

DESARROLLO DE UN DULCE DE LECHE (TIPO PANELITA), CON
INCORPORACIÓN DE PROTEÍNA VEGETAL Y EDULCORANTE NO CALÓRICO



Por:

ALEJANDRO MUÑOZ BARRAGÁN

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN-CAUCA
2023

DESARROLLO DE UN DULCE DE LECHE (TIPO PANELITA), CON
INCORPORACIÓN DE PROTEÍNA VEGETAL Y EDULCORANTE NO CALÓRICO

ALEJANDRO MUÑOZ BARRAGÁN

Tesis de grado en la modalidad de investigación para optar al título de Ingeniero
Agroindustrial

Directora:

Mg. Clara Milena Lemos Elvira

UNIVERSIDAD DEL CUACA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN-CAUCA
2023

Nota de aceptación

Los directores y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del proyecto por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

CLARA MILENA LEMOS ELVIRA Mg
Directora

CARMENZA LILIANA LÓPEZ PATIÑO Ph. D
Jurado

REMIGIO YAMID PISMAG PORTILLA Ph. D
Jurado

Popayán - Cauca, 14 de diciembre de 2023

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. MARCO REFERENCIAL.....	15
2.1. LOCALIZACIÓN.....	15
2.2. MARCO TEÓRICO	15
2.2.1. Panelitas de leche.....	15
2.2.1.1. Características organolépticas.....	16
2.2.1.2. Composición.	16
2.2.2. Materias primas e ingredientes producto convencional	16
2.2.2.1. Leche.	16
2.2.2.2. Edulcorantes.	16
2.2.2.3. Harinas y almidón.	17
2.2.2.4. Espesantes y estabilizantes.....	17
2.2.2.5. Neutralizantes.....	18
2.2.3. Ingredientes de formulación.....	18
2.2.3.1. Estevia.	18
2.2.3.2. Quinoa.	18
2.2.3.3. Soya.....	19
2.2.3.4. Polidextrosa.	20
2.2.3.5. Maltodextrina.	21
2.2.4. Funcionalidad tecnológica de los endulzantes.....	22
2.2.5. Parámetros perfil de textura TPA.....	24
2.2.6. Hábitos de consumo de niños en edad escolar	25
2.2.7. Innovación en la industria de alimentos.	26
3. MARCO HISTÓRICO.....	28

4. METODOLOGÍA	30
4.1. AJUSTE DE LAS CONDICIONES DE PROCESO PARA LA FORMULACIÓN DEL PRODUCTO.	31
4.1.1. Diseño experimental.	31
4.1.2. Elaboración del dulce de leche tipo panelita.	33
4.1.3. Sustitución de la sacarosa por polidextrosa	35
4.1.4. Ingredientes de formulación.	36
4.2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS DEL DULCE DE LECHE Y SU COMPORTAMIENTO REOLÓGICO EN EL PRODUCTO FINAL....	37
4.2.1. Características fisicoquímicas.....	37
4.2.1.1. Determinación de la acidez.....	37
4.2.1.2. Actividad de agua (a_w).	37
4.2.1.3. Análisis proximal.	37
4.2.1.4. Cuantificación de ácidos grasos.	38
4.2.1.5. Determinación de colesterol.....	38
4.2.1.6. Los parámetros colorimétricos.	38
4.2.2. Características microbiológicas.	39
4.2.4. Características Reológicas.	40
4.2.3.1. Análisis por TPA (Análisis de perfil de textura).	41
4.3. EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DEL PRODUCTO FINAL	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1.2. Condiciones de procesamiento.....	43
4.2. EFECTO DE LA FORMULACIÓN SOBRE EL CONTENIDO CALÓRICO.....	46
4.3. EFECTO DE LA FORMULACIÓN EN EL PORCENTAJE DE PROTEÍNA	51
4.4. CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA	53
4.4.1. Parámetros de color.....	54
4.4.1.1. Comportamiento coordenadas CIELab y el contenido de polidextrosa.....	54
4.4.2. Análisis de perfil de textura (TPA).....	57
4.5. EVALUACIÓN ESTUDIO DE VIDA ÚTIL Y ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO...	62
4.5.1. Análisis sensorial descriptivo.	62
4.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	64
4.7. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO	64

4.7.1. Evaluación de la acidez.	64
4.8. VALIDACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO.	67
5. CONCLUSIONES	69
6. RECOMENDACIONES.....	70
7. BIBLIOGRAFÍA.....	71

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S.	15
Figura 2. Estructura química de la povidexrosa.....	21
Figura 3. Curva ideal de un análisis de perfil de textura TPA	25
Figura 4. Fases del Desing Thinking	27
Figura 5. Diagrama metodológico.....	30
Figura 6. Diseño experimental de mezclas.....	31
Figura 7. Diagrama de flujo de proceso para la elaboración panelitas de leche...	34
Figura 8. Esquematación prueba hedónica de aceptación	42
Figura 9. Gráfica de diseño simplex en proporciones.....	43
Figura 10. Gráfico de superficie de mezcla para kcal/100 gramos.....	48
Figura 11. Gráfico de superficie de mezcla para proteína (cantidad de componentes)	52
Figura 12. Muestras prueba de colorimetría	56
Figura 13. Curvas de Fuerza vs Tiempo ensayo de Análisis de Perfil de Textura.....	58
Figura 14. Comportamiento en cámara de estabilidad.....	63
Figura 15. Actividad de agua (a_w) en periodo de evaluación.....	67
Figura 16. Prueba hedónica de aceptación.....	68
Figura 17. Prueba sensorial validación de producto (n=42)	68

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Composición de harinas empleadas en la elaboración de panelitas	17
Tabla 2. Composición de concentrados de proteína de soya a diferentes procesos de extracción.	20
Tabla 3. Matriz comparativa de los tipos de remplazantes de sólidos comúnmente utilizados.....	23
Tabla 4. Diseño experimental para la optimización de la formulación de dulce de leche tipo panelita con incorporación de proteína de soya.	32
Tabla 5. Formulación estándar para elaboración de la panelita de leche.....	33
Tabla 6. Diseño experimental sustitución de sacarosa por povidexrosa.	35
Tabla 7. Formulación de referencia segundo diseño experimental.	36
Tabla 8. Métodos y técnicas análisis proximal	38
Tabla 9. Métodos y técnicas características microbiológicas	39
Tabla 10. Prueba descriptiva sensorial, fisicoquímicas y microbiológicas	40
Tabla 11. Observaciones generales de las formulaciones evaluadas de acuerdo con los parámetros sensoriales en la etapa de laminación y moldeado.	44
Tabla 12. Consolidado de resultados de análisis fisicoquímico para el dulce de leche tipo panelita con edulcorante no calórico y proteína.	47
Tabla 13. Resumen del modelo para regresión de mezclas para Calorías Kcal/100 g vs sacarosa, proteína de soya y edulcorante no calórico	49
Tabla 14. Consolidado fisicoquímico muestras de dulce de leche tipo panelita con edulcorante no calórico, sustitución de sacarosa por povidexrosa.	50
Tabla 15. Resumen del modelo de regresión para mezclas de Proteína vs Sacarosa, Proteína de soya y Edulcorante no calórico.....	53
Tabla 16. Análisis colorimétrico del dulce de leche tipo panelita con endulzante no calórico y proteína de soya.	55
Tabla 17. Valores de dureza, fracturabilidad, elasticidad, adhesividad, cohesividad y masticabilidad obtenidos mediante ensayo TPA, para muestras de dulce de leche tipo panelita.....	60

Tabla 18. Resumen del modelo para regresión de mezclas dureza versus polidextrosa y edulcorante.	61
Tabla 19. Consolidado de resultados del análisis microbiológico para el dulce de leche tipo panelita.	64
Tabla 20. Comportamiento parámetros fisicoquímicos.....	65
Tabla 21. Estudio de vida útil para el producto “Dulce de leche tipo panelita”	65

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Instrumentos para la validar la aceptación del producto.....	76
ANEXO B. Tabla nutricional producto terminado.....	78
ANEXO C. Ficha técnica povidexrosa	79
ANEXO D. Ficha técnica estevia	80
ANEXO E. ANOVA de un solo factor, comparación en parejas de Tukey parámetros colorimétricos, nivel de confianza 95%.....	82
ANEXO F. ANOVA de un solo factor, comparación en parejas de Tukey parámetros TPA, nivel de confianza 95%.....	83
ANEXO G. Consolidado prueba hedónica de aceptación.....	85
ANEXO H. Consolidado parámetros mecánicos, geométricos y de composición.	86

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue desarrollar una innovación de producto a partir de un dulce de leche tipo panelita con incorporación de proteína y edulcorante no calórico, mediante la validación de tecnologías de proceso para la obtención de un producto comparable con las panelitas de leche tradicionales, fabricadas por la empresa Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S. Para el desarrollo se plantearon dos diseños experimentales de mezclas, el primero tuvo en cuenta la relación del contenido de sacarosa, edulcorante no calórico y proteína de soya; el segundo, fue planteado a partir de la formulación del primer diseño que obtuvo mejor a los requerimientos de la empresa en cuanto a contenido calórico, para ello se realizó sustitución de la sacarosa por polidextrosa.

Los resultados de los análisis proximales realizados al producto final, mostraron un incremento en el contenido proteico con respecto al producto convencional; por otro lado, con la sustitución de sacarosa por polidextrosa en el segundo diseño, se esperaba una reducción en el contenido calórico, sin embargo, se evidenció un aumento significativo en el aporte calórico de las muestras aproximadamente del 10%, el cual se puede atribuir a la degradación de los componentes primarios de la Polidextrosa (D-glucosa y sorbitol), pH y/o enzimas específicas como las glucosidasas y las dextranasas. Finalmente, se evaluaron los parámetros reológicos mediante ensayo de TPA, color, vida útil y validación del producto final, el cual obtuvo una aceptación general del 98% en el público objetivo.

Palabras Clave: Sacarosa, proteína de soya, polidextrosa, TPA, calorías.

ABSTRACT

The aim of this study was to develop a product innovation from a Panelita type Dulce de Leche with the addition of protein and non-caloric sweetener, by validating process technologies to obtain a new product comparable to the traditional Panelitas de Leche, manufactured by the company Productos Alimentos Rinconcito S.A.S. Two experimental blending designs were performed for the development. The first one validated the relationship of the content of sucrose, non-caloric sweetener, and soy protein; the second one, was carried out from the formulation of the first design which best suited the requirements of the company in terms of caloric content, and sucrose was replaced by polydextrose.

The results showed a higher protein content contribution compared to the conventional product, approximately 9 grams higher. Regarding the substitution of sucrose, a significant increase in calorie contribution of the samples was observed compared to the mean calorie content in the first experimental design, approximately 10%. This increase can be attributed to the degradation of the primary components of polydextrose (D-glucose and sorbitol), pH variations, and specific enzymes such as glucosidases and dextranases. Finally, rheological parameters were evaluated using TPA tests, along with color, shelf life, all of them in the final product. The general acceptance rate among the target audience was 98%.

Keywords: Sucrose, Soy protein, polydextrose, TPA, calories.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas emergentes en la población escolar es el sobrepeso y obesidad, trayendo consigo el aumento de las morbilidades asociadas a estas condiciones durante la infancia, como diabetes mellitus tipo 2, dislipidemias, hipertensión arterial y algunos tipos de cáncer (Rojas y Delgado, 2013); otros factores como el déficit de macronutrientes tales como el hierro, la vitamina A, B12 y el zinc, también pueden estar presentes en bajos niveles y se asocian con casos de desnutrición. Este alto consumo calórico junto con una baja ingestión de micronutrientes esenciales influye de forma negativa en el crecimiento y desarrollo de los infantes, ya que afecta funciones estructurales, neurológicas e inmunológicas (Marín et al., 2021).

Los factores que contribuyen a este problema son los estilos de vida no saludables, el alto consumo de productos alimenticios de bajo perfil nutricional (Cook et al., 2011) y el bajo acceso a la alimentación saludable de calidad debido a los elevados costos de adquisición en el mercado (Chávez & Díaz, 2013). De acuerdo con los informes de la UNICEF, la OMS y la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN, 2015), la situación nutricional de la población colombiana en la infancia y la adolescencia es cada vez más preocupante, la prevalencia de sobrepeso en esta población escolar es de 25,3% y 23,5% en hombres y mujeres entre (5-12 años) respectivamente, de acuerdo con las estadísticas reportadas por el último boletín epidemiológico (INS, 2022) se reportan 21.337 casos de desnutrición aguda en la primera infancia durante este año.

Es así, como las modificaciones demográficas, la nueva segmentación de clientes y el cambio de perfil de los hogares, definen las tendencias de consumo, donde las personas buscan bienestar y practicidad en las formas de alimentación para que puedan acoplarse al ritmo de vida actual; por tanto, dichas tendencias y las necesidades del mercado se convierten en elementos claves para el desarrollo de productos innovadores (IA Alimentos, 2014), mediante la aplicación de metodologías como el *Design Thinking* adoptada en los años 70 por IDEO, la cual trae un gran número de ventajas al centrarse en los consumidores, a través de diferentes etapas, identificando problemas con exactitud para la formulación de prototipos que se ajusten a dichas necesidades, como es el caso de los productos de elevado valor nutricional los cuales dan una alternativa de consumo a los productos convencionales existentes en el mercado.

Teniendo en cuenta la problemática planteada, la empresa Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S, en articulación con la Universidad del Cauca en los procesos de investigación, en busca del desarrollo de nuevos productos de alto valor nutricional, mediante la formulación y validación de tecnologías de proceso que permitan el desarrollo de productos que sustituyan los patrones alimenticios convencionales,

para ello, se planteó la evaluación de la sustitución parcial del contenido de sacarosa, agregación de edulcorante no calórico e inclusión de proteína vegetal mediante la valoración de la interacción de los componentes de formulación y su respuesta en términos de contenido calórico y aporte proteico.

A través del desarrollo de diferentes evaluaciones se determinó la influencia de la interacción de los componentes inmersos en la matriz alimentaria, por medio de la valoración de los parámetros fisicoquímicos, colorimétricos y de textura; así mismo, se ajustaron las condiciones de proceso y componentes de formulación de acuerdo con los requerimientos de la empresa efectuando una validación del producto final mediante pruebas hedónicas y parámetros de composición en el público objetivo.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. LOCALIZACIÓN

La planta de producción se encuentra ubicada en la vereda Islas del Portón, corregimiento La Venta, municipio de Cajibío-Cauca, autopista Panamericana kilómetro 14 vía Popayán-Cali (figura 1). Los procesos que se realizan comprenden diferentes productos de derivados lácteos.

Figura 1. Ubicación geográfica Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S.



Fuente: CAJIBIO. ALCALDÍA MUNICIPAL. Plan de desarrollo municipal. Cajibío-Cauca. 2015

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Panelitas de leche. Las “panelitas de leche” son un caramelo de textura dura, obtenido mediante la concentración por evaporación de una mezcla de leche, harina, azúcar y panela, en presencia de un neutralizante como bicarbonato. Dichos caramelos según el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación son aquellos productos de consistencia maciza, vítrea y de alta concentración de sólidos, que al enfriarse adquiere una consistencia sólida y quebradiza con una humedad residual máxima de 4%. Las panelitas poseen un color ámbar de intensidad moderada, la cual puede oscilar entre tonos muy oscuros o claros y con

poca brillantez. Son moderadamente duras, secas y arenosas; de sabor dulce sobresaliente con aroma lácteo (Ramírez et al., 2018).

2.2.1.1. Características organolépticas. Su consistencia es moderadamente dura y seca, sin embargo, algunas variedades son arenosas y quebradizas. Posee una alta concentración de sólidos (aproximadamente 74° Brix), con una humedad residual máxima de 4%. Su color es ámbar de intensidad moderada, que puede oscilar entre tonos claros a muy oscuros, ambos con poca brillantez. Su sabor es dulce sobresaliente en intensidad moderada, con aroma lácteo (Ramírez et al., 2018).

2.2.1.2. Composición. La composición de las panelitas varía de acuerdo al tipo de panelita. Un rango aproximado de su composición es: de 74% a 80% de carbohidratos, de 4% a 18% de humedad, de 2% a 11% de materia grasa, de 3% a 6% de proteína y de 2% a 6% de cenizas. Su acidez (%A. L) está entre 0,20 y 0,40. Su aporte calórico se encuentra alrededor de los 1500 KJ/100 g (ICBF, 2015).

2.2.2. Materias primas e ingredientes producto convencional

2.2.2.1. Leche. Según el Decreto 616 de 2006 (Ministerio de Protección Social) el término se define como el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños completos, sin ningún tipo de adición, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración posterior. La leche puede ser fluida o en polvo reconstituida, entera o parcialmente descremada, según el contenido de grasa inicial y final del dulce deseado.

2.2.2.2. Edulcorantes. Los edulcorantes son constituyentes comunes de los alimentos, pudiendo algunos de ellos ser considerados como aditivos alimentarios. Los edulcorantes naturales más utilizados en la elaboración de panelitas son, azúcar refinado, azúcar morena, panela y miel de abejas. Además de aportar sabor dulce característico, tiene un papel importante en la determinación del color del producto final, ya que dan lugar a reacciones de caramelización, generando pardeamiento, e influyen también en la textura o consistencia del producto final (Ramírez et al., 2018)..

La formulación debe ser establecida teniendo en cuenta el grado de concentración del producto final. La proporción de leche: azúcar que se debe utilizar depende de: 1) La concentración final del producto. A medida que aumenta la concentración, disminuye la cantidad de agua, impidiendo la solubilidad del azúcar y produciendo

la cristalización, de tal forma que, a mayor concentración final, menor cantidad de azúcar debe usarse. 2) El porcentaje de grasa. A mayor porcentaje de grasa en la leche, es mayor la concentración de sólidos totales (ST), permitiendo un mayor agregado de azúcar y viceversa. 3) El tiempo entre la elaboración y el consumo. A mayor tiempo de conservación, hay mayor evaporación del producto, por lo tanto, debe adicionarse menos azúcar. Por ejemplo, se puede emplear un 50% de edulcorante, que puede ser solamente azúcar refinado o una mezcla constituida así: entre el 45% al 50% de azúcar refinado, o 20% al 30% de azúcar morena, o 10% al 20% de panela, y alrededor del 5% de miel de abejas (Ramírez et al., 2018)..

3.2.2.3. Harinas y almidón. La normatividad colombiana indica que la harina de arroz, trigo, maíz o almidón pueden ser utilizados en el manjar blanco, las panelitas de leche y las cocadas, más no en arequipe y demás dulces de leche (ICONTEC, 2008). El objeto de adicionar harinas o almidón es aumentar el contenido de sólidos para incrementar la consistencia del producto. Entre las harinas empleadas para la fabricación de panelitas se encuentran la de arroz, la de maíz blanco y la de trigo; también se utiliza almidón de maíz ceroso. En la Tabla 1 se presentan valores de referencia de la composición de harinas utilizadas en la fabricación de panelitas (Ramírez et al., 2018)..

Tabla 1. Composición de harinas empleadas en la elaboración de panelitas

Composición (g)	Harina de Arroz	Harina de Maíz blanco	Harina de trigo	Almidón de maíz
Agua	11,9	12	12,9	8,3
Proteína	6	9,1	11,8	0,3
Grasa Total	1,4	3,7	1	0,1
Carbohidratos	80,1	71,9	73,2	91,3
Fibra total	2,4	2	0,5	0,9
Cenizas	0,6	1,3	0,6	0,1

Fuente: ICBF, 2015

2.2.2.4. Espesantes y estabilizantes. Como espesantes/estabilizante existen diversos productos que pueden ser utilizados: ácido algínico, alginato de amonio, alginato de calcio, carragenina, pectina y pectina amidada, alginato de potasio, alginato de propenlicol, alginato de sodio, agar, carboximetilcelulosa, carboximetilcelulosa sódica, metilcelulosa, metiletilcelulosa, hidroxipropilcelulosa, goma arábica, goma xántica, entre otros (Ramírez et al., 2018)..

2.2.2.5. Neutralizantes. Comúnmente se utiliza el bicarbonato de sodio para neutralizar o reducir la acidez de la leche. Al ser usado en pequeñas proporciones no comunica gusto desagradable a la panelita. También puede emplearse hidróxido de calcio, que además de neutralizar la leche aporta iones Ca^{++} que mejoran la textura del producto final (Ramírez et al., 2018).

2.2.3. Ingredientes de formulación.

2.2.3.1. Estevia. (*Stevia rebaudiana Bertonii*) es una planta herbácea perenne que pertenece a la familia *Asteraceae*. Crece como arbusto salvaje en el suroeste de Brasil y Paraguay, donde es conocida con el nombre de ka'a he'ê, en guaraní hierba dulce (Reyes Salvador et al., 2015). Es valorada en estos países y el mundo, debido a su composición rica en un glucósido bajo en calorías llamado esteviósido (glucósido de esteviol), cuyo poder edulcorante en estado puro y cristalino es 300 veces mayor que el azúcar de caña. La Stevia reduce los niveles de glucosa en la sangre hasta en un 35% y posee alta demanda internacional por parte de Japón, China, Corea, Taiwán, Israel, Paraguay, Uruguay y Brasil (Salvador et al., 2014).

Los compuestos responsables del dulzor de la *Stevia rebaudiana* son los glucósidos de esteviol aislados e identificados como esteviósido, rebaudiósido A, B, C, D, E y F y Dulcósido. Éstos se encuentran en las hojas de la planta en porcentajes variables en función de la especie, las condiciones de crecimiento y las técnicas agronómicas, llegando a alcanzar hasta el 15% de su composición (Gilabert & Encinas, 2014).

2.2.3.2. Quinoa. (*Chenopodium quinoa*) es un cultivo tradicional de América del Sur (destacando Perú, Bolivia y Ecuador), que posee una gran variabilidad genética la cual permite su adaptación y crecimiento en condiciones ambientales adversas como la sequía, el granizo o las heladas, es tolerante al frío y se puede cultivar a gran altura en zonas montañosas (Lozano et al., 2021).

Se caracteriza por ser un grano sin gluten y fácil de digerir, con un elevado valor nutricional que es relativamente superior en comparación con los cereales, se destaca por su efecto beneficioso en consumidores de grupos de alto riesgo como niños, ancianos, personas con anemia, diabetes, obesidad, dislipidemia y enfermedad celíaca (Vilcacundo & Hernández-Ledesma, 2017), además ayuda a prevenir enfermedades degenerativas como las cardiovasculares, cánceres y la enfermedad de Alzheimer.

Estos beneficios se han relacionado con su buen perfil nutricional y la presencia de determinados compuestos bioactivos, su elevado contenido en proteínas (9,1 – 16,7%), (Martínez-Villaluenga et al., 2020), representadas fundamentalmente por albúminas (37%) y globulinas (35%), es superior al del arroz, la cebada, el maíz y el centeno, presentan un alto valor biológico en cuanto a la composición de aminoácidos esenciales, destacando la lisina (entre 2,4 y 7,8 g/100 g de proteína), metionina (0,3 a 9,1 g/100 g de proteína) y treonina (2,1 a 8,9 g/100 g de proteína), que son los aminoácidos limitantes en cereales convencionales como el trigo y el maíz (Vilcacundo & Hernández-Ledesma, 2017).

Los lípidos presentes en la quinua, del orden de 4 – 7,6% (mayor contenido que en el trigo con un 1,7% o el arroz con un 0,7%), son ricos en ácidos grasos insaturados (linoleico y α -linoleico, con baja relación ω -6/ ω -3). La fibra dietética (7,0 – 26,5%, con un 78% insoluble) puede llegar a ser muy superior a la del trigo (del orden del 12,2%). Entre las vitaminas destacan la riboflavina, ácido fólico, vitamina C y vitamina E, en concentraciones superiores a la de granos como el trigo, arroz, cebada y maíz. Asimismo, el contenido mineral de la quinua también es de gran interés, por su alto contenido de potasio, fósforo, calcio, hierro y magnesio (Martínez-Villaluenga et al., 2020), los cuales se encuentran de forma biodisponible. En consecuencia, este pseudocereal está llamando la atención a nivel mundial como alimento funcional (Vilcacundo & Hernández-Ledesma, 2017) y su consumo está aumentando en los países desarrollados.

2.2.3.3. Soya. Según la norma del *Codex Alimentarius* CXS 175-1989 la proteína de soya se extrae de frijol de soya de los cuales se busca obtener un porcentaje mayor a través de remover otros componentes. Se dividen en:

- Harina de proteína de soya 50% o más y menos que 65%
- Concentrado de proteína de soya 65% o más y menos que 90%
- Aislado de proteína de soya 90% o más.

El contenido de proteína es calculado en base seca, excluyendo vitaminas, minerales, aminoácidos y aditivos adicionales.

En la Tabla 2, se observa el análisis químico de diferentes concentrados de proteína de soya a través de diversos procesos de extracción.

Tabla 2. Composición de concentrados de proteína de soya a diferentes procesos de extracción.

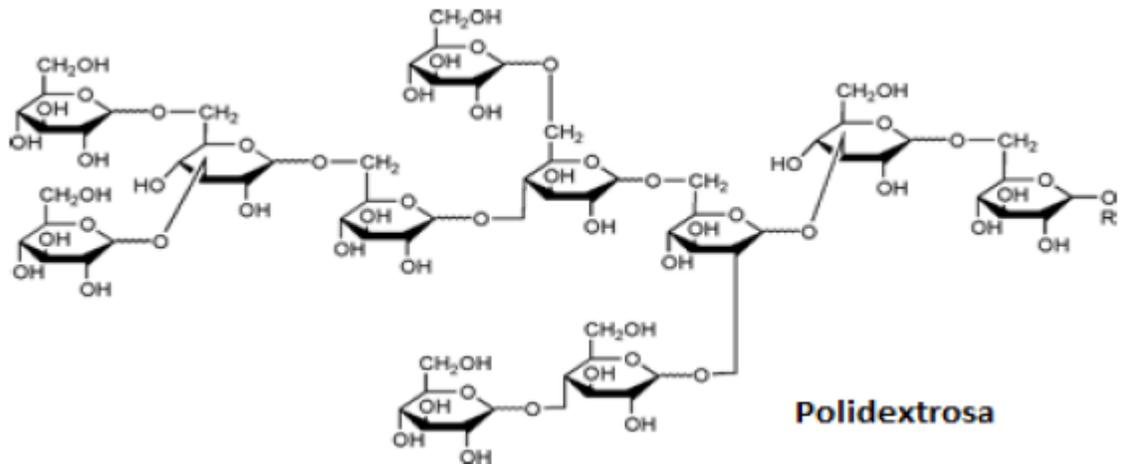
% de Componente	Extracción Alcohólica	Extracción Ácida	Extracción con Agua caliente
Proteína base seca	71	70	72
Proteína	67	66	68
Humedad	6	6	5
Grasa	0,3	0,3	0,1
Fibra Cruda	3,5	3,4	3,8
Cenizas	5,6	4,8	3
Carbohidratos	17,6	19,5	20,1

Fuente:(Ruiz et al., 2023)

De acuerdo a la declaración de nutrientes para una porción de 100 gramos de proteína de soya, su aporte energético es de 350 kcal, proteína de 84,3 gramos, lípidos 1 gramos, carbohidratos y fibra dietética de 5 gramos. Es de mencionar que la proteína de soya confiere propiedades elásticas debido a las proteínas: β -conglucina y glicina. Es propensa a procesos de asociación y disociación, apareciendo en 7 formas polimórficas ya sean homo trímeros o hetero trímeros. Ambas proteínas de soya crean enlaces intermoleculares, los cuales influyen en las propiedades de la matriz alimentaria en la cual es empleada (Ruiz et al., 2023).

2.2.3.4. Polidextrosa. Es un polisacárido sintetizado por la polimerización de la glucosa, el resultado es una compleja estructura, resistente a la hidrólisis enzimática (figura 2); su aporte calórico es de 1 kilocalorías/gramo, es parcialmente fermentable y de baja viscosidad. Puede considerarse como una fibra prebiótica soluble, presenta funciones como el aumento de la saciedad, la oxidación de sustratos y las mejoras de las condiciones de la microbiota intestinal, que contribuyen a la reducción de los niveles de glucosa, lípidos séricos y enfermedades crónicas, favoreciendo la función intestinal e inhibición de la absorción excesiva de glucosa, contribuyendo a la mejora de las funciones fisiológicas (Ballesteros-Pomar & Arnaiz, 2018).

Figura 2. Estructura química de la polidextrosa



Fuente: (Montúfar Leyva, 2014)

Es un buen humectante, efectivo para controlar la humedad de los productos. Puede ser utilizado en grandes cantidades, sus características son, influir en el sabor del producto final, dado que posee un sabor neutro. Puede ser utilizada como fuente de fibra o como prebiótico con efectos benéficos para la flora intestinal (Montúfar Leyva, 2014). Es conocida por ser un excelente agente de cuerpo, siendo un sustituto de azúcar y grasas. Su capacidad de retener agua propicia una textura similar a la de la harina, cuando es comparada con otras fibras. Posee un sabor neutro y una agradable palatabilidad. En aplicaciones como galletas controla la formación de gluten, por absorber agua preferentemente. Esto reduce la necesidad del agregado de grasas por lo cual es ideal para la elaboración de amasados. Es resistente a las dextrinas que son producidas por calor a pH alcalino, aunque aún están por confirmar el efecto prebiótico en estas (Montúfar Leyva, 2014).

2.2.3.5. Maltodextrina. Es una mezcla de polímeros de glucosa que aparecen como resultado de la hidrólisis del almidón o la fécula con ácido o enzimas. Es importante mencionar que el grado de hidrólisis de la maltodextrina se mide por el equivalente de dextrosa (DE), cantidad de enlaces químicos en la molécula de maltodextrina que han sido descompuestos en azúcares más simples, la cual se mide en un rango de 0 a 100, en este caso, el equivalente es menor a 20, lo que se traduce en una menor hidrólisis, y por lo tanto, moléculas de maltodextrina más largas con menos unidades de glucosa, por lo tanto, cuanto mayor sea el valor de DE en la maltodextrina, más cerca estará de ser completamente hidrolizada y contendrá una mayor proporción de azúcares más simples, especialmente de glucosa (Medina, 2013).

Por otro lado, tienen un sabor suave que pueden reemplazar grasas y azúcares en una amplia variedad de formulaciones, con un aporte calórico similar al de la sacarosa de 4 kcal/g al formar un gel termo-reversible de textura cremosa y suave semejante a las grasas, razón por la que se usa para diversos productos como salsas, mayonesas, sopas, quesos, derivado lácteos, crema para cocinar, yogures, flanes, natillas, postres, dulces, caramelos, cacao en polvo, congelados, y por supuesto dulces de leche de reducido aporte calórico (Alberto & Royero, 2021).

2.2.4. Funcionalidad tecnológica de los endulzantes. Cuando se utiliza un edulcorante con mayor capacidad endulzante que la sacarosa, se requiere una menor cantidad para obtener el dulzor dado por esta; por lo cual es necesario agregar un producto que aporte sólidos, para evitar que se afecte el rendimiento del producto y sus características sensoriales, sin embargo, los edulcorantes suelen carecer de las propiedades físicas y químicas que el azúcar proporciona a los productos, como la capacidad de formar estructuras cristalinas, retener humedad, caramelizar o aportar cuerpo y textura adecuados.

Debido a que la sacarosa además de aportar dulzor también contribuye en el aporte de sólidos solubles; en el mercado se encuentran estos productos de relleno de sólidos a base de hidratos de carbono como las gomas, pectinas, fibra soluble, almidones maltodextrinas, hemicelulosa, polidextrosa y celulosa; proteínas dentro de los cuales se destacan el aislado proteico de huevo, leche y soya en una forma particulada; y ácidos grasos, como mezclas de triglicéridos de ácidos grasos de cadena larga, media o corta, diseñados por inter-esterificación para obtener ácidos grasos de la mitad de las calorías de uno común (Zacarías, 2013).

De acuerdo con lo anterior, si se quiere lograr un producto con un menor aporte calórico se debe optar por un sustituto que tenga menor aporte por gramo en comparación con la sacarosa el cual posea buena estabilidad; los remplazantes de sólidos a base de proteínas, debido a su carácter proteico se pueden desnaturalizar por acción de las altas temperaturas, provocando que su uso se limite a ciertas aplicaciones, además, su aporte calórico es igual al de la sacarosa (4 kcal/g), por tal motivo se descarta como potencial reemplazante de sólidos (Zacarías, 2013).

Respecto a los remplazantes de sólidos a base de ácidos grasos estos son estables a altas temperaturas y tiempos prolongados de calentamiento, aunque son modificados en su estructura para reducir su aporte calórico de 9 a 4 kcal/g, se tendría el mismo aporte calórico de la sacarosa, por lo que en este caso no se podría reemplazar la sacarosa por este tipo sustituto de sólidos, ya que el objetivo es elaborar un dulce de leche tipo panelita con una reducción en el aporte calórico.

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, dentro de los productos que presentan menor aporte calórico por gramo, se destaca la polidextrosa, la cual posee buena estabilidad térmica y contribuye en el aporte de textura. Otro reemplazante de sólidos utilizado y probado en formulaciones alimenticias es la maltodextrina, constituyéndose como los componentes más viables para el reemplazo de sólidos. Es preciso resaltar que no se han reportado estudios en los cuales se evidencien efectos nocivos a la salud, al emplear estos sustitutos de sólidos, por lo contrario, se han reportado estudios como el realizado por da Silva Souza et al., (2020), que evidencian que el consumo de polidextrosa, ejerce un gran papel en el control de la obesidad y dislipidemias, aun en una dieta hipercalórica.

A continuación, se realiza una descripción de los reemplazantes de sólidos mencionados anteriormente de acuerdo con aporte en términos de calorías, estabilidad térmica y frecuencia de estudios reportados (tabla 3).

Tabla 3. Matriz comparativa de los tipos de reemplazantes de sólidos comúnmente utilizados.

Remplazante	Calorías aportadas/gramo	Estabilidad Térmica		Estudios realizados en dulces de leche		Resultados	
	Calificación (1-5)	Calificación (1-5)	Calificación (1-5)	Calificación (1-5)	Calificación (1-5)		
Polidextrosa	Calorías inferiores a la sacarosa.	5	Buena	5	Múltiples	5 15	Se selecciona por tener menos calorías por gramo que la sacarosa, por su estabilidad térmica y por tener múltiples estudios que comprueban su buen desempeño en la elaboración de dulces de leche.
Maltodextrina	Calorías iguales a la sacarosa.	1	Buena	5	Múltiples	5 11	Se selecciona por tener una buena estabilidad térmica y por ser evaluada en diferentes investigaciones en las que comprueban su buen desempeño en la elaboración de dulces de leche.

Tabla 3 continuación

Aislados de proteína de huevo, leche y soya en una forma particulada	Calorías iguales a la sacarosa	1	Mala	1	Ninguno encontrado	1	3	Se descarta por mala estabilidad térmica y por no encontrarse información bibliográfica que sustente su buen uso en la elaboración de dulces de leche.
Mezcla de triglicéridos de AGCL (diseñados por inter-esterificación para obtener AG a la mitad de las calorías de uno común)	Calorías iguales a la sacarosa.	1	Buena	5	Ninguno encontrado	1	7	Se descarta por no encontrarse información que sustente su buen uso en la elaboración de dulces de leche.

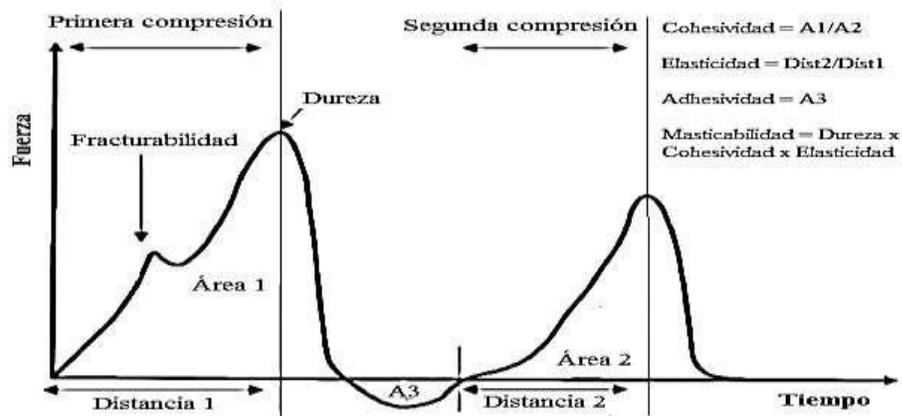
NOTA: Calificación 1-5, indica el valor de aceptación respecto a diferentes variables, aporte calórico, estabilidad térmica y estudios realizados en dulces de leche.

Fuente: (Alberto & Royero, 2021)

2.2.5. Parámetros perfil de textura TPA. Un parámetro es una característica dentro de una distribución Normal o la probabilidad de éxito en la Binomial, por lo que, se debe conocer su valor o aproximarlos con suficiente precisión para responder a cualquier pregunta sobre la distribución (USC, 2013).

Por lo anterior, para la elaboración del producto se midieron diferentes parámetros con el fin de establecer puntos comparativos respecto a la influencia de la interacción de los componentes en la matriz y las propiedades de textura de los diferentes tratamientos, como se describe a continuación (figura 3).

Figura 3. Curva ideal de un análisis de perfil de textura TPA



Fuente: (Talens Oliag, 2017)

Para el producto desarrollado se evaluaron los diferentes parámetros descritos mediante la curva ideal de un análisis de perfil de textura (figura 3), como son fragilidad o fuerza del primer pico significativo que se obtiene tras la primera compresión, dureza o fuerza máxima ejercida en el primer ciclo de compresión; cohesividad que expresa la relación de áreas originadas en los dos ciclos de compresión y representada como el trabajo necesario para comprimir la muestra por segunda vez; adhesividad que representa el trabajo necesario para separar el émbolo de compresión del alimento, elasticidad, gomosidad y masticabilidad (Talens Oliag, 2017).

2.2.6. Hábitos de consumo de niños en edad escolar. La alimentación en esta etapa se ve influida por cambios sociales y culturales que intervienen sobre los hábitos alimenticios, que en general, se caracterizan por un mayor consumo de productos manufacturados, ricos en azúcares refinados y grasas; en otras palabras, depende del contexto sociocultural, factores biológicos, socioeconómicos, y psicosociales, los cuales tipifican el consumo elevado de alimentos altamente procesados y energéticamente densos.

Los patrones de consumo influenciados por las condiciones de vida, las elecciones dietéticas de los individuos, y el auge de los APAP (Alimentos Altamente Procesados de Alta Palatabilidad), que son formulaciones de ingredientes resultantes del fraccionamiento de alimentos integrales a través de una serie de procesos, de donde se transforman en productos con alto contenido calórico debido

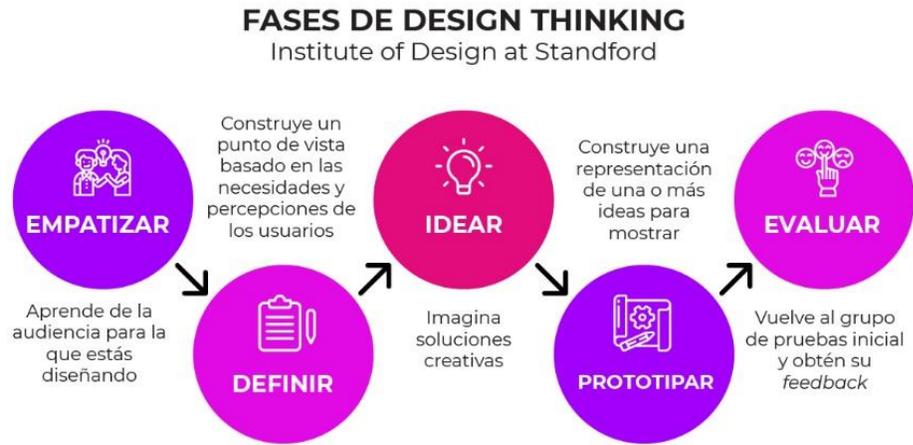
a su gran concentración de azúcar refinada, grasas (saturadas y trans), sodio y aditivos; esto les confiere una intensa palatabilidad, aunque con escasos nutrientes y fibra. (Monteiro et al., 2019). Debido a la elevada palatabilidad de los APAP, la composición nutricional que promueve una rápida absorción (contenido excesivo de grasa y azúcar refinada) y la presencia de aditivos industriales, estos provocan una hiperactivación del sistema de recompensa (grupo de estructuras neuronales responsables de la prominencia de incentivos), lo cual induce a hiperfagia y la subsecuente ganancia de peso corporal (Schulte et al., 2015). Tal hiperactividad alienta la preferencia por este tipo de alimentos y genera un ciclo de realimentación positiva en favor de la obesidad. A largo plazo, ocasiona cambios neuroplásticos en el sistema de recompensa que fortalecen las asociaciones entre las propiedades organolépticas de los APAP (Lee & Dixon, 2017).

Es así, este tipo de comestibles se ha posicionado como la principal opción en los países de ingresos altos. En países de ingresos medios y bajos su consumo ha crecido aceleradamente, cambiando los hábitos alimentarios al sustituir las comidas tradicionales sin procesar o mínimamente procesadas por una dieta rica en grasa, azúcar, sal y otros aditivos industriales que no se encuentran en las preparaciones caseras (Monteiro et al., 2019).

2.2.7. Innovación en la industria de alimentos. La industria de alimentos trata de innovar de manera permanente, con el objetivo de satisfacer, no solo, las necesidades de un consumidor que está cada vez más informado y es más selectivo, sino de ganar cuota de mercado, es por esta razón que intenta desarrollar alimentos de mejor calidad, saludables y atractivos. Después de la pandemia (SARS-CoV-2, 2019), los consumidores dan mayor prioridad a la nutrición y la seguridad en toda la cadena alimentaria, procurando la oferta de productos sanos y frescos.

El *Design Thinking* es una herramienta útil para el desarrollo de productos innovadores. Las fases que la componen se encuentran ilustradas en la figura 4, cada una de ellas permite obtener *insights* o hallazgos importantes en los consumidores, partiendo de sus dolores, necesidades o deseos. La empresa Productos Alimenticios Rinconcito SAS. ha venido implementando esta estrategia para obtener estimaciones de acuerdo con las necesidades de los consumidores gracias a la implementación de esta metodología, identificando necesidades de consumo; definiendo así en la etapa de “idear”, un el alimento a base de leche con adición de quinua mezcla de azúcar y edulcorante no calórico. Las etapas de prototipar y evaluar son las que se llevarán a cabo en el presente trabajo.

Figura 4. Fases del Desing Thinking



Fuente: Business ADN, 2021

3. MARCO HISTÓRICO

Se ha realizado una revisión bibliográfica de trabajos de investigación relacionados con el tema que evidencia el interés actual y viabilidad en el mercado, para el desarrollo de productos de elevado valor nutricional y reducido aporte calórico, como alternativa a la alimentación convencional.

Gavilanes (2011), en su estudio “ Efecto de la sustitución de la sacarosa por Stevia (edulcorante Natural) en la elaboración de dulce de leche”, evaluó el efecto de la adición del edulcorante en los parámetros físicos, microbiológicos y sensoriales, la investigación permitió determinar que el reemplazo de la sacarosa por estevia no generó cambios significativos en los parámetros sensoriales, sin embargo, la funcionalidad de la sacarosa en la elaboración de dulces de leche es difícil de reemplazar, es por ello que el resultado de la investigación mostró que el tratamiento de mayor aceptabilidad fue el de 25% Stevia – 75% de Sacarosa, ya que la sustitución parcial no afecta las propiedades físicas, microbiológicas y sensoriales.

Gutiérrez Buitrago (2014) investigaron sobre la elaboración de un dulce de leche (arequipe) con bajo contenido calórico como una alternativa para aquellas personas que quieran o necesiten controlar el consumo de azúcar, reemplazaron la sacarosa del arequipe tradicional con sucralosa y emplearon concentraciones de povidexrosa del 9 y 13% para lograr la apariencia y textura características de este producto, así mismo utilizó leche semidescremada y leche entera, evaluando la influencia del aporte de grasa en los tratamientos evaluados, como variable de respuesta en las características sensoriales; arrojando como resultado que la concentración de povidexrosa del 13% presentó un mayor porcentaje de aceptabilidad con el 82,2%, frente a la concentración de povidexrosa del 9%, concluyendo así que el arequipe desarrollado con 13% de povidexrosa y leche semidescremada permitió obtener un producto de textura cremosa y característica similares al producto comercial, con un aporte de 33 Kcal por porción de 30 gramos, cumpliendo con lo establecido en la normativa para productos bajos en calorías.

Hill et al., (2015) decidieron desarrollar una formulación de dulce de leche sustituyendo el azúcar de caña; para ello realizaron una breve investigación sobre los edulcorantes y la evolución en el transcurso del tiempo, llegando a la conclusión que la *Stevia rebaudiana* es la mejor opción como sustituto del azúcar en el dulce de leche; y a razón del aumento de la demanda de productos bajos en calorías por el incremento de la obesidad, evaluando y resolviendo las problemáticas funcionales que se puedan presentar en el desarrollo de dicho producto, como alternativa de producto saludable; teniendo en cuenta la influencia de la sustitución la sacarosa por estevia en las formulaciones y su funcionalidad como variable de

respuesta de las propiedades sensoriales del producto desarrollado, en conclusión determinan que el producto formulado tiene un contenido calórico menor, en comparación al convencional encontrado en el mercado.

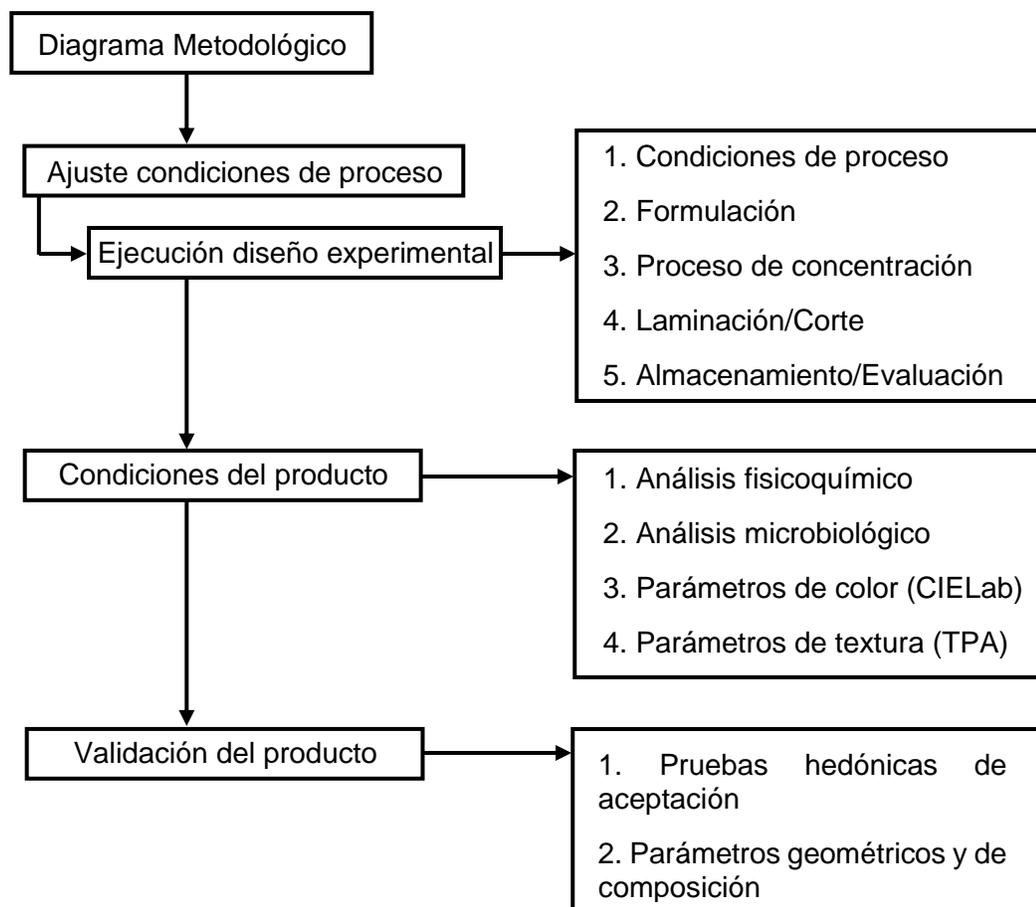
Alberto & Royero (2021) realizaron una revisión bibliográfica, cuyo objetivo fue recopilar información relevante en el proceso tecnológico de elaboración de dulce de leche con bajo aporte calórico, con características sensoriales similares a las de un producto encontrado en el mercado, contribuyendo así con la disminución de las enfermedades asociadas al consumo excesivo de sacarosa, resaltan los parámetros necesarios para obtener un producto similar al convencional, en apariencia, sabor, aroma, color y textura que garantice una buena aceptación en el mercado; empleando como estrategia de revisión el uso de reemplazante de sólidos y edulcorantes de bajo aporte calórico.

Jurado y Marulando (2023) en su investigación *Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas de avena con inclusión de harina de quinua*, evalúan un prototipo de un alimento tradicional (galleta de avena) compuesto por avena en hojuelas (AH) y harina de trigo (HT) con inclusión de harina de quinua (HQ) a partir de un diseño experimental con tres formulaciones cuyos resultados fueron positivos, posterior a una prueba sensorial con escala hedónica de 5 puntos a 56 panelistas no entrenados donde se indica la importancia de la dureza en el producto y la aceptación de la inclusión de HQ; partiendo de ello, se realizó un análisis proximal y los valores cumplieron con los parámetros de la NTC 1241 para su comercialización. Este referente es importante para la presente investigación porque permite tener un punto de partida sobre los diseños experimentales para la evaluación fisicoquímica del producto.

4. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la ejecución del presente trabajo, se implementó un conjunto de actividades descritas en la figura 5, las cuales proporcionaron las herramientas necesarias para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

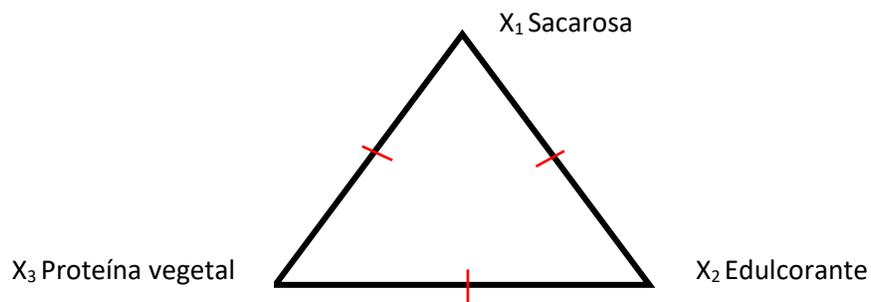
Figura 5. Diagrama metodológico



4.1. AJUSTE DE LAS CONDICIONES DE PROCESO PARA LA FORMULACIÓN DEL PRODUCTO.

Para el desarrollo del primer objetivo se realizó un diseño experimental con mezclas de vértices extremos de tres ingredientes: proteína vegetal, azúcar y endulzante no calórico (figura 6), se definieron 15 tratamientos con cinco réplicas en el punto central.

Figura 6. Diseño experimental de mezclas



Fuente: Elaboración del autor

4.1.1. Diseño experimental. Los ajustes de las proporciones de los componentes evaluados en el diseño experimental se definieron como rangos máximos y mínimos mediante pruebas preliminares realizadas con el equipo de Investigación y desarrollo de Nuevos Productos de la empresa, evaluando la influencia de la proporción de los componentes en la matriz alimentaria. Se elaboró un diseño de vértices extremos en función de la relación para la mezcla de proteína vegetal, sacarosa y edulcorante no calórico (tabla 4). Se tuvo como formulación de referencia los componentes listados en la tabla 5.

Tabla 4. Diseño experimental para la optimización de la formulación de dulce de leche tipo panelita con incorporación de proteína de soya.

Orden Estadístico	Orden de Corrida	Tipo de Punto	Bloques	Proporción		
				X ₁	X ₂	X ₃
1	1	1	1	1,00	0,00	0,00
2	2	1	1	0,92	0,00	0,08
3	3	1	1	0,08	0,92	0,00
4	4	1	1	0,00	0,92	0,08
5	5	1	1	0,00	0,92	0,08
6	6	0	1	0,40	0,55	0,05
7	7	-1	1	0,70	0,28	0,02
8	8	-1	1	0,66	0,28	0,07
9	9	-1	1	0,24	0,74	0,02
10	10	-1	1	0,20	0,74	0,06
11	11	-1	1	0,20	0,73	0,07
12	12	0	1	0,40	0,55	0,05
13	13	0	1	0,40	0,55	0,05
14	14	0	1	0,40	0,55	0,05
15	15	0	1	0,40	0,55	0,05

X₁: Sacarosa; X₂: Edulcorante no calórico (Estevia); X₃: Proteína de Soya

Fuente: Elaboración del autor

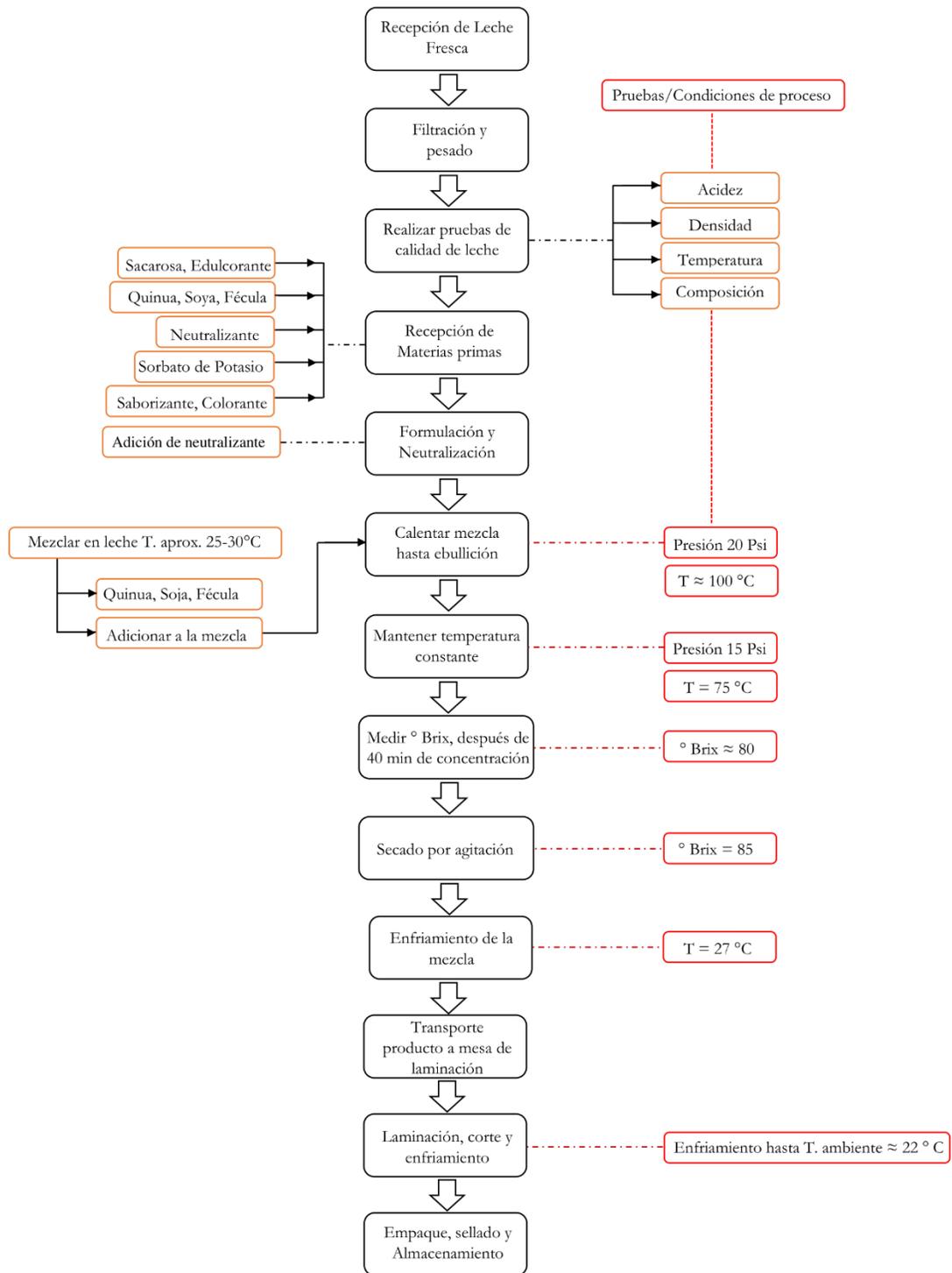
Tabla 5. Formulación estándar para elaboración de la panelita de leche.

Materia prima – insumo	Cantidad (g)
Leche	5000
Sacarosa	Diseño Experimental
Edulcorante	Diseño Experimental.
Fécula	300
Proteína de Soya	Diseño Experimental.
Quinoa Hiperproteica	95,0
Bicarbonato de sodio	2,50
Sorbato de Potasio	2,75
Colorante	12,0
Saborizante	3,80

Fuente: Elaboración del autor

4.1.2. Elaboración del dulce de leche tipo panelita. Los 15 tratamientos se elaboraron siguiendo el proceso estándar definido por la empresa para la elaboración de panelita (figura 7). Los resultados obtenidos se analizaron utilizando el programa Minitab Statistical Software® V18 que permitió identificar la influencia que tiene para la formulación, la variación de cada uno de los componentes, obteniendo así el punto óptimo con un nivel de confianza del 95%.

Figura 7. Diagrama de flujo de proceso para la elaboración panelitas de leche.



Fuente: Adaptado de diagrama de flujo panelitas de leche Productos Alimentarios Rinconcito S.A.S.

4.1.3. Sustitución de la sacarosa por polidextrosa. Se evaluó la sustitución del contenido de sacarosa por polidextrosa en el segundo diseño experimental planteado en la tabla 6, teniendo en cuenta las propiedades de textura del diseño inicial, mediante las siguientes relaciones: X_1 (sacarosa) 40%, X_2 (edulcorante no calórico) 55%, y X_3 (proteína de soya) 5%, en donde se estandarizó el porcentaje de inclusión de proteína de soya, variando el contenido de los componentes X_1 y X_2 a través de la combinación de mezclas para los componentes descritos mediante el diseño experimental planteado a continuación.

Tabla 6. Diseño experimental sustitución de sacarosa por polidextrosa.

Orden Estadístico	Orden de Corrida	Tipo de Punto	Bloques	Proporción	
				X_1	X_2
7	1	0	1	0,71	0,29
5	2	-1	1	0,57	0,43
6	3	0	1	0,71	0,29
1	4	1	1	1,00	0,00
4	5	-1	1	0,86	0,14
3	6	0	1	0,71	0,29
2	7	1	1	0,42	0,58

X_1 : Polidextrosa; X_2 : Edulcorante no calórico

Fuente: Elaboración del autor

Teniendo en cuenta los parámetros descritos anteriormente, se evaluó una formulación nueva para el desarrollo del segundo diseño experimental, donde se excluyó el uso de colorante y saborizante, ya que al emplear la polidextrosa, no se consideró relevante el uso de estos componentes para mejorar la palatabilidad del producto (tabla 7).

Tabla 7. Formulación de referencia segundo diseño experimental.

Materia prima – insumo	Cantidad (g)
Leche	5000
Polidextrosa	Diseño Experimental 2
Edulcorante	Diseño Experimental 2
Fécula	300
Proteína de Soya	Ajustado D₁
Quinoa Hiperproteica	95,0
Bicarbonato de sodio	2,50
Sorbato de Potasio	2,75

D₁: Definida mediante diseño experimental 1

Fuente: Elaboración del autor

Para la polidextrosa y el edulcorante se pueden consultar las fichas técnicas en el anexo C y D. Fichas técnicas de ingredientes de formulación.

4.1.4. Ingredientes de formulación. La elección de los componentes de formulación del dulce de leche tipo panelita, tales como, edulcorante no calórico, polidextrosa y aislado de proteína soya, se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica consultada, relacionada con la funcionalidad tecnológica y nutricional de los componentes inmersos en la matriz alimentaria.

Se evaluó el efecto de la participación de la polidextrosa como reemplazante de sólidos, siendo uno de los componentes más empleados gracias a sus propiedades prebióticas, agente de cuerpo, retención de agua e incremento de la palatabilidad de los productos. La estevia se empleó por su aporte calórico nulo, amplio uso en la gama de productos de la cadena láctea, importancia nutricional y farmacéutica. El aislado proteico de soya fue seleccionado como agente enriquecedor del contenido proteico del producto en evaluación.

4.2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS DEL DULCE DE LECHE Y SU COMPORTAMIENTO REOLÓGICO EN EL PRODUCTO FINAL.

Los tratamientos se elaboraron siguiendo la formulación estándar y las combinaciones de proteína de soya y mezcla de azúcar y edulcorante no calórico definidas en el diseño experimental. Cada lote de producción representaba un tratamiento, se elaboraron 15 lotes de producción obteniendo en promedio 120 panelitas por cada uno. Para el cumplimiento del segundo objetivo se llevó a cabo la siguiente metodología.

4.2.1. Características fisicoquímicas. Para las pruebas de caracterización físico-químicas se realizó un muestreo al azar de cada tratamiento y se enviaron a un laboratorio externo contratado por la empresa Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S, donde se analizaron los siguientes parámetros: acidez, actividad de agua, cenizas, proteína, carbohidratos, azúcares totales, grasa, y fibra cruda; los resultados fueron enviados a la empresa para su posterior análisis.

4.2.1.1. Determinación de la acidez. Se evaluó la acidez como indicador de degradación del producto, mediante la técnica de electrometría de acuerdo con el método descrito en la Norma Técnica Colombiana NT 4978 DE 2001, expresada como porcentaje de ácido láctico.

4.2.1.2. Actividad de agua (a_w). Se empleó un medidor de actividad de agua electrónico marca novasina versión CM-2 sensor/ CM-3 sensor, realizando mediciones consecutivas en el periodo de evaluación (días 0, 7, 14 y 21) de la muestra seleccionada para validación.

4.2.1.3. Análisis proximal. Se realizó mediante contratación de un laboratorio externo contratado por la empresa Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S, las muestras fueron en enviadas al laboratorio de análisis de propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de alimentos para consumo humano AllChem Compañía LTDA, en donde se realizaron análisis para calorías, carbohidratos totales, humedad, proteína, cenizas, sodio, calcio, Zinc, potasio, hierro y azucares totales, los métodos y técnicas se describen a continuación el tabla 8.

Tabla 8. Métodos y técnicas análisis proximal

Análisis	Método	Técnicas
Calorías (factor Atwater)	Codex Etiquetado Nutricional	Cálculo
Carbohidratos Totales	Codex Etiquetado Nutricional	Cálculo
Humedad	NTC 4979	Secado por Estufa-Gravimétrico
Proteína	AOAC 991.20	Kjeldahl
Cenizas	NTC 6103	Calcinación
Grasas	NTC 4723	Hidrólisis Ácida-Soxhlet
Sodio	AOAC 985,35	Absorción atómica
Calcio	AOAC 985,35	Absorción atómica
Zinc	AOAC 985,35	Absorción atómica
Potasio	AOAC 985,35	Absorción atómica
Hierro	AOAC 985,35	Absorción atómica
Azúcares Totales	ISO 5377	Lane-Eynon

Fuente: Adaptado de Allchem LTDA.

4.2.1.4. Cuantificación de ácidos grasos. La cuantificación de ácidos grasos se determinó mediante cromatografía de gases con detector de ionización en llama, adicionalmente el método de análisis estuvo determinado por la ISO 5509 (Animal and Vegetables Fats oils. Preparation of Methyl Ester of Fatty Acids) e ISO 5508 (Animal and Vegetable Fats and oils. Analysis by Gas Chromatography of Methyl Ester of Fatty Acids).

4.2.1.5. Determinación de colesterol. El colesterol se determinó por saponificación directa del material y análisis por cromatografía de gases con detector de ionización en llama (GC-FID) del derivado acetilado del colesterol. El análisis de la muestra se realizó en cromatografía de gases (GC) AT 6890N, con detector de ionización de llama 8FID). La columna empleada en el análisis fue HP-Ultra 2 (J&W Scientific, Folsom, CA EE. UU) (5% fenil-poli (dimetilsiloxano), 25m* 0,20 mm * 0,33um). La inyección se realizó en modo splitless; el nivel mínimo de detección del método empleado fue de: (NMD=0,3 mg/100g muestra S/N =5), nivel mínimo de cuantificación del método empleado (NMC=0,6 MG/100g muestra).

4.2.1.6. Los parámetros colorimétricos. Fueron evaluados en el laboratorio de análisis de materiales agroindustriales de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la universidad del Cauca, se hizo un muestreo al azar de cada lote o tratamiento por triplicado de las muestras correspondientes al segundo experimental se utilizó un colorímetro marca KONICA MINOLTA Spectrophotometer CM-5, se realizó la

medición de los parámetros mediante la metodología CIELAB, por medio de L*: luminosidad (negro-blanco), a* (verde-rojo), b* (azul-amarillo), método planteado por la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), realizando un corte circular de aproximadamente cuatro centímetros de diámetro con un espesor de seis milímetros; los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza de un solo factor para comparación de medias a través de una prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

El parámetro de chroma y ángulo de hue fue calculado mediante la ecuación:

$$Chroma = [(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}]$$

$$\text{Ángulo de hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

4.2.2. Características microbiológicas. Las pruebas microbiológicas se realizaron solamente al tratamiento definitivo escogido por la empresa, ya que este se ajustaba a los requerimientos de producto establecidos por la misma. Se realizaron análisis para detección de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, coliformes totales, coliformes fecales, *S. aureus* coagulasa positiva, aspectos los cuales posteriormente fueron evaluados conforme a los límites establecidos por la Resolución 2310 de 1986 del Ministerio de Salud. Las muestras fueron enviadas a un laboratorio externo contratado por la empresa Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S, donde se emplearon los métodos y técnicas descritas en la tabla 9 para la evaluación de las características microbiológicas del producto.

Tabla 9. Métodos y técnicas características microbiológicas

Análisis	Técnica	Método
Mesófilos aerobios	Recuento en placa	ISO 4833-1
Mohos y Levaduras	Recuento en placa	ICMSF 2000
Coliformes Totales	NMP	AOAC 966,24
Coliformes Fecales	NMP	AOAC 966,24
<i>S. aureus</i> coagulasa positiva	AES**	ISO 6888-1

Fuente: Adaptado de Allchem LTDA.

Para la estimación de la vida útil se definió una frecuencia de cuatro muestreos para cada una de las evaluaciones: organoléptica, fisicoquímica y microbiológica, distribuidos de la siguiente forma, el primer análisis se realizó al momento de llegada

de las muestras al laboratorio, antes de ser almacenado en la cámara de estabilidad en condiciones aceleradas. Los análisis siguientes se llevaron a cabo a los 7, 14 y 21 días donde las muestras del producto fueron almacenadas en cámaras que operaban en condiciones aceleradas a una temperatura de $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa del 80% (tabla 10).

Tabla 10. Prueba descriptiva sensorial, fisicoquímicas y microbiológicas

Prueba	Descriptiva Sensorial, Pruebas fisicoquímicas y Microbiológicas
Modelo de Evaluación	Cambio apreciable de uno o más parámetros de evaluación a condiciones de almacenamiento
Condiciones de Trabajo: Estabilidad a condiciones aceleradas a 30°C de almacenamiento.	Almacenamiento en cámara a temperatura de $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de 80%
Tiempos de Evaluación	T=0, T=7, T=14, T=21 días
Método de muestreo	Producto proporcionado y muestreado por el cliente
Condiciones de empaque y/o muestra	Aceptable.
Normas de Referencia	NTC 3925. Análisis sensorial. Metodología. Guía General NTC 5328. Análisis Sensorial. Directrices para el uso de escalas de respuesta cuantitativas. NTC 2681. Análisis sensorial. Metodología. Prueba Triangular NTC 2224. Control de calidad Estadística. Interpretación estadística de resultados de ensayo. GTC 292. Análisis Sensorial, Evaluación (Determinación y Verificación de la vida Útil de los Alimentos) Límites de microbiología basados en Resolución 2310/1986 para dulce de leche
Número de evaluaciones	(11) Once

Fuente: AllChem. Compañía LTDA

4.2.4. Características Reológicas. Para la caracterización reológica se realizó un muestreo al azar de cada tratamiento del segundo diseño experimental, las

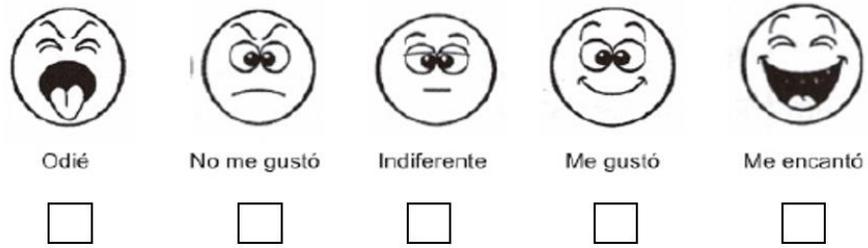
muestras se analizaron en el laboratorio de Análisis de Materiales Agroindustriales de la Universidad del Cauca.

4.2.3.1. Análisis por TPA (Análisis de perfil de textura). Se utilizó el método TPA (Textura Profile Analysis) empleando un analizador de textura EZ-L SHIMADZU, con el que se evaluaron siete parámetros estrechamente correlacionados con la evaluación sensorial, tales como fragilidad, dureza o fuerza máxima, cohesividad, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad, que dependerán de las propiedades del material. Se obtuvieron muestras de 1 cm de espesor del producto elaborado mantenidas a temperatura ambiente (20-24°C), las cuales se comprimieron hasta un 50 % (0,5 cm) en un doble ciclo, a velocidad de pre-prueba, prueba y post-prueba de 2 mm/s; esta metodología se adaptó a la empleada por Chin et al., (2004). Para el tratamiento en el laboratorio se implementó una celda cilíndrica de 50 mm por un período de 5 segundos entre cada compresión y una fuerza de gatillo de 450 N (García-García & Totosaus, 2008). Se realizaron dos mediciones por cada tratamiento evaluado.

4.3. EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DEL PRODUCTO FINAL

Se realizó el testeo del producto final mediante la técnica de *focus group*, los cuales fueron definidos por la empresa Productos Alimenticios Rinconcito SAS (niños en edad escolar entre 5 y 12 años), donde se evaluó mediante una escala hedónica; así mismo, se valoraron características organolépticas como aspecto, apariencia, sabor, textura y aceptabilidad en general. La evaluación se realizó a un panel no entrenado con la participación de 42 panelistas en los rangos de edad establecidos para dicha población. Se aplicaron dos instrumentos de testeo descritos en el anexo A, el primero fue una prueba hedónica con una escala cualitativa definida mediante la figura 8, con la cual se evaluó el grado de aceptación del producto, el segundo consistió en una evaluación de los parámetros mecánicos y de composición, características de color, textura, aroma, sabor y masticabilidad del producto desarrollado.

Figura 8. Esquematización prueba hedónica de aceptación



Fuente: Elaboración del autor

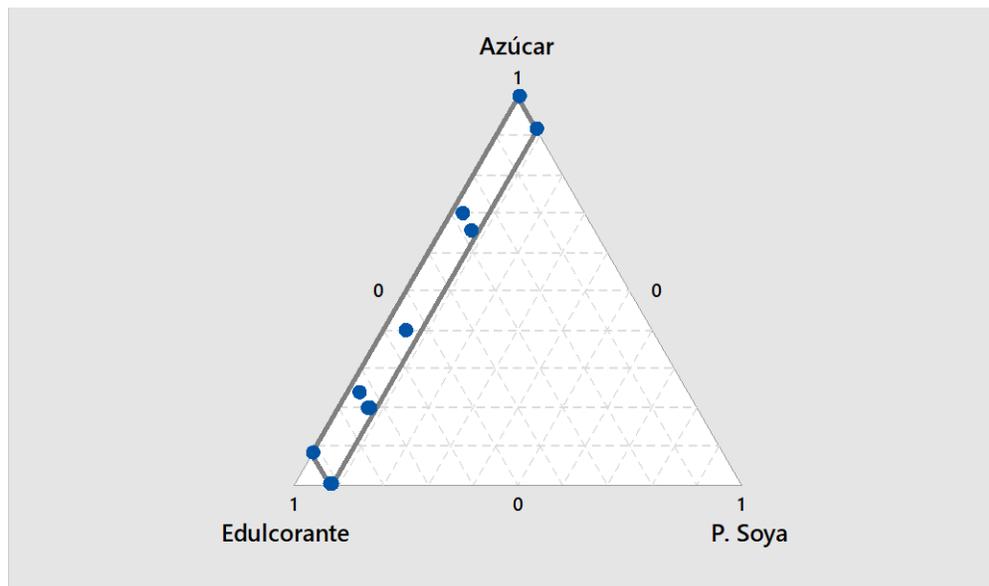
Posteriormente se realizó un análisis de los resultados obtenidos de la prueba hedónicas y de aceptación para evaluar el grado de satisfacción de la población hacia el producto en evaluación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. AJUSTE DE LAS CONDICIONES DE PROCESO PARA LA FORMULACIÓN DEL PRODUCTO.

4.1.2. Condiciones de procesamiento. El Equipo de Investigación y Desarrollo de Nuevos Productos de la empresa Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S, realizó pruebas preliminares del prototipo de dulce de leche con su formulación estándar, dichos ensayos permitieron identificar que el contenido de quinua hiperproteica por encima del 1,2% ocasionaba sabores residuales desagradables que afectaban la calidad sensorial del producto sin que esto representara un incremento significativo en el contenido de proteína del mismo, en consecuencia se optó por realizar una mezcla con proteína de soya para mejorar la palatabilidad e incrementar el aporte proteico; por lo tanto, el primer diseño experimental con mezcla de vértices extremos se desarrolló en función del contenido de proteína de soya, mezcla de azúcar y edulcorante no calórico (figura 9).

Figura 9. Gráfica de diseño simplex en proporciones.



Fuente: Elaboración del autor

Una vez definida la formulación estándar (tabla 5), se elaboró el producto siguiendo el proceso estándar para un dulce de leche tipo panelita, posteriormente se realizó la corrida del diseño experimental propuesto (tabla 4) evaluando la interacción de los tres componentes en la matriz alimentaria propuesta, aplicando el criterio que la suma de las proporciones de estos es el 100% y la modificación de un porcentaje afecta los otros, en este caso, los factores experimentales son los componentes de la mezcla y los resultados se expresan en función de su proporción.

Se definieron los criterios más relevantes en el proceso de formulación y desarrollo de producto, partiendo desde la recepción de la leche, se analizaron características fisicoquímicas, tales como, evaluación sensorial, acidez titulable, densidad y grados Brix para determinar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTC 399 y su posterior liberación a proceso. Se formulan los ingredientes y se incorporan en el orden establecido en el flujograma para dulces de leche tipo panelita (figura 7), de la mezcla contenida en la marmita se reserva un volumen de leche para la dilución de la proteína de soya, quinua hiperproteica y fécula de maíz, por la acción mecánica de una trituradora se integran los componentes, evitando la formación de grumos, siendo nuevamente incorporados a la marmita a una temperatura de 75°C, y presión entre 10 y 20 psi, para ser concentrada hasta 85 grados brix.

Alcanzados los grados brix del dulce de leche tipo panelita, la mezcla se enfría a una temperatura de 27°C para su laminación y moldeado, los cuales se ven afectados por la concentración de los componentes de la formulación (sacarosa, edulcorante y proteína), ya que existe una estrecha relación entre la textura de los diferentes tratamientos y su porcentaje de incorporación, la cual será explicada más adelante. A continuación, se presenta una tabla que resume el comportamiento de los tratamientos de acuerdo con las proporciones de los componentes empleados (tabla 11).

Tabla 11. Observaciones generales de las formulaciones evaluadas de acuerdo con los parámetros sensoriales en la etapa de laminación y moldeado.

Tratamientos Diseño Experimental			
Tto	Componente	Proporción	Observaciones
1	Sacarosa	1,00	Se obtuvo una masa de consistencia a goma con dulzor elevado, el proceso de laminación, corte y empaque se realizó después de 72 horas de almacenamiento a temperatura ambiente.
	Edulcorante	0,00	
	P. Soya	0,00	

Tabla 11 continuación

2	Sacarosa	0,92	Se obtuvo una masa de consistencia pegajosa, lo cual generó una dificultad para realizar la actividad de laminación, corte y empaque del producto.
	Edulcorante	0,00	
	P. Soya	0,08	
3	Sacarosa	0,08	Se obtuvo una masa de consistencia de goma el proceso de laminación, corte y empaque se realizó después de 48 horas de almacenamiento a temperatura ambiente.
	Edulcorante	0,92	
	P. Soya	0,00	
4	Sacarosa	0,00	Se obtuvo una masa de consistencia seca y harinosa, el proceso de laminación y corte se realizó después de 24 horas de haber realizado su proceso de elaboración.
	Edulcorante	0,92	
	P. Soya	0,08	
5	Sacarosa	0,00	Se obtuvo una masa de características similares a la formulación 4 del diseño experimental (los componentes en la formulación no varían significativamente)
	Edulcorante	0,92	
	P. Soya	0,08	
6	Sacarosa	0,40	Se obtuvo una masa de consistencia a goma, textura suave y poco pegajosa, se dejó en almacenamiento durante 24 horas para realizar las actividades de laminado, corte y empaque.
	Edulcorante	0,55	
	P. Soya	0,05	
7	Sacarosa	0,70	Masa de consistencia suave, se almacenó durante 24 horas para después realizar las actividades de laminación y corte (masa con características óptimas para esta etapa).
	Edulcorante	0,28	
	P. Soya	0,02	
8	Sacarosa	0,66	Masa de consistencia suave y pegajosa, el proceso de laminación, corte y empaque se realizó después de 24 horas de almacenamiento a temperatura ambiente.
	Edulcorante	0,28	
	P. Soya	0,07	
9	Sacarosa	0,24	Se obtuvo una masa de características similares a la obtenida en la formulación 6, disminuyendo la consistencia de la masa; se dejó almacenada durante 24 horas para realizar el proceso de laminación, corte y empaque.
	Edulcorante	0,74	
	P. Soya	0,02	
10	Sacarosa	0,20	Se obtuvo una masa de textura suave de consistencia estable, lo cual facilitó las actividades de laminación corte y empaque del producto.
	Edulcorante	0,74	
	P. Soya	0,06	
11	Sacarosa	0,20	Se obtuvo una masa de consistencia suave y pegajosa; dificultad para realizar el proceso de corte del producto.
	Edulcorante	0,73	
	P. Soya	0,07	
12	Sacarosa	0,40	Se obtuvo una masa de consistencia a goma con textura suave, se dejó en almacenamiento durante 24 horas para luego realizar las actividades de laminado y corte, no se evidenció inconveniente en esta en la etapa final del proceso.
	Edulcorante	0,55	
	P. Soya	0,05	

13	Sacarosa	0,40	Se obtuvo una masa de características similares a la obtenida en la formulación 6 y 12, esto debido a que hace parte de las réplicas en el punto central del diseño.
	Edulcorante	0,55	
	P. Soya	0,05	
14	Sacarosa	0,40	Se obtuvo una masa de características similares a la obtenida en la formulación 6, 12 y 13, debido a que hace parte de las réplicas en el punto central del diseño.
	Edulcorante	0,55	
	P. Soya	0,05	

Tto: Tratamientos diseño experimental 1 (Sacarosa, edulcorante no calórico y proteína de soya).

Fuente: Elaboración del autor

Los parámetros sensoriales del nuevo producto desarrollado, tales como: olor, color, sabor y textura fueron muy importantes para determinar el grado de aceptación del consumidor, ya que, la textura se encuentra influenciada por el contenido de sacarosa. En la elaboración del dulce de leche la sacarosa es un componente principal en la formulación, actúa como agente solidificante que proporciona la consistencia densa característica (Valencia García et al., 2008), al sustituirla por un edulcorante no calórico se afectan las propiedades sensoriales, fisicoquímicas y de textura, teniendo un efecto menos viscoso en comparación con el azúcar, siendo menos densas en comparación con sus contrapartes endulzadas con azúcar (García Montejó, 2016); por esta razón en los tratamientos con mayor porcentaje de estevia se evidenció una disminución en la textura.

La sinergia de los componentes presentes en la matriz alimentaria también desempeña un papel relevante en las formulaciones, a medida que se realizó la variación de los componentes hacia el punto central del diseño experimental, la textura del producto obtenido se ajustó a los requerimientos establecidos por la empresa, siendo el tratamiento sacarosa 40%; edulcorante 55%; proteína de soya 5% el mejor resultado a nivel de textura. Finalmente se puede concluir que la variación de la textura se atribuye a la relación de edulcorante y sacarosa, teniendo en cuenta que los demás componentes en la matriz alimentaria se encontraban en la misma proporción, por tal razón, se discriminan para efectos del presente estudio.

4.2. EFECTO DE LA FORMULACIÓN SOBRE EL CONTENIDO CALÓRICO.

La totalidad de los tratamientos del primer diseño experimental se enviaron a un laboratorio externo para análisis bromatológico, para determinar el aporte de proteína, calorías, humedad, cenizas, fibra, azúcares totales y carbohidratos, de cada componente de la formulación en la matriz alimentaria (tabla 12).

Tabla 12. Consolidado de resultados de análisis fisicoquímico para el dulce de leche tipo panelita con edulcorante no calórico y proteína.

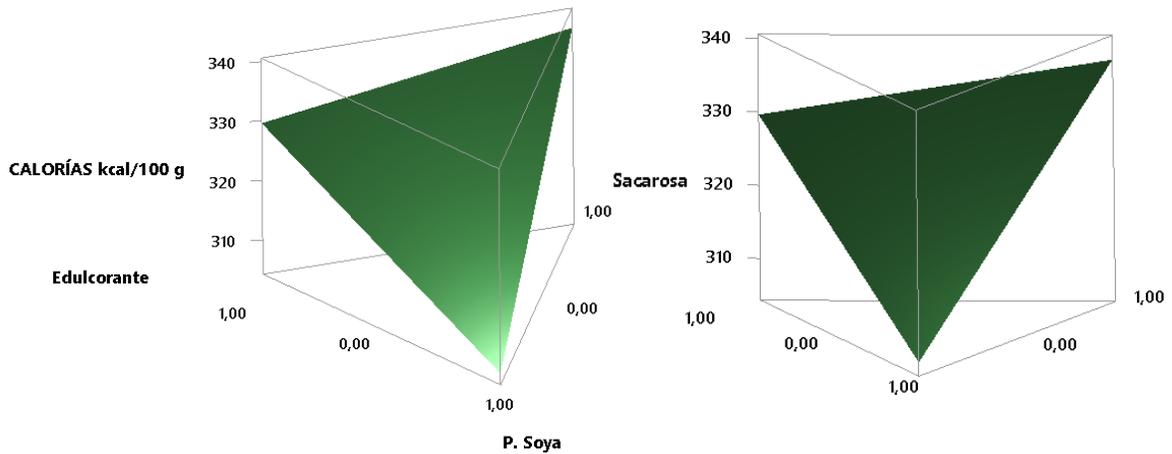
T	Proteína %	Calorías kcal/100 g	Humedad %	Grasa %	Cenizas %	Fibra cruda %	Azúcares Totales %	Carbohidratos %
1	5,59	337,07	15,38	0,63	1,17	0,00	13,51	77,22
2*	9,47	408,04	16,89	0,53	1,32	0,00	23,85	71,79
3	9,34	324,75	18,18	0,46	1,25	0,00	54,76	70,67
4*	8,78	316,93	16,75	1,35	1,14	0,00	56,39	73,07
5*	10,05	299,10	17,31	0,54	1,37	0,31	25,7	70,42
6	7,78	323,39	18,48	0,67	1,22	0,34	42,01	71,52
7	6,14	351,77	14,6	2,75	0,93	0,01	44,98	75,56
8	7,51	337,92	16,13	1,38	1,15	0,00	29,66	73,82
9	7,65	336,76	15,46	0,82	1,15	0,30	23,63	74,45
10	8,53	332,42	16,41	0,73	1,23	0,20	30,03	72,89
11	8,37	336,76	15,31	0,59	1,08	0,20	28,74	74,45
12	8,83	321,35	19,53	0,87	1,23	0,03	9,62	69,34
13	8,10	314,36	19,09	0,91	1,24	2,25	7,86	67,46
14*	8,34	309,92	17,26	3,75	1,18	0,21	37,27	69,25
15	8,55	319,70	19,03	0,82	1,23	0,87	19,83	69,44

T*: Valores de parámetros fisicoquímicos estimados mediante coeficientes de regresión para las proporciones del componente.

Fuente: Elaboración del autor

Teniendo en cuenta la influencia de los componentes de la formulación integrados en la matriz alimentaria, se evaluó la incidencia de la interacción de los componentes y su expresión en términos de calorías, como se observa en el gráfico de superficie de respuesta para las mezclas (figura 10).

Figura 10. Gráfico de superficie de mezcla para kcal/100 gramos.



Fuente: Elaboración del autor

Es importante mencionar que el aporte calórico de un alimento está en función del contenido de grasa, de carbohidratos y de proteína, expresado a través de los factores Atwater: 9 kilocalorías/gramo para el primero y 4 kilocalorías/gramo para los dos últimos. Analizando los resultados de las pruebas bromatológicas (tabla 12) realizadas a las formulaciones del primer diseño experimental, se identificó un aporte calórico más alto en los tratamientos que tenían mayor cantidad de sacarosa (figura 10), como se aprecia en las formulaciones 1, 2, 7 y 8, cuya concentración estaba entre el 66% y el 100%, el aporte calórico fue notablemente más alto, alcanzando una media de 359 kilocalorías/100 gramos; viéndose afectada la textura del producto final con aumento en la cristalización para los tratamientos durante el periodo de almacenamiento de las muestras, haciéndolas más duras, arenosas y quebradizas. Por el contrario, las demás formulaciones donde la relación de sacarosa estuvo por debajo del 70%, se evidenció una disminución en las calorías, alrededor de 321 kilocalorías/100 gramos, no se evidenció cambios significativos en la textura durante el proceso de evaluación.

Por otro lado, la grasa presente en la leche influye en el aporte calórico de los dulces, como señalaron Alberto y Royero (2021), el contenido calórico del dulce de leche está intrínsecamente relacionada con la cantidad de sacarosa y grasa presentes en el medio, impactando significativamente en el contenido calórico del producto, debido al factor Atwater asociado; sin embargo, para este estudio no se estandarizó su porcentaje en la materia prima. A continuación, se presenta el análisis de varianza para la regresión de mezclas para calorías (tabla 13).

Tabla 13. Resumen del modelo para regresión de mezclas para Calorías Kcal/100 g vs sacarosa, proteína de soya y edulcorante no calórico

S	R- cuadrado.	R-cuadrado. (ajustado)	PRESS	R-cuadrado. (predictivo)
12,0971	84,98%	76,64%	3746,11	57,29%

Fuente: Elaboración del autor

De acuerdo con los valores expresados en la tabla 12, se obtuvo un R^2 del 85% superior al R^2 predictivo, con una desviación estándar entre los datos y valores ajustados de 12,09 unidades, indicando que el modelo puede estar sobre ajustado y no sea útil para hacer predicciones acerca de la población.

La empresa Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S busca desarrollar un nuevo producto con incorporación de proteína, con características similares al producto tradicional ya establecido en el mercado. Es así como se elaboraron los prototipos establecidos mediante los diseños experimentales propuestos, se evaluaron diferentes aspectos en cada tratamiento, tales como propiedades de textura en la etapa final del proceso (laminación y corte) y características sensoriales. Con los resultados obtenidos se seleccionó la formulación que se ajustó a los requerimientos de la organización, así mismo, se estandarizó el contenido de proteína de soya, ya que, valores superiores al 5% se generaron sabores residuales desagradables para los consumidores lo cual concuerda con lo reportado por Vanegas et al., (2009).

Después de evaluar los parámetros descritos anteriormente y dando cumplimiento al objetivo general de esta investigación, se logró una reducción del 8,2% aproximadamente, en las calorías reportadas en los tratamientos del primer diseño experimental de acuerdo con los valores registrados en la tabla de composición de alimentos colombianos (TCAC, 2018), sin embargo, la empresa consideró que no era una disminución significativa, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en la normativa de etiquetado nutricional y frontal de advertencia, Resoluciones 810 de 2021 y 2492 de 2022 ambas del Ministerio de Salud y Protección Social, es por ello que se vio la necesidad de plantear un segundo diseño experimental, sustituyendo la sacarosa por polidextrosa, partiendo del supuesto que se lograría una reducción del contenido calórico, evitando incluir en la etiqueta sellos frontales de advertencia, teniendo en cuenta que el producto sería destinado al público infantil.

Con la valoración realizada a los tratamientos se escogió la combinación de mezclas que arrojó las mejores características de acuerdo con los requerimientos de la empresa: X₁ (sacarosa): 40%, X₂ (edulcorante no calórico): 55% y X₃ (proteína de soya): 5%. A partir de esta combinación se reemplazó la sacarosa en su totalidad por polidextrosa con el fin de reducir el aporte calórico del producto (tabla 6), siguiendo la misma metodología planteada para los ensayos del primer diseño experimental (figura 7).

Para los tratamientos del segundo diseño se realizaron siete evaluaciones con tres réplicas en el punto central. A continuación, se presentan los resultados del estudio bromatológico correspondiente al segundo diseño experimental (tabla 14).

Tabla 14. Consolidado fisicoquímico muestras de dulce de leche tipo panelita con edulcorante no calórico, sustitución de sacarosa por polidextrosa.

T	Proteína %	Calorías kcal/100 g	Humedad %	Grasa %	Cenizas %	Fibra cruda %	Azúcares Totales %	Carbohidratos %
1	6,91	372,21	17,76	9,66	1,30	0,00	20,26	64,37
2	10,53	366,00	13,95	5,54	1,42	0,10	6,30	68,56
5	7,00	368,86	17,55	8,97	1,20	0,28	17,48	64,99
7	7,26	354,29	17,87	6,11	1,24	0,00	13,80	67,52

Nota: T₁: 71%; 29%, T₂: 57%; 43%, T₅: 86%; 14%, T₇: 42%; 58, para relaciones de polidextrosa y edulcorante no calórico respectivamente. Los valores para los tratamientos 3,4 y 6 de descartan para el presente estudio (las propiedades de textura no fueron óptimas para las operaciones de laminación y corte).

Fuente: Elaboración del autor

Los estudios realizados por Hicsasmaz et al., (2003), Surendra Nath & Arora, (2017), Wong et al., (2022), quienes evaluaron el efecto de la sustitución de la sacarosa por polímeros de baja densidad para el desarrollo de alimentos reducidos en calorías, evidencian una reducción significativa en el contenido calórico, por lo tanto, se esperaba que los resultados obtenidos en esta investigación estarían en concordancia con los autores, sin embargo, los análisis fisicoquímicos de los tratamientos mostraron un incremento en el aporte calórico del 10% aproximadamente. Este aumento puede atribuirse a varios factores de proceso, con un enfoque en la participación de la polidextrosa, componente variable en la segunda evaluación.

La povidextrosa es resistente a la hidrólisis enzimática (Surendra Nath & Arora, 2017), por lo tanto, no se descompone en azúcares simples, sin embargo, algunos factores pueden propiciarla, por ejemplo, el pH, las temperaturas elevadas, la presencia de enzimas específicas como las glucosidasas y las dextranasas y su tiempo de contacto en la matriz, trayendo efectos negativos sobre la salud humana por la disminución de la digestibilidad y el aumento del contenido calórico (Wong et al., 2022), impactando la estabilidad de la povidextrosa por la descomposición en sus azúcares simples D-Glucosa (4 kcal/g) y sorbitol (2,4 kcal/g), dejándolos expuestos individualmente incrementando el contenido calórico en comparación con la sacarosa.

La textura obtenida en los tratamientos evaluados correspondientes a los dos diseños experimentales fue diferente, para el primero, se obtuvo una textura dura y arenosa, factor el cual benefició el proceso de laminado y corte del producto final; sin embargo, durante el almacenamiento se observó la presencia de cristales, los cuales aumentaban en función de la proporción de sacarosa presente la matriz alimentaria. Este fenómeno no se evidenció en las formulaciones con remplazo total de la sacarosa, ya que se obtuvo un producto suave y uniforme sin variabilidad durante el almacenamiento, lo anterior es atribuido a la disminución del aporte de sólidos en los tratamientos, ya que la sacarosa desempeña un papel multifuncional en la formulación de dulces de leche, influyendo sobre la textura, la palatabilidad, el sabor, el color y otras características sensoriales y funcionales del producto (Alberto & Royero, 2021).

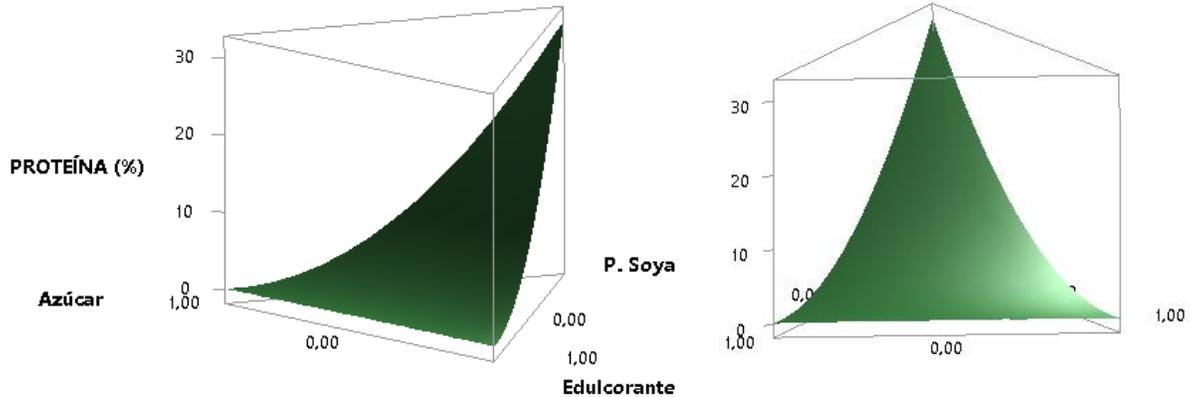
Es necesario controlar cuidadosamente los factores que favorecen la hidrólisis enzimática en la formulación de las panelitas de leche, bien sea por efecto de la temperatura, pH, o enzimas específicas, tal como lo afirma Delgado et al., (2014), algunas trazas de glucosidasas y dextranasas pueden estar presentes en la leche debido a la presencia de bacterias lácticas u otros microorganismos que pueden producir dichas enzimas favoreciendo la degradación en de los componentes primarios de la povidextrosa (D-Glucosa y Sorbitol).

4.3. EFECTO DE LA FORMULACIÓN EN EL PORCENTAJE DE PROTEÍNA

Los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico evidenciaron la influencia de la proteína de soya en la formulación, como se puede apreciar en el gráfico de superficie de respuesta de la mezcla para proteína (figura 11) constituyéndose como

única fuente de variación, debido a que el porcentaje de inclusión de proteína de quinua para cada ensayo fue un valor fijo.

Figura 11. Gráfico de superficie de mezcla para proteína (cantidad de componentes)



Fuente: Elaboración del autor

En las formulaciones cuyo porcentaje de proteína de soya se encontró entre el 6,5% y 8,4%, se logró evidenciar un aporte aproximado de $9,4\% \pm 0,6$ en el producto final, así mismo, para las formulaciones donde el porcentaje de proteína era inferior al 6,5% el aporte proteico fue de $8,3\% \pm 0,4$, variando una unidad porcentual en el producto final, en comparación con la media de los tratamientos evaluados que fue de 8,4%, aspecto el cual no se consideró representativo de acuerdo a los parámetros de sabor expresados en las formulaciones evaluadas.

Revisando la composición nutricional de las panelitas de leche con incorporación de azúcar en las Tablas de Composición de Alimentos Colombianos (TCAC, 2018), el aporte proteico es de 2,9 gramos por cada 100 gramos, al compararlo con el producto desarrollado para la empresa cuyo aporte es de 11 gramos (anexo B), se concluye que hay un incremento significativo del aporte proteico, por otro lado, teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 810 del 2021 del Ministerio de Salud y Protección Social, relacionado con la declaración de propiedades nutricionales se puede utilizar el término “excelente fuente de proteína” en el rotulado del producto. Sin embargo, el uso de edulcorantes obliga a que la etiqueta tenga un sello negro de “contiene edulcorantes”, de acuerdo con la Resolución 2492 del 2022 del Ministerio de Salud y Protección Social.

Se realizó el análisis de varianza para proteína aplicando un nivel de confianza del 95%, como resultado se obtuvo un R^2 del 92% (tabla 15), donde se logra explicar un alto porcentaje de la variabilidad de los datos con respecto al aporte de proteína en los tratamientos evaluados. Con relación al R^2 predictivo, el modelo sugiere que tiene una buena capacidad para hacer predicciones en nuevos datos, sin embargo, se deben considerar otros aspectos del modelo, como la relevancia y significancia estadística de las variables independientes, la validez de las suposiciones y la posibilidad de sobreajuste para reducir la variabilidad en nuevos análisis.

Tabla 15. Resumen del modelo de regresión para mezclas de Proteína vs Sacarosa, Proteína de soya y Edulcorante no calórico.

S	R-cuadrado	R-cuadrado. (ajustado)	PRESS	R-cuadrado (predictivo)
0,45	91,95%	87,47%	6,23	72,17%

Fuente: Elaboración del autor

Como se mencionó anteriormente, una vez realizada la evaluación de los tratamientos correspondientes al primer diseño experimental, se seleccionó la formulación que mejor se ajustó a los requerimientos de la empresa, cuyo porcentaje de proteína de soya sería del 5%, teniendo en cuenta que valores superiores generaron sabores residuales indeseables en el producto final.

4.4. CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA

La caracterización reológica desempeña un papel fundamental en el desarrollo de alimentos y en la optimización de sus propiedades sensoriales, texturales y funcionales. Se realizaron pruebas de color y textura para el nuevo producto desarrollado para la empresa, donde se evaluó el comportamiento estructural de las muestras desarrolladas en el segundo diseño experimental, las cuales fueron elegidas de acuerdo con los requerimientos de proceso de la empresa, evaluando un total de cuatro formulaciones correspondientes a los tratamientos T₁, T₂, T₅ y T₇ (T₁: 71%; 29%, T₂: 57%; 43%, T₅: 86%; 14%, T₇: 42%; 58, para relaciones de povidexrosa y edulcorante no calórico respectivamente).

A continuación, se describen los parámetros de color y textura de las formulaciones evaluados mediante la caracterización reológica de los tratamientos.

4.4.1. Parámetros de color. El color es uno de los parámetros fundamentales que determinan la elección de los consumidores sobre un producto. Este puede verse afectado por las condiciones de procesamiento, la formulación de los diferentes tratamientos, los cuales contienen proteína hiperproteica de quinua, aislado de proteína de soya, endulzante a base de estevia y povidexrosa.

Alberto & Royero (2021) sugieren que la povidexrosa puede aumentar la formación de compuestos derivados de las reacciones de Maillard en productos lácteos, al actuar como un agente reductor en dichas reacciones, aumentando la formación de productos finales como Hidroximetilfurfural (HMF), productos de degradación de aminoácidos, compuestos aromáticos, carbonílicos o heterocíclicos (UNLP, 2023) responsables de la coloración, además, la povidexrosa puede formar complejos con proteínas y carbohidratos que aumentan la velocidad de estas reacciones.

4.4.1.1. Comportamiento coordenadas CIELab y el contenido de povidexrosa.

Al observar las coordenadas CIELab para los diferentes tratamientos evaluados (tabla 16), se evidencia que a pesar de la variabilidad en el contenido de povidexrosa, la Luminosidad (coordenada L^*) no se ve afectada en ninguno de ellos, por ejemplo, para las formulaciones 1 y 2 cuyo porcentaje de inclusión de povidexrosa varió en un 14% las coordenadas L^* obtenidas fueron de 48,21 y 50,00 respectivamente; para las formulaciones 5 y 7, donde el porcentaje de povidexrosa fue el doble para 5, la coordenada L^* no reportó una variación significativa entre una y otra, reportando valores de 49,07 y 48,26 respectivamente.

La coordenada a^* expresa valores positivos (+a) indicando coloraciones rojizas. En los tratamientos evaluados no se evidenció una variación significativa en dicha coordenada, solo se registró un aumento de dos unidades porcentuales en la formulación 5 donde el contenido de povidexrosa fue mayor a los demás (86%), sin que esto contribuya a un cambio representativo perceptible a la vista humana.

La coordenada b^* expresa coloraciones en las tonalidades amarillo (+ b^*) / azul (- b^*). En los tratamientos 5 y 7 el porcentaje de povidexrosa fue de 86% y 42% respectivamente, en los resultados obtenidos se observó un incremento parcial de dicha coordenada (14,10 y 20,52). De esta manera se puede inferir que el

porcentaje de polidextrosa en cada tratamiento evaluado no varía significativamente uno del otro, obteniendo valores relativamente cercanos, evidenciando una diferencia más notoria en las coordenadas a*, b* y Chroma del tratamiento 5, cuya relación de polidextrosa y edulcorante no calórico fue de 86% y 14% respectivamente.

Tabla 16. Análisis colorimétrico del dulce de leche tipo panelita con endulzante no calórico y proteína de soya.

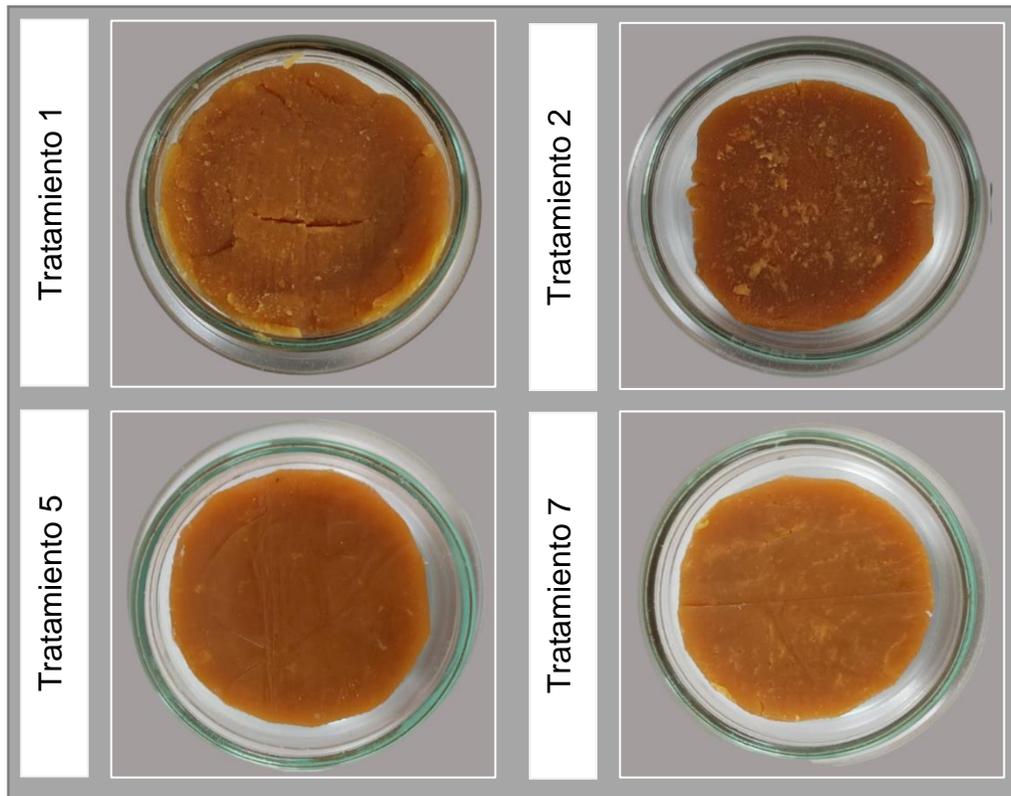
T	L*	a*	b*	Chroma	Ángulo de Hue
1	48,21 ± 0,05 ^c	8,76 ± 0,01 ^c	10,97 ± 0,03 ^d	14,04 ± 0,02 ^d	0,90 ± 0,001 ^c
2	50,00 ± 0,18 ^a	8,76 ± 0,04 ^c	14,86 ± 0,19 ^b	17,25 ± 0,18 ^b	1,04 ± 0,003 ^d
5	49,07 ± 0,08 ^b	11,02 ± 0,06 ^a	20,52 ± 0,04 ^a	23,29 ± 0,01 ^a	1,08 ± 0,003 ^a
7	48,26 ± 0,22 ^c	9,11 ± 0,06 ^b	14,10 ± 0,11 ^c	16,79 ± 0,12 ^c	1,00 ± 0,001 ^b

T: Tratamiento. T₁: 71%; 29%, T₂: 57%; 43%, T₅: 86%; 14%, T₇: 42%; 58, para relaciones de polidextrosa y edulcorante no calórico respectivamente. Los datos correspondientes al promedio ± DE: Desviación estándar (n=3). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamiento (p<0,05).

Fuente: Elaboración del autor

Es así, como no se evidenció un efecto en el porcentaje de inclusión de polidextrosa en el diseño experimental evaluado, teniendo tonalidades marrones uniformes perceptibles al ojo humano (figura 12), sin embargo, de acuerdo al análisis de varianza mediante prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% se rechaza la hipótesis nula (h₀: Todas las medias son iguales) p valor < 0,05 indicando diferencias significativas entre tratamientos, por lo tanto, hay que tener en cuenta que el efecto de la polidextrosa en las reacciones de Maillard en productos lácteos depende de varios factores. Según Alberto & Royero, (2021) y García et al., (2008), un pH ligeramente ácido tiende a favorecer la formación de un color más claro. A medida que el pH se vuelve más alcalino, el color del dulce de leche tiende a oscurecerse. Esto se debe a que el pH puede afectar la velocidad y la naturaleza de las reacciones químicas, incluida la reacción de Maillard. Las reacciones de Maillard tienden a acelerarse a temperaturas más altas, lo que puede llevar a una mayor formación de compuestos coloridos; el tipo de proteína presente y la duración del tratamiento térmico también pueden influir en la formación de estos compuestos (UNLP, 2023).

Figura 12. Muestras prueba de colorimetría



Nota: T₁: 71%; 29%, T₂: 57%; 43%, T₅: 86%; 14%, T₇: 42%; 58, para relaciones de povidexrosa y edulcorante no calórico respectivamente

Fuente: Elaboración del autor

De acuerdo con Ramírez et al., (2018) comercialmente es posible conseguir panelitas de leche que van desde tonalidades claras, similares a la leche condensada, y oscuras como el arequipe. La determinación del color instrumental en el sistema CIELab (L*, a* y b*) permite establecer rangos para los atributos de la siguiente forma, L* de (38,28 a 58,62), a* de (10,19 a 13,68), y b* de (24,54 a 33,53), encontrando mayor dispersión en los datos de la coordenada L*. De acuerdo este estudio se puede determinar que los valores de L* y a* (coordenadas rojo/verde) se encuentran dentro de los rangos establecidos anteriormente, sin embargo, para b* (coordenadas amarillo/azul) los valores se encuentran por debajo del rango del producto comercial.

También se debe tener en cuenta que las reacciones de Maillard se pueden ver afectadas en diferentes condiciones, como variación del pH y temperaturas

elevadas, en modelos caseína-glucosa se sigue una relación lineal entre la temperatura y la velocidad de la reacción en un intervalo de 0 a 90°C. Otro factor importante es la actividad de agua y la presencia de azúcares reductores en la matriz alimentaria, (Badui Delgar, 2006); al realizar la sustitución de sacarosa se limita la polimerización y formación de sustancias coloreadas en la fase final del proceso, sin embargo, dada la complejidad química que presentan los alimentos se dificulta estimar la causa de variación de este parámetro (Badui Delgar, 2006). No obstante, Valencia García et al., (2008) en su investigación para evaluar la influencia de sustitutos del azúcar (polidextrosa, fructosa y sorbitol) concluyen que la polidextrosa y fructosa contribuyen a la formación de compuestos coloreados.

4.4.2. Análisis de perfil de textura (TPA). Mediante el análisis de perfil de textura, se determinó la influencia de la inclusión de polidextrosa en las formulaciones desarrolladas expresados como variables de respuesta en los términos de dureza, elasticidad, adhesividad, cohesividad y masticabilidad; teniendo en cuenta la funcionalidad de la polidextrosa como sustituto de sólidos en los tratamientos evaluados (figura 13).

Se determinó que existe una estrecha relación entre las propiedades mecánicas y la proporción de polidextrosa incluida en los tratamientos evaluados, ya que al aumentar el contenido de polidextrosa en la matriz, este influyó significativamente sobre la textura del producto una vez se finalizó el proceso de concentración; en formulaciones donde la relación de polidextrosa - edulcorante se distanciaron significativamente una de la otra, para relaciones de (71%-29%; 100%-0%, 86%-14%); correspondiente a los tratamientos 1,4 y 5, se obtuvo un producto fuera del estándar definido por la empresa (consistencia baja), lo cual representó un inconveniente en el proceso de laminación y corte en la etapa final del proceso, factor por el cual se descartó la formulación 4 para el análisis en cuestión.

Para la formulación en donde la relación polidextrosa edulcorante no calórico fue de (42%-58%), encontrándose la polidextrosa en mayor proporción se detectó la misma tendencia descrita anteriormente. La evaluación de los puntos centrales en el diseño experimental evidenció que al incrementar la proporción de polidextrosa en relación con el edulcorante no calórico, conduce a la obtención de un producto de textura uniforme y de mayor consistencia, aspecto el cual contribuyó en las operaciones finales del procesamiento (laminado y corte).

Es así, como teniendo en cuenta los diferentes aspectos evaluados mediante análisis TPA, se determinó la influencia del porcentaje de inclusión de polidextrosa en los tratamientos evaluados (figura 13), evidenciando un incremento significativo

en la fuerza ejercida en el proceso de compresión, reportando valores de dureza para los tratamientos 1,4 y 5 de 92,93 N, 78,33 N y 76,19 N respectivamente, evidenciando un incremento representativo teniendo como punto de comparación el valor reportado para la formulación seleccionada para validación (40,77 N), se identificó un incremento parcial para los parámetros de adhesividad y cohesividad para las muestras en mención, aspecto el cual se refleja en el área negativa de las curvas de fuerza vs tiempo.

Figura 13. Curvas de Fuerza vs Tiempo ensayo de Análisis de Perfil de Textura.

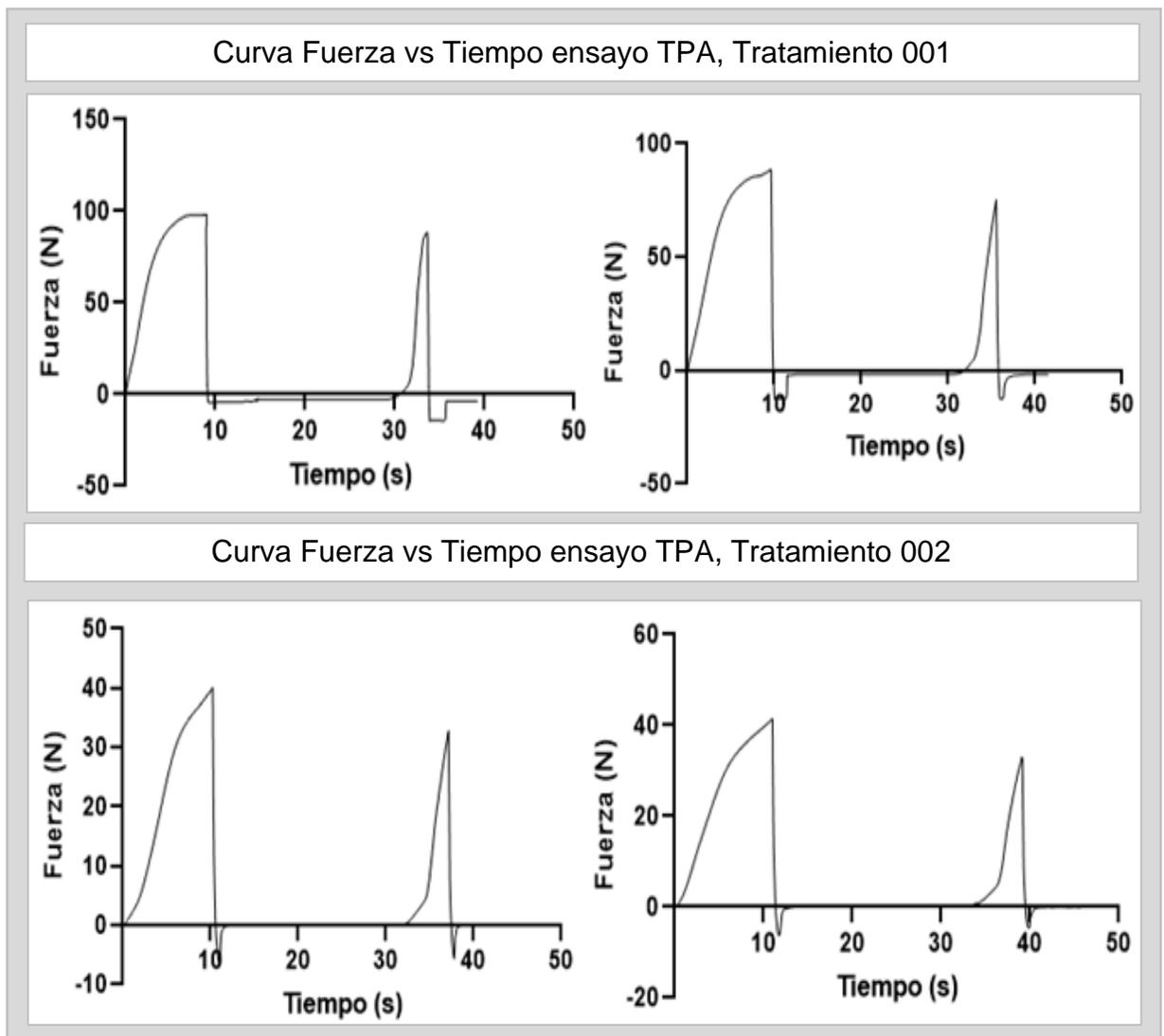
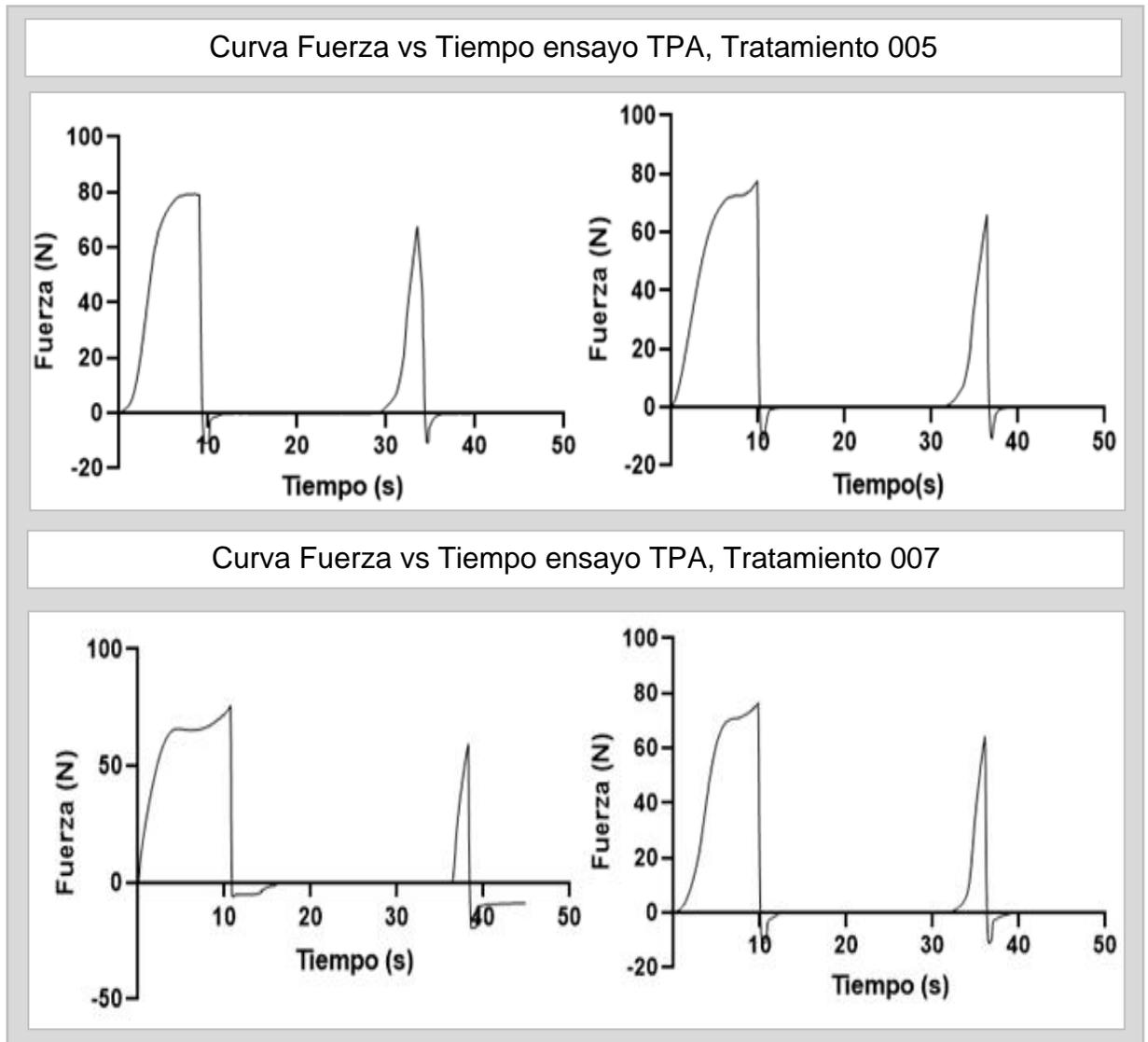


Figura 13 continuación



Fuente: Elaboración del autor

De acuerdo con el comportamiento de los parámetros evaluados mediante TPA, se determinó que la relación que se ajusta a las condiciones de proceso requeridas en la etapa final para la elaboración del producto es aquella en la cual la proporción de povidexrosa respecto al edulcorante no calórico no supera el 10%, (povidexrosa 57% y Stevia 43%), logrando evidenciar una diferencia marcada en los valores de dureza, elasticidad, adhesividad, cohesividad y masticabilidad, respecto a los demás tratamientos (tabla 17).

Tabla 17. Valores de dureza, fracturabilidad, elasticidad, adhesividad, cohesividad y masticabilidad obtenidos mediante ensayo TPA, para muestras de dulce de leche tipo panelita.

T	Dureza	Elasticidad	Adhesividad	Cohesividad	Masticabilidad
	N	M	J		Kg
1	92,93 ± 5,77 ^a	0,00181 ± 0,00023 ^a	58,99 ± 4,38 ^a	5,69 ± 0,16 ^a	0,94 ± 0,05 ^a
2*	40,77 ± 0,87 ^c	0,00340 ± 0,00047 ^a	3,37 ± 0,23 ^b	4,12 ± 0,20 ^a	0,57 ± 0,12 ^a
5	78,33 ± 0,71 ^b	0,00270 ± 0,00004 ^a	12,27 ± 1,99 ^b	4,33 ± 0,58 ^a	0,90 ± 0,15 ^a
7	76,19 ± 0,48 ^b	0,00162 ± 0,00089 ^a	18,66 ± 7,58 ^b	7,31 ± 2,86 ^a	0,81 ± 0,15 ^a

T: Tratamiento. Los datos correspondientes al promedio ± DE: Desviación estándar (n=2).
* Tratamiento óptimo. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamiento (p < 0,05).

Fuente: Elaboración del autor

El aumento de los valores medios de los parámetros de textura instrumental disminuyen para la relación descrita, este comportamiento es atribuible debido a una disminución del contenido de povidexrosa en la matriz, por tal razón hay una disminución en la densidad del producto (Gutiérrez Buitrago, 2014); tal como se describió en la tabla 17, los valores medios para los análisis restantes aumentan significativamente en función del contenido de povidexrosa presente, obteniendo un producto más duro, pegajoso (adhesivo) en los cuales se requirió imprimir mayor energía de compresión para generar la deformación.

De acuerdo con el Análisis de Perfil de Textura para las formulaciones evaluadas (figura 13) se determinaron los distintos parámetros texturales como dureza, elasticidad, adhesividad, cohesividad y masticabilidad, no se presenta valores de fracturabilidad debido a que las muestras carecen de valor de fuerza en el primer pico significativo que se obtiene tras la primera compresión, característico para productos amiláceos (Torres et al., 2015), estos parámetros nos permitieron caracterizar el comportamiento mecánico de las muestras de dulce de leche tipo panelita. A continuación, se definen el conjunto de propiedades mecánicas, geométricas y de superficie del producto en evaluación (tabla 17).

Teniendo en cuenta el análisis ANOVA de un solo factor, mediante prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%, se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para la elasticidad, cohesividad y masticabilidad, (p > 0,05), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de que todas las medias son iguales y no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, se observó una diferencia marcada en los parámetros de dureza y adhesividad en

comparación con las demás variables evaluadas, lo que condujo a una clasificación en dos grupos para cada caso, asignando un valor $p < 0,05$ rechazando la hipótesis nula de que todas las medias son iguales.

Se realizó un análisis de regresión de mezclas varianza para dureza versus la relación de polidextrosa/edulcorante, aplicando un nivel de confianza del 95%, como resultado se obtuvo un R^2 del 94,29% (tabla 18), donde se logra explicar un alto porcentaje de la variabilidad de los datos con respecto a la variable de textura. Con relación al R^2 predictivo, el modelo sugiere que tiene una buena capacidad para hacer predicciones en nuevos datos, sin embargo, se deben considerar otros aspectos del modelo, como la relevancia y significancia estadística de las variables independientes, la validez de las suposiciones y la posibilidad de sobreajuste para reducir la variabilidad en nuevos análisis

Tabla 18. Resumen del modelo para regresión de mezclas dureza versus polidextrosa y edulcorante.

S	R-cuadrado.	R-cuadrado. (ajustado)	PRESS	R-cuadrado. (predictivo)
10,72	94,29%	91,44%	2333,65	71,06%

Fuente: Elaboración del autor

Es importante mencionar que se tuvo en cuenta otros parámetros definidos internamente por la empresa de acuerdo con los requerimientos del producto, como lo fueron la consistencia de la mezcla después del proceso de concentración y el proceso de laminado y corte, siendo el primero el de mayor relevancia como parámetro de elección para la lección del producto final.

En cuanto a los demás parámetros evaluados se determinó que para las variables de adhesividad y masticabilidad, se obtuvo valores de cohesividad y masticabilidad proporcionales a la relación de polidextrosa agregada a la matriz alimentaria; esto debido a que la polidextrosa puede tener efectos sobre la viscosidad, consistencia y humedad (Mancebo et al., 2018), afectando los valores para cada tratamiento; en cuanto al parámetro de masticabilidad, producto de la dureza por la cohesividad y elasticidad, se determinó que se requiere un menor trabajo para desintegrar el alimento a relaciones de polidextrosa superiores a un 10% al edulcorante.

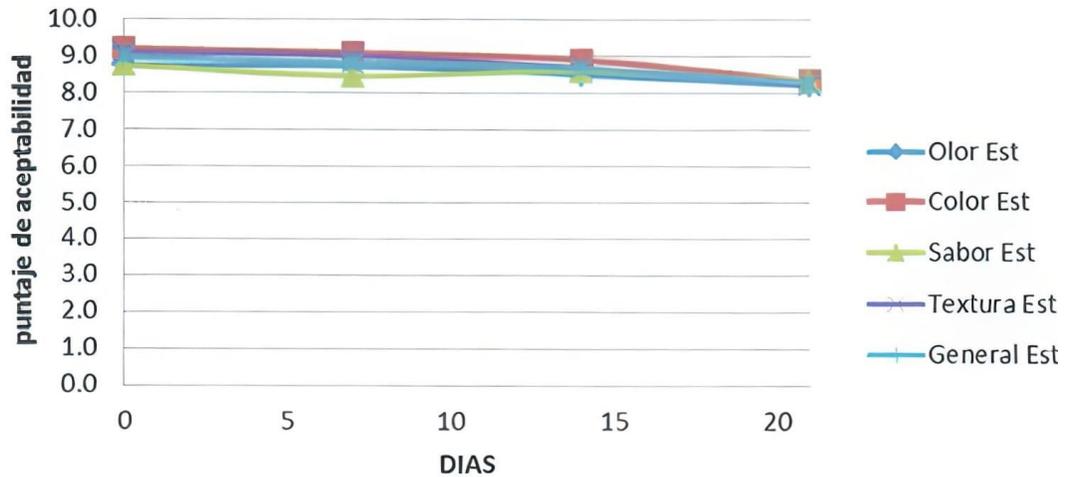
Teniendo en cuenta los diferentes parámetros evaluados en el presente estudio (propiedades organolépticos, textura en la etapa de laminado y corte, incremento en el contenido proteico y aporte calórico de las formulaciones), se determinó que la formulación que se ajustó a los requerimientos establecidos por la empresa Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S para la elaboración del dulce de leche tipo panelita fue la formulación dos correspondiente al segundo diseño experimental, una vez estandarizado el contenido de proteína de soya igual al 5%, con porcentajes de inclusión para: X₁ Polidextrosa: 57% y X₂ Edulcorante no calórico: 43%. De esta manera para los análisis posteriores se toma como referencia el tratamiento en mención.

4.5. EVALUACIÓN ESTUDIO DE VIDA ÚTIL Y ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El estudio de vida útil se realizó al prototipo de dulce de leche tipo panelita con incorporación de proteína, cuya formulación (relación de polidextrosa del 57%, edulcorante no calórico del 43% y proteína de soya 5%) se ajustó a los requerimientos fisicoquímicos y reológicos establecidos por la empresa, quienes realizaron el muestreo completamente al azar, recolectando las muestras del último lote de producción, posteriormente fueron enviadas a un laboratorio externo contratado por Productos Alimenticios Rinconcito S.A.S.

4.5.1. Análisis sensorial descriptivo. Adicionalmente a la evaluación de los parámetros sensoriales definidos en la población de interés, se valoró la aceptación del producto sometido en cámara de estabilidad, teniendo en cuenta los aspectos descritos en la figura 14, en donde se expresa el puntaje de aceptabilidad del producto durante el periodo de evaluación.

Figura 14. Comportamiento en cámara de estabilidad



Fuente: AllChem Compañía LTDA

En los resultados presentados por el laboratorio para el día cero, se evidencia que el panel sensorial valoró los parámetros de la siguiente manera, olor 8,7, color 9,2, sabor 8,7 y textura 9,1. Estos valores son el resultado del promedio de las calificaciones de cada panelista. Para los días 7, 14 y 21, se observó una tendencia decreciente en la calificación de los atributos hasta el día 21, siendo los parámetros de olor y textura los que más se afectaron, ya que iniciaron con un puntaje de 8,7 y 9,1 respectivamente en el día cero y descendieron ambos a 8,2 en el día 21. Para el sabor y el color obtienen para el último análisis un promedio de 8,3. En general la tendencia es a la baja, pero aun para el día 21 siguen teniendo un puntaje aceptable. Se infiere que estos cambios se pudieron presentar por reacciones químicas catalizadas por el aumento de la temperatura, como la hidrólisis, desnaturalización de las proteínas, volatilización de componentes, evaporación, fermentación o reacciones de oxidación.

Es importante resaltar que el sabor durante el estudio en condiciones aceleradas no se afectó, el producto exhibe un sabor suave a lácteo, palatable, pero con características ácidas debido a la presencia de ácido láctico en el medio, a causa de los cambios químicos en el alimento. En cuanto al olor los panelistas concluyeron que corresponde al de un dulce de leche con quinua y que con el tiempo en la cámara se va perdiendo un poco su intensidad, volviéndose más suave, una causa atribuible puede ser al aumento de la temperatura que provoca que los compuestos aromáticos de bajo peso molecular tienden a perderse más fácilmente, los cuales contribuyen al perfil de sabor y aroma del producto.

La textura presentó un ligero cambio durante el almacenamiento, el dulce adquiere una textura aparente a goma, por tanto, se debe ejercer una fuerza mayor en la

mordida; el color del dulce se vuelve más claro con el tiempo al estar almacenado en la cámara de estabilidad, lo cual se puede atribuir a la interacción de los ingredientes y descomposición de los pigmentos durante el almacenamiento en la cámara de estabilidad.

4.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

En la evaluación microbiológica realizada por 21 días al producto final seleccionado por la empresa, no evidenció crecimiento de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, coliformes totales y fecales, *S. aureus* y coagulasa positiva, cumpliendo con los requisitos microbiológicos establecidos por la resolución 2310 de 1986 del Ministerio de Salud, garantizando la inocuidad del producto (tabla 19).

Tabla 19. Consolidado de resultados del análisis microbiológico para el dulce de leche tipo panelita.

Análisis	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21
Mesófilos aerobios	<10	<10	<10	<10
Mohos y Levaduras	<10	<10	<10	<10
Coliformes Totales	<3	<3	<3	<3
Coliformes Fecales	<3	<3	<3	<3
Coagulasa Positiva	<10	<10	<10	<10
Análisis	Técnica	Método	Unidades	Límites
Mesófilos aeróbios	Recuento en placa	ISO 4833-1	UFC/g	500-2000
Mohos y Levaduras	Recuento en placa	ICMSF 2000	UFC/	10-100
Coliformes Totales	NMP	AOAC 966,24	NMP/g	1140
Coliformes Fecales	NMP	AOAC 966,24	NMP / g	
Coagulasa Positiva	AES* *	ISO 6888-1	UFC/g	100-200

Fuente: Resolución 2310/1986 para Dulce de Leche

4.7. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

4.7.1. Evaluación de la acidez. Se evidenció durante el tiempo de evaluación, pequeñas variaciones de este parámetro con una media de $0,41 \pm 0,03$ (tabla 20). Es preciso mencionar que no existe un requisito normativo que defina los parámetros que debe cumplir el producto en cuestión, sin embargo, la variación

respecto a la media reportada en el periodo de evaluación no dista significativamente del valor reportado para cada medición.

Tabla 20. Comportamiento parámetros fisicoquímicos.

Parámetro	unidades	día 0	día 7	día 14	día 21
ACIDEZ	% Ácido Láctico	0,43	0,42	0,42	0,37

Fuente: AllChem.CompañíaLTDA

Los resultados obtenidos del estudio de vida útil permitieron determinar que la duración del producto es de cuatro meses mantenido a una temperatura máxima de 22°C. Debido a que los límites de microbiología basados en Resolución 2310 de 1986 del Ministerio de Salud para dulce de leche no presenta crecimiento de microorganismos patógenos evidenciando buenas prácticas en su manufactura, la acidez se consideró estable durante el periodo de evaluación evidenciando un comportamiento químico estable del producto. A continuación, se presenta el consolidado del análisis de vida útil para el producto “Dulce de leche tipo panelita”, suministrados por el laboratorio externo (tabla 21).

Tabla 21. Estudio de vida útil para el producto “Dulce de leche tipo panelita”

Estudio de vida útil para el producto "dulce de leche tipo panelita no. De ingreso hh2418-22" en condiciones aceleradas a temperatura de 30 ± 2°C.	
ANÁLISIS SENSORIAL	
Cambios Evidentes en Prueba Sensorial Descriptiva	NO
Nivel de confiabilidad	95%
Prueba de Calificación	Estudio de Estabilidad en cámara de estabilidad a temperatura de 30 ±2°C
Factores ajenos a la Naturaleza del producto	Ninguno
Periodo de Prueba	Toma de muestras día (0, 7, 14, 21) días
ESTABILIDAD COMERCIAL: El producto "Dulce de leche con proteína de quinua No. de Ingreso HH2418"	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	
Evaluación Microbiológica	Límites de microbiología basados en Resolución 2310 de 1986 del Ministerio

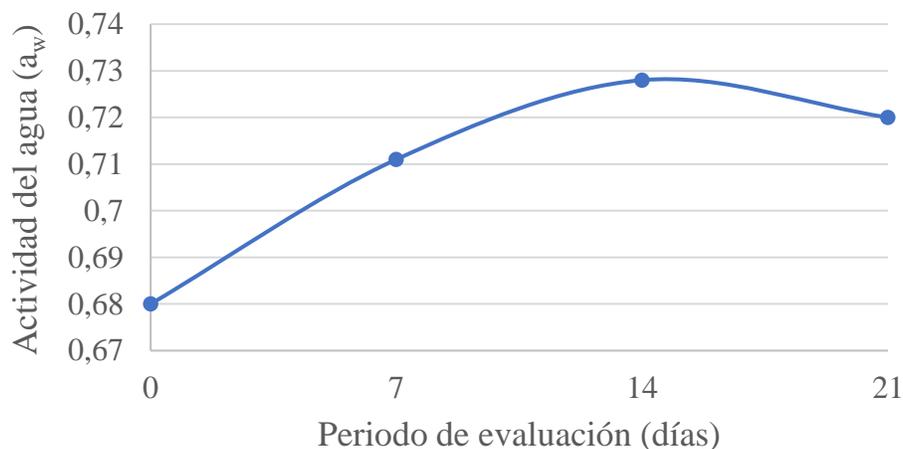
	de Salud para dulce de leche. No presenta crecimiento de microorganismos patógenos dentro del presente estudio evidenciando buenas prácticas en su manufactura.
CALIDAD MICROBIOLÓGICA	CONFORME
Tiene una disminución en la calificación de los parámetros sensoriales si se compara con el producto que no ha sido almacenado en la cámara de estabilidad, pero hasta el día 21 la calificación sigue siendo aceptable	
ANÁLISIS FISICOQUÍMICO	
Valores Fisicoquímicos	La acidez estuvo estable durante el periodo de almacenamiento.
COMPORTAMIENTO FISICOQUÍMICO	ESTABLE
Parámetro fisicoquímico de acidez es mínima y no afecta la calidad del producto cuando ha sido almacenado en cámara acelerada (30 ± 2 °C)	
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	
VIDA ÚTIL ESTIMADA	A temperatura ambiente de 16-22 °C de 4 meses en óptimas condiciones de empaque de almacenamiento.

Fuente: AllChem.CompañíaLTDA

4.7.2. Actividad de agua (a_w). Se determinó el comportamiento de la actividad de agua durante el periodo de evaluación, evidenciando un incremento parcial durante los primeros 14 días de evaluación, generando una disminución de dicho valor en el periodo comprendido entre los días 14 a 21, (figura 15). No obstante, los valores reportados se encuentran dentro de los rangos expresados para muestras comerciales (0,67 a 0,96); de acuerdo con Ramírez et al., (2018), valores cercanos a 0,667 son seguros para alimentos con las características similares a las panelitas, alimentos de humedad intermedia. Sin embargo, valores cercanos o superiores a 0,8 tendrían cierta vulnerabilidad ante el ataque microbiano. En términos generales se evidenció un comportamiento apto para la actividad de agua del producto final, reportando una media para los periodos de evaluación de 0,7.

No obstante, se deben de tener en cuenta que el comportamiento de la a_w depende de múltiples factores, como lo son la variabilidad de las materias primas concentradas y su interacción en la mezcla, los cuales pueden afectar el contenido de humedad residual de las panelitas; esto puede tener repercusiones en la apreciación del alimento a niveles de texturales debido a la capacidad de la panelita para retener agua (Ramírez et al., 2018).

Figura 15. Actividad de agua (a_w) en periodo de evaluación.

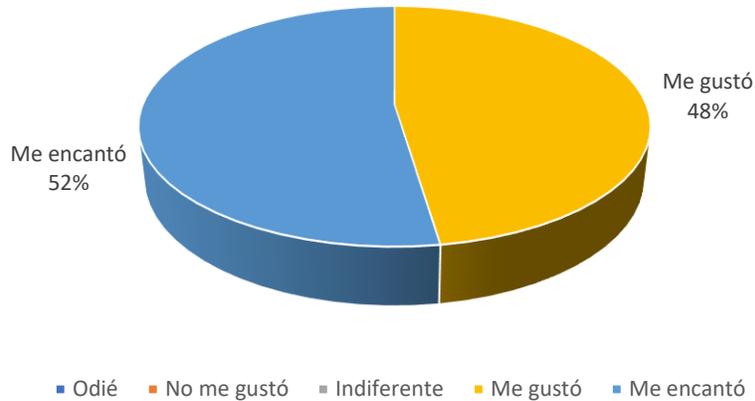


Fuente: Elaboración del autor

4.8. VALIDACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO.

Aplicando el primer instrumento de medición se logró determinar que el promedio de las calificaciones recibidas en los atributos de aceptación sensorial apuntó a términos hedónicos entre “me encantó” y “me gustó”, de un total de 42 encuestados, el 48% de los niños y niñas encuestados de acuerdo con las categorías de puntuación asignadas (odié, no me gustó, indiferente, me gustó y me encantó), valoraron que les gustó el producto, a el 52% restante les encantó (Anexo G), es así, como se logra concluir que el grado de satisfacción y aceptación en el público objetivo fue satisfactorio (figura 16), cabe resaltar que no hubo ninguna asignación de rechazo en el respectivo análisis.

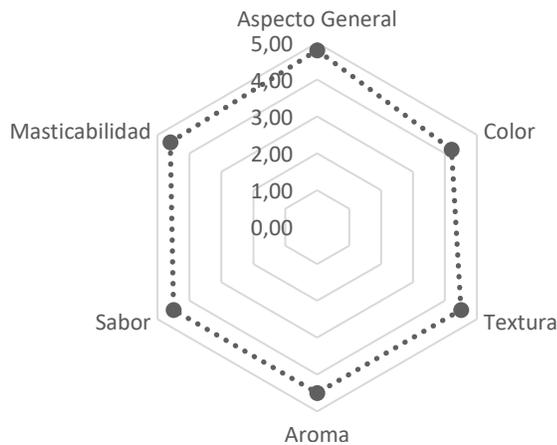
Figura 16. Prueba hedónica de aceptación.



Fuente: Elaboración del autor

En la Figura 17, se muestra el promedio del puntaje obtenido para cada medición, el promedio de las calificaciones recibidas en los atributos de aceptación sensorial evidenció una mayor puntuación en los valores de masticabilidad, sabor, aroma y textura, siendo el parámetro de color el de menor aceptación (puntaje < 4,20). Se determinó que, de 210 puntos posibles a obtener para cada ítem, la puntuación acumulada (205 puntos) no varía significativamente respecto al puntaje máximo esperado (Anexo H), por lo tanto, se determina una amplia aprobación del producto; aspectos como masticabilidad, sabor, textura y aroma obtuvieron el mayor puntaje acumulado respecto a los seis parámetros evaluados, concluyendo así de manera satisfactoria con aceptación del producto hacia el público objetivo

Figura 17. Prueba sensorial validación de producto (n=42)



Fuente: Elaboración del autor

5. CONCLUSIONES

La sustitución del contenido de sacarosa mediante el supuesto de la reducción de las calorías en el segundo diseño experimental evidenció un incremento de alrededor del 10% de las calorías reportadas en el primer diseño propuesto, efecto atribuido a la desnaturalización de la povidexrosa en sus componentes primarios (D-glucosa y sorbitol) por efecto del pH, la temperatura, el tiempo de contacto en la matriz sobre el tratamiento térmico y a la posible presencia de enzimas específicas como las glucosidasas y dextranasas.

La interacción de los componentes en los diseños experimentales evaluados desempeñó un papel relevante en las propiedades físicas del producto, un exceso de sacarosa generó un producto de textura dura y arenosa provocado por la cristalización de los azúcares presentes en la matriz durante el almacenamiento, en el segundo diseño la participación de la povidexrosa ocasionó una alteración en las propiedades de textura respecto al primer diseño propuesto, obteniendo formulaciones menos densas y viscosas para porcentajes de inclusión superiores al 57% afectando el proceso de laminación y corte en la etapa final del proceso.

El contenido de proteína de soya y quinua se consideró un factor relevante en las propiedades sensoriales en las formulaciones evaluadas, porcentajes superiores al 5% y 1,2% respectivamente generaron un efecto desagradable en el sabor del producto, ocasionando notas de sabor conocidas como *beany flavor* (sabor afrijolado), generando alteraciones en los parámetros organolépticos como el sabor a nuez, amargo y cremoso, características indeseables por el consumidor. Por lo tanto, se definieron estos porcentajes como valores estándar para las evaluaciones en el segundo diseño experimental.

La relación de los porcentajes de inclusión de povidexrosa y edulcorante no calórico desempeñaron un papel relevante en las propiedades de textura del producto, para formulaciones en las cuales el contenido de povidexrosa fue representativamente mayor de acuerdo con el edulcorante no calórico, los parámetros reológicos como dureza, adhesividad y cohesividad aumentaron acorde a la relación povidexrosa edulcorante presentes en la matriz.

6. RECOMENDACIONES

Evaluar el efecto de la temperatura, pH, y tiempo de contacto de la polidextrosa en el proceso de concentración del dulce de leche, y su influencia sobre las propiedades fisicoquímicas y su expresión en términos de calorías.

Estandarizar el contenido graso de la materia prima con la finalidad de reducir la variabilidad en el aporte calórico generado por los lípidos procedentes de la leche, evaluando el efecto sobre las propiedades fisicoquímicas del producto.

Evaluar el efecto de otros reemplazantes de sólidos catalogados como seguros por la FDA, entre los cuales se pueden citar a la goma garrofin (algarrobo), goma guar, goma tara, goma gellan, hemicelulosa de soya, pectinas, pectinas amidadas y goma conjack (glucomanano), las cuales no tienen investigaciones sobre el desempeño en formulación de dulces de leche sobre las propiedades fisicoquímicas y de textura del producto.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alberto, R., & Royero, P. (2021). Monografía sobre arequipes y dulces de leche con bajo contenido calórico.
- Badui Delgar, S. (2006). QUIMICA DE LOS ALIMENTOS (E. Quintanar Duarte & M. B. Gutiérrez Hernández, Eds.; 4a. ed.). PEARSON EDUCACION. www.pearsoneducacion.net
- Ballesteros-Pomar, M. D., & Arnaiz, E. G. (2018). Role of prebiotics and probiotics in the functionality of the microbiota in the patients receiving enteral nutrition. *Nutricion Hospitalaria*, 35(2), 18–26. <https://doi.org/10.20960/NH.1956>
- Chávez, O. H. O., & Díaz, S. F. (2013). Consumo de comida rápida y obesidad, el poder la buena alimentación de la salud/Fast Food Intake The power of Good Food. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 176–199.
- Chin, bok K., Lee, L. H., & Chun, S. S. (2004). CHARACTERISTICS OF SAUSAGE AS AFFECTED BY FAT LEVELS. https://www.animbiosci.org/upload/pdf/17_86.pdf
- Cook, S., Conrad, C., Fowlkes, A. L., & Mohebbi, M. H. (2011). Assessing Google Flu trends performance in the United States during the 2009 influenza virus A (H1N1) pandemic. *PLoS ONE*, 6(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023610>
- Curiqueo, A., Salamanca, C., Borie, E., Navarro, P., Fuentes, R., & Curiqueo, A. ; (2015). Evaluación de la Fuerza Masticatoria Máxima Funcional en Adultos Jóvenes Chilenos Evaluation of Functional Maximum Bite Force in Chilean Young Adults. In *Int. J. Odontostomat* (Vol. 9, Issue 3).
- da Silva Souza, S. V., Camila Jordão, C., Zampieri, D., Bruna Spontoni do Espírito, S., Julia Leite, W., Guercio, A. C., Wander de Oliveira, F., & Elisvânia Freitas dos, S. (2020). Polydextrose consumption prevents obesity and comorbidities in rats fed with a hypercaloric diet. *Revista Chilena de Nutricion*, 47(1), 6–13. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000100006>
- Delgado, S., Belén Flórez, A., Bobadilla, J., Guadamuro, L., & Mayo, B. (2014). Clonación, expresión y caracterización de una oligo- α -1,6-glucosidasa de *Lactobacillus plantarum*.

- García Montejó, D. (2016). Efecto de la sustitución parcial de sacarosa por esteviósido y de la adición de carragenina sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de dulce de leche. http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/2467/1/re_ind.alim_dap_hne.garcia_efecto.de.la.sustitucion.parcial.de.sacarosa.por.esteviosido_datos.pdf
- García, V., Elena, F., Cardona, M., De Jesús, L., & Herrera, R. (2008). Redalyc Sistema de Información Científica. In Revista Lasallista de Investigación (Vol. 5, Issue 2). <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=69550204>
- García-García, E., & Totosaus, A. (2008). Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and κ-carrageenan by a mixture design approach. *Meat Science*, 78(4), 406–413. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.003>
- Gavilanes, Y. (2011). “Estudio del efecto de la sustitución de la sacarosa por stevia (edulcorante natural) en la elaboración del dulce de leche.” <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3260>
- Gilabert, J. A., & Encinas, T. (2014). De la stevia al E-960: un dulce camino. *Reduca (Recursos Educativos). Serie Congresos Alumnos*, 6(1), 305–311.
- Gutiérrez Buitrago, A. M. (2014). Desarrollo de Dulce de Leche (Arequipe) de bajo contenido calórico con utilización de sucralosa y polidextrosa.
- Hicsasmaz, Z., Yazgan, Y., Bozoglu, F., & Katnas, Z. (2003). Effect of polydextrose-substitution on the cell structure of the high-ratio cake system. *LWT*, 36(4), 441–450. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00038-0](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00038-0)
- Hill O, J. DE, Un Dulce De Leche, F. DE, & Azúcar, R. EL. (2015). Universidad de José Matías Delgado facultad de agricultura e investigación agrícola.
- IA Alimentos. (2014). La tendencia en innovación de alimentos. <https://www.revistaialimentos.com/ediciones/edicion-25/la-tendencia-en-innovacion-de-alimentos/>
- Lee, P. C., & Dixon, J. B. (2017). Food for Thought: Reward Mechanisms and Hedonic Overeating in Obesity. In *Current obesity reports* (Vol. 6, Issue 4, pp. 353–361). <https://doi.org/10.1007/s13679-017-0280-9>
- Lozano, N. V., Martín Esparza, M. E., & Albors Sorolla, A. M. (2021). Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de quinua.

- Mancebo, C. M., Rodríguez, P., Martínez, M. M., & Gómez, M. (2018). Effect of the addition of soluble (nutriose, inulin and polydextrose) and insoluble (bamboo, potato and pea) fibres on the quality of sugar-snap cookies. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 129–136. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13566>
- Marín, C., Oliveros, H., Villamor, E., & Mora, M. (2021). Micronutrient levels in school-age Colombian children and food insecurity Niveles de micronutrientes e inseguridad alimentaria. *Biomedica*, 41(3), 1–35. <https://doi.org/10.7705/biomedica.5866>
- Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E., & Hernández-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. In *Food and Chemical Toxicology* (Vol. 137). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>
- Medina, L. (2013). “obtención de maltodextrinas por vía enzimática a partir del almidón de camote” (Ipomoea batatas).”
- Monteiro, C. A., Cannon, G., Levy, R. B., Moubarac, J. C., Louzada, M. L. C., Rauber, F., Khandpur, N., Cediel, G., Neri, D., Martinez-Steele, E., Baraldi, L. G., & Jaime, P. C. (2019). Ultra-processed foods: What they are and how to identify them. In *Public Health Nutrition* (Vol. 22, Issue 5, pp. 936–941). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1368980018003762>
- Montúfar Leyva, K. (2014). Fibras dietarias y su aplicación en el desarrollo tecnológico de productos alimentarios como alternativa de alimentos funcionales.
- Olivares, S., & Zacarías, I. (2013). “Estudio para revisión y actualización de las guías alimentarias para la población chilena.”
- Ramírez, J. S., Cevedo, D., Alvarado, J. de D., Hidalgo, J. A., López, J., Montero, P. M., Motato, J. S., Novoa, C. F., Vélez, J. F., & Novoa, D. F. (2018). Leches concentradas azucaradas: de la tradición a la ciencia. *Universidad Santiago de Cali USC*, 177–195.
- Reyes Salvador, R., Sotelo Herrera, M., & Menacho Paucar, L. (2015). Cultivos Tropicales. *Cultivos Tropicales*, 36, 5–15. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193243640001>
- Rojas Huayllani, E. C., & Delgado Pérez, D. H. (2013). Influencia de la publicidad televisiva peruana en el consumo de alimentos no saludables en escolares de 4° a 6° primaria. *An Fac Med*. 2013;74(1):21-6, 1–6.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832013000100005

- Ruiz, T., Manuel, J., En, M., Sandra, C., & Rueda Enríquez, M. (2023). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán “Propuesta de una barra de chocolate con linaza y concentrado de proteína de soya adicionada con quínoa inflada.”
- Salvador, R., Sotelo, M., & Pacuar, L. (2014). Estudio de la Estevia (*Stevia rebaudina* Bertoni) como edulcorante natural y su uso en beneficio a la salud. *Scientia Agropecuaria*, 2–8. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v5n3/a06v5n3.pdf>
- Schulte, E. M., Avena, N. M., & Gearhardt, A. N. (2015). Which foods may be addictive? The roles of processing, fat content, and glycemic load. *PLoS ONE*, 10(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117959>
- Surendra Nath, B., & Arora, S. (2017). Polydextrose as a functional ingredient and its food applications: A review Herbal Nutraceutical Development View project NAIP sponsored project on Composite Dairy Foods View project. <https://www.researchgate.net/publication/315668277>
- Talens Oliag, nombre. (2017). Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura.
- Torres, J. D., Torres, R., Acevedo, D., & Gallo, L. A. (2015). Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *Vector*, 10(1909–7891), 1–12.
- UNLP. (2023). La reacción de Maillard. Oscurecimiento no enzimático. *Operaciones En Ingeniería de Alimentos*, 9–37.
- Valencia García, F. E., Millán Cardona, L. de J., & Ramirez Herrera, N. (2008). Evaluación de los efectos en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y texturales de polidextrosa, fructosa y sorbitol como sustitutos de azúcar en la elaboración de arequipe. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 20–27. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492008000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Vanegas, L. S., Molina, D. A., & Vargas, J. H. (2009). Characteristic of the drinks with soybean protein. *SciELO Analytics*, 62(0303–2847), 1–11.
- Vilcacundo, R., & Hernández-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 14, pp. 1–6). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>

Wong, K. Y., Thoo, Y. Y., Tan, C. P., & Siow, L. F. (2022). Moisture absorption behavior and thermal properties of sucrose replacer mixture containing inulin or polydextrose. *Applied Food Research*, 2(1).
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100089>

ANEXO A. Instrumentos para la validar la aceptación del producto.

PRUEBA HEDÓNICA DE ACEPTACIÓN

DULCE DE LECHE TIPO PANELITA “Alegría que Alimenta”

NOMBRE: _____ FECHA: _____

EDAD: _____

Seleccione la carita con la que más se representa de acuerdo con la evaluación del producto Dulce de leche tipo panelita.



Odié



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

Describe lo que más le gusto: _____

Describe lo que menos le gusto: _____

¡MUCHAS GRACIAS!

PRUEBA PARÁMETROS MECÁNICOS, GEOMÉTRICOS, Y DE COMPOSICIÓN

NOMBRE: _____ FECHA: _____

EDAD: _____

INSTRUCCIONES

A continuación, usted recibirá una muestra de dulce de leche tipo panelita. Por favor observe y pruebe la muestra. Indique el grado en el que le gusta o le disgusta de acuerdo con cada parámetro evaluado.

Puntaje		Categoría
5		Me gusta extremadamente
4		Me gusta moderadamente
3		No me gusta ni me disgusta
2		Me disgusta moderadamente
1		Me disgusta extremadamente

Muestra	Parámetros Evaluados					
	Aspecto general	Color	Textura	Aroma	Sabor	Masticabilidad
1						

¡MUCHAS GRACIAS!

ANEXO B. Tabla nutricional producto terminado

	TABLA NUTRICIONAL RESOLUCION 810	Codigo: PA-GD-01-34
		Version: 01
		Fecha: 20/09/2022
		Pagina 1 de 1
Nombre Producto	Dulce de de leche mas quinua hiperproteica	
Descriptores	"Excelente fuente de Proteína " "Sin azucares añadidos"	
Marca Comercial	Quimalito	
Registro Sanitario	RSA-0007337-2019 Invima	
Ingredientes	Leche entera Liquida, Poli dextrosa (fibra dietaria), Edulcorante (Stevia), Fécula de maíz (espesante), proteína aislada de soya, proteína de quinua hiperproteica, Sabor artificial a coco, Sorbato de potasio (conservante), Bicarbonato de sodio (regulador de acidez)	
Fabricante	Productos Alimenticios Rinconcito SAS	
INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Tamaño de porción: 1 unidad (20 g)		
Número de porciones por envase: 10 uds		
Calorias (Kcal)	Por 100 g	Por Porción
	370	74
Grasa Total	5.5 g	1.1 g
Grasa Mono Insaturada	1.6 g	0.32 g
Grasa Saturada	3.8 g	0.76 g
Grasa Trans	0 mg	0 mg
Carbohidratos totales	69 g	14 g
Fibra dietaria	0 g	0 g
Azucars Totales	6.3 g	1.3 g
Azucars añadidos	0 g	0.0 g
Proteina	11 g	2.2 g
Sodio	99 mg	20 mg
Potasio	381 mg	76 mg
Vitamina A	20 µg ER	4 µg ER
Vitamina D	1.8 µg	0.36 µg
calcio	184 mg	37 mg
Hierro	0.80 mg	0.16 mg
Zinc	0.92 mg	0.18 mg

ANEXO C. Ficha técnica polidextrosa



POLIDEXTROSA

La Polidextrosa es un ingrediente considerado fibra dietaria de alta solubilidad en agua, la cual es utilizada como agente de estructura o relleno de bajas calorías en diversas aplicaciones alimenticias.

Especificaciones

Físico - Químicas

	Min.	Máx.
Contenido, polidextrosa, % bs	90,0	
Humedad, %		4,0
pH, (solución al 10%)	4,0	6,0
Sorbitol, % bs		2,0
Glucosa, % bs		4,0

Microbiológicas

	Min.	Máx.
TPC, UFC/g		1000
Hongos, UFC/g		10
Levaduras, UFC/g		10
<i>Salmonella</i> /25g	Ausente	
<i>E. coli</i> /g	Ausente	

Información Sensorial

Aspecto	Polvo blanco a amarillo claro
---------	-------------------------------

Información Nutricional

Valor energético Kcal/g	1,0
-------------------------	-----

Empaque y Condiciones de Almacenamiento

Sacos de papel Kraft por 25 kg
Se recomienda almacenar a 15-25°C y humedad relativa máximo 55%, sobre estibas, en bodega limpia, cubierta y libre de humedad.

Vida Útil

Veinticuatro (24) meses bajo buenas condiciones de almacenamiento.

Información Regulatoria

CAS N°: 68424-04-4
INS: E 1 200

Clase funcional: Agente de relleno, humectante y texturizante.

Aplicaciones y/o Características

- Agente de cuerpo
- Aporta sólidos en formulaciones donde se retira parcial o totalmente el azúcar en formulaciones bajas en calorías
- Puede utilizarse como sustituto de grasas
- Producto no cariogénico
- Fuente de fibra
- Producto de bajo poder calórico: 1 caloría por gramo.
- Compatible con otros ingredientes como saborizantes, grasas, edulcorantes nutritivos y no nutritivos.

Dir: Cra 77ª # 57-27 - Bogotá
Tel:4661673/ Cel:3014305276
Correo:ventas.smartcol@gmail.com

ANEXO D. Ficha técnica estevia

		FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO TERMINADO		CÓDIGO: F-D-017 VERSIÓN: 1 FECHA: 03/FEB/2020	
Versión	3	Fecha de aprobación de ficha técnica		2020-05-11	
Documento elaborado por:	JDL	Revisado y aprobado por:	GERENTE INNOVACIÓN Y DESARROLLO		
IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO					
CODIFICACIÓN	100210AI	REFERENCIA	R15705		
NOMBRE	SWEETENER STEVIA X 20kg (D)				
INGREDIENTES	Edulcorante artificial (sorbitol 420i), maltodextrina, espesante (almidón modificado de maíz 1442), estabilizante (polidextrosa 1200), edulcorante natural (stevia)				
CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO					
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS					
CARACTERÍSTICAS		ESPECIFICACIÓN		MÉTODO	
ASPECTO		Mezcla de partículas de diferente tamaño		MQ-11 BASADO EN NTC 2680	
COLOR APARENTE		Crema		MQ-12 BASADO EN NTC 4604	
OLOR		Característico		MQ-13 BASADO EN NTC 2680	
SABOR		Dulce		MQ-14 BASADO EN NTC 2680	
CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS					
CARACTERÍSTICAS		UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		MÉTODO
CALORIAS		Kcal/g	2,5		NO DISPONIBLE
PÉRDIDAS POR SECADO		%	Máximo 5,00		MQ-19 BASADO EN NTC 529
DMU= Dosis Máxima de Uso según normatividad vigente.					
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS Y ENTOMOLÓGICAS					
CARACTERÍSTICAS		UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		MÉTODO
<i>Detección de Salmonella</i>		spp/25g	Ausente		MQ-09 BASADO EN NTC 4574
<i>NMP de Coliformes fecales</i>		N.M.P./g	< 3,0		MQ-05 BASADO EN NTC 4516
<i>Recuento de mohos y levaduras</i>		U.F.C./g	Máximo 20		MQ-04 BASADO EN INVIMA (TÉCNICA No.7)
<i>Recuento microorganismos aerobios mesófilos</i>		U.F.C./g	Máximo 100		MQ-03 BASADO EN INVIMA (TÉCNICA No.2)
CARACTERÍSTICAS A EVALUAR					
- ASPECTO. - COLOR APARENTE. - OLOR. - PÉRDIDAS POR SECADO. - SABOR.					
CONDICIONES DE EMPAQUE Y EMBALAJE					
Presentación comercial y material de empaque		20 kg en saco de polipropileno con bolsa interna de polietileno. Puede empacarse en otra cantidad requerida por el cliente, en un empaque que garantice su conservación (sujeto a negociación).			

Vida útil*	Este producto se debe consumir preferiblemente antes de 9 meses
<i>* A partir de la fecha de empaque, siempre y cuando se someta a los requisitos de conservación, almacenamiento y transporte recomendados</i>	
GESTIÓN AMBIENTAL	
Disposición de residuo de producto	En caso de ser requerido el desecho de este producto, se debe disponer como: residuo ordinario según la normatividad vigente
Disposición de material de empaque y embalaje	La bolsa se recomienda reutilizar. El saco al ser una estructura compuesta por varias clases de plásticos se recomienda reciclar no reutilizar.
CONSUMIDORES POTENCIALES	
Industria de alimentos. Población en general: este producto es apto para diabéticos.	
FORMA DE CONSUMO E INSTRUCCIONES ESPECIALES DE MANEJO	
Dosis recomendada	Contiene los sólidos del azúcar y se recomienda dosificar entre un 90 -100% con respecto a la cantidad de azúcar a reemplazar.
Forma de aplicación	Con los ingredientes secos como reemplazante de azúcar apropiado para elaboración de todo tipo de productos de panadería sin azúcar.
Precauciones	Evitar contacto con ojos y mucosas
RECOMENDACIONES DE CONSERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE	
Debe almacenarse sobre plataformas elevadas del piso, en bodegas cubiertas, en ambiente seco, fresco y con buena ventilación. En las bodegas de almacenamiento se debe contar con un plan integral de control de plagas, limpieza y buenas prácticas de manufactura. Una vez se abra el empaque, para emplear una parte, se debe cerrar inmediatamente para evitar la exposición a la humedad del ambiente y la contaminación microbiana. Este producto se debe transportar en vehículos limpios, nunca sobre el piso del vehículo, no se debe transportar con sustancias tóxicas, químicos o animales.	
REQUISITOS LEGALES Y NORMAS TECNICAS APLICABLES AL PRODUCTO	
R 333/2011. R 11488/1984.	
ALERGENOS	
No contiene alérgenos. Este producto es elaborado en una planta donde se utilizan los siguientes productos y sus derivados: cereales que contienen gluten, huevos, maní, soya, leche y sulfito.	

TECNAS S.A. web:www.tecnas.com.co
e-mail: servicioalcliente@tecnas.com.co
Itagui - Colombia

Cra 50G No. 12 Sur - 29, A.A. 51040
Teléfonos (57)(4)2854290 - 2858290
Fax.(57)(4) 2553809

Impreso en: 2022/01/26 09:39 AM

ANEXO E. ANOVA de un solo factor, comparación en parejas de Tukey parámetros colorimétricos, nivel de confianza 95%.

Anexo 1E. Luminosidad.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
L* Tratamineto 00	3	50,000	A
L* Tratamineto 30	3	49,0667	B
L* Tratamineto 24	3	48,263	C
L* Tratamineto 26	3	48,2067	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 2E. a* (Verde-Rojo)

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
a* Tratamineto 30	3	11,0233	A
a* Tratamineto 24	3	9,1133	B
a* Tratamineto 00	3	8,7600	C
a* Tratamineto 26	3	8,75667	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 3E. b* (Azul-Amarillo)

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
b* Tratamineto 30	3	20,5200	A
b* Tratamineto 00	3	14,857	B
b* Tratamineto 24	3	14,0967	C
b* Tratamineto 26	3	10,9733	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 4E. Chroma

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Chroma 30	3	23,2935	A
Chroma 00	3	17,247	B
Chroma 24	3	16,7860	C
Chroma 26	3	14,0390	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 5E. Ángulo de Hue

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
A. hue 30	3	1,07783	A
A. hue 00	3	1,03801	B
A. hue 24	3	0,996889	C
A. hue 26	3	0,897278	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO F. ANOVA de un solo factor, comparación en parejas de Tukey parámetros TPA, nivel de confianza 95%.

Anexo 1F. Factor Dureza

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Dureza (1)	2	92,93	A
Dureza (5)	2	78,330	B
Dureza (7)	2	76,190	B
Dureza (2)	2	40,765	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 2F. Elasticidad

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Elast 2	2	0,003395	A
Elast 5	2	0,002695	A
Elast 1	2	0,001810	A
Elast 7	2	0,001620	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 3F. Adhesividad

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Adhe 1	2	58,98	A
Adhe 7	2	18,66	B
Adhe 5	2	12,27	B
Adhe 2	2	3,369	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 4F. Cohesividad

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Cohe 7	2	7,31	A
Cohe 1	2	5,6300	A
Cohe 5	2	4,241	A
Cohe 2	2	4,119	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 5F. Masticabilidad

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Mast 1	2	0,9429	A
Mast 5	2	0,895	A
Mast 7	2	0,805	A
Mast 2	2	0,5731	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO G. Consolidado prueba hedónica de aceptación

Prueba hedónica de aceptación					
Edad (años)	Categoría				
	Odié	No me gustó	Indiferente	Me gustó	Me encantó
9				X	
12				X	
5					X
11				X	
11				X	
8				X	
6				X	
10					X
9					X
9				X	
10					X
7					X
6					X
7					X
6					X
6					X
6				X	
6				X	
6				X	
7					X
7				X	
6					X
6					X

ANEXO G Continuación

6						X
6					X	
6					X	
6						X
7						X
6						X
6						X
7					X	
6					X	
7					X	
6						X
7					X	
7						X
6						X
7					X	
7						X
6						X
7					X	
6						X
7					X	
8					X	
Acumulado	0	0	0	0	20	22
% Acumulado	0%	0%	0%	0%	48%	52%

ANEXO H. Consolidado parámetros mecánicos, geométricos y de composición.

Parámetros mecánicos, geométricos y de composición							
Parámetro							
Edad (años)	General	Color	Textura	Aroma	Sabor	Masticabilidad	SUMA
9	5	4	5	4	5	5	28
13	5	3	4	4	5	3	24
5	5	5	5	5	5	5	30
11	4	4	5	5	5	5	28
11	5	4	5	4	5	4	27
8	3	4	5	5	4	4	25
6	5	4	2	5	5	5	26
10	4	5	5	5	5	3	27

ANEXO H continuación

9	5	3	5	5	5	5	28
8	5	4	5	5	5	5	29
10	4	5	5	4	5	5	28
7	5	4	5	5	5	5	29
6	5	5	4	5	5	4	28
7	5	4	5	5	5	5	29
6	5	5	4	5	5	5	29
6	5	4	5	5	4	5	28
6	5	4	5	5	4	5	28
6	5	5	5	5	4	5	29
6	5	4	5	3	4	4	25
7	4	3	4	5	4	5	25
7	5	5	5	5	4	5	29
6	5	4	5	5	4	5	28
6	5	4	5	5	4	5	28
6	5	4	5	4	5	4	27
6	5	4	5	5	4	5	28
6	5	4	5	4	5	5	28
6	5	4	5	4	5	5	28
7	5	4	5	5	5	4	28
6	5	4	3	2	5	4	23
6	5	5	4	5	5	5	29
7	5	5	4	4	5	5	28
6	5	5	5	4	4	5	28
7	5	4	5	4	3	5	26
6	5	4	5	4	5	5	28
7	4	5	5	4	5	5	28
7	5	4	5	6	5	5	30
6	5	4	5	4	5	4	27
7	5	5	4	5	3	5	27
7	5	3	5	5	5	5	28
6	4	5	3	5	5	5	27
7	5	4	3	4	4	5	25
8	5	4	4	3	4	4	24
P. TOTAL	202	177	193	190	193	197	
P. Posible	210	210	210	210	210	210	

