V.	CONCLUSIONES.....	60
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	62
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	63
	ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Principales constituyentes de la leche de vaca (g/100g de leche).....	05
2	Especificaciones fisicoquímicas de la leche cruda.....	06
3	Composición por 100 gramos de porción comestible de maní.....	08
4	Pruebas de múltiples rangos para color por porcentaje de pasta de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD.....	29
5	Respuesta para maximizar la optimización del color de dulce de leche con pasta de maní con una estimación de 3,676.....	29
6	Ensayo de Kruskal-Wallis del color por muestras tratadas de dulce de leche con pasta de maní.....	30
7	Pruebas de múltiples rangos para aroma por porcentaje de pasta de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD.....	31
8	Respuesta para maximizar la optimización del aroma de dulce de leche con pasta de maní con una estimación de 3,830.....	32
9	Ensayo de Kruskal-Wallis del aroma por muestras tratadas de dulce de leche con pasta de maní.....	33
10	Pruebas de múltiples rangos para sabor por porcentaje de pasta de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD.....	34
11	Respuesta para maximizar la optimización del sabor de dulce de leche con pasta de maní con una estimación de 4,088.....	35
12	Ensayo de Kruskal-Wallis del sabor por muestras tratadas de dulce de leche con pasta de maní.....	36
13	Ensayos de múltiples rangos para apariencia general por porcentaje de pasta de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD.....	37
14	Respuesta para maximizar la optimización de la apariencia general de dulce de leche con pasta de maní con una estimación de 4,236.....	38
15	Ensayo de Kruskal-Wallis de la apariencia general por muestras tratadas de dulce de leche con pasta de maní.....	39
16	Medias de calidad de las evaluaciones efectuadas de los atributos analizados en dulce de leche con pasta de maní.....	40
17	Formulación de dulce de leche con pasta de maní para 100 kilogramos...	41

18	Computo de materiales y rendimiento al procesar dulce de leche con pasta de maní.....	46
19	Características fisicoquímicas de dulce de leche con pasta de maní.....	47
20	Evaluación reológica a 30 °C, 40 °C, 50 °C y 60 °C.....	49
21	Umbral de fluencia a las temperaturas de 30 °C, 40 °C, 50 °C y 60 °C.....	52
22	Velocidad de deformación y diferencia de esfuerzo de corte con umbral de fluencia a las temperaturas de 30 °C, 40 °C, 50 °C y 60 °C.....	54
23	Viscosidad aparente en Pa.s-1 e índice de flujo de dulce de leche con pasta de maní.....	57
24	Efecto de la temperatura sobre el dulce de leche con pasta de maní.....	57
25	Valores de la Energía de Activación de dulce de leche con pasta de maní a diferentes temperaturas.....	58
26	Análisis microbiológico de dulce de leche con pasta de maní.....	59
	ANEXOS	66
1	Ficha de evaluación sensorial.....	68
2	Color de dulce de leche con crema de maní.....	68
3	Análisis de Varianza para Color de dulce de leche con crema de maní...	68
4	ANOVA para Color por Tratamientos de dulce de leche con crema de maní.....	68
5	Aroma de dulce de leche con crema de maní.....	69
6	Análisis de Varianza para Olor de dulce de leche con crema de maní.....	69
7	ANOVA para Olor por Tratamientos de dulce de leche con crema de maní.....	69
8	Sabor de dulce de leche con crema de maní.....	70
9	Análisis de Varianza para Sabor de dulce de leche con crema de maní...	70
10	ANOVA para Sabor por Tratamientos de dulce de leche con crema de maní.....	70
11	Apariencia general de dulce de leche con crema de maní.....	71
12	Análisis de Varianza para Apariencia general de dulce de leche con crema de maní.....	71
13	ANOVA para Apariencia por Tratamientos de dulce de leche con crema de maní.....	71

14	Datos proporcionados por el Reómetro Brookfield del dulce de leche con maní.....	72
15	Cálculo de la Energía de Activación para la variación de la Temperatura.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Campo de flujo en cizalla simple en la geometría de placas paralelas. (a) perfil de velocidad. (b) las líneas de trayectoria de partículas.....	13
2	Clasificación del comportamiento reológico (Quinstan, 2008).....	15
3	Flujograma experimental para la elaboración de pasta de maní (Fuente: Coronado, 2001).....	21
4	Flujograma tentativo para elaborar el dulce de leche con pasta de maní. Fuente Propia.....	22
5	Esquema experimental para la optimización del procesamiento de dulce de leche con pasta de maní.....	23
6	Esquema experimental para la investigación de las características reológicas del dulce de leche con pasta de maní.....	24
7	Comportamiento de variables para el color de dulce de leche con pasta de maní.....	29
8	Color de dulce de leche con pasta de maní en la superficie de respuesta.. Curvas de nivel en el área de respuesta valorada del color de dulce de	30
9	leche con pasta de maní.....	30
10	Comportamiento del color en las muestras de dulce de leche con pasta de maní.....	31
11	Comportamiento de variables para el aroma de dulce de leche con pasta de maní.....	32
12	Aroma de dulce de leche con pasta de maní en la superficie de respuesta.....	32
13	Curvas de nivel en el área de respuesta valorada del aroma de dulce de leche con pasta de maní.....	33
14	Comportamiento del aroma en las muestras de dulce de leche con pasta de maní.....	34
15	Comportamiento de variables para el sabor de dulce de leche con pasta de maní.....	35
16	Sabor de dulce de leche con pasta de maní en la superficie de respuesta...	35
17	Curvas de nivel en el área de respuesta valorada del sabor de dulce de	

	leche con pasta de maní.....	36
18	Comportamiento del sabor en las muestras de dulce de leche con pasta de maní.....	37
19	Comportamiento de variables para la apariencia general de dulce de leche con pasta de maní.....	38
20	Apariencia general de dulce de leche con pasta de maní en la superficie de respuesta.....	38
21	Curvas de nivel en el área de respuesta valorada de la apariencia general de dulce de leche con pasta de maní.....	39
22	Comportamiento de la apariencia general en las muestras de dulce de leche con pasta de maní.....	40
23	Linealización mediante logaritmos del esfuerzo de corte y velocidad de corte del dulce de leche con crema de maní a 30 °C.....	50
24	Linealización mediante logaritmos del esfuerzo de corte y velocidad de corte del dulce de leche con crema de maní a 40 °C.....	50
25	Linealización mediante logaritmos del esfuerzo de corte y velocidad de corte del dulce de leche con crema de maní a 50 °C.....	51
26	Linealización mediante logaritmos del esfuerzo de corte y velocidad de corte del dulce de leche con crema de maní a 60 °C.....	51
27	Determinación del comportamiento de flujo mediante el esfuerzo cortante y la velocidad de corte a 30 °C.....	55
28	Determinación del comportamiento de flujo mediante el esfuerzo cortante y la velocidad de corte a 40 °C.....	55
29	Determinación del comportamiento de flujo mediante el esfuerzo cortante y la velocidad de corte a 50 °C.....	56
30	Determinación del comportamiento de flujo mediante el esfuerzo cortante y la velocidad de corte a 60°C.....	56
31	Determinación del comportamiento de flujo mediante la viscosidad aparente y el índice de flujo a diferentes temperaturas.....	57
32	Efecto de la temperatura en el dulce de leche con crema de maní.....	58

RESUMEN

La presente investigación se realizó al estudiar los efectos de diferentes niveles de adición de pasta de maní (*Arachis hypogaea* L.) en las características organolépticas y reológicas del dulce de leche.

La pasta de maní se elaboró con las operaciones de pesado; seleccionado; tostado; enfriado; descascarillado; primera molienda; segunda molienda; tercera molienda; envasado; y almacenado. Se formuló y se elaboró dulce de leche con crema de maní con leche 77,70% (1030,00 kg); bicarbonato 0,10% (1,33 kg); sacarosa 15,90% (210,77 kg); pasta de maní 6,00% (79,54 kg); glucosa 0,30% (3,98 kg).

Se evaluó sensorialmente el dulce de leche determinando que el mejor tratamiento en todos los atributos valorados fue A2B2 (6% crema de maní y 0,3% glucosa). Se procesó dulce de leche con crema de maní siguiendo las siguientes operaciones: recepción de la materia prima; pesado y formulado; neutralizado; calentado; dosificado; concentración; enfriado; envasado y Etiquetado; almacenamiento. Se realizó el balance de materia teniendo un rendimiento por proceso de 94,97%.

Las características fisicoquímicas del dulce de leche con pasta de maní fueron: humedad $25,500 \pm 0,500\%$; proteína $9,533 \pm 0,153\%$ bh, $12,796 \pm 0,153\%$ bs; grasa $6,100 \pm 0,200\%$ bh, $8,188 \pm 0,200\%$ bs; ceniza $1,900 \pm 0,100\%$ bh, $2,550 \pm 0,100\%$ bs; carbohidratos $56,783 \pm 0,928\%$ bh, $76,219 \pm 0,928\%$ bs; fibra $0,183 \pm 0,029\%$ bh, $0,246 \pm 0,029\%$ bs; pH $6,100 \pm 0,200$; acidez $0,223 \pm 0,015$ en ácido láctico; °Brix $62,300 \pm 0,100$.

Las propiedades reológicas del dulce de leche con crema de maní fue la de un fluido no Newtoniano con comportamiento Herschel- Bulkley que a partir del umbral de fluencia sigue la ley de la potencia. Los umbrales de fluencia fueron: 330,663 Pa para 30 °C; 327,144 Pa para 40 °C; 264,886 Pa para 50 °C; 162,292 para 60 °C. Viscosidades aparentes de $29,890 \text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ para 30 °C; $30,842 \text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ para 40 °C; $32,136 \text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ para 50 °C y $33,718 \text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ para 60 °C. Índices de flujo de 0,6762 para 30 °C; 0,6721 para 40 °C; 0,6706 para 50 °C y 0,7486 para 60 °C. Con energía de activación de 941,186 J/mol.k.

El análisis microbiológico del dulce de leche con crema de maní fue: Aerobios Mesófilos 30 UFC/mL; Coliformes totales ausencia UFC/mL y Mohos y levaduras ausencia UFC/100mL estando por debajo de los requisitos de las normas.

Palabras clave: *Arachis hypogaea*, dulce de leche, reología, Herschel–Bulkley, sensorial.

ABSTRACT

The present research was carried out by studying the effects of different levels of addition of peanut paste (*Arachis hypogaea* L.) on the organoleptic and rheological characteristics of dulce de leche.

The peanut paste was made using the following operations: weighing; selecting; roasting; cooling; shelling; first grinding; second grinding; third grinding; packaging; and storing. Dulce de leche was formulated and made with peanut cream with milk 77,70% (1030,00 kg); bicarbonate 0,10% (1,33 kg); sucrose 15,90% (210,77 kg); peanut paste 6,00% (79,54 kg); glucose 0.30% (3,98 kg).

The dulce de leche was evaluated sensorially, determining that the best treatment in all assessed attributes was A₂B₂ (6% peanut butter and 0,3% glucose). Dulce de leche with peanut butter was processed following these operations: raw material reception; weighing and formulation; neutralization; heating; dosing; concentration; cooling; packaging and labeling; and storage. A material balance was performed, resulting in a process yield of 94,97%.

The physicochemical characteristics of the dulce de leche with peanut paste were: moisture 25,500±0.500%; protein 9,533±0.153% w/w, 12,796±0.153% d/w; fat 6,100±0.200% w/w, 8,188±0.200% d/w; ash 1,900±0,100% w/w, 2,550±0,100% d/w; carbohydrates 56,783±0,928% w/w, 76,219±0,928% d/w; fiber 0,183±0,029% w/w, 0,246±0,029% d/w; pH 6,100±0,200; acidity 0,223±0,015 in lactic acid; °Brix 62,300±0,100.

The rheological properties of dulce de leche with peanut butter were those of a non-Newtonian fluid with Herschel-Bulkley behavior, which, beyond the yield point, follows the power law. The yield points were: 330,663 Pa for 30 °C; 327,144 Pa for 40 °C; 264,886 Pa for 50 °C; and 162,292 Pa for 60 °C. Apparent viscosities were 29,890 Pa·s for 30 °C; 30,842 Pa·s for 40 °C; 32,136 Pa·s for 50 °C; and 33,718 Pa·s for 60 °C. Flow indices were 0,6762 for 30 °C and 0,6721 for 40 °C. 0,6706 for 50 °C and 0,7486 for 60 °C. With an activation energy of 941,186 J/mol.k.

The microbiological analysis of the dulce de leche with peanut cream was: Mesophilic Aerobes 30 CFU/mL; Total Coliforms absence CFU/mL and Molds and Yeasts absence CFU/100mL, being below the requirements of the standards.

Keywords: *Arachis hypogaea*, dulce de leche, rheology, Herschel–Bulkley, sensory

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la productividad y el consumo de manjar de leche está incrementándose debido a que es un producto de una importante estimación nutricional y mucha aceptabilidad por sus excelentes propiedades organolépticas, que consumen personas de edades diversas, pero este producto alimenticio en su contenido no tiene todas las exigencias de proteínas, vitaminas, fibras crudas que puedan contribuir con la nutrición óptima de las personas que lo consuman, es así que en al tratar de ampliar la estimación nutricional del manjar de leche se han ejecutado diferentes investigaciones que consideran la incorporación de vegetales con considerables cantidades proteínicas, vitaminas y fibras crudas, es así que en este trabajo se ha considerado al maní ya que en los últimos años se lo ha investigado como alimento funcional y proteico e incluso como aditivo alimentario.

En la actualidad los datos del proceso donde se adiciona crema de maní, no están determinados, tampoco existe información de como esta adición influye en las características organolépticas, fisicoquímicas, microbiológicas y reológicas cuando elaboramos el producto en estudio, por lo tanto no está definido su aceptabilidad a nivel local, regional y nacional, ante lo manifestado es de necesidad implícita investigar el predominio de la adición de pasta de maní, en las propiedades sensoriales, físicas y químicas, microbiológicas y reológicas del producto en estudio, que sea aceptada por el consumidor donde se evalúe y valide las virtudes de nutrición al incorporar pasta de maní.

En la Región San Martín que es parte de la Selva Oriental del Perú se encuentran ubicados los valles del río Mayo siendo uno de ellos el valle del Alto Mayo (Moyobamba y Rioja) y los Valles del río Huallaga (Juanjuí) y río Saposoa (Saposoa), que potencialmente son zonas productoras de maní (*Arachis hypogaea* L.) de las variedades: Italiano Casma, Tarapoto negro (maní rojo), entre otros, encontrándose en mayor porcentaje las variedades Tarapoto negro (maní rojo) en un 50% e Italiano Casma 20%. Contando estas zonas con aproximadamente de 100 a 120 toneladas de producción total anual.

El periodo vegetativo del maní es corto, razón por lo que ha adquirido importancia económica para los productores de la zona, cultivándose dos campañas anuales. Pero el beneficio del maní mercantilizado como materia prima es mínimo debido al elevado costo de transporte y falta de estabilidad en los precios por parte de los comercializadores intermedios, pudiendo mejorar su valor agregado al ser industrializado como pasta de maní o como un ingrediente del dulce de leche debido a que la región San Martín también es zona ganadera donde existe producción de leche.

El presente trabajo de investigación contribuyó a determinar los parámetros óptimos adecuados para elaborar dulce de leche adicionando pasta de maní, evaluado sensorial (color, olor, sabor y apariencia general), para su óptima formulación y vincularlo con sus propiedades reológicas relacionándolo con la transferencia de momentum y la calidad con similitud al dulce de leche convencional.

La actual investigación poseerá como posibles adjudicatarios a todos los pobladores vinculados con la producción de maní y la producción de leche de la región San Martín, cubriendo parte de las necesidades de transformación de estos productos, además influyó en la diversificación del dulce de leche y las características organolépticas permitiendo la ampliación de los conocimientos en el procesamiento de este nuevo producto teniendo en cuenta los efectos de diferentes niveles de adición de pasta de maní en el dulce de leche, incrementando la industrialización, la seguridad alimentaria y la mejora de las condiciones de vida, aprovechando el maní como elemento constitutivo del dulce de leche con características organolépticas y reológicas que garantizan su calidad, y en el buen diseño de equipos, que permitan minimizar los costos energéticos y lograr una eficiencia óptima, es así que se planteó los siguientes objetivos: Como objetivo general, evaluar los resultados de distintas cantidades de pasta de maní en las propiedades sensoriales y reológicas del manjar de leche y como objetivos específicos:

- Elaborar pasta de maní
- Formular y elaborar dulce de leche con distintos valores de agregación de pasta de maní.
- Evaluar sensorialmente los dulces de leche elaboradas y establecer los indicadores tecnológicos del proceso que determine el mejor tratamiento de dulce de leche con maní.
- Evaluar las características físicas y químicas del dulce de leche con maní del tratamiento más aceptable.
- Evaluar las características reológicas del dulce de leche con crema de maní más aceptable a temperaturas de 30, 40, 50 y 60°C.
- Realizar el estudio microbiológico del dulce de leche con crema de maní.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Villa (2012) investigaron el efecto al utilizar tres niveles de harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) al elaborar de manjar de leche (0, 2, 4 y 6 %), lo hicieron mediante un diseño experimental que permitió la validación del experimento mediante un DCA (diseño completo al azar), evaluándose características fisicoquímicas durante 120 días, concluye con claridad que la incorporación de harina de amaranto al manjar de leche mejora significativamente su calidad. Determina que el nivel del 6 % es el óptimo, debido a que con este porcentaje se alcanzan los mayores contenidos de proteína y grasa, una mejor aceptabilidad sensorial en color, olor, sabor y textura, y una menor humedad que favorece la conservación del producto. Además, demuestra la mayor rentabilidad económica (índice beneficio-costos de 1,79 USD). Finalmente, recomienda impulsar su aplicación a nivel industrial en productos lácteos, destacando el aporte nutricional del amaranto.

Benigna (2008) investigó los efectos de los diferentes niveles de harina de quinua (2, 4, 6%) en la elaboración del manjar de leche, estableciendo que la incorporación de diferentes cantidades de harina de quinua en la elaboración del manjar de leche, cuando se empleó el nivel 6% presentó 42,94% de humedad, 77,84% de materia seca, 6,31% de proteína, 1,37% de cenizas; los análisis microbiológicos determinaron la ausencia de bacterias patógenas, coliformes, mohos y levaduras, mayor presencia de bacterias activas. Almacenado a temperatura ambiente (18°C) de 0 a 15 días no hubo alteraciones, a los 30 días a los niveles de 2, 4 y 6% existió presencia de levaduras. Sensorialmente, fue afectado por efecto de los tratamientos, el nivel de 2% fue de mayor aceptación, comparado con el grupo control 0%. El estudio se hizo en la planta de lácteos Tunshí de la ESPOCH

Bladimir y Fabricio (2013); Investigaron la elaboración de manjar de leche y la manera de aumentar el valor nutritivo agregando diferentes tipos de harinas y endulzantes en la planta de lácteos de la Universidad Estatal de Bolívar. Establecieron que el mejor tipo de harina es el de tarwi agregando 150 en el producto. Determinaron que la mejor endulzante es la panela cuando se agrega 900 gramos en el dulce de leche. Realizaron y verificaron que el tipo de dulce de leche cumplía con los requisitos de asepsia en los análisis microbiológicos, se ceñían con las características fisicoquímicas del tratamiento óptimo es así que concluyeron que la incorporación de harina de tarwi (150 g) y panela (900 g) mejora el valor nutricional del dulce de leche, especialmente en el contenido proteico, manteniendo al mismo tiempo la inocuidad microbiológica y el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos establecidos

en las normas técnicas. El tratamiento con harina de chocho y panela (T1) obtuvo la mejor aceptación sensorial entre los panelistas. Asimismo, determinaron que la producción del manjar nutritivo es económicamente viable, generando utilidad por unidad vendida. En consecuencia, concluyeron que el producto es técnica, nutricional y económicamente factible para su elaboración en la planta de lácteos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La leche

Noriega (1998) define a la leche como el producto obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro el cual debe ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación.

Según Noriega (1998) desde el punto de vista químico la leche es un sistema complejo, ya que es como una emulsión de grasas en agua siendo estabilizada por una dispersión de proteínas en una solución de sales, vitaminas, péptidos, lactosa, oligosacáridos, caseína y otras proteínas, células (epiteliales, leucocitos, bacterias y levaduras), CO₂, O₂ y nitrógeno.

Noriega (1998) define a la leche como el alimento líquido exenta de calostro como consecuencia del ordeño integral sin interrupción de vacas saludables con buena alimentación y con reposo previo.

Según la Norma INEN (2012), La leche es el resultado de uno o más ordeños diarios de las mamas en forma normal de ganado bovino lechero con buen estado de salud, practica que se debe efectuar con mucha higiene, pudiendo ser completos e ininterrumpidos, recomendándose la realización de un tratamiento térmico posterior previo a su consumo.

Elementos de la leche

El agua, sales minerales, lactosa, grasa, y vitaminas son los componentes principales de la leche, donde aproximadamente el 87,58 % es agua. Las sales minerales y lactosa disueltas de la leche se encuentra junto con el agua constituyendo una solución real. Por otro lado, las sustancias proteicas en su mayoría no son solubles formando pequeñísimos grupos de moléculas diversas ocasionando que la mezcla tenga una apariencia homogénea dándole las características similares a una sustancia coloidal verdadera, es así que en la Tabla

1 se tiene las principales constituyentes de leche de vaca (Meyer, 2006).

Tabla 1. Principales constituyentes de leche de vaca (g de componente/100g de leche).

Componentes	Porcentaje
Humedad	87,58
Lípidos	3,79
Proteínas	3,98
Caseína	2,58
Lactosa	4,68
Calcio	0,12
Solidos no grasos	8,71
Total, solidos	12,48

Fuente: Meyer (2006).

Lípidos. Los lípidos están constituidos desde el punto de vista químico por 98% de triglicéridos o esteres, de 0,5 a 1,0% de fosfolípidos y otras sustancias. La grasa integra una importante fuente de energía, así como también sirve para transportar vitaminas como A, D, E y K que son liposolubles (Revilla, 1985).

Proteína. La leche tiene como principal proteína a la caseína, que constituye aproximadamente el 80% de la proteína total (Revilla, 1985).

Carbohidratos. La lactosa en la leche es el carbohidrato más importante, está formado por glucosa y galactosa, constituyéndose en un disacárido, es fuente de alimento para los microorganismos que actúan en la leche al tener un alto valor energético, representa de los sólidos no grasos aproximadamente la mitad, haciéndolo menos dulce que la sacarosa aproximadamente seis veces (Revilla, 1985).

Proteínas catalizadoras. Son enzimas que catalizan reacciones vitales en la leche como función principal. Es posible que se produzcan en la ubre de la vaca o por bacterias que habitan en la leche. Podemos encontrar algunas enzimas en la leche como peroxidases, lactasas, proteasas, lipasas, amilasas, fosfatasas, entre otras (Meyer, 2006).

Vitaminas. Son sustancias relevantes que se necesitan en cantidades pequeñas necesarios para la vida y la salud. En la leche existen vitaminas liposolubles como la A, D, E y K, y vitaminas hidrosolubles como lo son las del complejo B y la vitamina C (Revilla, 1985).

Sales minerales. La leche contiene menos, entre Las sales minerales más

importantes que se encuentran en la leche son: el calcio, potasio, sodio y magnesio, siendo menos del 1% de su composición total, las que están disueltas o formando una sustancia con la caseína (Meyer, 2006).

Especificaciones Físicas y Químicas

Las normas ecuatorianas establecidas, indican que la leche cruda debe cumplir con las especificaciones que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones fisicoquímicas de la leche cruda según normas peruanas

Parámetro	Especificación según NTP y normativa peruana
Densidad relativa a 15 °C	1,028 – 1,034 g/MI
Densidad relativa a 20 °C	1,027 – 1,033 g/MI
Grasas (%)	≥ 3,0
Acidez titulable (°D o g ácido láctico/100 mL)	15 – 18 °D (0,14 – 0,18 % ácido láctico)
Sólidos Totales (%)	≥ 11,5 %
Sólidos sin grasa (SSG) (%)	≥ 8,2 %
Cenizas (%)	0,65 – 0,75
Punto de congelación	- 0,520 °C a - 0,560 °C
Punto crioscópico	Máximo – 0,515 °C (valores menos negativos indican adulteración por agua)
Proteínas (%)	≥ 2.9 %
Reductasa	Debe presentar reducción en >5 h. (Tiempo menor indica contaminación microbiana elevada)
Reacción de estabilidad proteica (Prueba de alcohol)	Debe ser estable a 68–72 % de alcohol. (Coagulación = leche inestable o mastitis)

Fuente: Meyer (2006).

Propiedades Físicas

Según Meyer (2006), la leche tiene las siguientes las propiedades físicas:

Apariencia. Tiene un color blanco amarillento por el contenido de grasa y la caseína, siendo estos glóbulos que hacen que la luz no pase a través de ella, por lo cual la leche posee el color blanco más el color amarillo se debe a la grasa (sin caseína), porque posee un colorante natural que es un caroteno ingerido por la vaca al alimentarse de forrajes

verdes (Brito, 1997).

Aroma. Tiene un olor característico de la leche que es suave debido a la presencia de ácidos, aldehídos, cetonas y trazas de sulfato de metilo, siendo estos compuestos orgánicos de bajo peso molecular, pero por la presencia de la grasa, la leche adquiere con mucha facilidad los olores del ambiente o de los recipientes en los que se le guarda. (Brito, 1997).

Sabor. la leche tiene un sabor suave, agradable y, debido al contenido de lactosa, tiene un sabor ligeramente dulce (Brito, 1997).

Densidad. A temperatura de 20°C la masa de un mililitro de leche permite determinar su densidad, estableciéndose que aproximadamente es de 1,030 g/mL con un promedio de 1.031/32 g/mL (Brito, 1997).

Acidez. La acidez promedio de la leche cruda fresca es de 0,167%, expresándose en la cantidad de ácido que puede neutralizarse con solución de hidróxido de sodio al 0,1% midiéndose así el porcentaje de ácido presente en el alimento (Brito, 1997).

pH. La leche cruda fresca es una solución ligeramente ácida con un pH de 6,6, esto debido a la cuantificación de la concentración de hidrogeniones libres, sirve para establecer su nivel de acidez (Brito, 1997).

Punto de congelación. De -0,53 y -0,55°C es el punto de congelación de la leche siendo la característica más constante. Al congelarse a 0°C, demuestra la adición de agua gracias a que conocemos su punto de congelación, demostrando que hubo una adulteración de producto (Brito, 1997).

Punto de ebullición. El punto de ebullición de la leche cruda en condiciones normales de presión (1 atm) es aproximadamente 100,17 °C es decir la leche hierve a una temperatura ligeramente superior a la del agua, debido a la presencia de: sales minerales, lactosa, proteínas, grasas y otros sólidos disueltos. Estos solutos elevan el punto de ebullición según la ley de elevación ebulloscópica. La leche cruda suele presentar un punto de ebullición entre 100,15 °C y 100,20 °C en condiciones atmosféricas estándar (Brito, 1997).

2.2.2. El Maní

El *Arachis hypogaea* L. (Maní o Cacahuete) es una planta propia de zonas tropicales y de las semillas que produce anualmente, alcanza unos 75 cm. de altura y hasta 1,2 m de extensión esta leguminosa. Son de diferentes tipos habiendo unos que desarrollan

un aspecto vertical y compacto, mientras que otros, denominados rastreros, se desarrollan al ras del terreno (Montalvo, 1981).

La semilla de maní es alimenticio y energético, contiene de 40 a 50% de grasas y de 20 a 30% de proteínas, siendo una fuente extraordinaria de vitaminas del grupo B. Se come crudo, tostado con o sin sal, en forma de crema y mantequilla y de diversidad de otras formas. El aceite de maní es una grasa vegetal de mucha calidad que se usa para freír y saborizar ensaladas y en la elaboración de margarina (mantequilla de maní) (Arbaiza, 1998).

Tabla 3. Composición por 100 gramos de porción comestible de maní

Compuesto	Aceite vegetal de maní	Maní crudo con película	Maní sanco- chado	Maní tostado sin película
Energía (Kilocalorías)	884	559	374	590
Agua (gramos)	-	7,3	32,3	2,0
Proteína (gramos)	-	24,1	15,9	27,1
Grasa (gramos)	100	48,2	27,5	51,0
Carbohidratos (gramos)	-	17,7	21,9	16,9
Fibra (gramos)	-	5,2	1,6	2,5
Ceniza (gramos)	-	2,7	2,4	3
Calcio (miligramos)	-	66	47	48
Fósforo (miligramos)	-	231	219	298
Hierro (miligramos)	-	1,5	3,6	2,2
Retinol (miligramos)	-	38	-	-
Tiamina (miligramos)	-	0,48	0,18	0,08
Riboflavina (miligramos)	-	0,53	0,1	0,35
Niacina (miligramos)	-	17	8,88	21,6
Ácido ascórbico reducido (miligramos)	-	1,3	-	-

Fuente: Collazos et al., (2000).

Este insumo utilizado en la industria de la confitería donde su importancia se debe a su contribución energética, de ácidos grasos esenciales y de vitaminas liposolubles, por otro lado, sus características organolépticas proporcionan sabor, gusto y aroma a cualquier golosina (Arbaiza, 1998). En la Tabla 3, se presentan algunos productos elaborados a base de maní (Collazos et al., 2000).

Los granos de maní contienen hasta un 50% de grasa utilizable para ser consumido y aproximadamente con un 30% de compuestos proteicos. (Fernández, 1999).

La semilla de esta leguminosa puede ser utilizada como materia prima en el procesamiento de muchos alimentos elaborados, los que tendrán diferente composición química como consecuencia de los diferentes ingredientes que se necesitan y según la tecnología utilizada en la elaboración. (Coronado, 2001)

Taxonomía

Según Bobenrieth (1994), la taxonomía del maní está comprendida de manera general para cualquiera de las diferentes variedades que existen, la cual se presenta a continuación:

Orden: Rosales

Familia: *Fabaceae*

Subfamilia: *Papilionáceas*

Tribu: *Redisáreas*

Género: *Arachis*

Especie: *Hypogaea*

Nombre científico: *Arachis hypogaea*

Nombres comunes: maní, cacahuate, cacao de tierra, inchic, peanut.

Diversidades de maní cultivadas en el Perú

La Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA) pone a disposición del productor las variedades siguientes: italiano casma (IC), Copayino rayado (CR), boliviano (B), N91026 (N91), P1502045 (P15), Selmani (S), Morado Tarapoto (MT), P1274194 (P12), NC-2 y NC-5. (MOLINA, 2006).

En el Perú, en función a su rendimiento las variedades más recomendables son:

Blanco tarapotino: diversidad erecta, media tardía, con granos chicos, de tegumento crema oscuro.

Tarapoto: Diversidad erecta, media tardía, con granos medianos de tegumento morado.

Carolina del Norte 2 y Carolina del Norte 126: Son medias rastreras, tardías, con granos grandes de tegumento castaño. Norteamericanas. (Sánchez, 2000).

2.2.3. Dulce o manjar de leche

INTI (2008) define que el manjar de leche es un alimento lácteo como consecuencia de la concentración de los componentes sólidos de la leche con sacarosa, que tiene una consistencia blanda, gomosa con brillo en su apariencia.

La norma INEN (2012) señala que el dulce de leche es un producto lácteo, obtenido a partir de leches adicionadas de azúcares que por efecto del calor adquiere su color característico, y otros ingredientes permitidos.

Según SENATI (2009) el manjar de leche es un producto que se lo obtiene a partir de leche adicionando azúcar y que por acción del calor adquiere su color característico, siendo el manjar básicamente una leche condensada azucarada, de color y sabor característico que se genera durante el proceso de evaporación.

Se puede catalogar al dulce de leche como un producto alimenticio el mismo que está hecho a base de leche adicionando azúcar blanca y mediante concentración a presión normal o a baja presión el mismo que debe poseer una consistencia blanda uniforme y suave, textura lisa, color castaño, aroma y sabor agradable (SENATI, 2009)

La leche para elaborar el dulce de leche

El manjar de leche debe elaborarse con leche fresca como resultado del ordeño de las vacas, cuya forma de alimentación se fundamenta esencialmente en el suministro directo o diferido de pasturas (INTI, 2008).

Es de mucha relevancia hacer notar que el tiempo entre el ordeño y el procesamiento debe ser inferior a 72 horas, donde en este intervalo de tiempo la temperatura de almacenamiento para la conservación debe ser menor a 6°C; así mismo durante el transporte la cadena de frío debe mantenerse llegando como máximo a una temperatura de 9°C. Para la elaboración de manjar de leche se debe exigir al proveedor de la leche a usarse cumplir con Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) (INTI, 2008).

Edulcorantes

Son sustancias que contribuyen a acentuar el dulzor del dulce de leche, que son naturales o sintéticos, clasificándose de acuerdo a su contenido energético en calóricos y no calóricos (SENATI, 2009).

Sacarosa extra blanca o refinada

Es un endulzante natural, cristalizado en pequeñas partículas (cristales), cuya fórmula general $C_{12}H_{22}O_{11}$, que corresponde a la sacarosa obtenidos a partir del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) o de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L) utilizando tecnologías industriales apropiados. Los azúcares se clasifican en función de las tecnologías aplicadas a la extracción y al gusto del consumidor (Instituto Azucarero Dominicano).

La sacarosa conocida comercialmente como azúcar refinado es altamente puro, teniendo de 99,8 a 99,9% de sacarosa, se obtiene al disolver el azúcar rubio, para luego agregar reactivos como fosfatos, carbonatos, cal para extraer la mayor cantidad de impurezas, hasta lograr su máxima pureza, en este proceso se eliminan ciertos nutrientes complementarios, como minerales y vitaminas (SENATI, 2009).

Glucosa

Es un azúcar monosacárido que tiene la fórmula general $C_6H_{12}O_6$ encontrándose en la miel y en el zumo de muchas frutas, se le conoce también como azúcar de uva, esto debido a la presencia de glucosa en las uvas. Es de naturaleza sólida cristalina de color blanco, un poco menos dulce que la sacarosa destinada al consumo (SENATI, 2009).

Ser un agente edulcorante es su utilización más relevante en la elaboración de productos que exigen su presencia en la formulación, es de fácil digestión. Su uso de esta azúcar se hace por razones económicas, para incorporar brillo al alimento y para coadyuvar a evitar la cristalización de la lactosa, que es un defecto que muchas veces ocurre en el manjar de leche (SENATI, 2009).

Aromatizante y/o Saborizante

En el caso de utilizar aromatizantes como la vainilla ($C_8H_8O_3$), las cantidades necesarias van a depender de las preferencias del consumidor y de las pruebas organolépticas como el sabor y el aroma) (SENATI, 2009).

Ingredientes auxiliares de tecnología para obtener manjar de leche

El más conocido es el Bicarbonato de sodio que puede llegar hasta el 1% en la formulación, su uso es con el objetivo de disminuir la acidez inicial de la leche o neutralizarla, debido a que en el procesamiento el agua se evapora, originando que el ácido láctico aumente su concentración, es así que la acidez al incrementarse puede producir una sinéresis (el dulce

se corta). Las reacciones de Maillard inherentes en el procesamiento se ven ayudadas en un pH básico, complementado con el bicarbonato que también favorece las reacciones mencionadas dando el color característico al manjar de leche. Si usamos leche con acidez alta produciríamos un manjar con textura arenosa y áspera (SENATI, 2009).

2.2.4. Las propiedades reológicas

La reología es una ciencia que se orienta al análisis de la deformación y flujo de los fluidos. Su finalidad está limitado a la exploración del comportamiento de productos supeditados a deformaciones muy sencillas, desplegándose posteriormente un modelo matemático que haga posible obtener las propiedades reológicas del componente en estudio, es así que podemos citar ejemplos cotidianos de interés para la reología como la mayonesa, yogurt, pinturas, asfalto, sangre y otros (Chhabra, 2007).

También, estas determinaciones, ejecutadas dentro de las condiciones moderadas, ayudan a preservar la estructura del producto ensayado, permitiendo obtener datos sobre las propiedades y la estructura del material (SKENDI *et al.*, 2010).

Viscosidad

RAMIREZ (2006) lo define como un valor de la resistencia a fluir del fluido como materia. Este concepto se incrusto inicialmente en la Ley de Newton, que vincula el esfuerzo de corte con la velocidad de cizalla en la siguiente ecuación:

$$\tau = \mu \cdot \gamma$$

Dónde: τ : fuerza de cizalla (m.Pa); μ : viscosidad (m.Pa.s); γ : Velocidad de corte (s^{-1}).

Se establecieron la viscosidad dinámica, la viscosidad cinemática y la viscosidad aparente.

Viscosidad dinámica o absoluta. Es la renuencia a fluir entre las moléculas de un fluido cuando una fuerza externa lo pone en movimiento deformándola. Fue Isaac Newton (1643-1727) al ubicar entre dos placas paralelas observa este comportamiento de los líquidos donde la placa inferior lo considera estática y la superior con una velocidad permanente de un centímetro por segundo, llegando a demostrar la viscosidad que posteriormente se denominó la Ley de Newton de la viscosidad (SILVA, 2010).

De esta manera, para especificar el proceder reológico de un líquido se necesita realizar diferentes ensayos cambiando la intensidad de la deformación y viendo cómo

responde, las fuerzas de cizalla que se originan y la manera en que discurre el producto. Las formas de flujo determinados actualmente en reología se han desenvuelto en función a su factibilidad experimental y a la potencialidad de determinar, de manera correcta el perfil de velocidad o el campo de fuerza cortante, a través de las equivalencias que lo constituyen propuestas. El corrimiento de las capas de fluido una sobre otra, sin que ocurra la mezcla es el flujo de tipo cortante que es el tipo de flujo más ampliamente discutido en reología (SILVA, 2010).

El fluido se desliza rectilíneamente y cambia solo en una dirección, como se observa en la Figura 1. La fuerza de corte (τ Pa) es el elemento vectorial de la fuerza, superpuesta tangencial al plano donde está la fuerza. La fuerza de corte es la fuerza aplicada por unidad de área siendo tipo cizalla (Ramírez, 2006).

$$\tau = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\delta L}{H} \right) = \frac{V}{H}$$

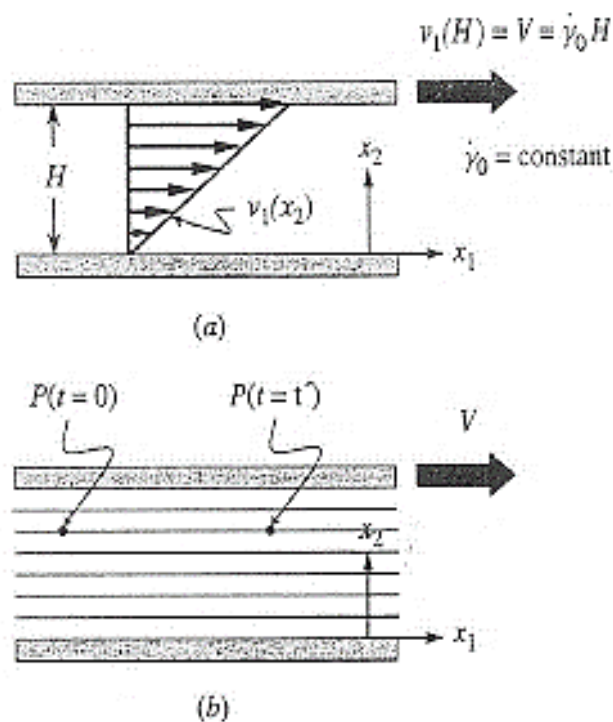


Figura 1. Esquematización de flujo según experimento de Newton (a) perfil de velocidad. (b) las líneas de trayectoria de partículas.

Las variables de la figura ya fueron descritas cuando definimos viscosidad.

Viscosidad cinemática. Es la medición la renuencia de un fluido a discurrir internamente por la acción de fuerzas gravitacionales, en otras palabras, es el cociente de la viscosidad dinámica y la densidad del líquido (ρ) a temperatura de referencia. Si medimos el

tiempo en segundos necesario para que el volumen fijo de líquido discorra gravitacionalmente un espacio conocido por un capilar de un viscosímetro graduado a temperatura estrictamente bajo control diremos que estamos determinando la viscosidad cinemática (Silva, 2010).

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\tau}{\rho\gamma}$$

De esta manera analizamos el significado de viscosidad cinemática (v), que es la relación de la viscosidad absoluta y la densidad del producto utilizado. La unidad más utilizada de esta viscosidad es los centistokes (cst) (Ramírez, 2006).

Viscosidad aparente. Es la denominación propia de los fluidos no newtonianos. Si cuantificamos es el coeficiente encontrado partiendo de valores prácticos, siendo la medida del comportamiento de un producto líquido de oponerse a la deformación a medida que aumentamos la velocidad de corte (Silva, 2010).

Esta característica como ya lo manifestamos que es la relación entre la fuerza de cizalla y la velocidad de corte en fluido con flujo estacionario, donde “ η ” ya lo definimos que solo lo podemos utilizar para fluidos no newtonianos siendo el que se debe utilizar al hablar de “viscosidad” para fluidos no newtonianos y lo podemos resumir en la ecuación que citamos a continuación (Ramírez, 2006).

$$\eta = f(\gamma) = \frac{\sigma}{\gamma}$$

Clasificación de los fluidos

Las características reológicas de un fluido son uno de los criterios esenciales en el desarrollo de productos en el ámbito industrial.

Las características reológicas de un fluido reiteradamente determinan las características funcionales de ocasionalmente materias y participan a lo largo del control de calidad, los procedimientos (comportamiento), la delineación de operaciones fundamentales como bombeo, mezclado y envasado, almacenamiento y firmeza física y también en la hora del consumo (textura) (Ramírez, 2006).

La Figura 2 presenta el esquema breve de las formas de fluidos que hay en reología, nos muestra los fluidos Newtonianos (tiene proporción entre la fuerza de cizalla y la velocidad de corte), no Newtonianos (no tiene proporción entre la fuerza de cizalla y la velocidad de corte) y viscoelásticos (tiene comportamiento de líquidos y sólidos con

propiedades de los dos).

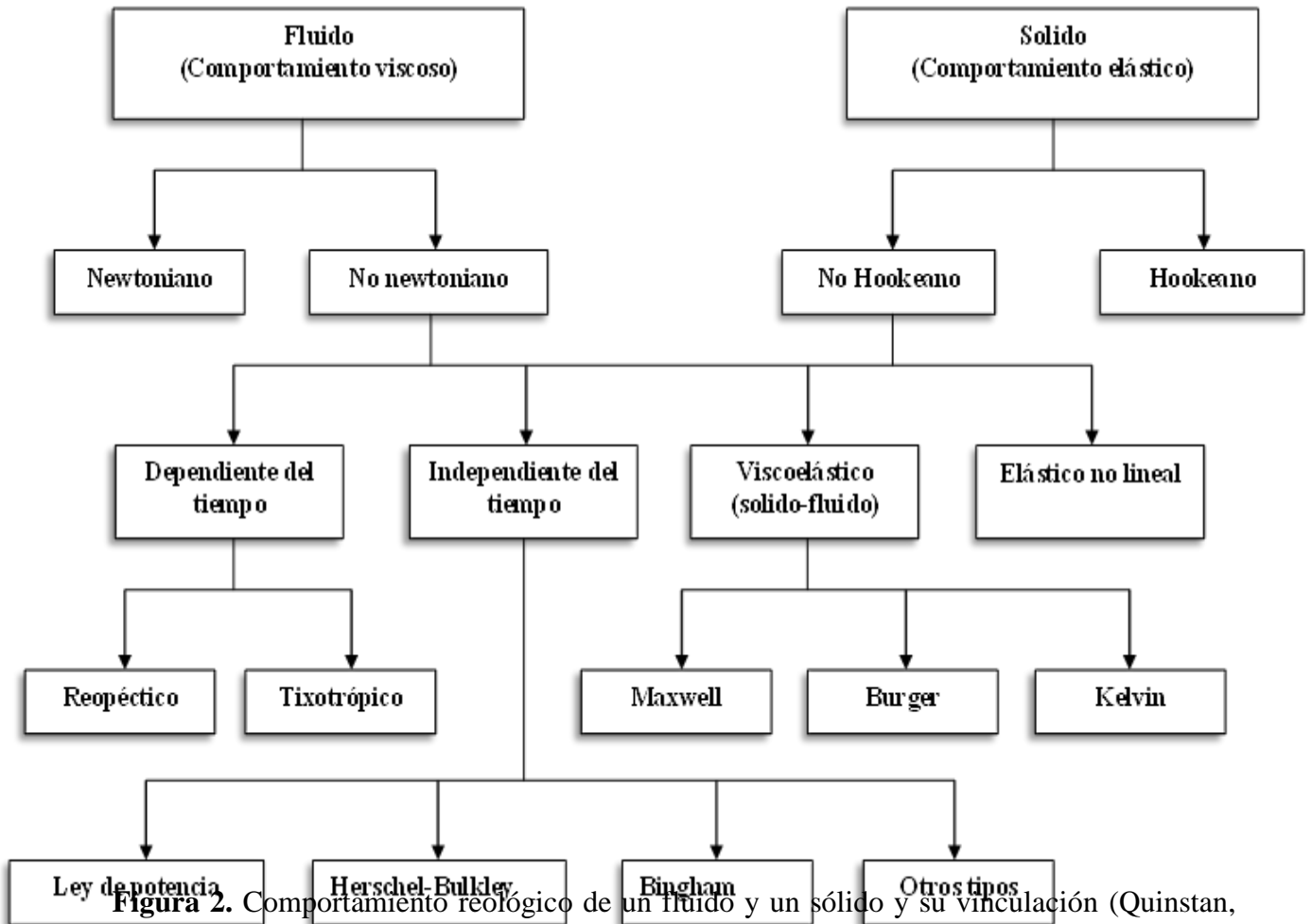


Figura 2. Comportamiento reológico de un fluido y un sólido y su vinculación (Quinstan, 2008).

2.3. Definición de términos básicos

Leche entera

Sustancia líquida y blanca que segregan las mamas de las hembras de los mamíferos para alimentar a sus crías y que está constituida por caseína, lactosa, sales inorgánicas, glóbulos de grasa suspendidos y otras sustancias; especialmente la que producen las vacas, que sirve como alimento y de la cual se obtiene, además, queso, yogur, mantequilla y otros derivados. Leche que conserva todas sus sustancias nutritivas, incluidos los lípidos, después de tratarla industrialmente (Brito, 1997).

Pasta de maní

Es una pasta elaborada de cacahuets tostados y molidos, generalmente sin

ningún ingrediente para ser utilizada como saborizante o ingrediente en algún alimento. Si es bien salada o endulzada se denomina mantequilla o crema. Comúnmente se comercializa en supermercados y otras tiendas de venta de comestibles, pero puede ser elaborada en casa (Sánchez, 2000).

Reología

Ciencia que estudia el flujo y las deformaciones de sólidos y fluidos bajo la influencia de fuerzas mecánicas (Gre, 2007).

Reómetro

Instrumento usado para medir las propiedades reológicas (Gre, 2007).

Viscosidad

Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento (Gre, 2007).

Esfuerzo cortante

Esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal. Este tipo de esfuerzo formado por tensiones paralelas está directamente asociado a la tensión cortante (Gre, 2007).

Viscosidad aparente o índice de consistencia (K)

Se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación (Gre, 2007).

Índice de flujo (n)

Parámetro reológico que permite definir el comportamiento de un fluido en newtoniano o no newtoniano (Gre, 2007).

Umbral de fluencia

Cuando el esfuerzo cortante es diferente de cero es decir existe un esfuerzo de corte inicial (Gre, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de realización

La actual investigación se realizó en laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias en la Universidad Nacional de Agraria de la Selva como son los laboratorios de Ingeniería de Alimentos, Análisis de alimentos, Análisis sensorial, Química y Microbiología. La Universidad geográficamente se localiza a 9°17'08" de latitud Sur y de 75°59'52" de longitud Oeste; a 660 metros sobre el nivel del mar y una temperatura promedio anual de 24°C; en la Ciudad de Tingo María, Leoncio Prado (Provincia), Huánuco (Región).

3.2. Materia prima e insumos

3.2.1. Materias primas

Se utilizaron leche entera y maní (*Arachis hypogaea* L.) de la variedad Tarapoto negro (maní rojo), adquiridos en los manizales del Distrito de Sacanche en la Provincia de Huallaga en la Región San Martín.

3.2.2. Insumos

Azúcar Sulfitada; glucosa; Bicarbonato de Sodio; Sorbato de potasio

3.3. Equipos, materiales y reactivos

3.3.1. Equipos

- Molino coloidal marca KORUMA, tipo T- 1, potencia motor 3 HP y su capacidad de 15 a 60 Kg/h.
- Marmitas de cocción.
- Molino de discos marca CORONA manual.
- Licuadora marca OSTER con una capacidad de 1.5 litro.
- pH-metro marca SCHOTT GERATE modelo TYP C6712 serie 92210.
- Equipo de titulación con Hidróxido de sodio al 1 N.
- Mufla
- Estufa marca FARLL KOLB modelo 0-6072 DRIECH - WEST Germany.
- Termómetro (escala: -10 a 150° C)
- Brixómetro (Escala 0-30)

- Balanza de 2 a 10 Kg De capacidad
- Balanza de precisión 0,001 de sensibilidad
- Autoclave marca INTERPLUS serie A 80-96-17
- Reómetro Brookfield DV III ultra programable

3.3.2. Materiales

- Fuente de calor con gas propano.
- Vasos de precipitación 50 y 500 mL de material de vidrio.
- Balanza de 0 a 3 kg de capacidad marca OHAUS (USA)
- Espátula de acero inoxidable marca FACUSA.
- Cernidores de acero inoxidable marca FACUSA.
- Probeta con capacidad de 1 L y 100 mL.
- Jarra medidora con una capacidad de 1 L.
- Envases de vidrio de 475 mL con tapa.

3.3.3. Reactivos y soluciones

Solución de cloruro de sodio; solución de ácido cítrico; solución de hidróxido de sodio; hexano, solución de ácido sulfúrico, cultivos microbiológicos: AGAR PLATE COUNT (numeración), AGAR OGY (hongos) y CALDO BRILLA (coliformes).

3.4. Métodos de análisis

En el presente trabajo realizamos los análisis químicos proximales, análisis físico (viscosidad y propiedades reológicas y color), análisis microbiológico y evaluación sensorial.

3.4.1. Métodos de análisis fisicoquímico del dulce de leche con maní tostado

Humedad

Se hizo por la metodología gravimétrica establecida por la NTP 206.011 1981. Se determinó el porcentaje de humedad mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso final de muestra}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100$$

Proteína

Según el método Kjeldahl para determinación de nitrógeno total que consiste en tres etapas: digestión, destilación y titulación, la norma que lo respalda es la AOAC 991.20 (Valido para productos lácteos como dulce de leche.)

Grasa

Según el procedimiento de FAO Vol. 14/7 1986, utilizamos el método Soxhlet.

Ceniza

Se ejecutó el método directo de la AOAC 930.22 2000.

Fibra

Se utilizo según AOAC 962.09 (Crude Fiber in Foods and Feeds) incluida en Official Methods of Analysis, AOAC, esta es la norma internacional aceptada para productos lácteos y derivados que contienen bajo contenido de fibra, como el dulce de leche. la fibra cruda es la porción que se pierde tras la incineración del residuo seco obtenido después de digestión acida-alcalina de a muestra seca y desengrasada en condiciones específicas.

pH

Se utilizará el pH-metro para su mejor exactitud, calibrado mediante sustancia búfer, utilizando el método AOAC 981.12 (Potentiometric pH of Foods) es el método aplicado internacionalmente para productos lácteos concentrados, incluido el dulce de leche.

3.4.2. Estudios físicos

Viscosidad y propiedades reológicas

El mejor tratamiento de dulce de leche con pasta de maní se supeditó a este ensayo, en el reómetro Brookfield, donde se utilizó el método respaldado por la norma: ASTM D2196-15 (Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational (Brookfield) Viscometer), esta norma establece: condiciones de operación, calibración del viscosímetro Brookfield, criterios para selección de husos y velocidades,

3.4.3. Estudios microbiológicos

Los análisis microbiológicos de dulce de leche se realizan mediante el método de recuento en placa, utilizando placas Petrifilm® para la enumeración de aerobios mesófilos, coliformes totales y mohos y levaduras. La norma que respalda los método son: ICMSF (1996). Microorganismos de los alimentos: Técnicas de análisis microbiológico y la AOAC International, métodos oficiales validados para placas Petrifilm® (por ejemplo AOAC 990.12

para aerobios mesófilos, AOAC 991.14 para coliformes, AOAC 2014.05 para mohos y levaduras).

3.4.4. Estudio sensorial

El análisis sensorial se respaldó principalmente en las siguientes normas internacionales adoptadas: ISO 4121:2003 (Sensory analysis - Guidelines for the use of scales), guía para el uso de escalas hedónicas en evaluación de alimentos); ISO 6658:2017 (Sensory analysis — Methodology — General guidance), base metodológica general para realizar evaluaciones sensoriales.

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Obtención de la pasta de maní

Fue necesario obtener la pasta de maní con el que se trabajó en los prototipos establecido por cada tratamiento. Esta etapa se la realizamos conforme a la Figura 3, que describe el proceso de obtención de pasta de maní.

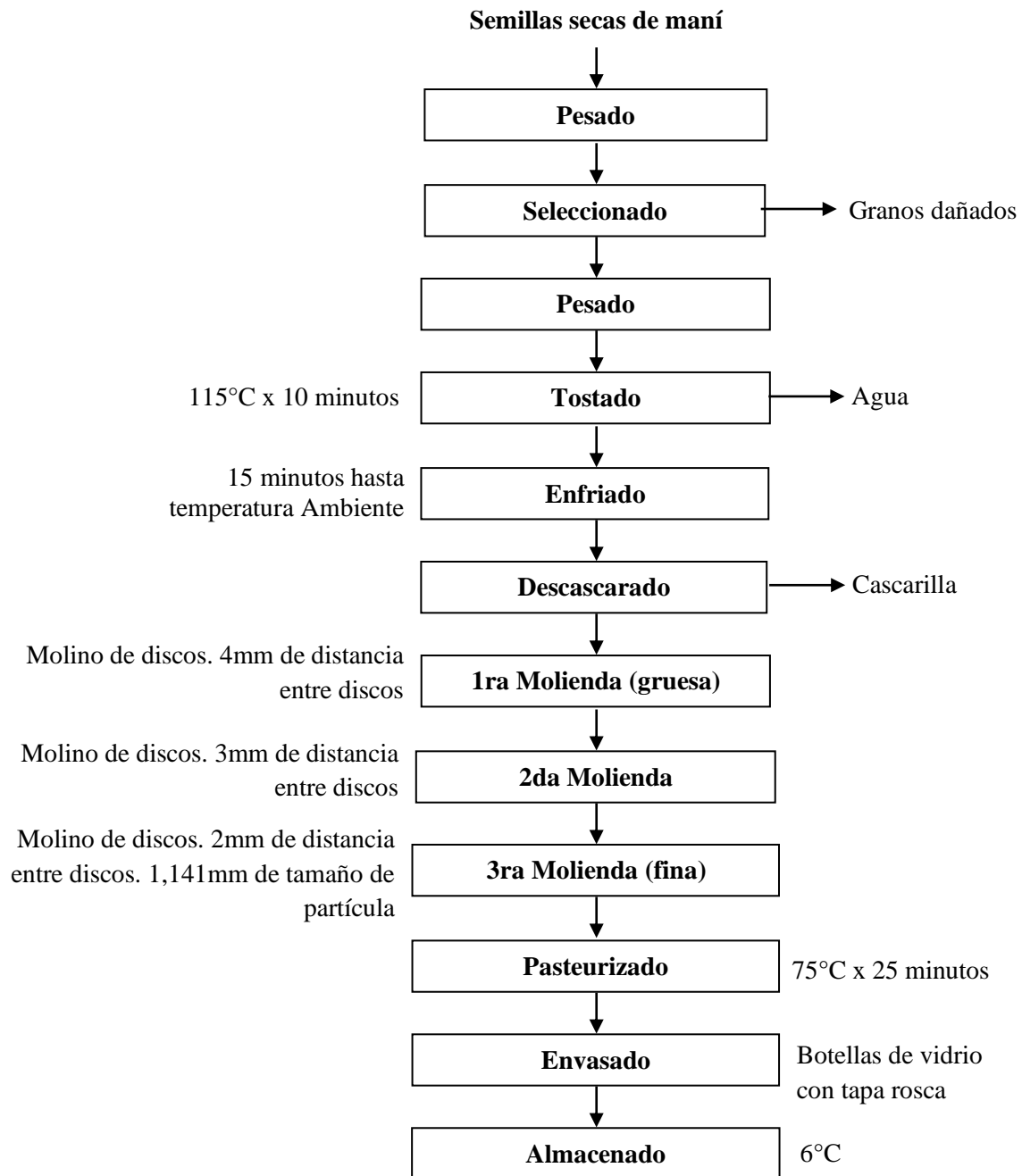


Figura 3. Flujograma experimental para la obtención de pasta de maní (Fuente: Coronado, 2001)

3.5.2. Formulado del dulce de leche con pasta de maní

Para elaborar el dulce de leche con pasta de maní se realiza conforme indica la Figura 4.

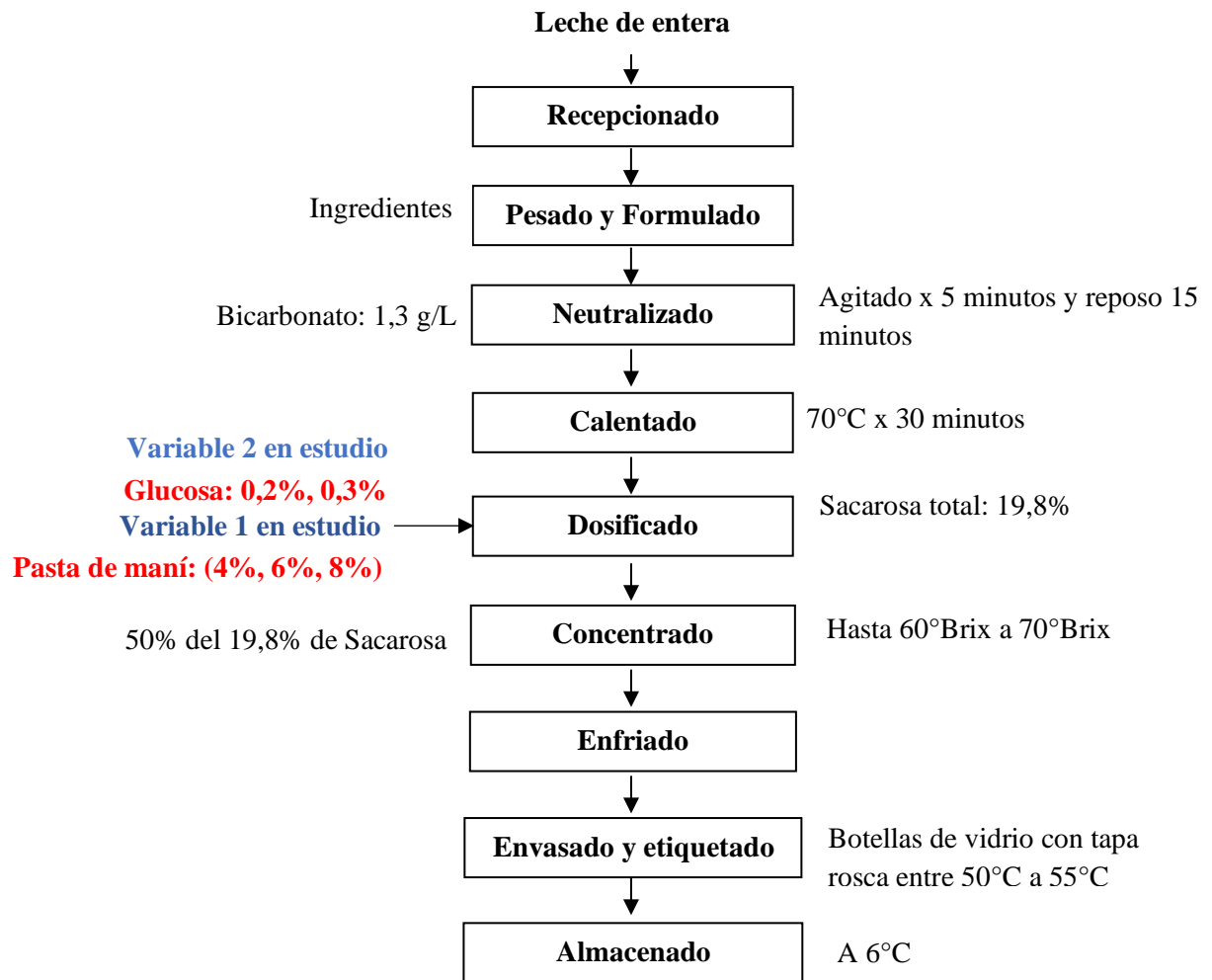


Figura 4. Flujograma tentativo para elaborar el dulce de leche con pasta de maní. Fuente Propia.

3.5.3. Evaluación sensorial

Los seis tratamientos que se establecieron de las dos variables se evaluaron sensorialmente los atributos de color, aroma, sabor y apariencia general por trece panelistas semi entrenados, mediante una escala hedónica de 5 puntos, se hicieron 3 repeticiones por cada tratamiento.

3.5.4. Determinación de las características fisicoquímicas, microbiológicas y reológicas del dulce de leche con pasta de maní

En el dulce de leche con pasta de maní obtenido del mejor tratamiento se evaluó las características fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas tal como se describe en los acápites 3.4.1.; 3.4.2. y 3.4.3., comprendido en el punto 3.4., de Métodos de análisis, del Capítulo III, correspondiente a Materiales y métodos.

3.6. Diseño experimental

3.6.1. Pruebas de formulación para obtener el dulce de leche con pasta de maní

La figura 5 muestra el diseño experimental para procesar el dulce de leche con pasta de maní considerando dos variables siendo la primera la pasta de maní con tres niveles (4%, 6% y 8%) y la segunda variable lo constituye la glucosa con dos niveles (0,2% y 0,3%) ambos basados en la cantidad de leche entera como el 100%.

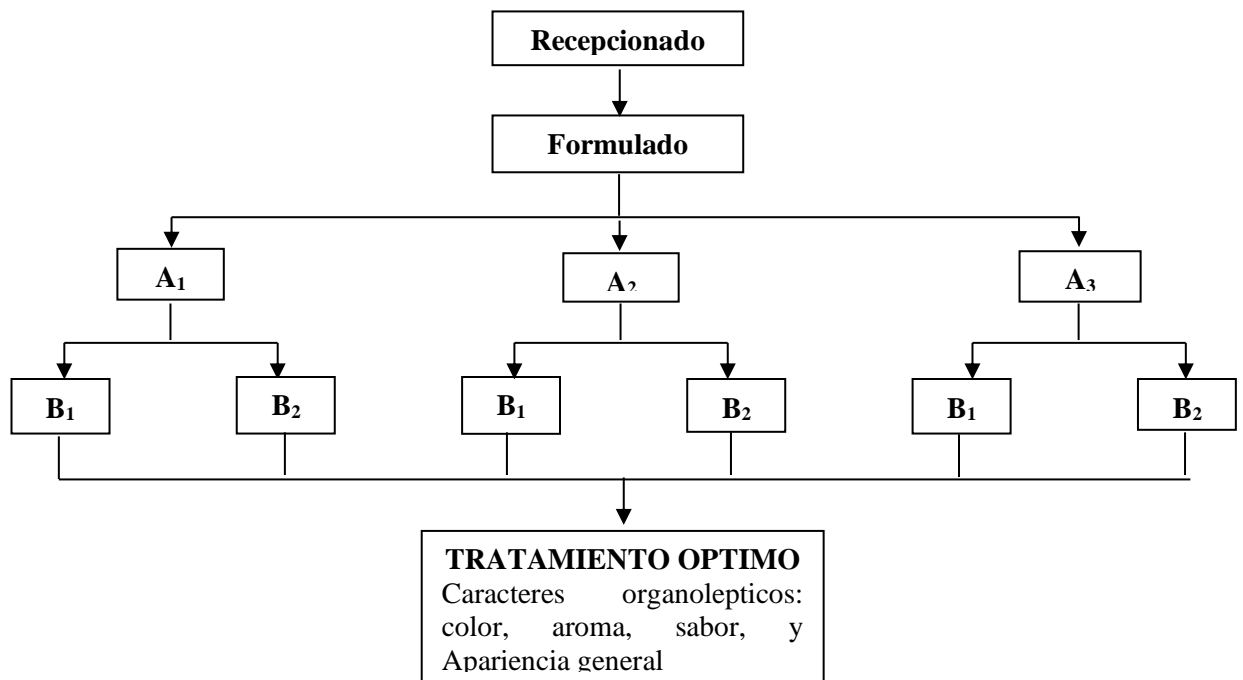


Figura 5. Esquema experimental para la optimización del procesamiento de dulce de leche con pasta de maní.

Es así que en la figura 5 se tiene:

A: Porcentaje de pasta maní con tres niveles.

A₁: 4%

A₂: 6%

A₃: 8%

B: Porcentaje de glucosa con dos niveles:

B₁: 0,2%

B₂: 0,3%

Es preciso señalar que los 6 tratamientos que se realizaron fueron con tres

replicas para proporcionar mayor nivel de confianza a los ensayos que se analizaron con el análisis de varianza.

3.6.2. Estudio de las propiedades reológicas

La Figura 6 indica el diseño experimental para la investigación de las propiedades reológicas.

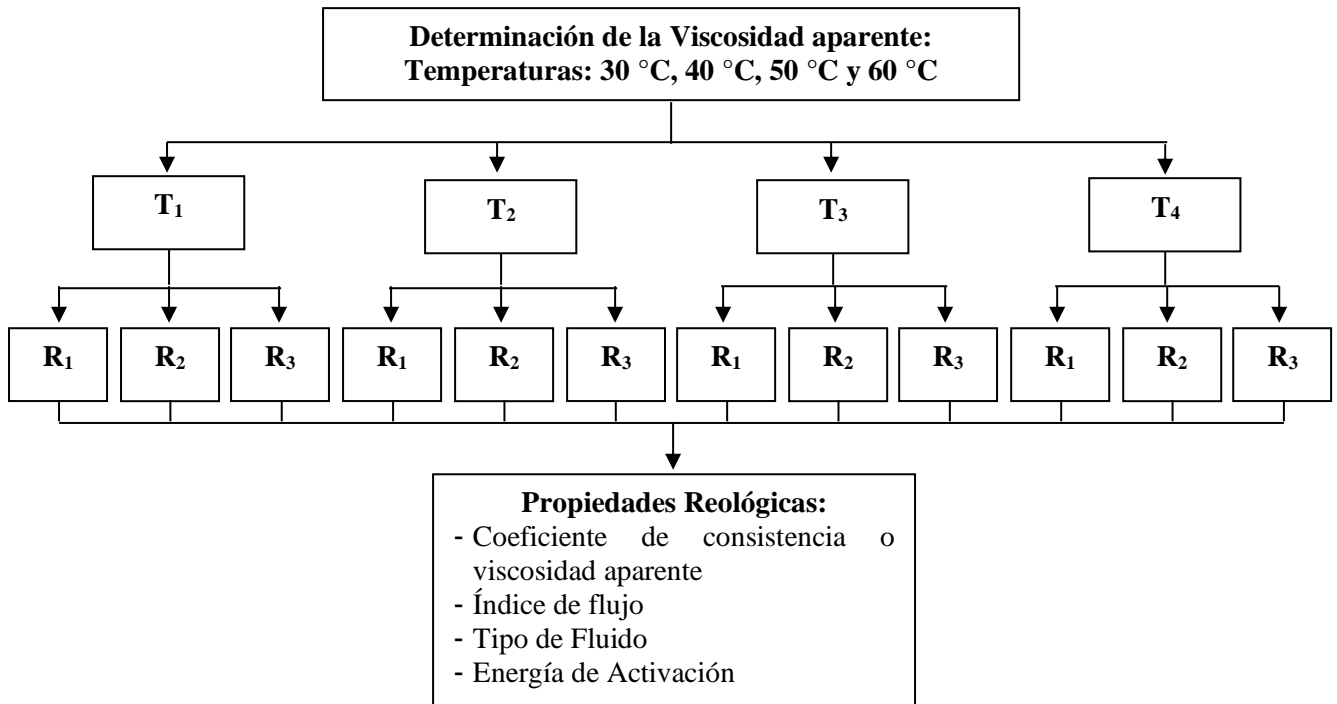


Figura 6. Esquema experimental para la investigación de las características reológicas del dulce de leche con pasta de maní.

En la figura se tiene:

T: Temperaturas de evaluación con cuatro niveles:

T₁: 30°C

T₂: 40°C

T₃: 50°C

T₄: 60°C

R: Repeticiones con tres niveles

R₁: Primera repetición

R₂: Segunda repetición

R₃: Tercera repetición

3.7. Análisis estadístico

3.7.1. Para la formulación y optimización del dulce de leche con pasta de maní

Los ensayos estadísticos iniciales se hicieron mediante la formulación del manjar de leche con pasta de maní en relación con la delineación experimental, lo que nos permitió establecer el mejor tratamiento.

Se aplicó a las características color, aroma, sabor y apariencia general evaluados, un diseño bloque completo al azar (DBCA) con arreglo factorial de 3x2 con tres repeticiones, planteado por Ureña (2000), en el Software STATGRAPHICS CENTURIÓN XVI, donde fue factible área de respuesta para lograr optimizar la formulación óptima, estableciendo como ecuación matemática la siguiente expresión:

$$Y_{ij} = U + \alpha_i + \beta_j + (\alpha*\beta)_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Resultado de la evaluación

U = Efecto promedio de las evaluaciones

α_i = Porcentaje de pasta de maní con tres niveles. 4%, 6% y 8%

β_j = Porcentaje de glucosa con 2 niveles: 0,2% y 0,3%

E_{ij} = Error experimental.

3.7.2. Determinación de las propiedades reológicas del dulce de leche con pasta de maní

Las pruebas estadísticas se harán para analizar si existe diferencia estadística entre las propiedades reológicas del dulce de leche con pasta de maní según la temperatura.

Los resultados de las propiedades reológicas para el dulce de leche con pasta de maní serán analizados estadísticamente empleando un arreglo DCA simple, se realizará la prueba de comparación múltiple de Tukey para observar la existencia de grupos homogéneos de datos.

Para el análisis estadístico como ya mencionamos se utilizará el programa STATGRAPHICS CENTURION XVII, con el que se determinará el coeficiente de variación (%) de los datos, se obtendrá la tabla de análisis de varianza y se realizará la prueba de Tukey,

con un 95% de confianza, para determinar si existe una diferencia significativa en cuanto a cada propiedad reológica del manjar de leche con pasta de maní.

Se aplicará el análisis simple de temperatura, estableciéndose 4 tratamientos, planteado por Ureña (1990), con 3 repeticiones, cuyo modelo matemático será:

$$Y_{ij} = U + T_i + r_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Resultado de la evaluación.

U: Efecto medio de las evaluaciones.

T_i : Temperatura con 4 niveles: 30°C, 40°C, 50°C y 60°C.

r_j : Repeticiones.

E_{ij} : Error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Elaboración y estabilización de pasta de maní

Se obtuvo la pasta de maní que se adicionó al dulce de leche. Las operaciones ejecutadas se hicieron conforme a la Figura 3 y lo descrito por Coronado (2001) que describe el proceso de obtención de la pasta de maní tostado que sirvió para elaborar según el tratamiento óptimo establecido mediante las pruebas sensoriales.

Pesado

Previamente al pesado se recibió las semillas de maní de la variedad Tarapoto negro con un máximo de humedad de 10%, luego con el motivo de resolver el balance de materiales se pesaron los granos de maní en una báscula semi analítica.

Seleccionado

Se hizo la operación de seleccionar y limpiar manualmente, eliminando las impurezas y otros cuerpos extraños a través de un tamiz.

Tostado

Esta operación se hizo a 110 °C por 10 minutos teniendo en cuenta el color del maní, se eliminó en su totalidad el agua libre del producto.

Enfriado

Se hizo con el objetivo de favorecer el descascarillado hasta conseguir que la temperatura de los granos tostados se equilibre con la temperatura ambiente.

Descascarillado

Se realizó el descascarillado de los granos de maní manualmente friccionando al presionarlo con la ayuda de una tela gruesa

Molienda 1

Es necesario indicar que la molienda se hizo en tres etapas para evitar el sobrecalentamiento del producto y que se alteren sus propiedades organolépticas y fisicoquímicas, la primera molienda del maní acondicionado fue grosera, se manipuló manualmente un molino de discos, con abertura de 4 mm entre discos con ranuras.

Molienda 2

Se ejecutó manualmente a una abertura de 3mm entre discos en el molino, con el motivo de homogenizar las partículas a dimensiones menores cuidando que el producto no caliente

Molienda 3

El objetivo fue tener una textura pastosa del maní, utilizamos el molino de discos en forma manual, calibrando la abertura entre discos ranurados de 1,14 mm de separación.

Envasado.

Se hicimos en frascos de vidrio de boca ancha cerrada herméticamente con tapa rosca, envasándose en forma manual utilizando una manga de lona con una boquilla de media pulgada de diámetro.

Almacenado

Las muestras se almacenaron a temperatura de 6°C aproximadamente en el interior de una refrigeradora en la sección que corresponde a verduras, se lo mantuvo allí durante el tiempo que tuvo vigencia la experimentación.

4.2. Evaluación sensorial, formulación y elaboración del dulce de leche con maní

La formulación y optimización para elaborar el dulce de leche con maní se hizo evaluando sensorialmente el color, olor, sabor y textura y apariencia general.

4.2.1. Evaluación sensorial

Color

El Anexo 2 tiene los datos de la estimación del color que accedió la realización del ANVA del Anexo 3 y los ensayos de múltiples rangos para porcentaje de crema de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD de la Tabla 4 para estimar el mejor tratamiento.

En el análisis factorial multinivel que se realiza para complementar la optimización se observa que existe diferencia estadística en la variable de porcentaje de crema de maní y en la variable de porcentaje de glucosa tal como vemos en las pruebas de múltiples rangos para color por porcentaje de pasta de maní y glucosa según Tukey HSD que tenemos en la Tabla 4, donde especifica que el mejor promedio de 3,539 es para el 6% de pasta de maní y para 0,3% de glucosa el promedio de 3,162 como el mejor.

Tabla 4. Pruebas de múltiples rangos para color por porcentaje de pasta de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD.

Pasta de maní (%)	Casos	Media LS
4	6	2,654 ^a
8	6	2,885 ^b
6	6	3,539^c
Glucosa (%)	Casos	Media LS
0.2	9	2,889 ^a
0.3	9	3,162^b

Con la factorial multinivel se encuentra la optimización estableciéndose que el tratamiento optimo determinado fue el tratamiento A₂B₂ con un 6% de pasta de maní y con 0,3% de glucosa, además tiene una calificación promedio de 3,676 que esta entre 3 y 4 por lo tanto corresponde al color marrón claro que es el color característico del dulce de leche.

Tabla 5. Respuesta para maximizar la optimización del color de dulce de leche con pasta de maní con una estimación de 3,676.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Pasta de maní (%)	4,0	8,0	5,9
Glucosa (%)	0,2	0,3	0,3

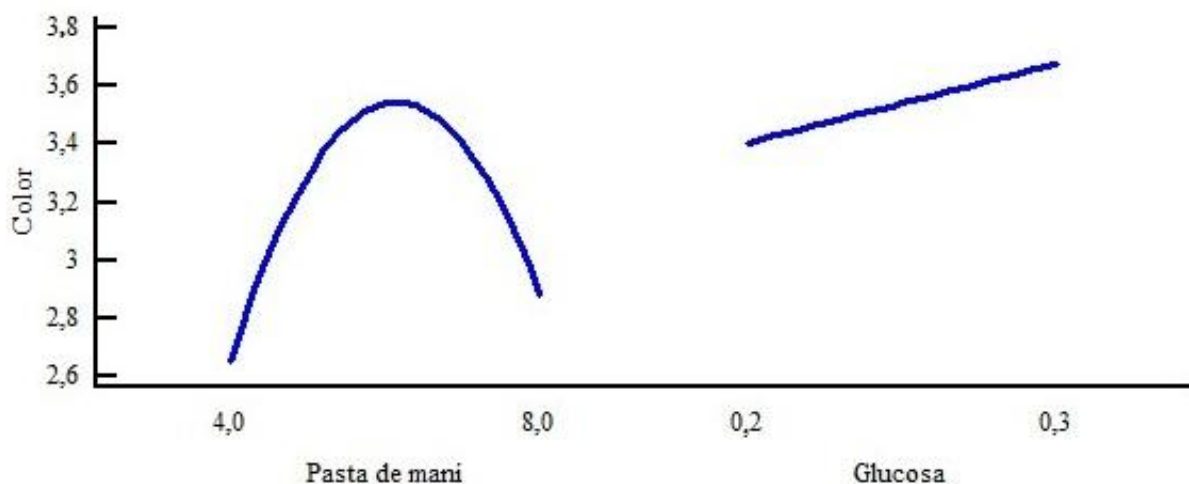


Figura 7. Comportamiento de variables para el color de dulce de leche con pasta de maní.

En la Figura 7, se aprecia la tendencia de la Tabla 5, por el punto más alto en la curva o recta en las variables originales, mientras que en la superficie de respuesta de la Figura 8 se ve un domo que corresponde al punto óptimo con relación a la pasta de maní y la

glucosa y en las curvas de nivel de la Figura 9 se tiene curvas concéntricas donde en la parte central de la más pequeña está el punto óptimo.

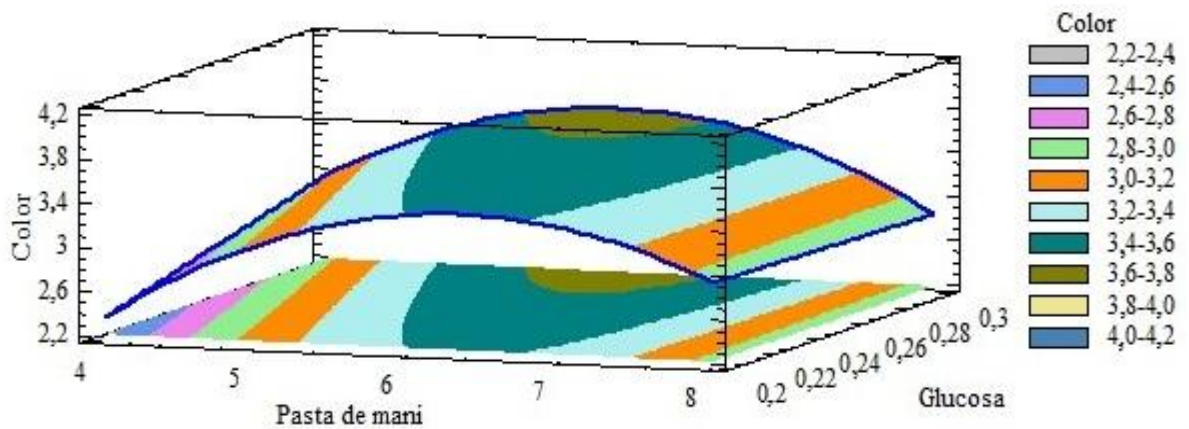


Figura 8. Color de dulce de leche con pasta de maní en la superficie de respuesta.

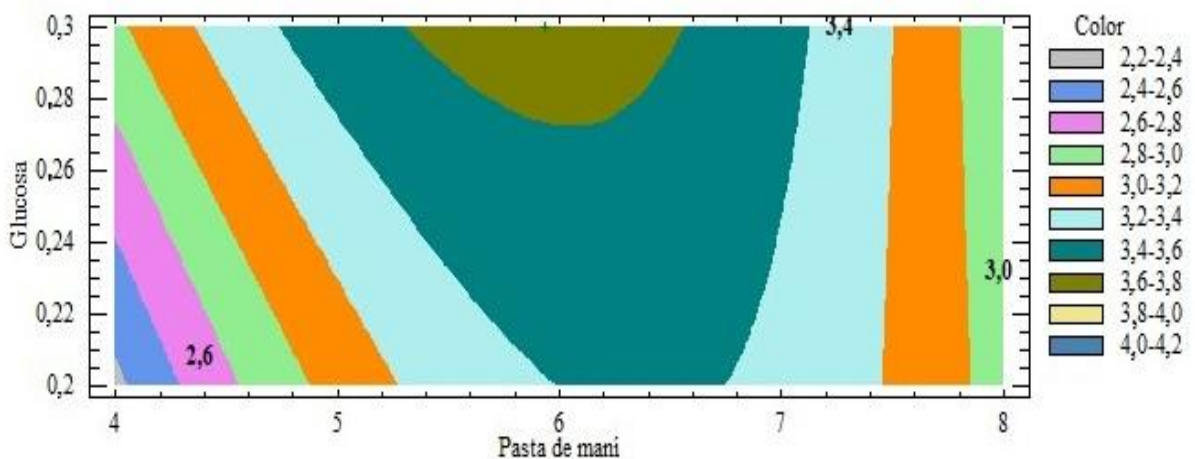


Figura 9. Curvas de nivel en el área de respuesta valorada del color de dulce de leche con pasta de maní.

Tabla 6. Ensayo de Kruskal-Wallis del color por muestras tratadas de dulce de leche con pasta de maní.

Muestras Tratadas	Extensión muestra	Categoría promedio
A1B1	3	2,500
A1B2	3	7,167
A2B1	3	13,167
A2B2	3	17,000
A3B1	3	11,833
A3B2	3	5,333

Estadístico = 15.6454 Valor-P = 0.00793283

El Anexo 4 del ANVA se observa que todos los tratamientos estadísticamente difieren, donde el tratamiento A₂B₂ es el mejor promedio, tal como se visualiza en la Tabla 6 y en la Figura 10 de promedios, observándose con mucha notoriedad este comportamiento donde el tratamiento A₂B₂, no es igual con los otros tratamientos, erigiéndose como el mejor para el color de dulce de leche con crema de maní.

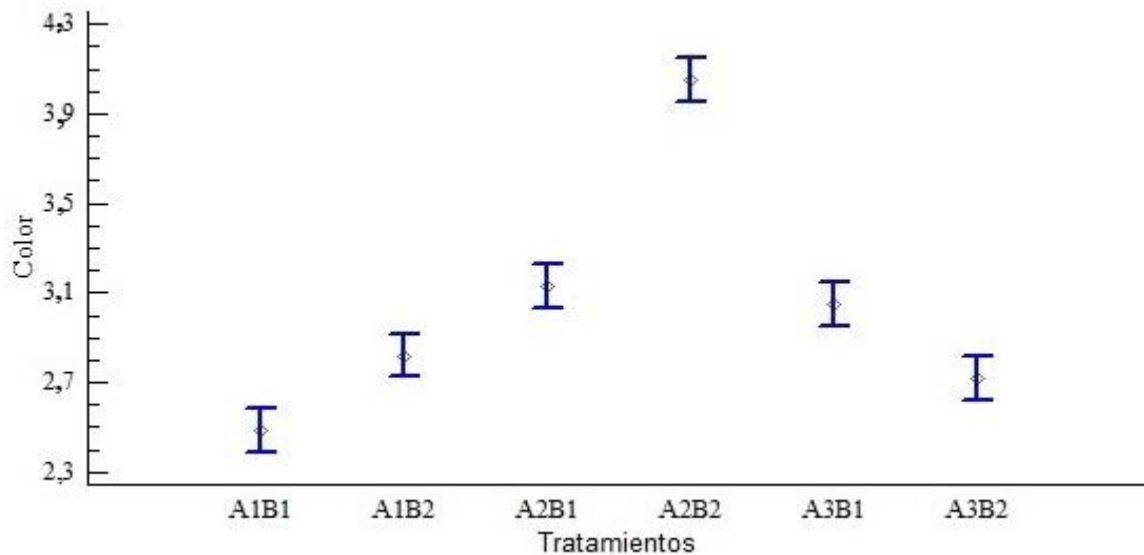


Figura 10. Comportamiento del color en las muestras de dulce de leche con pasta de maní.

Aroma

La valoración del aroma de dulce de leche con pasta de maní se tiene en el Anexo 5 que permitió realizar el análisis factorial multivariable del Anexo 6, se aprecia que existe diferencia altamente significativa en el porcentaje de pasta de maní y en el porcentaje de glucosa es así que en la Tabla 7 se tiene las pruebas de múltiples rangos para aroma de los porcentajes de pasta de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD, observándose que para la primera variable en estudio los tratamientos son diferentes siendo el mejor el que tiene 3,641 de promedio que corresponde a 6%.

Tabla 7. Pruebas de múltiples rangos para aroma por porcentaje de pasta de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD.

Pasta de maní (%)	Casos	Media LS
4	6	2,641 ^a
8	6	2,859 ^b
6	6	3,641^c
Glucosa (%)	Casos	Media LS
0.2	9	2,863 ^a
0.3	9	3,231^b

Para la glucosa también los tratamientos son diferentes siendo el mejor el que corresponde al promedio más elevado de 3,837 para 0,3%.

El mismo análisis del Anexo 6 permite tener la Tabla 8 para la optimización en donde se aprecia que los valores óptimos corresponden a 6% de pasta de maní con 0,3% de glucosa dando un puntaje de 3,830 que corresponde al olor de agradable a maní.

Tabla 8. Respuesta para maximizar la optimización del aroma de dulce de leche con pasta de maní con una estimación de 3,830

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Pasta de maní (%)	4,0	8,0	6
Glucosa (%)	0,2	0,3	0,3

En las Figuras 11, 12 y 13 se observa el comportamiento que muestra la Tabla

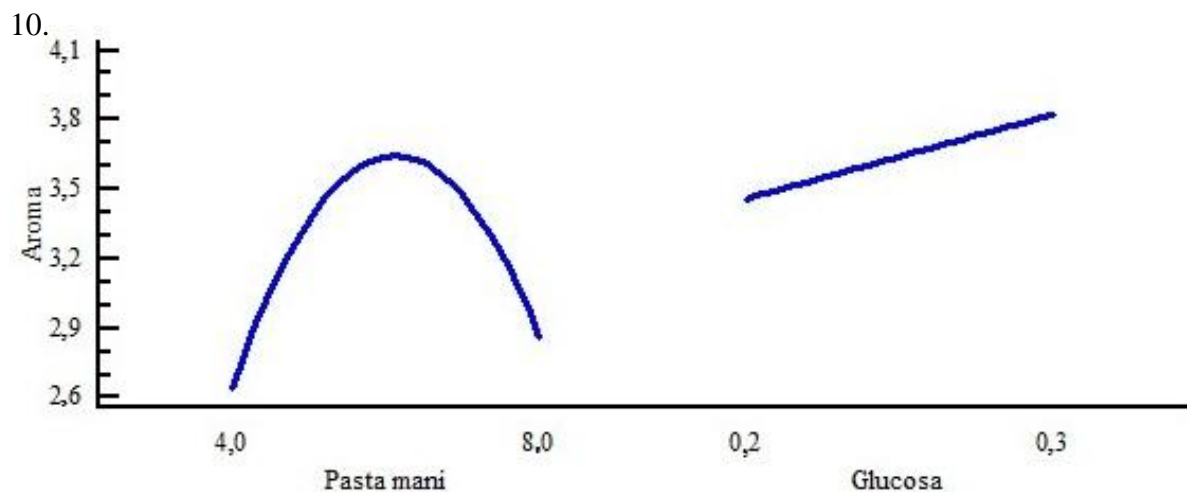


Figura 11. Comportamiento de variables para el aroma de dulce de leche con pasta de maní.

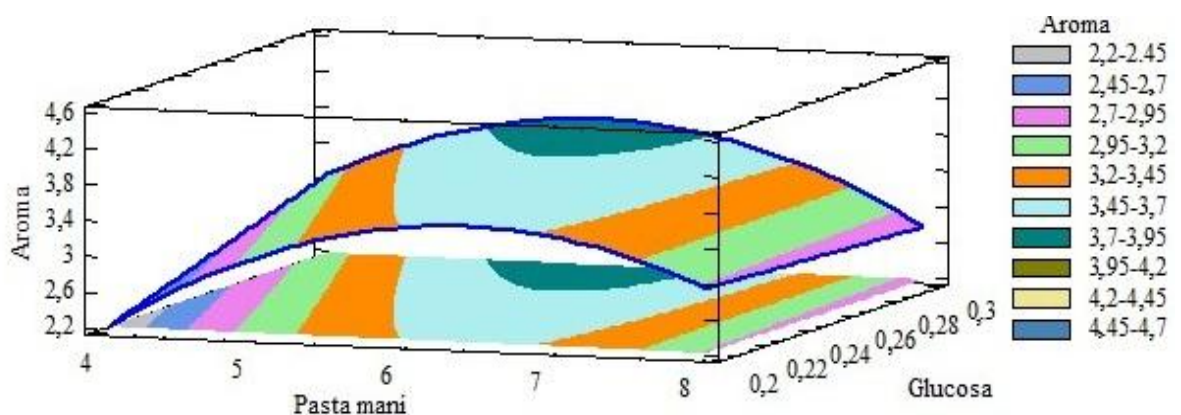


Figura 12. Aroma de dulce de leche con pasta de maní en la superficie de respuesta.

Se observa en 3 dimensiones un área en forma de domo que tiene una cúspide muy notoria en la Figura 12, donde el valor óptimo de la valoración del aroma se observa en

la Figura 13.

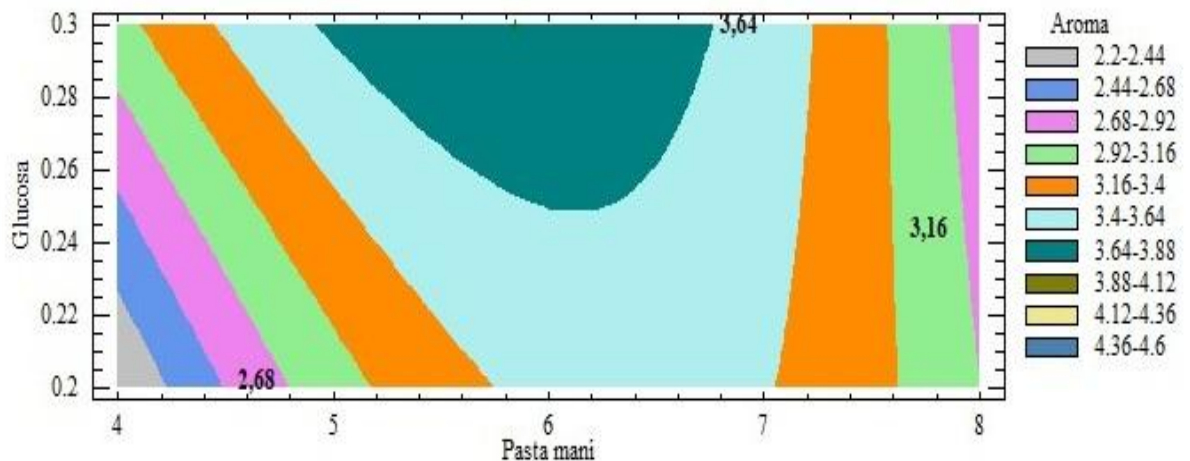


Figura 13. Curvas de nivel en el área de respuesta valorada del aroma de dulce de leche con pasta de maní.

Al realizar el ANVA simple tomando en cuenta sus promedios cuyos datos están en el Anexo 7 se observa que los 6 tratamientos son diferentes debido a que el P valor es menor que 0,05, por esta razón se hizo la prueba de Kruskal Wallis de la Tabla 9 para determinar el mejor tratamiento siendo el A₂B₂ con un rango promedio de 17.

Tabla 9. Ensayo de Kruskal-Wallis del aroma por muestras tratadas de dulce de leche con pasta de maní.

Tratamientos	Tamaño muestra	Rango promedio
A1B1	3	2,33333
A1B2	3	8,16667
A2B1	3	11,8333
A2B2	3	17,0
A3B1	3	13,0
A3B2	3	4,66667

Estadístico = 16,0014 Valor-P = 0,00684017

En la Figura 14 se visualiza que no hay coincidencia entre los tratamientos donde esta diferencia es más notoria para el tratamiento A₂B₂, confirmándose lo que se obtuvo en el ANVA factorial multinivel, ante lo demostrado se afirma categóricamente que el mejor tratamiento para el aroma corresponde a 6% de pasta de maní con 0,3% de glucosa más los otros ingredientes constantes que veremos en la formulación.

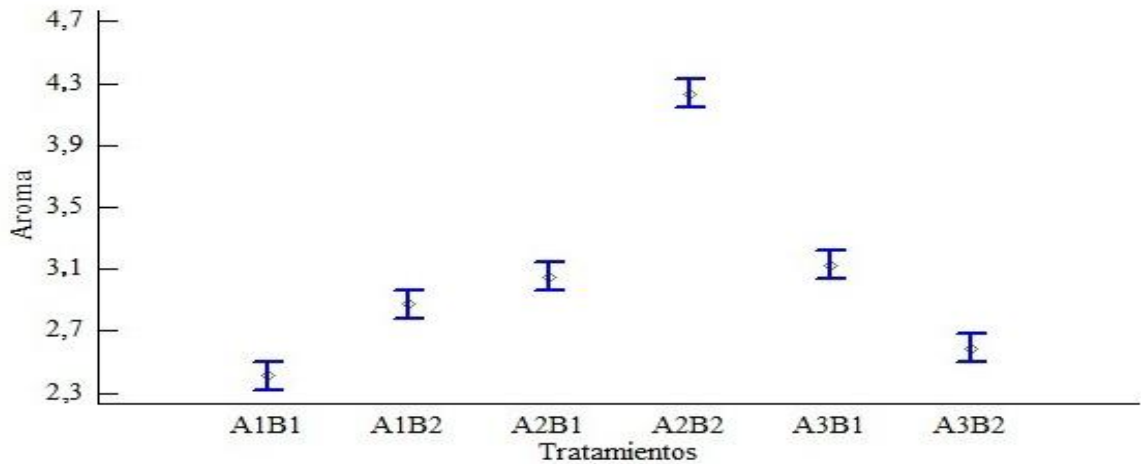


Figura 14. Comportamiento del aroma en las muestras de dulce de leche con pasta de maní.

Sabor

El Anexo 8 contiene los valores de la calificación del sabor de dulce de leche con pasta de maní, que permitió realizar el ANVA factorial de multivariable del Anexo 9, donde se determina si existe o no estadísticamente diferencia en las muestras tratadas de este atributo que tiene mucha importancia para optimizar el dulce de leche con pasta de maní con la formulación adecuada determinando el mejor tratamiento, apreciándose que existe diferencia estadística para el sabor en los prototipos.

Tabla 10. Pruebas de múltiples rangos para sabor por porcentaje de pasta de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD.

Pasta de maní (%)	Casos	Media LS
4	6	2,667 ^a
8	6	3,103 ^b
6	6	3,910^c
Glucosa (%)	Casos	Media LS
0.2	9	3,051 ^a
0.3	9	3,402^b

Las pruebas de múltiples rangos para sabor de dulce de leche con maní según Tukey HSD se tiene en la Tabla 10, apreciándose que para el porcentaje de pasta de maní ningún tratamiento es igual existiendo el mejor que corresponde al promedio de 3,910 que es para el que corresponde a 6% y para la glucosa los tratamientos también difieren existiendo el mejor promedio de 3,402 que es para 0,3%. En la Tabla 11 de la optimización se encontró que el tratamiento A₂B₂ es el óptimo que contiene 6,1% de pasta de maní con 0,3% de glucosa, con una calificación promedio de 4,088, que da una apreciación de sabor agradable a maní.

Tabla 11. Respuesta para maximizar la optimización del sabor de dulce de leche con pasta de maní con una estimación de 4,088.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Pasta de maní (%)	4,0	8,0	6,1
Glucosa (%)	0,2	0,3	0,3

En la Figura 15 de efectos principales en el sabor de dulce de leche con pasta de maní se aprecia la tendencia de la Tabla 11 con mucha claridad.

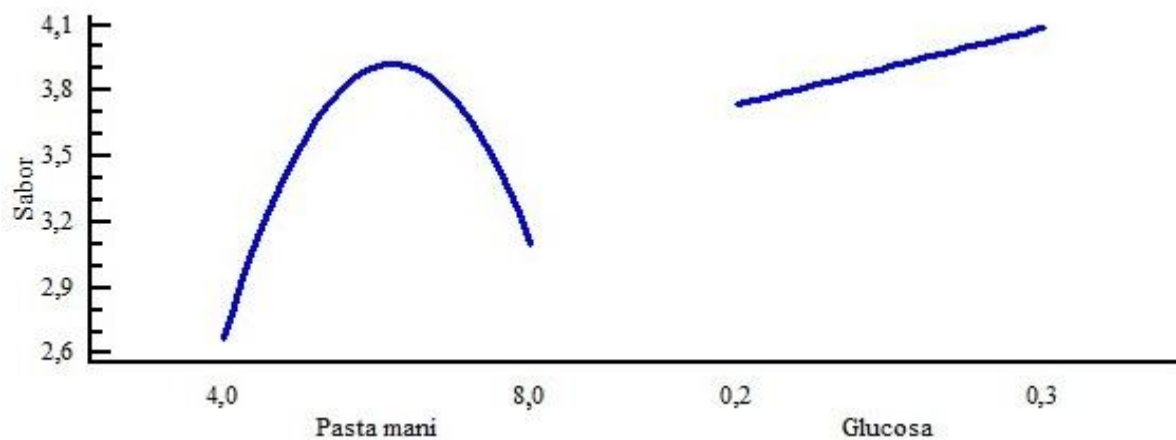


Figura 15. Comportamiento de variables para el sabor de dulce de leche con pasta de maní.

En la Figura 16 de superficie de respuesta en el sabor de la bebida se aprecia tridimensionalmente una superficie curva y en la Figura 17 se aprecia el punto óptimo de calificación del sabor que es el que corresponde al tratamiento A₂B₂.

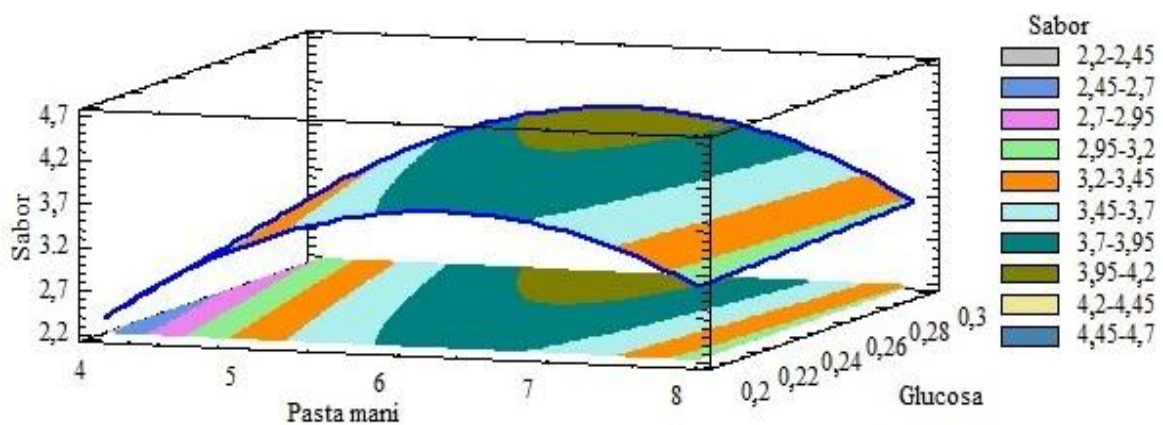


Figura 16. Sabor de dulce de leche con pasta de maní en la superficie de respuesta.

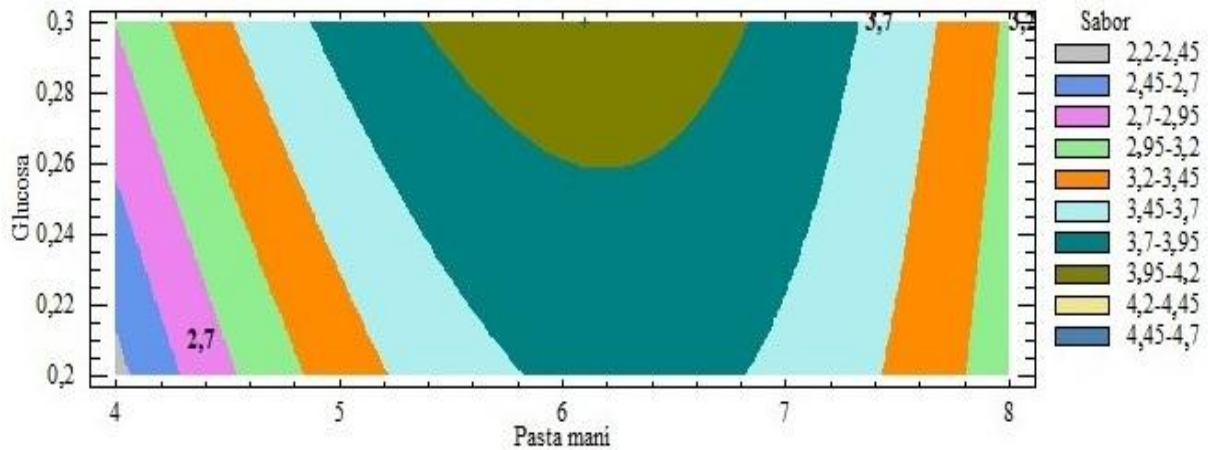


Figura 17. Curvas de nivel en el área de respuesta valorada del sabor de dulce de leche con pasta de maní.

Para confirmar el mejor tratamiento sin considerar las variables se hizo el ANVA simple de los tratamientos del Anexo 10 donde se observa que ningún tratamiento es igual por lo tanto queda demostrado según la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 12) que la muestra tratada A₂B₂ es el tratamiento óptimo con 6% de pasta de maní y con 0,3% de glucosa.

Tabla 12. Ensayo de Kruskal-Wallis del sabor por muestras tratadas de dulce de leche con pasta de maní.

Tratamientos	Tamaño muestra	Rango promedio
A1B1	3	4,333
A1B2	3	3,667
A2B1	3	12,000
A2B2	3	17,000
A3B1	3	13,000
A3B2	3	7,000

Estadístico = 15,0423 Valor-P = 0,0101831

En la figura 18 vemos que el tratamiento A₂B₂ se distancia con mucha notoriedad de los demás tratamiento que entre ellos tienen más cercanía, se demuestra así que el mejor tratamiento según las medias es la que se demostró al analizar la valoración del sabor.

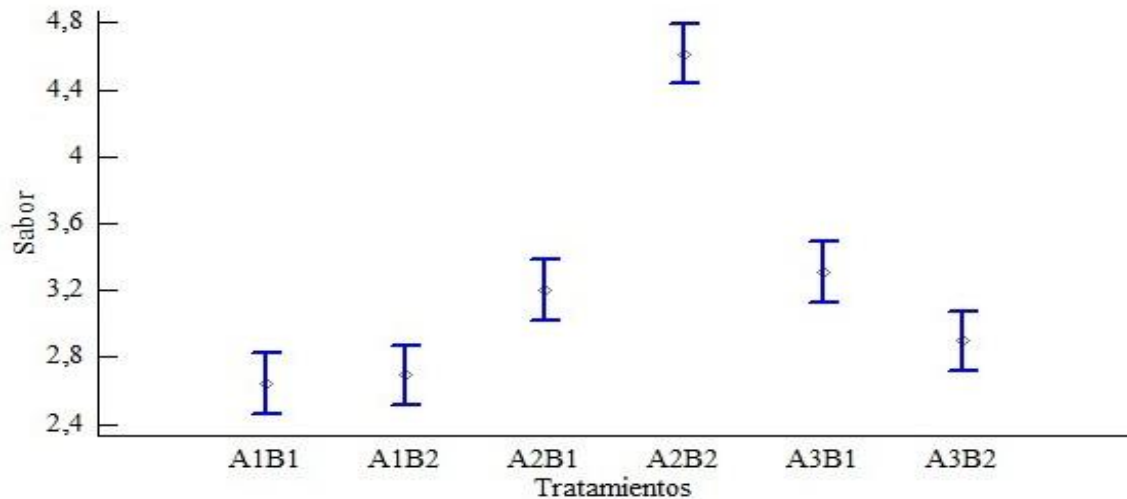


Figura 18. Comportamiento del sabor en las muestras de dulce de leche con pasta de maní.

Apariencia general

El Anexo 11 tiene los datos de la evaluación de la apariencia general de dulce de leche con pasta de maní que facilitó realizar el análisis factorial multinivel que el Anexo 12 cuenta, observándose que diferencia estadística hay en las variables que corresponde a porcentaje de pasta de maní y porcentaje de glucosa.

En la Tabla 13 se tiene las pruebas de múltiples rangos para apariencia general por porcentaje de pasta de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD, observándose que para el primero todos los tratamientos son diferentes siendo el mejor el de 6% de pasta de maní con un promedio de calificación de 4,077 puntos. En relación con la glucosa también ningún tratamiento es igual siendo el mejor el de 0,3 con un promedio de 3,727 puntos.

Tabla 13. Ensayos de múltiples rangos para apariencia general por porcentaje de pasta de maní y porcentaje de glucosa según Tukey HSD.

Pasta de maní (%)	Casos	Media LS
4	6	3,064 ^a
8	6	3,564 ^b
6	6	4,077^c
Glucosa (%)	Casos	Media LS
0,2	9	3,410 ^a
0,3	9	3,727^b

En la Tabla 14 se tiene la optimización, el tratamiento que tiene 6,1% de pasta de maní, con 0,3% de glucosa corresponde a A2B2, que es el mejor tratamiento con una calificación promedio de 4,236, que corresponde a apariencia muy buena.

Tabla 14. Respuesta para maximizar la optimización de la apariencia general de dulce de leche con pasta de maní con una estimación de 4,236.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Pasta de maní (%)	4,0	8,0	6,1
Glucosa (%)	0,2	0,3	0,3

Las Figuras 19, 20 y 21 muestran en comportamiento de la Tabla 14, con bastante notoriedad en las variables fundamentales, en el área de respuesta en 3 dimensiones y en las curvas de nivel del área de respuesta, visualizándose la cúspide como óptimo de la apariencia general que atañe al tratamiento A_2B_2 .

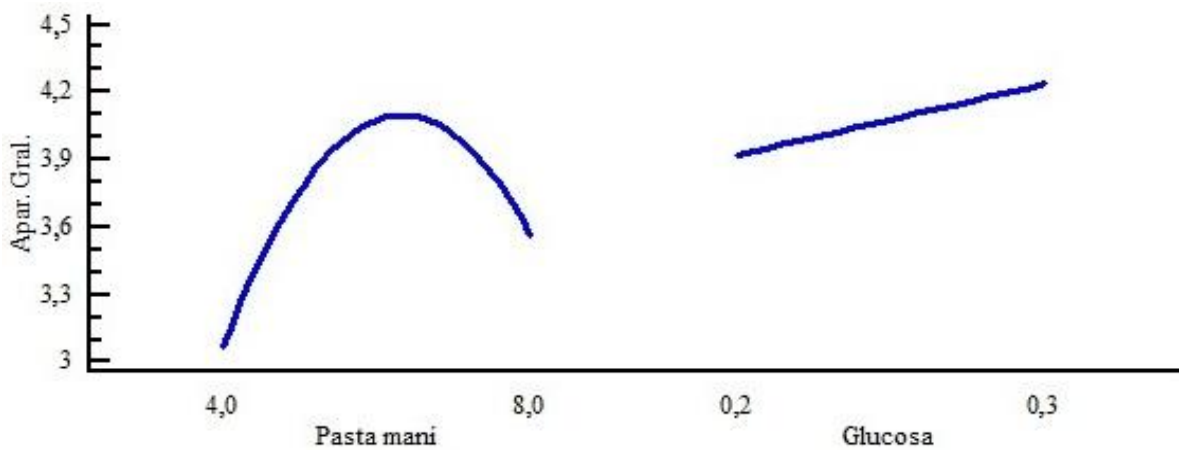


Figura 19. Comportamiento de variables para la apariencia general de dulce de leche con pasta de maní.

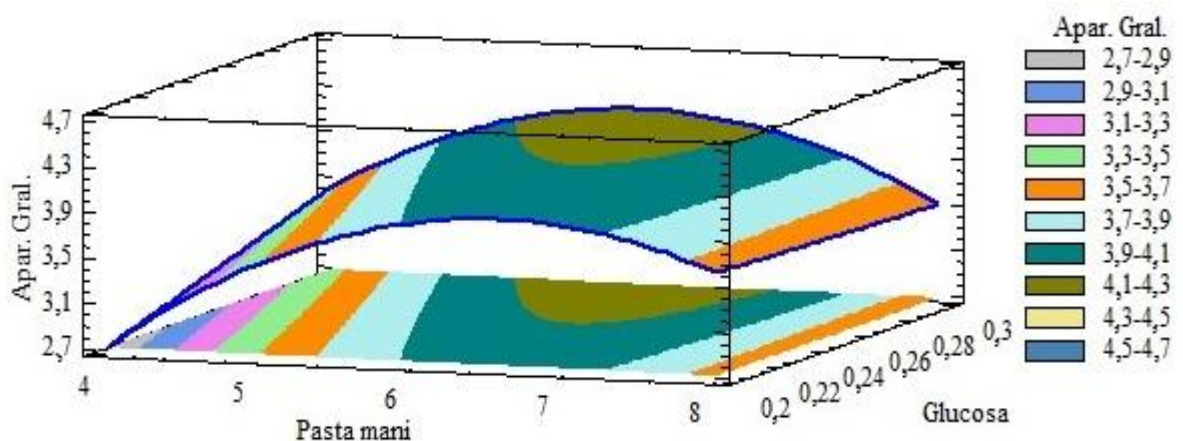


Figura 20. Apariencia general de dulce de leche con pasta de maní en la superficie de respuesta.

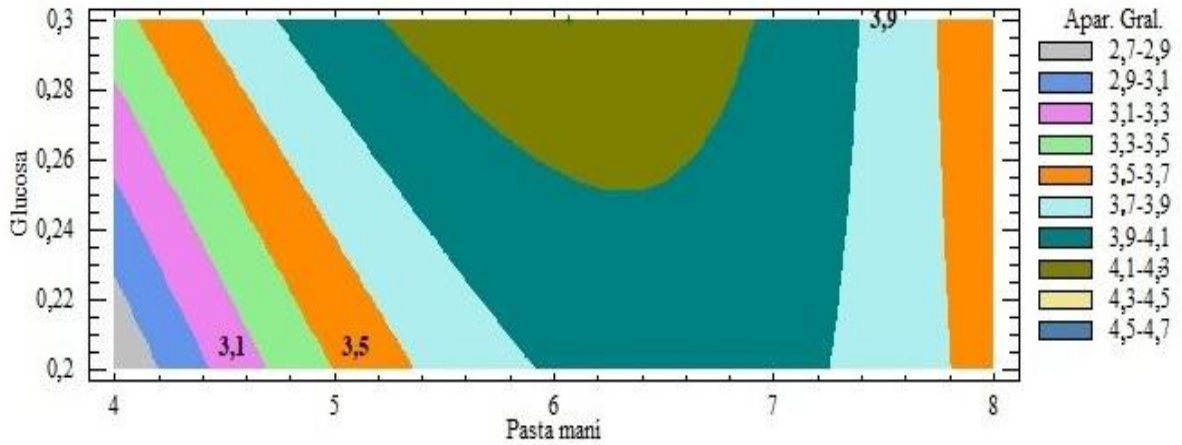


Figura 21. Curvas de nivel en el área de respuesta valorada de la apariencia general de dulce de leche con pasta de maní.

Para corroborar el mejor tratamiento sin considerar las inconstantes se hizo el ANVA simple de los tratamientos del Anexo 13 observándose que ningún tratamiento es igual por lo tanto queda demostrado según la prueba de Kruskal Wallis que citamos en la Tabla 15 que A₂B₂ es el tratamiento óptimo que con 6% de pasta de maní y con 0,3% de glucosa.

Tabla 15. Ensayo de Kruskal-Wallis de la apariencia general por muestras tratadas de dulce de leche con pasta de maní.

Tratamientos	Tamaño muestra	Rango promedio
A1B1	3	2,0
A1B2	3	6,16667
A2B1	3	11,8333
A2B2	3	17,0
A3B1	3	12,1667
A3B2	3	7,83333

Estadístico = 14,7322 Valor-P = 0,0115704

Viendo la figura 22 se observa que el tratamiento A₂B₂ igual que en los anteriores casos se distancia con mucha notoriedad de los demás tratamiento que entre ellos tienen más cercanía demostrando que el mejor tratamiento según las medias es la que se manifiesta al analizar la valoración de la apariencia general.

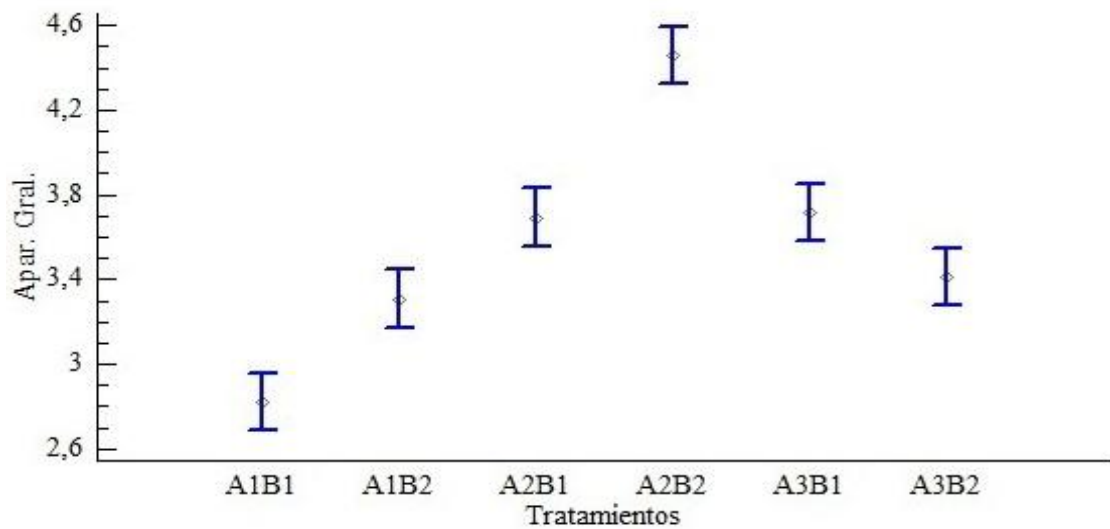


Figura 22. Comportamiento de la apariencia general en las muestras de dulce de leche con pasta de maní.

Promedio cualitativo del mejor tratamiento

Los análisis estadísticos realizados de las características sensoriales como Kruskal Wallis y superficie de respuesta permitieron establecer la Tabla 16 de las medias cualitativas de las evaluaciones ejecutadas permitiendo tener una visión clara para establecer una conclusión.

Tabla 16. Medias de calidad de las evaluaciones efectuadas de los atributos analizados en dulce de leche con pasta de maní.

Factor	Color	Aroma	Sabor	Apariencia General	\bar{X}
Pasta de maní (%)	5,9	6,0	6,1	6,1	6,0
Glucosa (%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Según la Tabla 16 el mejor tratamiento lo constituye a A_2B_2 , que tiene 6,0% de pasta de maní con 0,3% de glucosa más los demás ingredientes que citamos en el acápite 4.2.2.

4.2.2. Formulación del dulce de leche con maní

Habiéndose establecido el mejor tratamiento en los prototipos para elaborar dulce de leche con pasta de maní se realizó la formulación adecuada para su elaboración que se tiene en la Tabla 17.

Tabla 17. Formulación de dulce de leche con pasta de maní para 100 kilogramos.

Ingredientes (g)	Cantidades	
	Porcentaje (%)	Kilogramos
Leche	77,70	1030,00
Bicarbonato	0,10	1,33
Sacarosa	15,90	210,77
Pasta de maní	6,00	79,54
Glucosa	0,30	3,98
TOTAL	100,00	1325,62

Se toma en consideración que la densidad de la leche es 1030 Kg/m^3 , es decir que si se toma 1000 litros de leche se tendrá 1030 kilogramos, es así que desde el establecimiento del proyecto que la leche se considera como la materia prima y en la formulación esta cantidad represente el 77,70% y a partir de allí se establece los porcentajes y cantidades en kilogramos de los demás componentes.

4.2.3. Elaboración del dulce de leche con crema de maní y balance de materia

Recepción de la materia prima (leche)

Esta operación es importante en la elaboración de dulce de leche con crema de maní. La leche de vaca como materia prima se sometió a pruebas de control de calidad de forma organoléptica con color, olor, sabor suigéneris catado por un experto, garantizar que esté libre de microorganismos mediante un pasterizado previo y análisis de acidez que este entre 6,6 a 6,8 de pH y una densidad entre 1028 kg/m^3 a 1035 kg/m^3 .

La calidad de la leche al ingreso determina en gran medida el rendimiento, estabilidad y propiedades sensoriales del dulce de leche. La práctica de evaluar color, olor, sabor y densidad, además de verificar parámetros como acidez y pH, coincide con lo recomendado por INTI (2008), que señala que la leche destinada a dulce de leche debe presentar características organolépticas normales, acidez controlada y ausencia de olores anómalos. El control de densidad ($1028\text{--}1035 \text{ kg/m}^3$) también concuerda con los rangos planteados por Montalvo (1981) para leche fresca sin adulteración. Asimismo, la necesidad de pasteurización previa es coherente con ICMSF (1996), quienes indican que la leche debe someterse a tratamiento térmico para reducir patógenos antes de cualquier proceso de concentración.

Pesado y formulado

Según lo que nos planteamos se pesó los ingredientes, de acuerdo a la formulación establecida en la Tabla 17 que es 77,70% de leche; 0,10% de bicarbonato de sodio; 15,90% de sacarosa; 6,00% de crema de maní; 0,30% de glucosa mediante la utilización de una balanza.

La formulación basada en 77,70 % de leche, 15,90 % de sacarosa y adición de bicarbonato de sodio es consistente con procesos tradicionales descritos por INTI (2008), donde se emplea entre 15 % y 20 % de azúcar para favorecer la concentración, evitar cristalización y proporcionar características organolépticas adecuadas. El uso de ingredientes funcionales como la crema de maní (6 %) coincide con estrategias de enriquecimiento nutricional descritas por Benigna (2008) y Villa (2012), quienes reportaron mejoras en textura y valor nutricional al incorporar harinas de quinua y amaranto en dulce de leche.

Neutralizado

Se adicionó la cantidad de bicarbonato de sodio establecido en la formulación, se agitó durante 5 minutos para una buena incorporación y mezclado, se dejó en reposo por 15 minutos.

La incorporación de bicarbonato de sodio para neutralizar la acidez y evitar la coagulación de proteínas durante la concentración está ampliamente documentada. INTI (2008) señala que pequeñas cantidades de bicarbonato ayudan a controlar la acidez y mejorar la estabilidad térmica de la leche en procesos prolongados de cocción. De forma similar, López y Vaquero (2013) observaron que la neutralización favorece la solubilidad de proteínas y contribuye a una textura más homogénea en manjar blanco.

Calentado

La leche se calentó a 70 °C durante 30 minutos, de esta manera se inhibieron los microorganismos patógenos que podrían haberse incorporado por acción del manipuleo esta operación permitió también la eliminación de agua en un 3% permitiendo un concentrando de los componentes en la leche y uniformizando las propiedades fisicoquímicas del producto final.

El calentamiento a 70 °C durante 30 minutos cumple un doble propósito: reducir la carga microbiana, e iniciar la concentración del producto. Coronado (2001) e INTI (2008) destacan que este precalentamiento estabiliza la matriz láctea y facilita el desarrollo

de las reacciones de Maillard en etapas posteriores, esenciales en el sabor y color característicos del dulce de leche. Además, la ligera evaporación ($\approx 3\%$) durante esta fase es consistente con lo reportado por Salvatierra (2014) en procesos similares.

Dosificado

En esta etapa a la leche se agregó la mitad de la cantidad de sacarosa formulada (15,90% igual a 210,77kg) que equivale a 7,95% es decir 105,385 kilogramos, adicionamos además 3,0% de glucosa equivalente a 3,98 kilogramos y luego se continuó con la concentración.

La estrategia de adicionar la mitad de la sacarosa al inicio y la glucosa como agente anticristalizante está respaldada por estudios como los de Chhabra (2007), donde se demuestra que la glucosa reduce la tendencia a la cristalización y mejora el flujo del sistema durante la concentración. Asimismo, López y Vaquero (2013) encontraron que la adición parcial de azúcares durante la cocción permite controlar mejor la viscosidad y el color final.

Concentración

Durante esta operación agregamos el restante de sacarosa es decir los 7,95% (105,385kg) que faltaban. Se continuó con la concentración hasta llegar de 65°Brix a 70°Brix perdiendo 3% de agua, una vez alcanzados los grados Brix establecidos añadimos los 6% de crema de maní igual a 79,54 kilogramos, agitando por 5 minutos hasta uniformizar la concentración a 62,3°Brix deseados.

La concentración hasta 65–70 °Brix es el estándar para la elaboración de dulce de leche, según INTI (2008) y INEN (2012). La continua evaporación aumenta la viscosidad y favorece reacciones químicas que confieren sabor y tonalidad características. La incorporación de la crema de maní en esta etapa —cuando el sistema ya ha alcanzado altos sólidos— coincide con recomendaciones de Molina (2006), quien sugiere agregar ingredientes grasos o proteicos cuando el sistema está suficientemente viscoso para favorecer su dispersión homogénea. El valor final de 62,3 °Brix tras homogenización es comparable con formulaciones enriquecidas en estudios como los de Bladimir y Fabricio (2013).

Enfriado

Una vez que el producto estuvo con los grados Brix deseados, se detuvo el proceso de concentración, para evitar la sobre cocción del producto y que las propiedades organolépticas cambien; se continuó con la agitación hasta que la temperatura llegue a 60°C.

El enfriado hasta 60 °C para evitar sobrecocción o sabor caramelizado excesivo se ajusta a lo descrito por Ramírez (2006), quien enfatiza que prolongar el calentamiento más allá del punto deseado puede alterar la estructura proteica y causar arenosidad. Asimismo, Castro (2009) señala que en productos reológicos complejos como el dulce de leche, el enfriamiento controlado permite preservar la consistencia y evitar post-espesamientos indeseados.

Envasado y Etiquetado

El envasado se hizo a temperaturas de entre 50°C a 55°C, para permitir un fácil flujo y deslizamiento del producto, se tuvo en cuenta que si se envasa a mayor temperatura existiría el inconveniente de que se continúe produciendo vapor dentro del envase que al condensarse en la tapa, podrían facilitar la aparición de hongos. Los envases que se utilizaron estuvieron limpios y desinfectados.

El envasado entre 50–55 °C es adecuado para garantizar fluidez sin condensación interna. ICMSF (1996) advierte que el envasado caliente en exceso genera condensación que facilita el crecimiento de hongos, tal como se menciona en la tesis. Este rango coincide con los recomendados por INTI (2008) para garantizar la inocuidad y vida útil del producto.

Almacenamiento

En esta operación se tuvo en cuenta que el producto fue elaborado sin conservantes y no se hizo ningún tratamiento térmico posterior, por esta razón lo almacenamos a temperatura de refrigeración no menor a 6°C, en lugar fresco y seco.

El almacenamiento refrigerado a ≤ 6 °C está respaldado por el Reglamento Sanitario de Alimentos (D.S. 007-98-SA), que establece que productos lácteos sin conservantes deben mantenerse a temperaturas de refrigeración para prevenir alteraciones microbiológicas y fisicoquímicas. Autores como ICMSF (1996) y Bladimir y Fabricio (2013) indican que la conservación en frío es fundamental para productos formulados con ingredientes vegetales que podrían aportar carga microbiana inicial.

Se realizó el balance de materiales que se tiene en la Tabla 18, donde respetamos la formulación establecida es decir se partió tomando como base 1030 kilogramos de leche que representa el 77,70% que fue el punto de partida para realizar los cálculos tomando en cuenta lo que ingresaba o se incorporaba al proceso con lo que se perdía teniendo un rendimiento por proceso de 94,97% que es de mucha consideración en un proceso

industrial y esto se debe a la incorporación de crema de maní.

El rendimiento de 94,97 % destaca la eficiencia del proceso industrial. Valores similares se reportan en estudios de enriquecimiento de dulce de leche con ingredientes proteicos, como los de Benigna (2008) y Villa (2012).

El incremento del rendimiento atribuible a la crema de maní concuerda con el aumento de sólidos totales documentado por Molina (2006) en matrices que incorporan oleaginosas procesadas.

Tabla 18. Computo de materiales y rendimiento al procesar dulce de leche con pasta de maní.

Operaciones	Insumo o Residuo	Inicia		Ingresa		Elimina		Sigue		Rendimiento %	
		kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	Operac.	Proceso
Recepcionado	(+) Leche	1030,00	77,7	0,00	0,00	0,00	0,00	1030,00	77,70	100,00	100,00
Pesado y formulado		1030,00	77,7	0,00	0,00	0,00	0,00	1030,00	77,70	100,00	100,00
Neutralizado	(+) Bicarbonato	1030,00	77,7	1,33	0,10	0,00	0,00	1031,33	77,80	100,12	77,80
Calentado	(-) Agua	1031,33	77,80	0,00	0,00	30,00	3,00	1001,33	75,53	97,09	75,53
Dosificado	(+) Glucosa	1001,33	75,53	3,98	0,30	0,00	0,00	1005,31	75,83	100,39	75,83
	(+) Sacarosa	1005,31	75,83	105,38	7,95	0,00	0,00	1110,69	83,78	110,48	83,78
Concentrado	(+) Sacarosa	1110,69	83,78	105,38	7,95	0,00	0,00	1216,07	91,74	109,48	91,74
	(-) Agua	1216,07	91,72	0,00	0,00	30,00	3,00	1186,07	89,47	97,53	89,47
	(+) Crema maní	1186,07	89,46	79,54	6,00	0,00	0,00	1265,61	95,47	106,70	95,47
Enfriado		1265,61	95,46	0,00	0,00	0,00	0,00	1265,61	95,47	100,00	95,47
Envasado etiquetado	(-) Producto	1265,61	95,47	0,00	0,00	6,63	0,50	1258,98	94,97	99,47	94,97
Almacenado		1258,98	94,97	0,00	0,00	0,00	0,00	1258,98	94,97	100,00	94,97

(-) Pierde (+) Ingresa

4.3. Características fisicoquímicas de dulce de leche con pasta de maní más aceptable

En la Tabla 19 están los datos obtenidos del análisis fisicoquímico del dulce de leche con crema de maní realizado en una empresa certificadora, se observa que los componentes que sobresalen son: carbohidratos con 56,783% en base humedad y 76,219% en base seca le sigue la proteína con 9,533% en base húmeda y 12,796% en base seca, las grasas es 6,1% en base húmeda y 8,18% en base seca; vemos que el dulce de leche con crema de maní proporcionará un buen aporte nutritivo y energético.

Como se observa en la Tabla 19, el pH es 6,1 muy próximo al pH de la leche de vaca que es 6,8, es decir en el dulce el pH es ligeramente ácido; los grados Brix obtenidos es de 62,30 valor similar al obtenido por Salvatierra (2014) de 61,4 cuando estudia los efectos de diferentes niveles de adición de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet) en las características organolépticas del dulce de leche

Tabla 19. Características fisicoquímicas de dulce de leche con pasta de maní.

Componente	Repeticiones			Xbh	X bs
	1	2	3		
Humedad %	26,00	25,00	25,50	25,500±0,500	0,00
Proteína %	9,70	9,40	9,50	9,533±0,153	12,796±0,153
Grasa %	6,30	5,90	6,10	6,100±0,200	8,188±0,200
Ceniza %	1,90	1,80	2,00	1,900±0,100	2,550±0,100
Carbohidratos %	55,90	57,75	56,70	56,783±0,928	76,219±0,928
Fibra %	0,20	0,15	0,20	0,183±0,029	0,246±0,029
Total %	100,00	100,00	100,00	100,00	100,000
pH	6,10	5,90	6,30	6,100±0,200	
Acidez	0,22	0,21	0,24	0,223±0,015	
°Brix	62,20	62,40	62,30	62,300±0,100	

Xbh: humedad base húmeda; Xbs: humedad en base seca

En la Tabla 19 se tiene para la acidez un promedio de 0,223 expresado como ácido láctico que es muy similar a 0,21 reportado por Salvatierra (2014) esta acidez, aunque leve garantiza la estabilidad del dulce de leche con maní elaborada; determinamos el promedio de humedad de 25,5% que es menor a 33% obtenido por López y Vaquero (2013), como se sabe al tener un valor elevado de humedad favorecen al desarrollo de microorganismos y a la oxidación de las grasas.

En la Tabla 19 se observa en los datos para cenizas que tiene valores de 1,900% en base húmeda y 2,550% en base seca valores similares a 1,9% reportados por Salvatierra (2014); la presencia de ceniza se debe a que hay elementos minerales (calcio y fosforo) por la presencia de la crema de maní, contribuyendo así en el valor nutritivo, también observamos la presencia de fibra debido a que existe un alimento como la crema de maní que es de origen vegetal.

4.4. Propiedades reológicas de dulce de leche con pasta de maní a temperaturas de 30 °C, 40 °C, 50 °C y 60 °C

El Anexo 14 contiene los datos de las lecturas proporcionadas por el Reómetro Brookfield que fue el punto de partida para determinar las propiedades reológicas, es así que se utilizó el modelo Herschel- Bulkley debido a que al experimentar preliminarmente determinamos que existía umbral de fluencia.

4.4.1. Determinación del umbral de fluencia del dulce de leche con crema de maní en función a la temperatura

La Tabla 20 tiene los datos que nos permitió calcular el umbral de fluencia (τ_0) utilizando los logaritmos de la rapidez de corte y de la fuerza de cizalla, la tabla tiene 6 columnas donde la primera columna esta la velocidad en rpm, en la segunda columna se tiene la velocidad angular calculada según el manual del equipo y con los datos que corresponden al spindle número 6, en la tercera columna se tiene la velocidad de corte en 1/s que sirvió para hacer los cálculos que estudiamos, en la cuarta columna se tiene la viscosidad aparente promedio de los datos proporcionados por el reómetro, estos datos están expresados en Centipoises; en la quinta columna se expresa la viscosidad aparente en Pa.s y en la sexta columna tenemos el esfuerzo de corte en Pa.

Tabla 20. Evaluación reológica a 30 °C, 40 °C, 50 °C y 60 °C

A 30°C					
RPM	Velocidad Angular	Velocidad corte (1/s)	Viscosidad ap (cP)	Viscosidad ap (Pa.s)	Esfuerzo corte (Pa)
10	1,047	2,155	180000,00	180,000	387,947
20	2,094	4,311	101333,33	101,333	436,800
30	3,142	6,466	73263,34	73,263	473,705
40	4,189	8,621	58090,68	58,091	500,803
50	5,236	10,776	48735,12	48,735	525,185
60	6,283	12,932	41971,11	41,971	542,753
70	7,330	15,087	37891,88	37,892	571,669
80	8,378	17,242	33451,11	33,451	576,768
90	9,425	19,397	30184,07	30,184	585,492
100	10,472	21,553	28163,55	28,164	606,999
A 40°C					
10	1,047	2,155	178666,67	178,667	385,074
20	2,094	4,311	100866,67	100,867	434,788
30	3,142	6,466	70390,13	70,390	455,128
40	4,189	8,621	56086,76	56,087	483,527
50	5,236	10,776	47100,75	47,101	507,573
60	6,283	12,932	41876,67	41,877	541,531
70	7,330	15,087	37150,50	37,151	560,484
80	8,378	17,242	32983,33	32,983	568,702
90	9,425	19,397	30484,87	30,485	591,326
100	10,472	21,553	28431,31	28,431	612,770
A 50°C					
10	1,047	2,155	146000,00	146,000	314,668
20	2,094	4,311	79963,33	79,963	344,684
30	3,142	6,466	56159,39	56,159	363,115
40	4,189	8,621	44203,33	44,203	381,079
50	5,236	10,776	37640,75	37,641	405,629
60	6,283	12,932	31826,65	31,827	411,569
70	7,330	15,087	28350,50	28,351	427,720
80	8,378	17,242	25763,33	25,763	444,214
90	9,425	19,397	23913,33	23,913	463,856
100	10,472	21,553	22381,94	22,382	482,390
A 60°C					
10	1,047	2,155	99996,67	99,997	215,519
20	2,094	4,311	63973,38	63,973	275,759
30	3,142	6,466	47419,78	47,420	306,606
40	4,189	8,621	38991,42	38,991	336,147
50	5,236	10,776	33129,99	33,130	357,019
60	6,283	12,932	30663,35	30,663	396,526
70	7,330	15,087	28116,65	28,117	424,192
80	8,378	17,242	25295,30	25,295	436,144
90	9,425	19,397	23686,86	23,687	459,463
100	10,472	21,553	22825,92	22,826	491,959

Para poder encontrar el umbral de fluencia linealizamos en la ecuación potencial los logaritmos de la velocidad de corte y el esfuerzo cortante datos que lo tenemos

en la Tabla 21 encontrando gráficamente el valor de la intersección de la línea recta en el eje y que es el $\text{Ln } \tau_0$ ($\text{Ln } B$) cuyo antilogaritmo constituye el umbral de fluencia, es así que en las figuras 23, 24, 25 y 26 tenemos las ecuaciones para las temperaturas de 30 °C, 40 °C, 50 °C y 60 °C que permitió calcular y encontrar para cada uno de ellos en umbral de fluencia que tenemos en la Tabla 21.

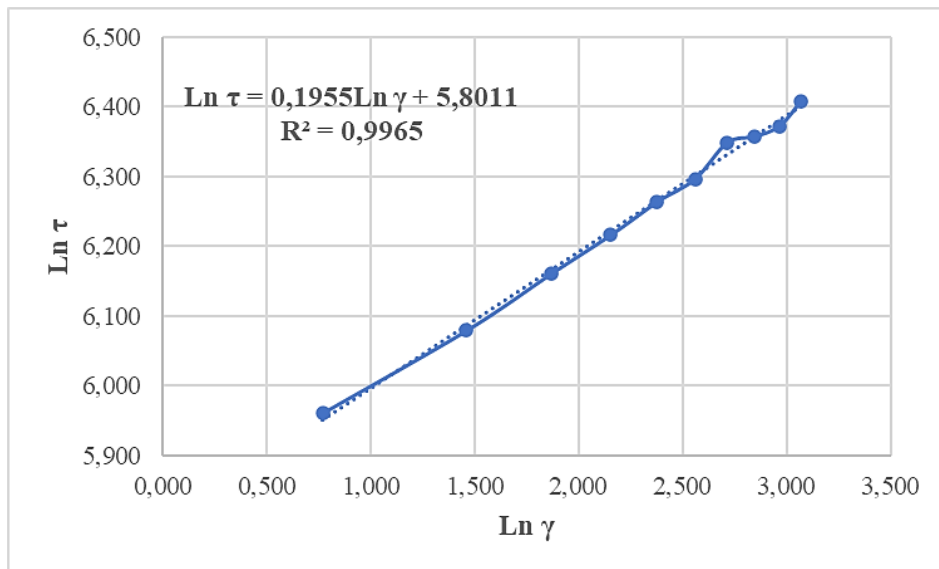


Figura 23. Linealización mediante logaritmos del esfuerzo de corte y velocidad de corte del dulce de leche con crema de maní a 30 °C.

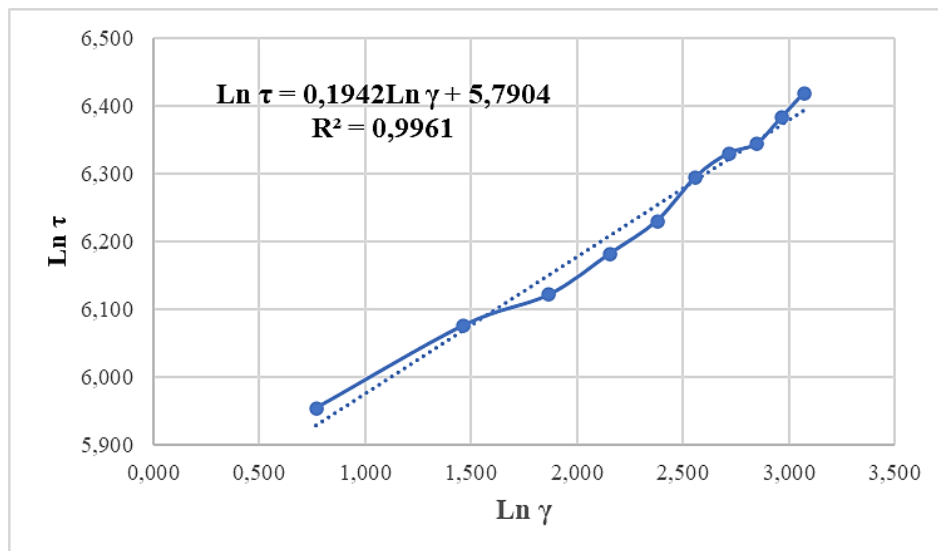


Figura 24. Linealización mediante logaritmos del esfuerzo de corte y velocidad de corte del dulce de leche con crema de maní a 40 °C.

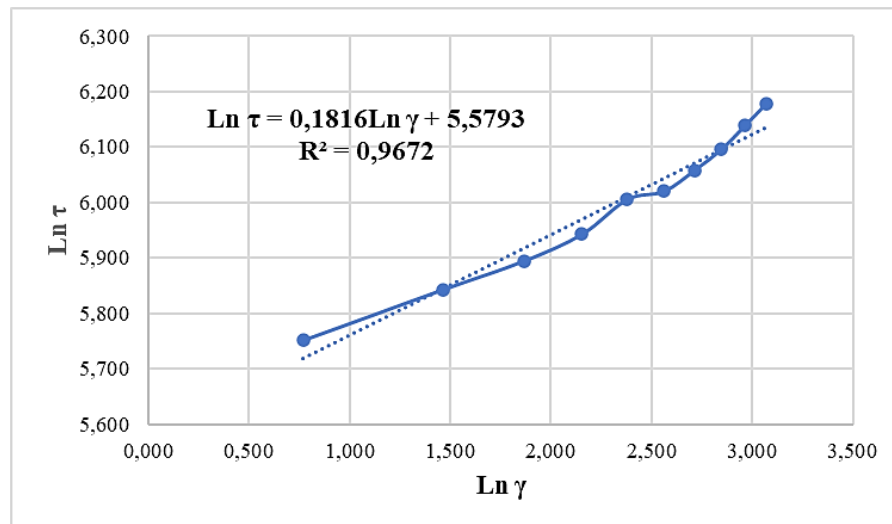


Figura 25. Linealización mediante logaritmos del esfuerzo de corte y velocidad de corte del dulce de leche con crema de maní a 50 °C.

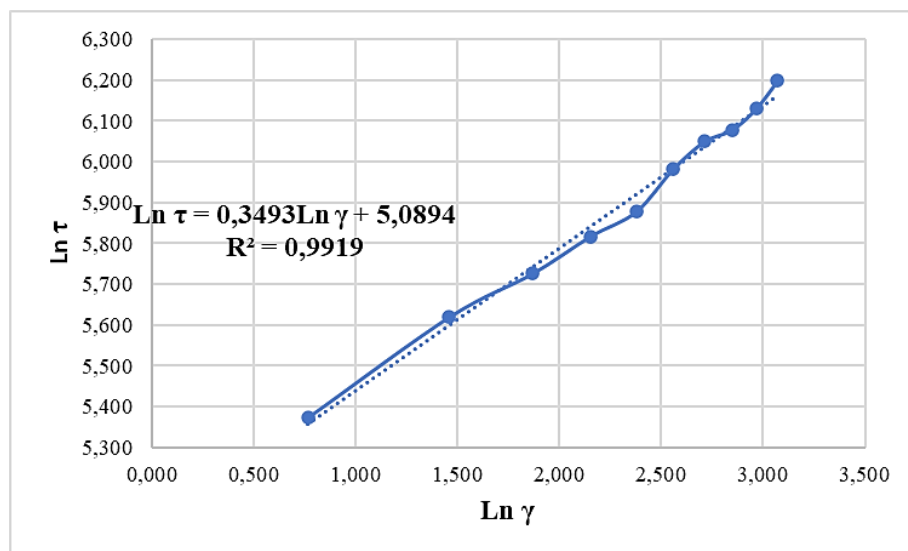


Figura 26. Linealización mediante logaritmos del esfuerzo de corte y velocidad de corte del dulce de leche con crema de maní a 60 °C.

En la Tabla 21 se tiene los umbrales de fluencia para cada temperatura observándose que al incrementarse la temperatura disminuye el valor del umbral de fluencia es así que se tiene valores de 330,663 Pa a 30°C que van disminuyendo hasta 162,292 Pa a 60°C, esto debido a que al incrementarse la temperatura disminuyen las fuerzas de cohesión de las moléculas disminuyendo su resistencia a fluir.

Tabla 21. Umbral de fluencia a las temperaturas de 30 °C, 40 °C, 50 °C y 60 °C.

A 30°C			
Ln γ (X)	Ln τ (Y)	Ln τ_0 (Ln B)	τ_0 (Ant Ln B) Umbral de fluencia
0,768	5,961		
1,461	6,079		
1,867	6,161		
2,154	6,216		
2,377	6,264	5,8011	330,663
2,560	6,297		
2,714	6,349		
2,847	6,357		
2,965	6,372		
3,070	6,409		
A 40°C			
0,768	5,953		
1,461	6,075		
1,867	6,121		
2,154	6,181	5,7904	327,144
2,377	6,230		
2,560	6,294		
2,714	6,329		
2,847	6,343		
2,965	6,382		
3,070	6,418		
A 50°C			
0,768	5,752		
1,461	5,843		
1,867	5,895		
2,154	5,943	5,5793	264,886
2,377	6,005		
2,560	6,020		
2,714	6,058		
2,847	6,096		
2,965	6,140		
3,070	6,179		
A 60°C			
0,768	5,373		
1,461	5,620		
1,867	5,726		
2,154	5,818	5,0894	162,292
2,377	5,878		
2,560	5,983		
2,714	6,050		
2,847	6,078		
2,965	6,130		
3,070	6,198		

4.4.2. Establecimiento del coeficiente de viscosidad aparente e índice de flujo del dulce de leche con crema de maní en función a la temperatura

Al existir umbral de fluencia (esfuerzo de corte inicial) entonces hay una modificación de la ecuación de la potencia por la ecuación de Herschel- Bulkley ($\tau - \tau_0 = k\dot{\gamma}^n$), de esta manera en la Tabla 22 se tiene los datos con la que se graficó las figuras 27, 28, 29 y 30, donde tenemos los reogramas por cada temperatura en estudio, determinando el coeficiente de viscosidad aparente y el índice de flujo del dulce de leche con crema de maní.

Tabla 22. Velocidad de deformación y diferencia de esfuerzo de corte con umbral de fluencia a las temperaturas de 30 °C, 40 °C, 50 °C y 60 °C.

Temperatura (°C)	Velocidad corte (1/s)	$\tau - \tau_0$
30	2,155	57,284
	4,311	106,137
	6,466	143,042
	8,621	170,140
	10,776	194,522
	12,932	212,090
	15,087	241,006
	17,242	246,105
	19,397	254,828
	21,553	276,336
40	2,155	57,930
	4,311	107,645
	6,466	127,984
	8,621	156,383
	10,776	180,429
	12,932	214,388
	15,087	233,340
	17,242	241,558
	19,397	264,182
	21,553	285,626
50	2,155	49,782
	4,311	79,798
	6,466	98,229
	8,621	116,193
	10,776	140,742
	12,932	146,683
	15,087	162,834
	17,242	179,328
	19,397	198,970
	21,553	217,504
60	2,155	53,227
	4,311	113,467
	6,466	144,314
	8,621	173,855
	10,776	194,727
	12,932	234,233
	15,087	261,899
	17,242	273,852
	19,397	297,170
	21,553	329,666

Las figuras 27, 28, 29 y 30 corresponde a los reogramas del dulce de leche con crema de maní, que permite determinar los coeficientes de consistencia donde observamos que estos valores tienen un comportamiento definido con el incremento de la temperatura van incrementándose. Por otro lado, los índices de flujo exhiben pseudoplasticidad constante de 30 °C a 50 °C, pero varia aumentando el índice de flujo a 60 °C.

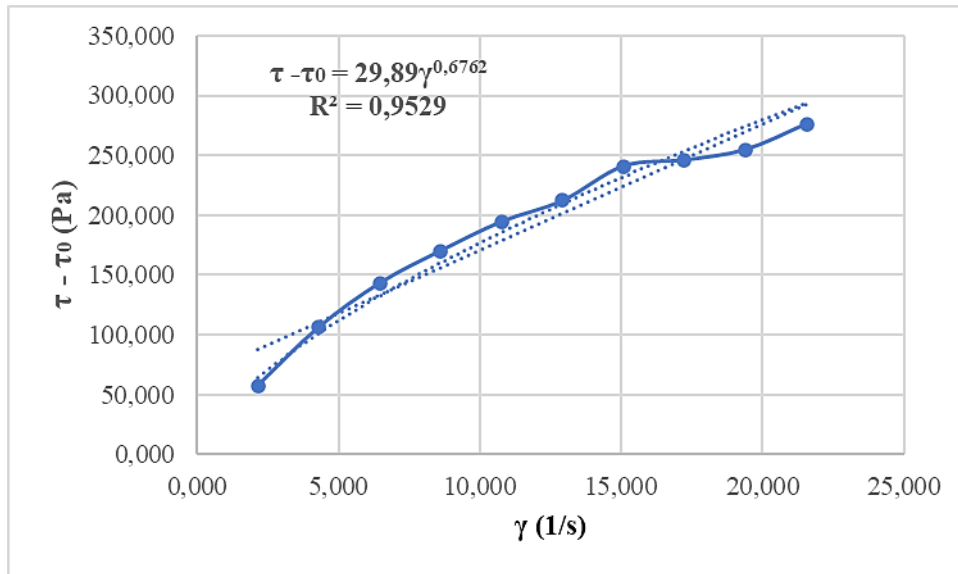


Figura 27. Determinación del comportamiento de flujo mediante la fuerza de cizalla y la rapidez de corte a 30 °C.

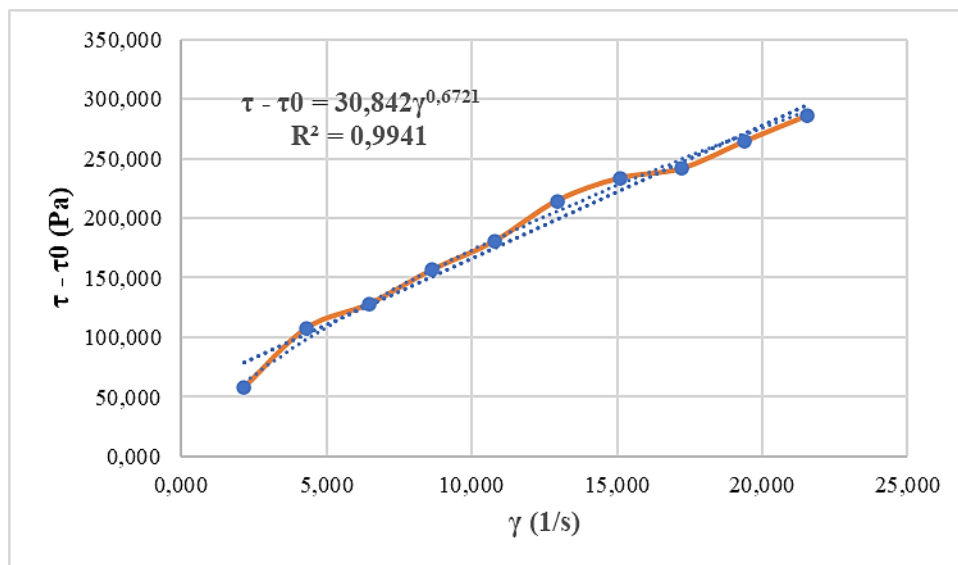


Figura 28. Determinación del comportamiento de flujo mediante la fuerza de cizalla y la rapidez de corte a 40 °C.

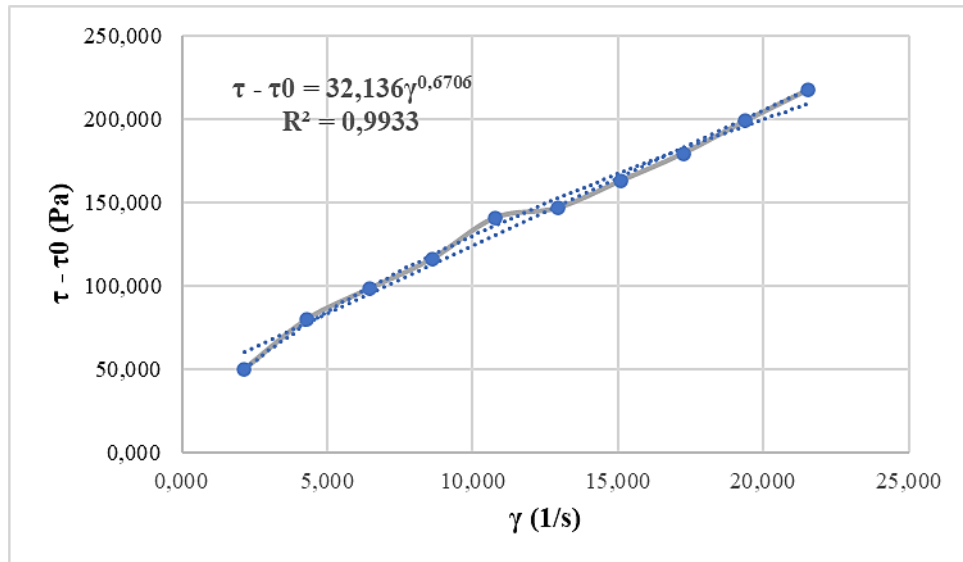


Figura 29. Determinación del comportamiento de flujo mediante la fuerza de cizalla y la rapidez de corte a 50 °C.

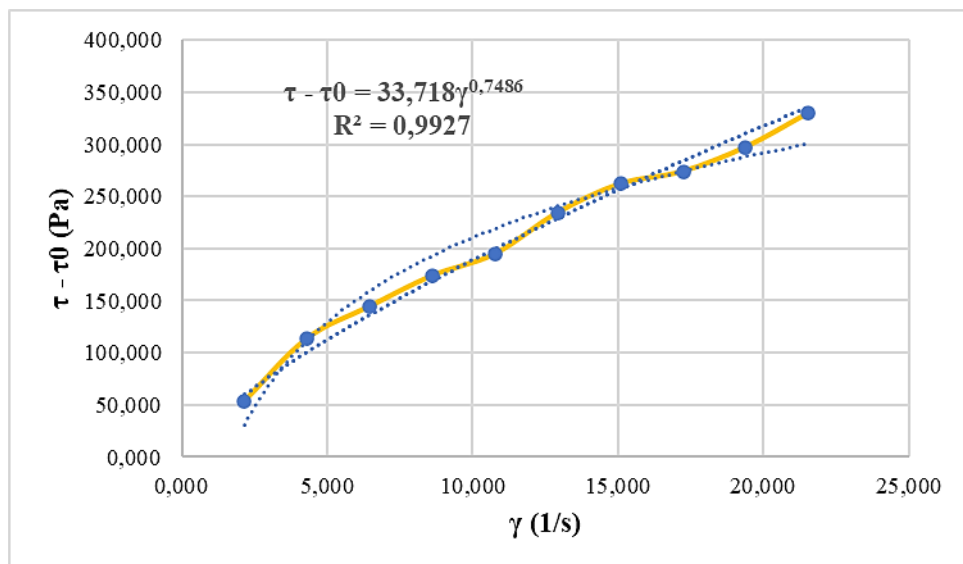


Figura 30. Determinación del comportamiento de flujo mediante la fuerza de corte y la rapidez de corte a 60 °C.

Al aumentar el índice de flujo a 50 °C demuestra que el dulce de leche con crema de maní pierda pseudoplasticidad y a medida que se aproxime a la unidad se vuelve menos Newtoniano.

En la Figura 31 se ve que a diferentes temperaturas a pesar de que los umbrales de fluencia disminuyen al incrementarse la temperatura, los fluidos exhiben recorridos distintos.

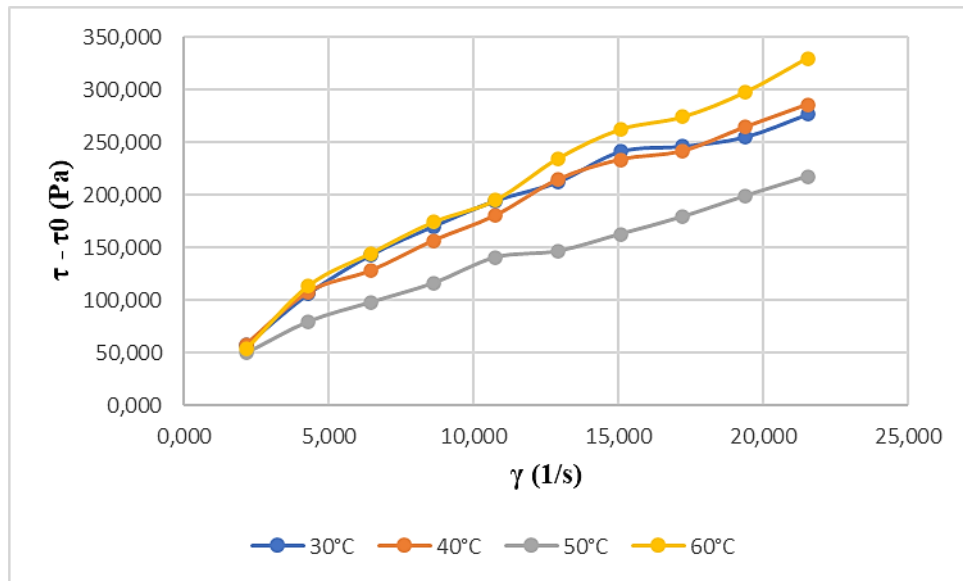


Figura 31. Determinación del comportamiento de flujo mediante la viscosidad aparente y el índice de flujo a diferentes temperaturas.

Tabla 23. Viscosidad aparente en Pa.s⁻¹ e índice de flujo de dulce de leche con pasta de maní.

30 °C		40 °C		50 °C		60 °C	
K (Pa.s ⁻¹)	n	K(Pa.s ⁻¹)	n	K(Pa.s ⁻¹)	n	K(Pa.s ⁻¹)	n
29,890	0,6762	30,842	0,6721	32,136	0,6706	33,718	0,7486

4.4.3. Cálculo de la energía de activación del dulce de leche con crema de maní

En la Tabla 24 se tiene el efecto de la temperatura sobre el dulce de leche con crema de maní con las variables necesarias para determinar la energía de activación como la temperatura absoluta y la viscosidad aparente.

Tabla 24. Efecto de la temperatura sobre el dulce de leche con pasta de maní.

Temp. (°C)	Temp. (°K)	1/T	K	ln(K)
30	303,15	0,0032987	29,890	3,39752398
40	313,15	0,00319336	30,842	3,4288774
50	323,15	0,00309454	32,136	3,4699769
60	333,15	0,00300165	33,718	3,51803182

La Tabla 24 permite realizar la Figura 32 donde se tiene la ecuación respectiva que al compararlo con la ecuación de Arrhenius linealizada con el logaritmo neperiano nos permitió encontrar la energía de activación tal como lo demostramos en el Anexo.

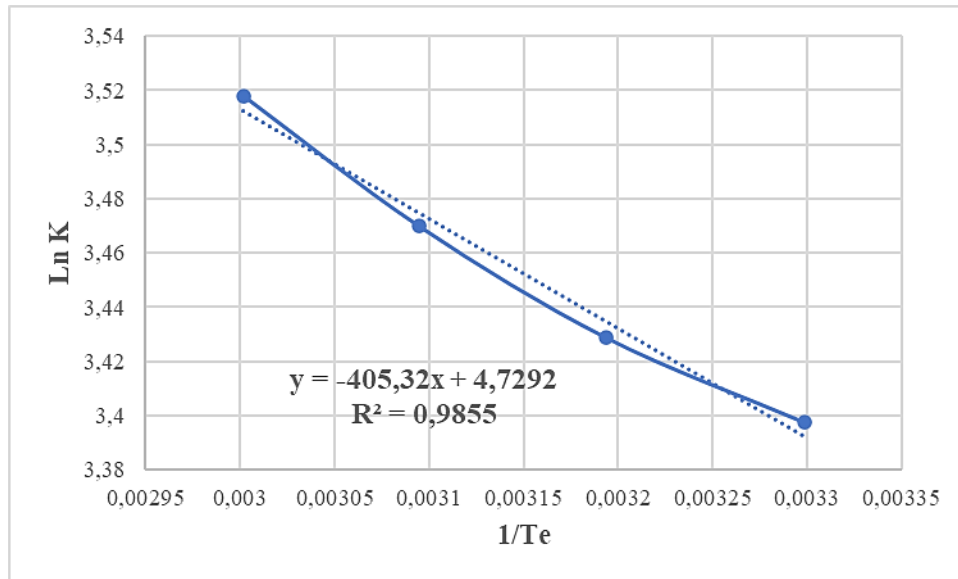


Figura 32. Efecto de la temperatura en el dulce de leche con pasta de maní

En la Tabla 25 tenemos la energía de activación calculada a distintas temperaturas como consecuencia de las distintas viscosidades aparentes.

Tabla 25. Energía de Activación de dulce de leche con pasta de maní a distintas temperaturas.

Temperatura (°C)	Coficiente de consistencia (Pa.s ⁻¹)	Energía de Activación (J/mol.k)
30	29,890	
40	30,842	941,186
50	32,136	
60	33,718	

Se observa que la energía de activación es constante de 30°C hasta los 60°C, esto quiere decir que para poder ver un cambio en la energía de activación es necesario someterlos a temperaturas mayores a las utilizadas en el presente trabajo hasta cuando la energía de activación es menor porque ya no se requiere de mayor energía debido a que se abandonó el estado estático.

4.5. Análisis microbiológico del dulce de leche con pasta de maní

Consideramos que el análisis microbiológico realizado al dulce de leche con crema de maní no es de carácter preventivo, sino que es una inspección para valorar la carga microbiana, que nos permite establecer el alimento es apta o no para el consumo. Los resultados de los análisis microbiológicos se muestran en la Tabla 26.

Los resultados de la apreciación en relación a la presencia de carga microbiana

que se indica en la Tabla 26, nos faculta manifestar que el dulce de leche con maní que procesamos se encuentra según los parámetros establecidos para manjar blanco propuesto por la Sociedad Nacional de Industrias del Perú que está por debajo.

Tabla 26. análisis microbiológico de dulce de leche con pasta de maní.

Muestras	Aerobios Mesófilos		Coliformes totales		Mohos y levaduras	
	UFC/mL		UFC/mL		UFC/100mL	
	Resultado de Laboratorio	Requisitos de la norma	Resultado de Laboratorio	Requisitos de la norma	Resultado de Laboratorio	Requisitos de la norma
Dulce	30	< 30000	Ausencia	Ausencia	Ausencia	25

Fuente: INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C

V. CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se tiene las conclusiones de acuerdo a los objetivos como sigue:

- Se elaboró la crema de maní siguiendo una secuencia tecnológica estandarizada que incluyó pesado del grano (variedad Tarapoto negro, 10 % de humedad), selección, tostado a 110 °C durante 10 minutos, enfriado, descascarillado y tres etapas sucesivas de molienda (4 mm, 3 mm y 1,14 mm). El producto final se envasó en frascos de vidrio herméticos y se almacenó a 6 °C. Este procedimiento generó una pasta de maní estable y adecuada para su incorporación en la formulación del dulce de leche.
- Se formuló y elaboró dulce de leche utilizando la siguiente composición óptima: 77,70 % de leche (1030 kg), 0,10 % de bicarbonato de sodio (1,33 kg), 15,90 % de sacarosa (210,77 kg), 6,00 % de crema de maní (79,54 kg) y 0,30 % de glucosa (3,98 kg). La formulación mantuvo estabilidad tecnológica, permitió un adecuado desarrollo de color y textura, y garantizó condiciones apropiadas para el análisis sensorial.
- La evaluación sensorial realizada para todos los tratamientos demostró que el tratamiento A₂B₂ (6 % de crema de maní y 0,3 % de glucosa) obtuvo las puntuaciones más altas en los atributos valorados. Se establecieron los parámetros tecnológicos del proceso, determinándose la siguiente secuencia operativa: recepción de la leche (pH 6,6–6,8 y densidad 1028–1035 kg/m³), neutralizado con bicarbonato, calentamiento a 70 °C durante 30 minutos, dosificación parcial de azúcares, concentración hasta 62,3 °Brix, enfriado a 60 °C, envasado a 50–55 °C y almacenamiento a ≤ 6 °C. El balance de materia determinó un rendimiento industrial de 94,97 %, considerado eficiente para procesos con incorporación de ingredientes vegetales.
- El dulce de leche del tratamiento más aceptado presentó los siguientes valores fisicoquímicos: humedad 25,500±0,500 %; proteína 9,533±0,153 % (12,796±0,153 % en base seca); grasa 6,100±0,200 % (8,188±0,200 % en base seca); ceniza 1,900±0,100 % (2,550±0,100 % en base seca); carbohidratos 56,783±0,928 % (76,219±0,928 % en base seca); fibra 0,183±0,029 %; pH 6,100±0,200; acidez 0,223±0,015 (expresada como ácido láctico) y sólidos solubles de 62,300±0,100

°Brix. Estos valores confirman que la incorporación de crema de maní incrementó el aporte proteico y mantuvo parámetros compatibles con estándares normativos de dulce de leche.

- Las propiedades reológicas del dulce de leche enriquecido con pasta de maní mostraron un comportamiento no newtoniano del tipo Herschel–Bulkley, con umbrales de fluencia de 330,663 Pa (30 °C), 327,144 Pa (40 °C), 264,886 Pa (50 °C) y 162,292 Pa (60 °C). Los coeficientes de consistencia fueron 29,890; 30,842; 32,136 y 33,718 Pa·sⁿ para 30 °C, 40 °C, 50 °C y 60 °C, respectivamente. Los índices de flujo oscilaron entre 0,6706 y 0,7486, confirmando comportamiento pseudoplástico. La energía de activación obtenida fue de 941,186 J/mol·K, indicando baja sensibilidad de la viscosidad al incremento de temperatura dentro del rango evaluado.
- El dulce de leche con pasta de maní del tratamiento óptimo presentó valores microbiológicos dentro de los límites establecidos por normas sanitarias: aerobios mesófilos 30 UFC/mL, coliformes totales ausentes y mohos y levaduras ausentes. Los resultados demuestran que el proceso tecnológico aplicado aseguró la inocuidad del producto final.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

Recomendamos lo siguiente:

- No hay normas, para elaborar dulce de leche con crema de maní, por lo tanto, recomendamos utilizar los valores obtenidos en la investigación con la finalidad de instaurar parámetros de calidad para este alimento.
- Se sugiere investigar otros sustitutos con materias primas vegetales en el procesamiento de dulce de leche, también profundizar en lo referente a su enriquecimiento nutricional.
- Recomendar el consumo de este nuevo producto por personas de todas las edades que no tiene problemas de ingerir considerables cantidades de grasa.
- Tener en cuenta el tiempo y la temperatura de cocción para concentración del dulce de leche en el instante que se incorpora la crema de maní para obtener un producto con mejores atributos organolépticos.
- Demostrar mediante investigaciones que este alimento posee efectos beneficiosos en una o muchas funciones del organismo para ser considerado como un alimento biofuncional.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.O.A.C. (1976). *Official methods of analysis: Bread firmness* (Métodos 14-22, 54-21, 54-30, 72-10, 74-09).
- A.O.A.C. (1984). *Official methods of analysis* (14.^a ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- A.O.A.C. (1990). *Official methods of analysis* (15.^a ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- A.O.A.C. (1995). *Official methods of analysis* (37:2). Arlington, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Arbaiza, F. T. (1998). *Riesgos de la contaminación con aflatoxinas en maní (Arachis hypogaea) de producción nacional* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Benigna, T. (2008). *Elaboración de diferentes niveles de harina de quinua en la elaboración de manjar de leche*. Riobamba, Ecuador.
- Bladimir, V., & Fabricio, V. (2013). *Elaboración de manjar de leche y mejoramiento del valor nutricional adicionando diferentes clases de harinas y edulcorantes*. Guaranda, Ecuador.
- Bobenrieth, A. (1994). *Cultivo de maní*. Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar.
- Brito, M. (1997). *La leche: Alimento indispensable*. São Paulo, Brasil: Em Nutricao Ltda.
- Castro, M. E. S. (2009). *Propiedades reológicas de alimentos chilenos* [Tesis, Universidad de Chile].
- Chhabra, P. (2007). *Bubbles, drops and particles in non-Newtonian fluids* (2.^a ed.). Taylor & Francis.
- Collazos, C., et al. (2000). *Tablas de composición de alimentos*. Lima, Perú: Editorial Limusa.
- Coronado, T. (2001). *Procesados de maní*. Lima: CIED.
- Fernández, J. (1999). *Agricultura y ganadería*. Barcelona, España: Editorial Océano.
- GRE – Grupo de Reología y Electrocínética. (2007). *Reología: Fundamentos de reología aplicada*. Universidad de Málaga. http://www.gre.uma.es/Triptico_Curso_2007.pdf

- ICMSF – International Commission on Microbiological Specifications for Foods. (1996). *Microorganismos de los alimentos: Características de los patógenos microbianos*. Editorial Acribia.
- INEN – Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *Norma Técnica N.º 700: Dulce de leche. Requisitos*. Quito, Ecuador.
- Instituto Azucarero Dominicano. (s.f.). Recuperado de <http://www.inazucar.gov.do/>
- INTI – Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2008). *Elaboración de dulce de leche*. Perú.
- López, B. E. C., & Vaquero, P. M. F. (2013). *Caracterización fisicoquímica y evaluación sensorial de seis formulaciones de dulce de leche* [Trabajo técnico, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano].
- Meyer, M. (2006). *Elaboración de productos lácteos*. México: Trillas.
- Molina, M. (2006). *Extracción y caracterización de aceites de semillas de maní (Arachis hypogaea L.) y elaboración de maní bañado con chocolate* [Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Montalvo, R. (1981). *Oleaginosas*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Noriega, S. (1998). *Productos lácteos*. Sección Profesionales de la Salud.
- Pascual, V. (2004). *Manual de prácticas de tecnología de aceites y grasas*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Quintan, L. (2008). *Reología de productos alimenticios* [Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela].
- Ramírez, J. (2006). *Fundamentos de reología de alimentos* (4.ª ed.). Cali, Colombia.
- Revilla, A. (1985). *Tecnología de la leche*. Honduras.
- Salvatierra, B. J. (2014). *Efectos de diferentes niveles de adición de harina de tarwi en las características organolépticas del dulce de leche* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica].
- Sánchez, D. (2000). *Manual técnico de cultivo de maní*. Satipo: PAR Junín.
- Semillas de maní. (2007). Base de datos en línea. <http://www.terra.com.pe/mani/articulo/html/f9664.htm>

- SENATI. (2009). *Elaboración de manjar blanco* [Documento técnico]. Lima, Perú.
- Silva, C. (2010). *Caracterización reológica de hidrocoloides alimentarios* [Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela].
- Skendi, A., Biliaderis, C. G., Papageorgiou, M., & Izydorczyk, M. S. (2010). Effects of two barley β -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*, 119(3), 1159–1167.
- Ureña, P. M. (1990). *Obtención de alimentos modelo a partir de mezclas bentonita:glicerol:agua para estudios de tratamientos térmicos* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia].
- Ureña, P. M. (2000). *Análisis sensorial de alimentos*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONCYTEC.
- Villa, S. (2012). *Evaluación de tres niveles de harina de amaranto (Amaranthus caudatus) en la elaboración de manjar de leche*. Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de evaluación sensorial

Nombre:

Producto: Dulce de leche con pasta de maní

Fecha:

Características y escalas	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1.COLOR						
Marrón crema						
Marrón claro						
Marrón						
Marrón oscuro						
Marrón casi negro						
2.AROMA						
Muy agradable						
Agradable						
Sin olor a maní						
Leve a maní						
Fuerte a maní						
3.SABOR						
Muy agradable						
Agradable						
Indiferente						
Ligeramente desagradable						
Muy desagradable						
4.APARIENCIA GENERAL						
Excelente						
Muy Bueno						
Bueno						
Regular						
Malo						

Observación: El mejor tratamiento que usted prefirió, porque le agrado:

.....

Anexo 2. Color de dulce de leche con crema de maní.

Tratamientos	Rep.	Panelistas													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	X
A1B1	R1	3	2	2	3	2	1	2	3	2	1	1	4	3	2,23
A1B2		2	3	1	3	3	2	2	3	3	4	2	3	3	2,62
A2B1		3	3	3	4	3	4	2	3	2	4	3	3	4	3,15
A2B2		3	3	4	4	5	5	4	3	4	5	3	4	5	4
A3B1		3	3	3	4	3	4	2	3	5	4	3	3	4	3,38
A3B2		3	2	2	3	2	3	2	3	2	3	3	4	3	2,69
A1B1	R2	4	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2,85
A1B2		4	3	2	2	4	3	3	3	4	3	3	1	2	2,85
A2B1		4	2	3	2	4	4	3	4	4	5	3	2	4	3,38
A2B2		4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4,23
A3B1		4	2	3	3	4	4	3	4	4	5	3	2	4	3,46
A3B2		4	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	4	3	3
A1B1	R3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	4	4	3	2	2,85
A1B2		3	4	3	3	1	2	2	2	3	3	3	2	3	2,62
A2B1		4	4	5	3	2	4	3	2	2	3	3	3	2	3,08
A2B2		4	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4	5	4	4,38
A3B1		4	4	5	3	2	4	3	2	2	3	3	3	2	3,08
A3B2		3	3	3	3	4	3	3	2	2	4	4	3	2	3

Anexo 3. Análisis de Varianza para Color de dulce de leche con crema de maní.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Pasta de maní	2.52786	2	1.26393	80.09	0.0000
B:Glucosa	0.3362	1	0.3362	21.30	0.0006
INTERACCIONES					
AB	1.00689	2	0.503444	31.90	0.0000
RESIDUOS	0.189369	12	0.0157808		
TOTAL (CORREGIDO)	4.06032	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Anexo 4. ANOVA para Color por Tratamientos de dulce de leche con crema de maní.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3.87095	5	0.774189	49.06	0.0000
Intra grupos	0.189369	12	0.0157808		
Total (Corr.)	4.06032	17			

Anexo 5. Aroma de dulce de leche con crema de maní.

Tratamientos	Repeticiones	Panelistas													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	X
A1B1	R1	3	2	3	3	2	1	2	3	2	3	2	2	1	2,231
A1B2	R1	3	2	2	3	5	4	2	3	2	2	2	4	4	2,923
A2B1	R1	3	2	2	3	3	4	3	2	2	4	3	5	5	3,154
A2B2	R1	3	5	4	4	4	5	5	3	5	4	3	5	4	4,154
A3B1	R1	3	2	2	3	3	4	3	4	4	4	3	3	4	3,231
A3B2	R1	3	2	3	3	2	4	2	3	2	3	2	2	2	2,538
A1B1	R2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2,538
A1B2	R2	3	2	3	2	5	2	2	4	2	2	3	2	5	2,846
A2B1	R2	2	3	5	2	3	3	3	4	2	3	3	2	3	2,923
A2B2	R2	3	4	4	5	5	5	4	3	4	4	5	5	5	4,308
A3B1	R2	2	3	4	2	3	4	3	4	2	3	3	4	3	3,077
A3B2	R2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2,538
A1B1	R3	3	2	3	3	3	2	2	3	1	4	2	2	2	2,462
A1B2	R3	3	4	2	2	3	2	5	3	3	2	3	2	3	2,846
A2B1	R3	2	4	2	3	3	2	3	3	5	3	4	3	3	3,077
A2B2	R3	4	4	4	4	5	5	5	3	4	4	4	5	4	4,231
A3B1	R3	2	4	2	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3,077
A3B2	R3	3	2	3	3	3	2	2	3	4	4	2	2	2	2,692

Anexo 6. Análisis de Varianza para Olor de dulce de leche con crema de maní.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Pasta maní	3.31966	2	1.65983	157.79	0.0000
B:Glucosa	0.607202	1	0.607202	57.72	0.0000
INTERACCIONES					
AB	2.23524	2	1.11762	106.25	0.0000
RESIDUOS	0.126229	12	0.0105191		
TOTAL (CORREGIDO)	6.28833	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Anexo 7. ANOVA para Olor por Tratamientos de dulce de leche con crema de maní.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6,1621	5	1,23242	117,16	0,0000
Intra grupos	0,126229	12	0,0105191		
Total (Corr.)	6,28833	17			

Anexo 8. Sabor de dulce de leche con crema de maní.

Tratamientos	Repeticiones	Panelistas													X
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
A1B1	R1	3	2	2	3	2	1	2	3	2	1	1	4	3	2,231
A1B2	R1	2	3	1	3	3	2	2	3	3	4	2	3	3	2,615
A2B1	R1	3	3	3	4	3	4	2	3	2	4	3	3	4	3,154
A2B2	R1	5	5	4	4	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4,615
A3B1	R1	3	3	3	4	3	4	2	3	5	4	3	3	4	3,385
A3B2	R1	3	2	2	3	2	3	2	3	2	3	3	4	3	2,692
A1B1	R2	4	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2,846
A1B2	R2	4	3	2	2	4	3	3	3	4	3	3	1	2	2,846
A2B1	R2	4	2	3	2	4	4	3	4	4	5	3	2	4	3,385
A2B2	R2	4	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	4	4,538
A3B1	R2	4	2	3	3	4	4	3	4	4	5	3	2	4	3,462
A3B2	R2	4	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	4	3	3,000
A1B1	R3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	4	4	3	2	2,846
A1B2	R3	3	4	3	3	1	2	2	2	3	3	3	2	3	2,615
A2B1	R3	4	4	5	3	2	4	3	2	2	3	3	3	2	3,077
A2B2	R3	5	4	4	5	6	4	5	5	4	5	4	5	5	4,692
A3B1	R3	4	4	5	3	2	4	3	2	2	3	3	3	2	3,077
A3B2	R3	3	3	3	3	4	3	3	2	2	4	4	3	2	3,000

Anexo 9. Análisis de Varianza para Sabor de dulce de leche con crema de maní.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Pasta maní	4,77689	2	2,38844	57,66	0,0000
B:Glucosa	0,5516	1	0,5516	13,32	0,0033
INTERACCIONES					
AB	2,68606	2	1,34303	32,42	0,0000
RESIDUOS	0,497062	12	0,0414218		
TOTAL (CORREGIDO)	8,51161	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Anexo 10. ANOVA para Sabor por Tratamientos de dulce de leche con crema de maní.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8,01562	5	1,60312	38,69	0,0000
Intra grupos	0,497215	12	0,0414346		
Total (Corr.)	8,51284	17			

Anexo 11. Apariencia general de dulce de leche con crema de maní.

Tratamientos	Repeticiones	Panelistas													X
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
A1B1	R1	2	3	3	2	2	3	3	3	3	5	2	3	2	2,769
A1B2	R1	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4	3	3,538
A2B1	R1	4	3	3	4	3	4	4	4	4	5	4	4	3	3,769
A2B2	R1	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	3	4	4,462
A3B1	R1	4	3	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	3	3,846
A3B2	R1	3	4	4	3	5	4	4	3	4	4	3	4	3	3,692
A1B1	R2	4	2	4	3	2	2	3	3	3	2	2	4	3	2,846
A1B2	R2	4	4	2	2	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3,231
A2B1	R2	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	3,692
A2B2	R2	4	4	5	5	5	4	4	4	5	4	5	3	5	4,385
A3B1	R2	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	3,692
A3B2	R2	4	4	2	2	5	3	4	4	4	3	3	3	3	3,385
A1B1	R3	3	3	2	2	4	3	2	3	3	4	3	2	3	2,846
A1B2	R3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	2	2	4	3	3,154
A2B1	R3	4	4	4	3	4	4	2	4	3	4	3	4	4	3,615
A2B2	R3	4	5	4	5	5	5	4	5	4	4	5	4	5	4,538
A3B1	R3	4	4	4	3	4	4	3	3	3	4	3	4	4	3,615
A3B2	R3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	2	2	4	3	3,154

Anexo 12. Análisis de Varianza para Apariencia general de dulce de leche con crema de maní.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Pasta maní	3,07766	2	1,53883	65,16	0,0000
B:Glucosa	0,450933	1	0,450933	19,09	0,0009
INTERACCIONES					
AB	0,935568	2	0,467784	19,81	0,0002
RESIDUOS	0,283413	12	0,0236178		
TOTAL (CORREGIDO)	4,74757	17			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Anexo 13. ANOVA para Apariencia por Tratamientos de dulce de leche con crema de maní.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4,46416	5	0,892832	37,80	0,0000
Intra grupos	0,283413	12	0,0236178		
Total (Corr.)	4,74757	17			

Anexo 14. Datos proporcionados por el Reómetro Brookfield del dulce de leche con maní.

RPM	Viscosidad Aparente (CP)											
	T= 30°C			T= 40°C			T= 50°C			T= 60°C		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
10	180000	179990	180010	178667	178657	178677	146000	145990	146010	99997	99987	100007
20	101333	101323	101343	100867	100857	100877	79963	79953	79973	63973	63963	63983
30	73263	73253	73273	70390	70380	70400	56159	56149	56169	47420	47410	47430
40	58091	58081	58101	56087	56077	56097	44203	44193	44213	38991	38981	39001
50	48735	48725	48745	47101	47091	47111	37641	37631	37651	33130	33120	33140
60	41971	41961	41981	41877	41867	41887	31827	31817	31837	30663	30653	30673
70	37892	37882	37902	37151	37141	37161	28351	28341	28361	28117	28107	28127
80	33451	33441	33461	32983	32973	32993	25763	25753	25773	25295	25285	25305
90	30184	30174	30194	30485	30475	30495	23913	23903	23923	23687	23677	23697
100	28164	28154	28174	28431	28421	28441	22382	22372	22392	22826	22816	22836

Anexo 15. Cálculo de la Energía de Activación para la variación de la Temperatura

Ecuación de Arrhenius:

$$\eta = \eta_0 \cdot \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right)$$

- Linealizada tomaría la siguiente forma:

$$\ln(\eta) = \ln(\eta_0) - E_a/RT$$

Dónde:

$$\ln(\eta) = \ln(\eta_0) - E_a/R (1/T)$$

$$\underbrace{\quad}_{\mathbf{Y}} \quad \underbrace{\quad}_{\mathbf{a}} \quad \underbrace{\quad}_{\mathbf{b}} \quad \underbrace{\quad}_{\mathbf{x}}$$

- Comparando esta última expresión con los miembros de nuestra ecuación del efecto de la temperatura en la viscosidad de la solución de pectina.

$$\mathbf{Y = 3488.4x - 7.874 \text{ en la figura 40}}$$

- Generando las siguientes igualdades:

$$\ln(\eta_0) = 7.874$$

$$E_a/R = 3488.4 \text{ (Donde } E_a = \text{Energía de Activación)}$$

Siendo R= 8.314 Jmol⁻¹K⁻¹

$$\frac{E_a}{8.314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}} = 3488.4$$

$$E_a = 29002.56 \frac{\text{J}}{\text{mol.k}}$$

