



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

TESIS

**EVALUACIÓN SENSORIAL Y FISICOQUÍMICA DE YOGUR
CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LECHE POR
LACTOSUERO ENRIQUECIDO CON HIERRO HEMÍNICO Y
QUINUA NEGRA (*Chenopodium petiolare Kunth*)**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
(A) AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

Autor (es):

Bach. Flores Rojas Lilian Jhackeline
(<https://orcid.org/0000-0001-6741-8020>)

Bach. Vasquez Uriarte Romain
(<https://orcid.org/0009-0006-4051-3670>)

Asesor:

Mg. Ing. Aurora Vigo Edward Florencio
(<https://orcid.org/0000-0002-9731-4318>)

Línea de Investigación:

**Tecnología e innovación en el desarrollo de la construcción y la
industria en un contexto de sostenibilidad**

Sublínea de Investigación:

**Gestión y sostenibilidad en las dinámicas empresariales de industrias y
organizaciones**

Pimentel – Perú

2023

**EVALUACIÓN SENSORIAL Y FÍSICOQUÍMICA DE YOGUR CON SUSTITUCIÓN
PARCIAL DE LECHE POR LACTOSUERO ENRIQUECIDO CON HIERRO HEMÍNICO Y
QUINUA NEGRA**

Aprobación del jurado

Dr. RODRÍGUEZ LAFITTE ERNESTO DANTE
Presidente del Jurado de Tesis

Mg. AURORA VIGO EDWARD FLORENCIO
Secretario del Jurado de Tesis

Ing. SÍMPALO LÓPEZ WALTER BERNARDO
Vocal del Jurado de Tesis

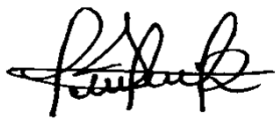

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la DECLARACIÓN JURADA, soy(somos) egresado (s)del Programa de Estudios de **Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

EVALUACIÓN SENSORIAL Y FISICOQUÍMICA DE YOGUR CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LECHE POR LACTOSUERO ENRIQUECIDO CON HIERRO HEMÍNICO Y QUINUA NEGRA (*Chenopodium petiolare Kunth*)

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Flores Rojas Lilian Jhackeline	DNI: 44847648	
Vásquez Uriarte Romain	DNI: 273748810	

Pimentel, 25 de setiembre de 2023.

Dedicatoria

Doy gracias a Dios por darme salud, la fortaleza para seguir mis metas para poder terminar con éxito mi formación profesional.

A mis padres y hermanos por su apoyo, confianza por haberme hecho la persona que soy muchos de mis éxitos se los debo a ustedes, me formaron con reglas, responsabilidad y humildad y siempre me motivaron alcanzar mis metas como persona y profesional. Solo me queda decir gracias por todo.

Flores Rojas Lilian Jhackeline

Con todo mi corazón, a Dios y a mi madre que está en el cielo, a mi padre y especialmente a mi adorados y queridos hijos son todos ellos una bendición de Dios.

En reconocimiento a mis dedicados docentes y a toda la comunidad de Santa Clara en Pítico por su paciencia y por alentarme siempre a este logro profesional.

Vásquez Uriarte Romain

Agradecimientos

No estaría aquí en este momento de mi vida sin el apoyo incondicional y constante de mis padres y hermanos. A lo largo de mi vida profesional siempre estuvieron presentes impulsándome a seguir adelante y creer en mí misma. Este es el final del camino de mis estudios solo me queda expresarles mi agradecimiento más profundo por que sin la ayuda de ellos no habría podido llegar a superar los obstáculos que se me presentaron a lo largo del camino. Todo esto es posible al amor y apoyo que me brindaron. No existe palabras para brindarles mi agradecimiento por todo lo que hicieron por mí.

Flores Rojas Lilian Jhackeline

A Dios por brindarme fuerzas, salud y decisión para culminar mis estudios. A mis padres María Celina y José Héctor por su ayuda e impulso para convertirme en profesional. A mi amada esposa Marleny, a mis hijos Yanina, Richard, Hebert, Helgar y a mis muñecas, Yasmin y Valesca, por motivarme y alegrarme la vida diariamente. A mis hermanos, Ismael, Heriberto, Elvia, Estilda, Jorge, Ubelser, Abel, Violeta. Elvira y Elisa por su apoyo y ejemplo de superación. A mis profesores, compañeros de estudios, a mi asesor de tesis, a la Gerencia Regional de Agricultura, a la empresa Dulcemanía, a la Cooperativa “Valle La Leche Ltda”, a la Cruz Roja Peruana y Española en especial a la señorita Josefina García Roca y a Senasa, por darme la oportunidad de realizar mis capacitaciones, prácticas, proyectos y labores profesionales.

Vásquez Uriarte Romain

ÍNDICE

Dedicatoria	4
Agradecimientos.....	5
Índice de figuras	8
Índice de tablas	10
Resumen	12
Abstract	13
INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Hipótesis.....	16
1.4. Objetivos.....	17
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	17
I. MATERIALES Y MÉTODO	26
1.1. Tipo y Diseño de Investigación	26
1.2. Variables, Operacionalización.....	26
1.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	30
1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	30
1.5. Procedimiento de análisis de datos.....	43
1.6. Criterios éticos	43
II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
2.1. Resultados.....	44
2.1.2. Evaluación Sensorial del Yogurt formulado con sustitución parcial de leche con lactosuero.....	45
2.1.2.1. Evaluación Sensorial del Olor	47
2.1.2.3. Evaluación Sensorial del Sabor.....	55
2.1.2.4. Evaluación Sensorial del Textura	59
2.1.2.5. Evaluación Sensorial del Aceptabilidad General	64
2.1.3. Evaluación Físicoquímica del Yogurt formulado con sustitución parcial de	

leche con lactosuero	68
2.1.3.1. pH	68
2.1.3.2. Acidez	72
2.1.3.3. °Brix	76
2.1.4. Determinación de las mejores formulaciones del yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero	80
2.1.5. Determinación de los parámetros nutricionales de las mejores formulaciones del yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero	81
2.2. Discusión	82
III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
3.1. Conclusiones	85
3.2. Recomendaciones	85
REFERENCIAS	86
ANEXOS	88

Índice de figuras

Figura 1. Proceso básico de fabricación de yogurt	21
Figura 2. Diagrama de flujo de elaboración de yogur con sustitución parcial de leche con lactosuero	36
Figura 3. Diagrama de flujo de obtención de harina de sangre de pollo	38
Figura 4. Diagrama de flujo de elaboración de mermelada de fresa.....	40
Figura 5. Diagrama de flujo de frutado de yogurt con sangre de pollo.....	42
Figura 6. Evaluación sensorial de yogurt formulado a partir de las mezclas leche: lactosuero – harina de sangre de pollo: harina de quinua negra	46
Figura 7. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Olor	49
Figura 8. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Olor	50
Figura 9. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Color.....	53
Figura 10. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Color.....	54
Figura 11. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Sabor.....	57
Figura 12. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Sabor.....	58
Figura 13. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Textura	62
Figura 14. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Textura	63
Figura 15. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Aceptabilidad General.....	66
Figura 16. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Aceptabilidad general.....	67
Figura 17. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el pH	70
Figura 18. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y	

mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para el pH	71
Figura 19. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para la acidez.....	74
Figura 20. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para la acidez.....	75
Figura 21. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para los °Brix	78
Figura 22. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para los °Brix	79

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de lactosuero dulce y ácido	18
Tabla 2. Contenidos en vitaminas del lactosuero.....	18
Tabla 3. Composición en aminoácidos esenciales (g/100 g de proteína).....	19
Tabla 4. Propiedades funcionales de la leche y lactosuero.....	19
Tabla 5. Contenido de Hierro en mg por ración de 2 cucharadas en diversos alimentos	22
Tabla 6. Composición nutricional de la sangre de pollo y otros productos	24
Tabla 7. Operacionalización de variables dependientes e independientes del objetivo 1....	27
Tabla 8. Operacionalización de variables dependientes e independientes del objetivo 2....	28
Tabla 9. Operacionalización de variables dependientes e independientes del objetivo 3....	29
Tabla 10. Formulaciones de la mezcla Leche Lactosuero	34
Tabla 11. Tratamientos utilizados en la formulación de yogur.....	41
Tabla 12. Características fisicoquímicas del lactosuero.....	44
Tabla 13. Características fisicoquímicas de harina de sangre de pollo	45
Tabla 14. Formulaciones de yogurt de la mezcla leche: lactosuero – harina de sangre de pollo: harina de quinua negra.....	45
Tabla 15. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado	47
Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Olor	48
Tabla 17. Coeficientes estadísticos para el atributo Olor	48
Tabla 18. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado	51
Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Color	52
Tabla 20. Coeficientes estadísticos para el atributo Color	52
Tabla 21. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado	55
Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Sabor	56
Tabla 23. Coeficientes estadísticos para el atributo Sabor	56
Tabla 24. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado para el atributo textura	59
Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Textura.....	60
Tabla 26. Coeficientes estadísticos para el atributo Textura.....	60
Tabla 27. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado para el atributo aceptabilidad general.....	64
Tabla 28. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Aceptabilidad General	65
Tabla 29. Coeficientes estadísticos para el atributo Aceptabilidad General	65
Tabla 30. Tabla de resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado para pH	68
Tabla 31. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH	69
Tabla 32. Coeficientes estadísticos para el pH	69

Tabla 33. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado para Acidez.....	72
Tabla 34. Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez	73
Tabla 35. Coeficientes estadísticos para la acidez	73
Tabla 36. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado para ° Brix.....	76
Tabla 37. Análisis de varianza (ANOVA) para los °Brix	77
Tabla 38. Coeficientes estadísticos para los °Brix	77
Tabla 39. Valores de optimización de formulación del yogurt	80
Tabla 40. Obtención de mejor formulación de yogurt.....	81
Tabla 41. Características nutricionales de la mejor formulación de yogurt.....	82

Resumen

El objetivo de la investigación fue aprovechar el lactosuero y harina de sangre de pollo en la elaboración y evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales de yogur. La metodología fue experimental, comenzando con la caracterización fisicoquímica del lactosuero y la harina de sangre de pollo, luego se formuló el yogur utilizando un diseño combinado de mezclas: primera mezcla líquida de leche (70 -100%) y lactosuero (0-30%); segunda mezcla sólida: Harina de sangre de pollo (0-100%) y harina de quinua negra (0-100%). Luego a la mejor formulación de yogurt, se determinó sus propiedades nutricionales. El lactosuero tuvo proteínas ($0.617 \pm 0.015\%$), grasas ($0.190 \pm 0.020\%$), carbohidratos ($4.427 \pm 0.021\%$), ° Brix ($9.400 \pm 0.548\%$), acidez ($0.208 \pm 0.052\%$), pH ($0.208 \pm 0.052\%$) y densidad (1.035 ± 0.108 g/ml). La harina de sangre de pollo tuvo proteínas ($12.257 \pm 0.045\%$), grasas ($0.330 \pm 0.020\%$), carbohidratos ($0.100 \pm 0.010\%$) y hierro (29.473 ± 0.025 mg). Los resultados determinaron que la mejor formulación de yogurt contiene leche (92.70%), lactosuero (7.3%), Harina de Sangre de Pollo (23.40%) y Harina de Quinua Negra (76.60%) obteniendo la mejor puntuación en atributos sensoriales de Olor (5.9829), Color (5.9373), Sabor (6.0059), Textura (5.8907), Aceptabilidad general (6.0217); y en parámetros fisicoquímicos de pH (3.2569), Acidez (0.8766) y ° Brix (16.1837). Finalmente, las propiedades fisicoquímicas de la mejora formulación de yogurt son proteínas ($5.31 \pm 0.627\%$), hierro (66.75 ± 2.252 mg), carbohidratos ($10.483 \pm 0.196\%$), pH (4.43 ± 0.063), ° Brix (16.30 ± 1.071) y acidez ($0.56 \pm 0.041\%$).

Palabras Clave: *yogur, harina de sangre de pollo, lactosuero, harina de quinua negra, hierro.*

Abstract

The objective of the research was to take advantage of the whey and chicken blood meal in the elaboration and evaluation of the physicochemical and sensory characteristics of yogurt. The methodology was experimental, beginning with the physicochemical characterization of the whey and chicken blood meal, then the yogurt was formulated using a combined design of mixtures: first liquid mixture of milk (70 -100%) and whey (0-30%); second solid mixture: chicken blood meal (0-100%) and black quinoa flour (0-100%). Then to the best yogurt formulation, its nutritional properties were determined. The whey had proteins ($0.617 \pm 0.015\%$), fats ($0.190 \pm 0.020\%$), carbohydrates ($4.427 \pm 0.021\%$), ° Brix ($9.400 \pm 0.548\%$), acidity ($0.208 \pm 0.052\%$), pH ($0.208 \pm 0.052\%$) and density (1.035 ± 0.108 g/ml). Chicken blood meal had proteins ($12.257 \pm 0.045\%$), fats ($0.330 \pm 0.020\%$), carbohydrates ($0.100 \pm 0.010\%$) and iron (29.473 ± 0.025 mg). The results determined that the best yogurt formulation contains milk (92.70%), whey (7.3%), Chicken Blood Flour (23.40%) and Black Quinoa Flour (76.60%) obtaining the best score in sensory attributes of Odor (5.9829), Color (5.9373), Flavor (6.0059), Texture (5.8907), General Acceptability (6.0217); and in physicochemical parameters of pH (3.2569), Acidity (0.8766) and ° Brix (16.1837). Finally, the physicochemical properties of the improved yogurt formulation are proteins ($5.31 \pm 0.627\%$), iron (66.75 ± 2.252 mg), carbohydrates ($10.483 \pm 0.196\%$). pH (4.43 ± 0.063), ° Brix (16.30 ± 1.071) and acidity ($0.56 \pm 0.041\%$).

Keywords: *yogurt, chicken blood meal, whey, black quinoa flour, iron.*

INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La industria láctea es una actividad económica importante de los países industrializados y en desarrollo. Se provee que el mercado mundial de queso aumente a un ritmo constante del 7.8% durante el periodo de pronóstico de 2023 – 2028, además del incremento de USD 87,85 mil millones a 105,13 mil millones en los siguientes años [1]. Por otro lado, a nivel nacional la producción de leche fresca ascendió a 2,241 millones de toneladas en el año 2022, representando un incremento de 2.57% con respecto al 2021, asimismo, dicha cantidad representa aproximadamente 2,017 millones de toneladas de suero lácteo [2].

Aproximadamente un 90% de la leche empleada en la producción de quesos es desechada como suero lácteo, que se distingue por su tonalidad amarillo-verdosa. Este líquido retiene alrededor del 55% de los componentes totales de la leche, como la lactosa, proteínas solubles, grasas y sales minerales. En la actualidad, muchas compañías que manufacturan productos lácteos descargan el suero lácteo en sistemas públicos de agua y en fuentes naturales, lo que provoca una significativa contaminación en la calidad del agua, aire y suelo. Esto se debe a la alta concentración de nutrientes, así como a la elevada demanda de oxígeno tanto biológica como químicamente (la cual supera ampliamente los valores máximos permitidos por las regulaciones estatales, que establecen un límite máximo de 500 mg/l para la demanda biológica de oxígeno (DBO5) y de 1000 mg/l para la demanda química de oxígeno (DQO)). Además, debido a sus contenidos orgánicos e inorgánicos, derivados de grasas, minerales, lactosa y proteínas, el suero lácteo contamina las aguas y aumenta considerablemente las necesidades biológicas y químicas de oxígeno. En otros escenarios, se utiliza como alimento para animales, sin reconocer su potencial como producto apto para el consumo humano directo con valor agregado [3].

Asimismo, la industria quesera, es cada vez más competitiva, para ello se

busca la manera de ahorrar costos, y/o generar nuevos ingresos, aprovechando al máximo sus residuos generados (lactosuero) en darle un valor agregado, generando productos ricos en nutrientes que beneficie a la sociedad, que disminuyan los problemas alimenticios como la anemia y la desnutrición. Por otro lado, el Perú, convive con el problema de la anemia, asociada al déficit en el consumo de hierro en la alimentación, sobre todo en niños y madres gestantes. Es necesario promover el consumo de alimentos fortificados con micronutrientes, particularmente hierro y, en particular, la disponibilidad de alimentos ricos en hierro de origen animal de tal manera que exista una dieta adecuada para poder disminuir los casos de anemia en la población.

La expansión del mercado del yogur se hizo en parte por la investigación del tecnólogo de alimentos, en particular, el desarrollo de nuevos ingredientes como sabores, sustitutos de grasa e ingredientes de proteínas que se agregarán al producto. El yogur podría tener una mejor aceptación en el mercado y, en consecuencia, una mayor expansión e ingresos del mercado, si sus fabricantes invierten más en sus características organolépticas (p. Ej., Textura y sabor), así como en sus beneficios para la salud al reducir la grasa y agregar promotores de la salud (p. Ej., Probióticos y prebióticos). En el mercado europeo, hay un crecimiento en el desarrollo de productos lácteos funcionales fermentados que reflejan un gran interés en estudiar productos lácteos que demuestren beneficios para la salud.

En los últimos años, ha habido una demanda creciente de yogurt bajo en grasa, porque la grasa se ha asociado con un mayor riesgo de obesidad, arteriosclerosis, enfermedad coronaria, presión arterial elevada y algunos tipos de cáncer. Sin embargo, la grasa de la leche juega un papel clave en el sabor y las propiedades físicas de los productos lácteos. Un contenido reducido de grasa no solo causa malas propiedades de textura, sino que también desequilibra la liberación de sabor; la grasa reducida también produce un sabor desagradable en el yogur bajo en grasa, como la acidez aguda y la falta de aroma lechoso, lo que en última instancia puede dificultar la aceptación del

yogur bajo en grasa en el mercado. Por lo tanto, es necesario mejorar el sabor y las propiedades físicas del yogur bajo en grasa, lo que beneficiará a los consumidores al ayudarles a reducir su consumo total de grasas.

La grasa de la leche juega un papel importante en los aspectos de apariencia, sabor y textura del yogur [4]. Por lo tanto, el yogur bajo en grasa o sin grasa suele tener un bajo contenido de sólidos totales y puede presentar una textura pobre, baja viscosidad, alta sinéresis y una sensación en la boca indeseable [5]. Para superar estos defectos causados por la reducción de grasa, se han adoptado varios enfoques para mejorar la aceptación del yogur bajo en grasa, incluida la optimización de las condiciones de procesamiento [6] y la adición de sustitutos de grasa [7]. Los sustitutos de grasa no solo pueden disminuir el valor calórico del yogur, sino que también mejoran algunas propiedades físicas y organolépticas del yogur bajo en grasa. Se han utilizado varios tipos de sustitutos de grasa en un intento por mejorar la calidad del yogur bajo en grasa, incluidos los ingredientes de almidón, polisacárido y leche modificados [8].

1.2. Formulación del problema

¿Cuál será el efecto de la incorporación de lactosuero enriquecido con hierro hemínico (harina de sangre de pollo) y harina de quinua negra en las características fisicoquímicas y sensoriales de yogurt?

1.3. Hipótesis

H₁: La incorporación de lactosuero enriquecido con hierro hemínico (harina de sangre de pollo) y harina de quinua negra tendrá un efecto significativo en las características fisicoquímicas y sensoriales de yogurt.

H₀: La incorporación de lactosuero enriquecido con hierro hemínico (harina de sangre de pollo) y harina de quinua negra tendrá un efecto significativo en las características fisicoquímicas y sensoriales de yogurt.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la incorporación de lactosuero enriquecido con hierro hemínico (harina de sangre de pollo) y harina de quinua negra en las características fisicoquímicas y sensoriales de yogurt.

Objetivos específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente el lactosuero y harina de sangre de pollo (hierro hemínico).
- Evaluar sensorialmente el yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero enriquecido con hierro hemínico (harina de sangre de pollo) y harina de quinua negra.
- Evaluar fisicoquímicamente el yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero enriquecido con hierro hemínico (harina de sangre de pollo) y harina de quinua negra.
- Determinar el valor nutricional de la mejor formulación de yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero enriquecido con hierro hemínico (harina de sangre de pollo) y harina de quinua negra.

1.5. Teorías relacionadas al tema

1.5.1. Lactosuero

Es una sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso [3]. El lactosuero dependiendo principalmente de la eliminación de la caseína, se puede dividir en:

- Dulce, por coagulación por la renina a pH 6,5.
- Acido por la fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales.

En la Tabla 1 se detalla la composición nutricional del lactosuero dulce y ácido.

Tabla 1. Composición de lactosuero dulce y ácido

Componente	Lactosuero dulce (g/L)	Lactosuero ácido (g/L)
Sólidos totales	63,0- 70,0	63,0- 70,0
Lactosa	46,0- 52,0	44,0- 46,0
Proteína	6,0- 10,0	6,0- 8,0
Calcio	0,4- 0,6	1,2- 1,6
Fosfatos	1,0- 3,0	2,0- 4,5
Lactato	2,0	6,4
Cloruros	1,1	1,1

Fuente 1. [3]

Los nutrientes más abundantes del lactosuero son la lactosa (4,5-5% p/v), proteínas solubles (0,6-0,8% p/v), lípidos (0,4-0,5% p/v) y sales minerales (8-10% de extracto seco) [3].

En la Tabla 2 se detallan la composición de vitaminas del lactosuero, destacando el ácido pantoténico (3,4 mg/ml) y el ácido ascórbico (2,2 mg/ml).

Tabla 2. Contenidos en vitaminas del lactosuero

Componente	Concentración (mg/ml)
Tiamina	0,38
Riboflavina	1,2
Acido nicotínico	0,85
Acido pantoténico	3,4
Piridoxina	0,42
Cobalamina	0,03
Ácido ascórbico	2,2

Fuente 2. [3]

En la Tabla 3 se detalla la composición de aminoácidos que contiene el lactosuero, destacando el alto contenido en leucina y lisina.

Tabla 3. Composición en aminoácidos esenciales (g/100 g de proteína)

Componente	Lactosuero	Huevo
Treonina	6,2	4,9
Cisteína	1,0	2,8
Metionina	2,0	3,4
Valina	6,0	6,4
Leucina	9,5	8,5
Isoleucina	5,9	5,2
Fenilalanina	3,6	5,2
Lisina	9,0	6,2
Histidina	1,8	2,6
Triptófano	1,5	1,6

Fuente 3. [3]

En la Tabla 4 se pueden observar las propiedades funcionales del lactosuero y leche, destacando sus propiedades gelificantes y emulsificantes.

Tabla 4. Propiedades funcionales de la leche y lactosuero

Componente	Caseínas	Proteínas de lactosuero
Hidratación	Muy alta capacidad de retención de agua (CRA) con formación pegante a alta concentración	CRA incrementándose con desnaturalización de proteína
Solubilidad	Insoluble a punto isoeléctrico (pI)	Insoluble a pH 5 si es termodesnaturalizado
Gelificación	No gelificación térmica excepto en presencia de calcio. Gelificación micela por quimosina	Gelificación térmica desde 70 °C: influencia de pH y sales
Viscosidad	Soluciones muy viscosas a pH básico y neutral. Viscosidad más baja a pI	Soluciones no muy viscosas excepto si son termodesnaturalizadas
Propiedades Emulsificantes	Excelentes propiedades emulsificantes especialmente a pH básico y neutral	Buenas propiedades emulsificantes excepto a pH 4-5 si es termodesnaturalizadas
Retención de sabores	Buena retención de sabores	Retención muy variable con la desnaturalización
Triptófano	Baja estabilidad espumante	Excelente estabilidad espumante

Fuente 4. [3]

1.5.2. Yogurt

El yogur es el producto obtenido por coagulación de la leche a través de la acción de las bacterias del ácido láctico [9]. De acuerdo con la norma del Codex para la leche fermentada (CODEX STAN 243 – 2003), el yogur contiene un mínimo de 2.7% de proteína de leche y menos del 15% de grasa. La leche fermentada concentrada es una leche fermentada donde la proteína se ha incrementado antes o después de la fermentación a un mínimo de 5.6% [10].

El contenido de proteína puede obtenerse antes de la fermentación mediante fortificación con leche en polvo, evaporación o filtración por membrana, o después de la fermentación por colado (drenaje), separación mecánica o filtración por membrana.

Las bacterias que se encuentran en el yogur, como *Streptococcus thermophilus*, son microorganismos adaptados al entorno de la leche, que en sí misma constituye una excelente matriz, ya que contiene carbohidratos (47 g / L), grasas (36 g / L), proteínas (33 g / L), minerales y vitaminas. Estos microorganismos poseen enzimas y vías metabólicas que les permiten descomponer y utilizar la lactosa como fuente de energía. También disponen de proteinasas y peptidasas que facilitan la asimilación del nitrógeno para el crecimiento celular. La manera en que estos microorganismos aprovechan los nutrientes presentes en la leche influye en las propiedades sensoriales del producto fermentado.

Los diferentes tipos de yogures se clasifican según su estado físico en su paquete, su contenido de grasas y calorías, y si se agrega o no fruta o sabor. Las propiedades estructurales definen los siguientes tipos de yogurt:

- I Conjunto: uno en el que se lleva a cabo la fermentación dentro del paquete.
- I Agitado: uno en el que el gel se rompe, se enfría y se envasa después de la coagulación y el producto se solidifica nuevamente, con un aumento de la viscosidad después del envasado.
- I Fluido o bebible: uno en el que el gel se rompe cuando el producto golpea, pero se homogeneiza y mantiene la consistencia líquida.

1.5.2.1. Proceso productivo para yogurt

El proceso para producir leche fermentada y yogurt se puede resumir en la siguiente secuencia de operaciones: estandarización de sólidos lácteos, tratamiento térmico, enfriamiento a 40 – 45°C, inoculación con microorganismos específicos e incubación a 40 – 45°C hasta pH. 4.6–4.7. Los siguientes pasos son enfriamiento, manipulación y empaque. La leche es el ingrediente básico de la preparación. Su composición se puede modificar para cumplir con la aceptación económica, práctica y del consumidor. El contenido de sólidos tiene un efecto significativo en la firmeza del yogurt. El proceso básico para hacer yogurt se resume en la Figura 1 y sus pasos principales se detallan a continuación.

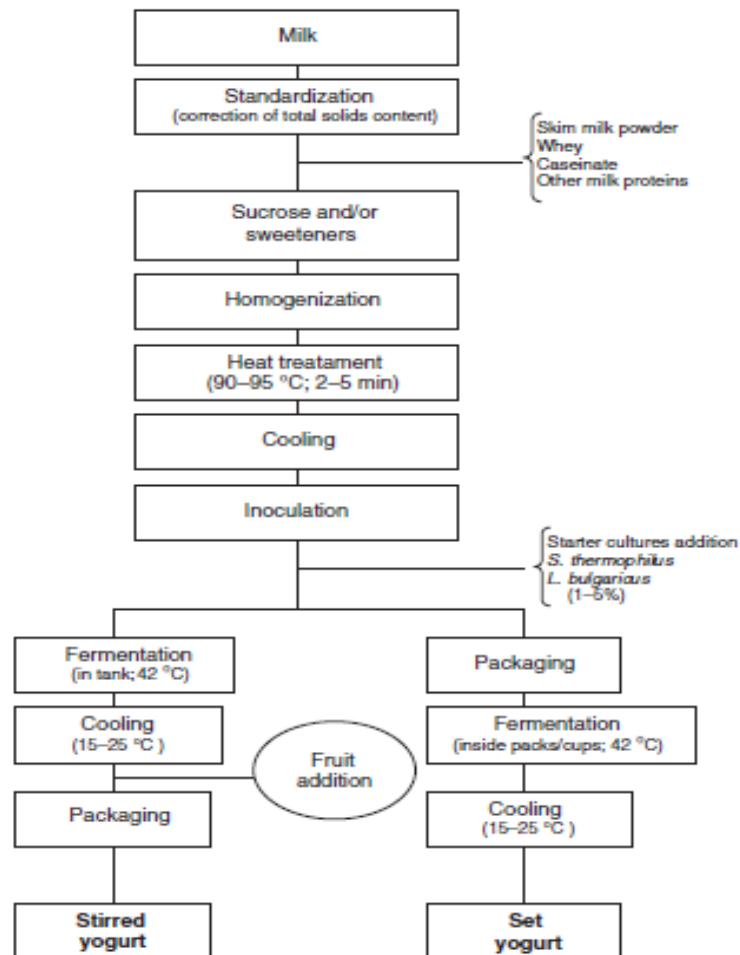


Figura 1. Proceso básico de fabricación de yogurt

1.5.3. Hierro Hemínico

El hierro es un compuesto que participa en los procesos de oxidación-reducción de nuestro organismo (elemento esencial). Se puede encontrar en el ciclo de Krebs en las enzimas como catalasas, peroxidadas y otras; en la respiración celular y como transportador de electrones [11].

Se pueden tener dos tipos de hierro, dependiendo de su origen, siendo hierro hemínico de origen animal y es el que posee mayor absorción (25% en promedio); mientras que hierro no hemínico (origen vegetal en su mayoría), poseen menor nivel de eficiencia de utilización en el orden del 1 al 10% [12].

Tabla 5. Contenido de Hierro en mg por ración de 2 cucharadas en diversos alimentos

ALIMENTOS	Cantidad de Hierro en mg por ración de 2 cucharadas (30 gramos)
Sangre de pollo cocida	8.9
Bazo de res	8.6
Riñón de res	3.4
Hígado de pollo	2.6
Charqui de res	2.0
Pulmón (Bofe)	2.0
Hígado de res	1.6
Carne seca de llama	1.2
Corazón de res	1.1
Carne de Carnero	1.1
Pavo	1.1
Carne de res	1.0
Pescado	0.9
Carne de pollo	0.5

Fuente 5. [12] CENAN/INS/MINSA. 2009 Tabla Peruana de Composición de Alimentos 7ma. Edición. Lima, Perú ⁽⁶¹⁾

1.5.4. Sangre de Pollo

La sangre de aves, en particular la de pollo, es un subproducto que se origina en la industria avícola y representa una valiosa fuente de

proteínas, hierro y aminoácidos esenciales que pueden compararse con los presentes en la carne. Además, posee propiedades funcionales de gran relevancia para la industria alimentaria. Por tanto, su utilización puede considerarse como una medida preventiva o terapéutica para abordar la anemia por deficiencia de hierro. Paradójicamente, en la actualidad, este recurso no se aprovecha, lo que conlleva a la generación de contaminantes innecesarios [13].

Ventajas de su consumo:

El consumo de sangre de ave, como la de pollo, muestra una eficacia equiparable al tratamiento farmacológico con sulfato ferroso para abordar la anemia por deficiencia de hierro. Además, los efectos secundarios derivados de ingerir sangre de pollo resultan menos pronunciados en comparación con los provocados por el uso del sulfato ferroso. A ello se suma que el costo del tratamiento de la anemia ferropénica mediante la ingestión de sangre de pollo es inferior al del sulfato ferroso.

Desventajas de su consumo:

Las desventajas asociadas al consumo de sangre de pollo incluyen la complicación de recolectarla en condiciones seguras y sanitarias. La sangre de aves, como la de pollo, es susceptible de sufrir modificaciones en sus propiedades físicas, químicas, nutricionales y sensoriales, tanto por influencias internas como externas. Además, al entrar en contacto con el entorno, tiende a coagularse rápidamente.

1.5.4.1. Composición química de Sangre de Pollo

La composición química de la sangre es diversa, tiene elementos estructurales y metabólicos en los que resalta su alto contenido de proteínas (aprox. 18,4 g/100g), hierro (aprox. 42,9 mg/100 g) y bajo contenido de grasa (aprox. 0,3g/100g). En la tabla N° 7, se muestra la composición química de Sangre de Pollo, según lo reportado por la FAO, comparándolo con otras fuentes de proteínas.

Tabla 6. Composición nutricional de la sangre de pollo y otros productos

Composición	Sangre de pollo (FAO)	Carne de pollo	Carne de vacuno	Carne de cerdo
Agua	82	68.4	66.7	68.5
Proteínas (g)	16	20	18.9	18.5
Grasas (g)	0.1	9.1	13.5	11.9
Cenizas	1.1	1.1	1	1
Energía (kcal)	68	132	150	186
Colesterol (mg)		74	90	
Sodio (mg)		64		
Potasio (mg)			330	
Calcio (mg)	14		6	5
Fósforo (mg)	115		210	220
Hierro (mg)	30	15	23	20
Vit. A (eq. Totales ug)	7.6	0	0	
Tiamina (mg)	0.01	0.06	0.08	0.71
Riboflavina (ug)	0.03	0.16	0.26	0.25
Niacina (mg)		10.4	4.2	2.8
Vit. C (mg)	4		0	
Ácido fólico (mg)		9		

Fuente 6. [14]

1.5.4.2. Evaluación Reológica

La reología engloba la investigación de cómo se altera y desplaza la forma de las materias primas, así como de los productos en proceso y los acabados en la industria alimentaria. En el ámbito de la tecnología de alimentos, es esencial considerar el comportamiento reológico de los productos, dado que este afecta a las tres principales áreas que determinan la aceptación de los alimentos.

- **Aspecto:**

Dentro del campo de la reología, hay un elemento que ejerce cierta influencia en la apariencia (las características estructurales y mecánicas de ciertos alimentos se definen en parte por su visualización) [15].

- **Sabor:**

Aunque el sabor no esté directamente vinculado a la reología, la descomposición de los alimentos en la boca, debido a su masticación puede influir de manera proporcional en la velocidad de liberación de los componentes de sabor [15].

- Tacto:

Hace referencia a la excelencia en cuanto a la textura de un alimento [15].

I. MATERIALES Y MÉTODO

1.1. Tipo y Diseño de Investigación

1.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación, según su finalidad será aplicada, ya que se basará en evaluar la incorporación de lactosuero, hierro hemínico (sangre de pollo) y quinua negra en yogurt sobre sus características fisicoquímicas y sensoriales. Se estará aplicando los conocimientos de fisicoquímica, y análisis sensorial sobre la formulación de un nuevo producto (innovación incremental).

El enfoque de control de variables es de naturaleza cuantitativa, ya que su objetivo es establecer la correlación entre diversas concentraciones de lactosuero y formulaciones de hierro hemínico (sangre de pollo) en lo que respecta a las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del yogur.

De acuerdo al contexto, se llevará a cabo un estudio en un entorno de laboratorio, dado que este entorno de experimentación ofrece la posibilidad de controlar las variables independientes de manera rigurosa y con un mayor grado de dominio sobre la situación, lo que conlleva a obtener resultados más precisos en relación a las variables dependientes.

1.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental porque se manipulará las variables independientes para observar y establecer sus efectos sobre variables dependientes.

1.2. Variables, Operacionalización

Objetivo 1: Caracterizar fisicoquímicamente el lactosuero y el hierro hemínico (obtenido de la sangre de pollo).

Tabla 7. Operacionalización de variables dependientes e independientes del objetivo 1

<i>Variables Independientes</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Unidades</i>	<i>Método o Instrumento</i>
Lactosuero	1000	ml	Gravimétrico
Hierro Hemínico (sangre de pollo)	100	g	Gravimétrico
<i>Variables Dependientes</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Unidades</i>	<i>Método o Instrumento</i>
Análisis Físico - Químicos	Humedad	g/L	Método de secado por estufa
	Cenizas	g/L	NTP 202.012:1979 LECHE. Ensayo de determinación de la ceniza total
	Proteínas	g/L	Kjeldahl.
	Grasa	g/L	Gerber (INDECOPI-PERÚ, 1998b)
	Carbohidratos	g/L	Análisis proximal de Weende (1860), cuantificación de carbohidratos por diferencia
	Hierro	mg/L	Método por espectrofotometría
	pH	-	Potenciométrico (A.O.A.C., 1995)
	Acidez	°Dornic	Método volumétrico (INDECOPI-PERÚ, 2008)
	Densidad	g/mL	INDECOPI - PERÚ, 1998a
	Sólidos Solubles	° Brix	INDECOPI - PERÚ, 1998c

Objetivo 2: *Evaluar sensorial y fisicoquímicamente el yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero enriquecido con hierro hemínico (harina de sangre de pollo) y harina de quinua negra.*

Tabla 8. Operacionalización de variables dependientes e independientes del objetivo 2

<i>Variables Independientes</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Unidades</i>	<i>Método o Instrumento</i>
Proporción Lactosuero - Leche	0 – 30%	%	Método Gravimétrico
Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa negra	0 – 5%	%	Método Gravimétrico
<i>Variables Dependientes</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Unidades</i>	<i>Método o Instrumento</i>
Características fisicoquímicas	Humedad	g/L	Método de secado por estufa
	Cenizas	g/L	NTP 202.012:1979 LECHE. Ensayo de determinación de la ceniza total
	Proteínas	g/L	Kjeldahl.
	Grasa	g/L	Gerber (INDECOPI-PERÚ, 1998b)
	Sólidos Solubles	° Brix	INDECOPI - PERÚ, 1998c
	pH	-	Potenciométrico (A.O.A.C., 1995)
	Acidez	° Dornic	Método volumétrico (INDECOPI-PERÚ, 2008)
Características sensoriales	Olor	0 - 7 ptos	Escala Hedónica
	Sabor	0 - 7 ptos	
	Color	0 - 7 ptos	
	Apariencia	0 - 7 ptos	

Objetivo 3: Determinar el valor nutricional de la mejor formulación de yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero enriquecido con hierro hemínico (harina de sangre de pollo) y harina de quinua negra.

Tabla 9. Operacionalización de variables dependientes e independientes del objetivo 3

Variables Independientes	Dimensión	Unidades	Método o Instrumento
Proporción Lactosuero - Leche	0 – 30%	%	Método Gravimétrico
Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua negra	0 – 5%	%	Método Gravimétrico
Variables Dependientes	Dimensión	Unidades	Método o Instrumento
Análisis Físico - Químicos	Humedad	g/L	Método de secado por estufa
	Cenizas	g/L	NTP 202.012:1979 LECHE. Ensayo de determinación de la ceniza total
	Proteínas	g/L	Kjeldahl.
	Grasa	g/L	Gerber (INDECOPI-PERÚ, 1998b)
	Carbohidratos	g/L	Análisis proximal de Weende (1860), cuantificación de carbohidratos por diferencia
	Hierro	mg/L	Método por espectrofotometría
	pH	-	Potenciométrico (A.O.A.C., 1995)
	Acidez	°Dornic	Método volumétrico (INDECOPI-PERÚ, 2008)
	Densidad	g/mL	INDECOPI - PERÚ, 1998a
	Sólidos Solubles	° Brix	INDECOPI - PERÚ, 1998c

1.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

1.3.1. Población de estudio

El lactosuero fue recolectado del proceso de elaboración de queso en la Planta Piloto de Procesos Agroindustriales de la USS.

La leche de vaca fue recolectada de un establo local, del distrito de la Pimentel del departamento de Lambayeque.

La sangre de pollo se obtuvo de una avícola ubicada en el distrito de José Leonardo Ortiz, del departamento de Lambayeque.

La harina de quinua se obtuvo del mercado modelo, del distrito de Chiclayo, del departamento de Lambayeque.

1.3.2. Muestra

La muestra fue elegida de la población, la cual fue calculado por el número de experimentos en el caso de sangre de pollo fue 20 kg, de leche 100 litros, de lactosuero 10 litros y harina de quinua negra de 1 kg.

1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

1.4.1. Instrumentación de recolección de datos

- **Balanza solo peso modelo INOX RS-232**, tuvo como finalidad de visualizar el peso en un indicador (display) y según modelo la capacidad de enviarlo a un elemento externo vía RS-232 (PC, TPV, etc.).
- **pH-metro modelo HI 98129 (bajo rango de EC) marca Hanna instruments** permitió mediciones de alta precisión de pH/EC/TDS y temperatura. Ha sido diseñado para flotar y es resistente al agua cuenta con una pantalla LCD de fácil lectura con apagado automático.
- **Refractómetro 0 – 80% Brix HB-118** compensación automática de temperatura (ATC) determinó las concentraciones de azúcar.
- **Termómetro digital Length: 225mm** para controlar rápidamente la temperatura con gran precisión de medición.
- **Espectrofotómetro:** Para cuantificar el contenido de hierro en la sangre de pollo y en el yogurt se empleó el método pH diferencial (AOAC 2005.02 37.168 - [16]). Se utilizó el espectrofotómetro; las mediciones se realizaron a 510 nm (máxima longitud de onda determinada) y a 700 nm.

1.4.2. Caracterización fisicoquímica del lactosuero

- **Determinación de Humedad:**

Para poder llegar a constatar los resultados de la humedad de un líquido (lactosuero) es necesario seguir los siguientes pasos:

- Se pesó en un crisol previamente tarado con una pequeña muestra del producto.
- Se colocó el crisol con la muestra en la estufa y se mantendrá la temperatura a 100 °C durante 3 horas. Evitando previamente que el producto se evapore
- Después del tiempo requerido, se transfirió el crisol al desecador y esperar a que alcance la temperatura ambiente (20 minutos aproximadamente)
- Se pesó en la balanza analítica
- Se calculó el porcentaje de humedad, utilizando la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{\text{Peso final de la muestra}}{\text{Peso inicial de la muestra}} * 100$$

- **Cenizas:**

Para la determinación de cenizas se siguió según la NTP 202.012:1979 LECHE. Ensayo de determinación de la ceniza total.

- **pH:**

Se utilizó el método 981.12 (AOAC 1990) para la medición de pH en productos acidificados, utilizando un pH-metro, previamente calibrado con soluciones buffer pH 7 y 4.

- **Acidez:**

Para la determinación de acidez se siguió según NTP 202.116 2008. LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS. Leche cruda. Determinación de acidez de la Leche. Método Volumétrico.

- **Sólidos Totales:**

Para la determinación de acidez se siguió según NTP 202.118:1998 LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS. Leche cruda. Determinación de sólidos totales. 1a. ed.

- **Densidad:**

Para la determinación de densidad se siguió según NTP 202.008. LECHE

Y PRODUCTOS LACTEOS. Leche cruda. Ensayo de determinación de la densidad relativa. Método usual.

– **Proteína:**

Para la determinación de proteínas se siguió según NTP 202.202.119:1998. LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS. Leche cruda. Determinación de nitrógeno (total) en leche. Método de Kjeldahl. 1a.ed.

– **Grasas:**

Para la determinación de grasas se siguió según NTP 202.028:1998 LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS. Leche cruda. Ensayo de materia grasa. Técnica de Gerber.

– **Carbohidratos:**

Para la determinación de carbohidratos se siguió Análisis proximal de Weende (1860), cuantificación de carbohidratos por diferencia.

1.4.3. Caracterización del hierro hemínico a partir de la sangre de pollo

El hierro hemínico se encuentra en todos los alimentos de origen animal en bondadosas cantidades, un buen nutriente que da cabida a combatir la anemia, pero, su obtención se basa en los sacrificios de los animales lo cual es difícil recolectar sangre en inocuas condiciones, por lo que es necesario llevarlo a someter a previos tratamientos como lo es cocción y secado. Para que tenga también un mejor uso como complemento para un producto, es posible emplear la sangre procesada industrialmente, tenemos la harina de sangre, albumina de sangre y puré de glóbulos rojos.

Los análisis fisicoquímicos por realizar a la sangre de pollo son:

– **Humedad:**

Se determinó según la N.T.P. 205.037:1975 (Revisada el 2011): sustancias sólidas. Determinación del contenido de humedad. Se pesará de 2 a 3 g de muestra en una pesa filtro con tapa (previamente pesado después de tenerlo a peso constante 2 h a 130° C). Luego, se secará la muestra en la estufa 2 h a 90 - 110° C. Posteriormente, se retirará de la estufa, tapar, se dejará enfriar en el desecador y pesar tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente. Se debe repetir hasta peso constante.

Para calcular el porcentaje de humedad, reportándolo como pérdida de peso por secado a 90 – 110° C. (I, 2003).

- **Cenizas:**
Se realizó por la incineración de la materia orgánica en una mufla; siguiendo la metodología por la NTP 205.038:1975 (Revisada el 2011): harinas. Determinación de cenizas.
- **Proteína:**
La determinación de la proteína total se realizó según el método por la N.T.P. 205.005:1979 (Revisada el 2011). Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl), utilizando 6.25 como factor para la mayoría de los productos sólidos.
- **Grasa:**
Se utilizó el equipo Soxhlet, usando hexano como solvente. Metodología de la Asociación Oficial de Analistas Químicos (AOAC) 963.15 2005, método Soxhlet.
- **Carbohidratos:**
Para la determinación de carbohidratos se siguió Análisis proximal de Weende (1860), cuantificación de carbohidratos por diferencia.
- **Hierro:**
Para análisis del contenido de hierro se empleó el método por Espectrofotometría.
La Determinación de contenido de hierro por espectrofotometría es una técnica que se basa en la medida cuantitativa de una imagen-color en rangos estrictamente establecidos de longitudes de ondas, para saber la capacidad máxima de absorbancia y transmitancia que puede tener dicha sustancia [17].

1.4.4. Proceso de elaboración de yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero

Para la elaboración de yogur se seguirá las siguientes operaciones:

- **Recepción de la leche cruda y lactosuero:** En esta operación se verificó las condiciones y/o características de calidad de la leche cruda y lactosuero, mediante muestreo. Así mismo, se debe filtrar para eliminar algunas impurezas.
- **Formulación:** En esta etapa determinó la cantidad de materia prima e insumos según las formulaciones de yogurt, obtenidas con el modelo D-

Optima combinado del software Desing Expert. La cantidad de cada tratamiento fue de 460 ml.

Tabla 10. Formulaciones de la mezcla Leche Lactosuero

Formulación	Leche (%)	Lactosuero (%)	Leche (ml)	Lactosuero (ml)
F1	70%	30%	322	138
F2	85%	15%	391	69
F3	100%	0%	460	0
F4	85%	15%	391	69
F5	70%	30%	322	138
F6	100%	0%	460	0
F7	100%	0%	460	0
F8	85%	15%	391	69
F9	85%	15%	391	69
F10	78%	23%	357	104
F11	93%	8%	426	35
F12	70%	30%	322	138
F13	93%	8%	426	35
F14	78%	23%	357	104

- **Estandarización:** Se debe formular los 14 tratamientos de leche: lactosuero según lo mostrado en la tabla XX. Adicionalmente, se agregó azúcar blanca (10%) y leche en polvo (4%), para regular el contenido de extracto seco y dulzor adecuado, en proporciones iguales.
- **Pasteurización:** En esta operación, las formulaciones de leche estandarizada se llevaron a tratamiento térmico a 80° C por 30 minutos. De manera paralela, se preparó el cultivo para su posterior inoculación (operación discontinua).
- **Homogenización:** Concluida la etapa de pasteurización, se mezcló la leche para evitar la formación de grumos procedentes del lactosuero.
- **1er Enfriamiento:** En esta operación, las formulaciones de leche estandarizada se enfriaron manualmente hasta la temperatura óptima de inoculación (43°C) o generalmente hasta unos grados por encima (46°C). Cabe resaltar, es un punto crítico la temperatura óptima de inoculación, puesto que de ello dependerá, la supervivencia de las bacterias del inóculo.
- **Inoculación:** En esta operación se agregó el cultivo iniciador (inóculo) *Lactobacillus bulgaricus* que transformó la lactosa en ácido láctico (yogurt).

- **Incubación:** Luego de haber adicionado el cultivo (inoculo), se mantuvo a 43 – 45°C hasta que alcance un pH igual o menor a 4,6, durante 6 horas.
- **2do Enfriamiento:** Posterior a las 6 horas de fermentación (incubación), se enfrió el yogurt hasta que se encuentre a 15°C de temperatura, con la finalidad de frenar la fermentación láctica y evitar que el yogurt continúe acidificándose en más de 0,3 pH. Lo recomendable es enfriar en un tiempo de 1,5 – 2,0 horas hasta alcanzar la temperatura de 15°C.
- **Batido:** En esta operación se rompió por agitación el coágulo formado en la etapa previa y uniformizar la textura del yogurt.
- **Almacenamiento:** El yogurt elaborado se almacenó a temperaturas de refrigeración (4 – 8° C), por un tiempo aproximado de una semana, tiempo estimado en el que se agregó el frutado (mermelada de arándano) con la harina de sangre de pollo con la harina de quinua negra, para su posterior evaluación fisicoquímica y sensorial.

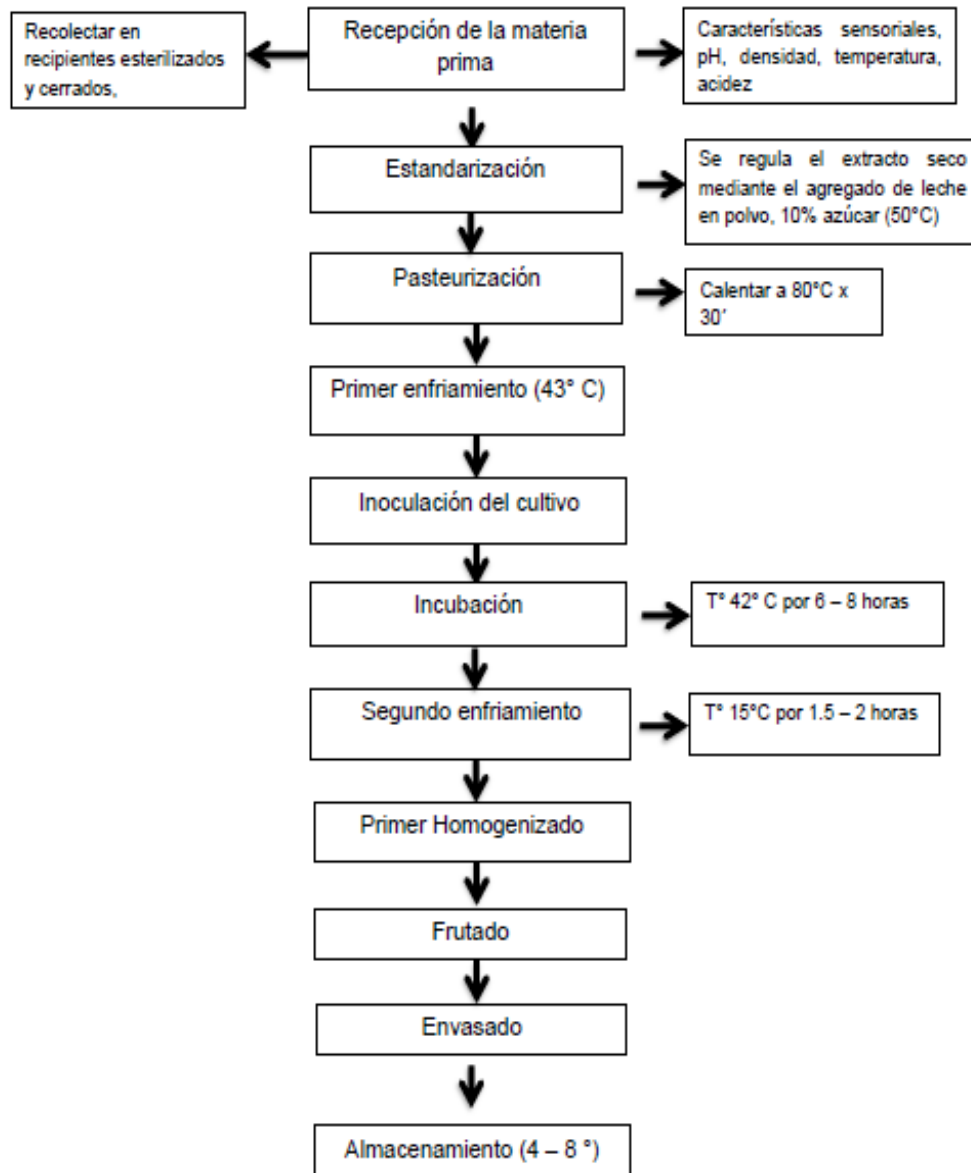


Figura 2. Diagrama de flujo de elaboración de yogur con sustitución parcial de leche con lactosuero

1.4.5. Proceso de frutado del yogur formulado con sustitución parcial de leche con lactosuero incorporando harina de sangre de pollo (hierro hemínico) con harina de quinua negra

Para poder enriquecer el yogurt, se acondicionó la sangre de pollo, y se deberá mezclar con la harina de quinua negra. Además, con la finalidad de mejorar el sabor se agregó mermelada de mora, en la misma proporción de la mezcla. Se recolectó la materia prima (sangre de pollo) y los ingredientes necesarios para la elaboración del producto.

Flujograma para la obtención de harina de sangre de pollo

- **Recepción:** Se recolectó y pesó la sangre de pollo proveniente de una avícola en recipientes previamente esterilizados para así poder evitar su contaminación durante el proceso.
- **1er Filtrado:** Antes de pasar a la siguiente operación, se filtró la sangre con una tela con la finalidad de eliminar alguna impureza.
- **Pasteurización:** En esta operación se llevó la sangre a una temperatura de 80°C por un tiempo de 20min para así poder inhibir bacterias (reducir carga microbiana) y darle la textura requerida, en esta operación también se le añadió agua en una disolución 1:1.
- **Enfriamiento:** Posterior a la pasteurización, se dejó enfriar el coágulo de sangre por 20min.
- **2da Filtración:** Nuevamente con tela y/o colador se eliminó la parte líquida, quedándose sólo con la parte sólida (coagulo de la sangre).
- **Secado:** Se realizó la reducción de humedad en la sangre coagulada con la ayuda de una estufa a una temperatura de 60°C en un tiempo de 8 horas. Se utilizó como recipiente papel metálico esterilizado.
- **Molienda:** Se redujo las partículas de sangre de pollo deshidratada para así poder facilitar el trabajo al mezclarlo con la harina de quinua negra y posteriormente con el yogurt.
- **Almacenamiento:** El producto se almacenó a una temperatura de 2°C para poder conservar sus propiedades.

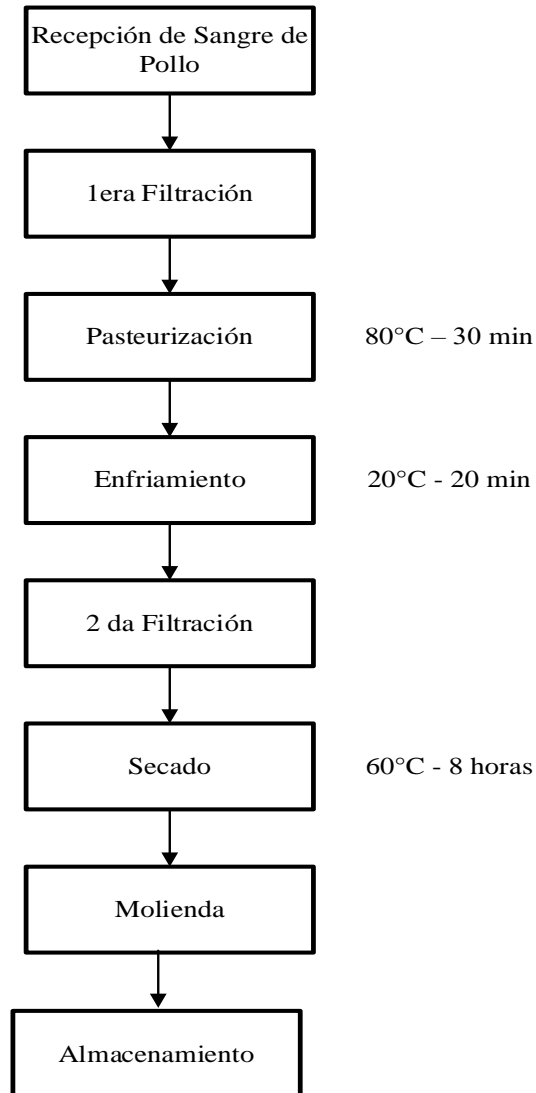


Figura 3. Diagrama de flujo de obtención de harina de sangre de pollo

Flujograma para la obtención de mermelada de fresa

- **Recepción:** Se recolectó la materia prima para la elaboración de la mermelada de fresa, teniendo en cuenta la textura y el color de la fruta.
- **Pesado:** Se pesó la fruta en una balanza de plataforma.
- **Selección:** Se seleccionó la materia con las condiciones óptimas para el proceso productivo teniendo en cuenta la calidad y estado de maduración.
- **Lavado:** Se realizó el lavado por inmersión de la materia prima, con la finalidad de eliminar cualquier tipo de partículas extrañas, suciedad y restos de tierra que estén adheridos a la fruta.
- **Desinfectado:** Se preparó una solución de Hipoclorito de sodio a 150 ppm, para la inmersión de la materia prima, con la finalidad de eliminar microorganismos o suciedad.
- **Pulpeado:** Con la ayuda de una licuadora, se licuó la fruta desinfectada, con la finalidad de reducir el tamaño de sus partículas para su posterior cocción.
- **Cocción:** La cocción de la mezcla es la operación que tiene mayor importancia sobre la calidad de la mermelada. Se añadió la pulpa de mora en una cacerola, para posteriormente agregarle el azúcar (20%), ácido cítrico (0.03%), y CMC (3%).
- **Enfriado:** Se dejó enfriar la mermelada a temperatura ambiente.
- **Almacenado:** El producto fue almacenado en un lugar fresco, limpio y seco; con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto.

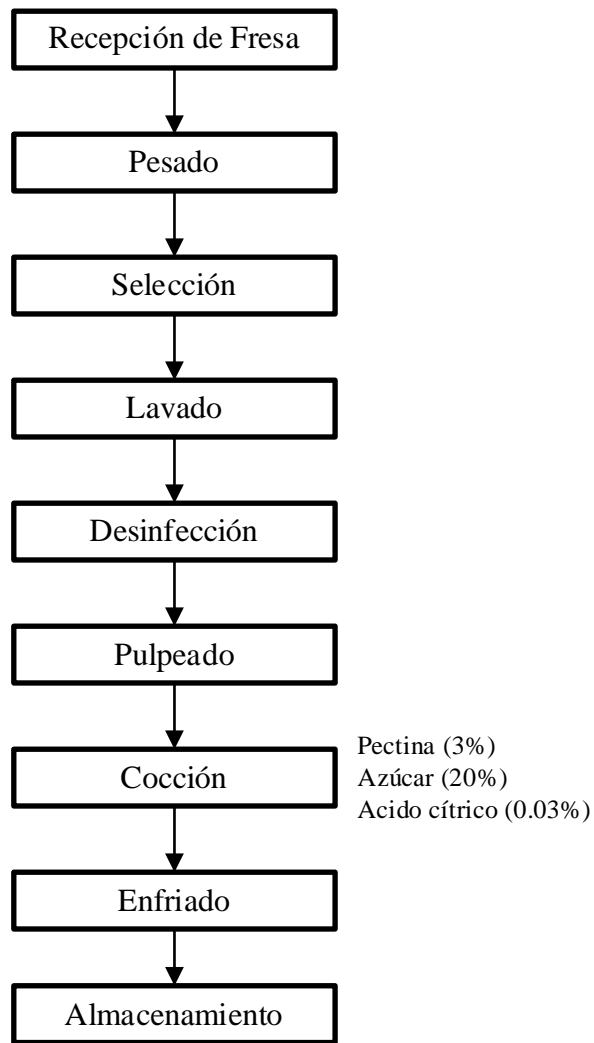


Figura 4. Diagrama de flujo de elaboración de mermelada de fresa

Flujograma para el frutado de yogur con Harina de sangre de pollo, Harina de quinua y mermelada de fresa

Se procedió a elaborar el yogur según lo descrito en apartado 2.4.5, con la mejor formulación de leche – lactosuero. Para la elaboración del yogurt enriquecido con harina de sangre de pollo y harina de quinua negra, se procedió a lo siguiente:

- **Recepción:** Las formulaciones de yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero fueron retiradas del almacenamiento, para su posterior frutado.
- **Batido y homogenizado:** Se procedió al batido y homogenizado de todas las formulaciones del yogurt con sustitución de leche con lactosuero.
- **Agregado de la pulpa de fruta:** Se realizó a cada formulación de yogurt, la incorporación de la harina de sangre de pollo y harina de quinua negra, en la misma proporción con la mermelada de fresa, con la finalidad de mejorar sus atributos sensoriales. En la siguiente tabla 11 se muestran los distintos tratamientos:

Tabla 11. Tratamientos utilizados en la formulación de yogur

Formulación	Leche (ml)	Lactosuero (ml)	Harina de Sangre de Pollo (g)	Harina de Quinua Negra (g)	Mermelada de Fresa (g)
F1	322	138	0	23	23
F2	391	69	23	0	23
F3	460	0	12	12	23
F4	391	69	17	6	23
F5	322	138	23	0	23
F6	460	0	23	0	23
F7	460	0	0	23	23
F8	391	69	0	23	23
F9	391	69	12	12	23
F10	357	104	17	6	23
F11	426	35	6	17	23
F12	322	138	11.5	12	23
F13	426	35	17	6	23
F14	357	104	6	17	23

- **Batido y homogenizado:** Se realizó procedió al segundo batido y homogenizado de todas las formulaciones del yogurt con sustitución de leche con lactosuero, con incorporación de harina de sangre de pollo y harina de quinua negra, para lograr un adecuado mezclado.

- **Envasado:** Se procedió al sellado de cada envase de todos los tratamientos de yogurt, para su posterior almacenamiento.
- **Almacenado:** Las formulaciones de yogurt fueron almacenado en refrigeración; con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto.

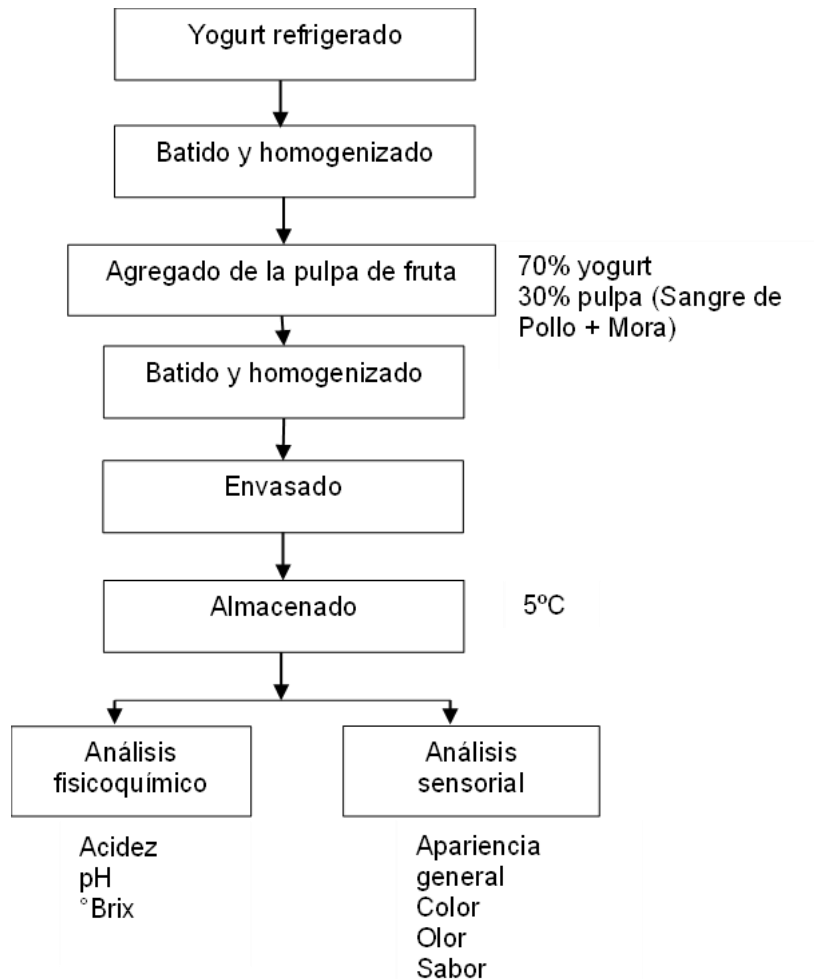


Figura 5. Diagrama de flujo de frutado de yogurt con sangre de pollo

1.4.6. Evaluación fisicoquímica del yogurt formulado con sustitución parcial de leche con lactosuero incorporando harina de sangre de pollo (hierro hemínico) con harina de quinua negra

- **pH:**
Se utilizó el método 981.12 (AOAC 1990) para la medición de pH en productos acidificados, utilizando un pH-metro, previamente calibrado con soluciones buffer pH 7 y 4.
- **Acidez:**
Para la determinación de acidez se procedió según NTP 202.116 2008.

LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS. Leche cruda. Determinación de acidez de la Leche. Método Volumétrico.

– **Sólidos Totales:**

Para la determinación de acidez se procedió según NTP 202.118:1998 LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS. Leche cruda. Determinación de sólidos totales. 1a. ed.

1.4.7. Evaluación sensorial del yogurt formulado con sustitución parcial de leche con lactosuero incorporando harina de sangre de pollo (hierro hemínico) con harina de quinua negra

Para la evaluación sensorial del yogurt, se empleó como técnica de recolección de datos la escala de medición por puntuación, en la que se identificó con me agrada y desagrada al inicio y al final de la escala respectivamente, con una escala de 7 puntos. Con un número total de 5 categorías por formulación (olor, color, sabor, textura y aceptabilidad general). Se utilizaron 30 panelistas semi – entrenados.

1.5. Procedimiento de análisis de datos

Para el procesamiento de datos se utilizó el software Design Expert 7.0 (versión demo), seleccionando un modelo estadístico D- optimal combinado, donde se obtuvo como primera mezcla las sustancias líquidas de leche en niveles de 70 a 100% y el lactosuero en niveles de 0 a 30%. La segunda mezcla fueron las sustancias sólidas harina de sangre de pollo y harina de quinua negra ambos en los mismos niveles de 0 a 100%. El software arrojó 14 formulaciones (detalladas anteriormente). En cada variable respuesta se realizó un análisis de ajuste de modelo, análisis de varianza (ANOVA) y el efecto de cada variable en gráfico de contornos y gráfico de superficie respuesta.

1.6. Criterios éticos

Durante el desarrollo de la investigación se tuvo una conducta responsable, respetando el principio de autonomía de autores, un aspecto de la ética importante en todo investigador, así mismo se rechazará toda adulteración a la información u obtención de fuentes confiables. Se entiende que la investigación no sólo tiene un carácter técnico, sino sobre todo ético.

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. Resultados

2.1.1. Caracterizar fisicoquímicamente el lactosuero y harina de sangre de pollo

El análisis fisicoquímico permitió a grandes rasgos determinar el porcentaje de concentraciones de las distintas propiedades del suero de la leche en la muestra presentada, para ello se emplearon distintos métodos, dónde las cantidades más significativas se vieron representadas en la densidad (%) (1.035 ± 0.108) y °brix (%) (9.400 ± 0.548) con concentraciones elevadas, los contenidos de grasa (0.190 ± 0.020) y acidez (0.208 ± 0.052) presentaron concentraciones bastante bajas en la muestra, la cantidad de proteínas (%), carbohidratos (%), pH, presentaron valores relativamente medios.

Tabla 12. Características fisicoquímicas del lactosuero

Propiedad	Cantidad
Proteínas (%)	0.617 ± 0.015
Grasas (%)	0.190 ± 0.020
Carbohidratos (%)	4.427 ± 0.021
°Brix (%)	9.400 ± 0.548
Acidez (%)	0.208 ± 0.052
pH	6.360 ± 0.042
Densidad (g/ml)	1.035 ± 0.108

Fuente 7. Elaboración propia

Las propiedades determinadas en la caracterización fisicoquímica de la sangre de pollo presentaron porcentajes elevados de proteína (12.257 ± 0.045) y hierro (29.473 ± 0.025), así mismo el contenido de grasa (0.330 ± 0.020) y carbohidratos (0.100 ± 0.010) presentaron concentraciones relativamente bajas.

Tabla 13. Características fisicoquímicas de harina de sangre de pollo

Propiedad	Cantidad
Proteínas (%)	12.257 ± 0.045
Grasas (%)	0.330 ± 0.020
Carbohidratos (%)	0.100 ± 0.010
Hierro (mg/100g)	29.473 ± 0.025

Fuente 8. Elaboración propia

2.1.2. Evaluación Sensorial del Yogurt formulado con sustitución parcial de leche con lactosuero

Se aplicó una evaluación sensorial con escala hedónica (1 al 7) del Olor, Color, Sabor, Textura y Aceptabilidad General de las 11 formulaciones de Yogurt, aplicando un diseño de mezclas, con un nivel de 0.7 a 1 para la dimensión Leche, y de 0 a 0.3 para la dimensión Lactosuero. En la tabla 14, se muestran las distintas formulaciones de Yogurt en base a Leche y Lactosuero, fueron en total 14 formulaciones que brindo el diseño de mezclas del software Desing Expert.

Tabla 14. Formulaciones de yogurt de la mezcla leche: lactosuero – harina de sangre de pollo: harina de quinua negra

Formulación	Leche (ml)	Lactosuero (ml)	Harina de Sangre de Pollo (gr)	Harina de Quinua Negra (gr)
F1	322	138	0	23
F2	391	69	23	0
F3	460	0	12	12
F4	391	69	17	6
F5	322	138	23	0
F6	460	0	23	0
F7	460	0	0	23
F8	391	69	0	23
F9	391	69	12	12
F10	357	104	17	6
F11	426	35	6	17
F12	322	138	12	12
F13	426	35	17	6
F14	357	104	6	17

Nota 1. Se observa 14 formulaciones de Yogur con distintas cantidades de lactosuero – harina de sangre de pollo: harina de quinua negra

En la figura 6 se observa que la formulación 11 (control) es el que mostros mejores resultados, mientras que la formulación 5 (70% Leche: 30% Lactosuero) es el que tiene más bajo parámetros sensoriales.

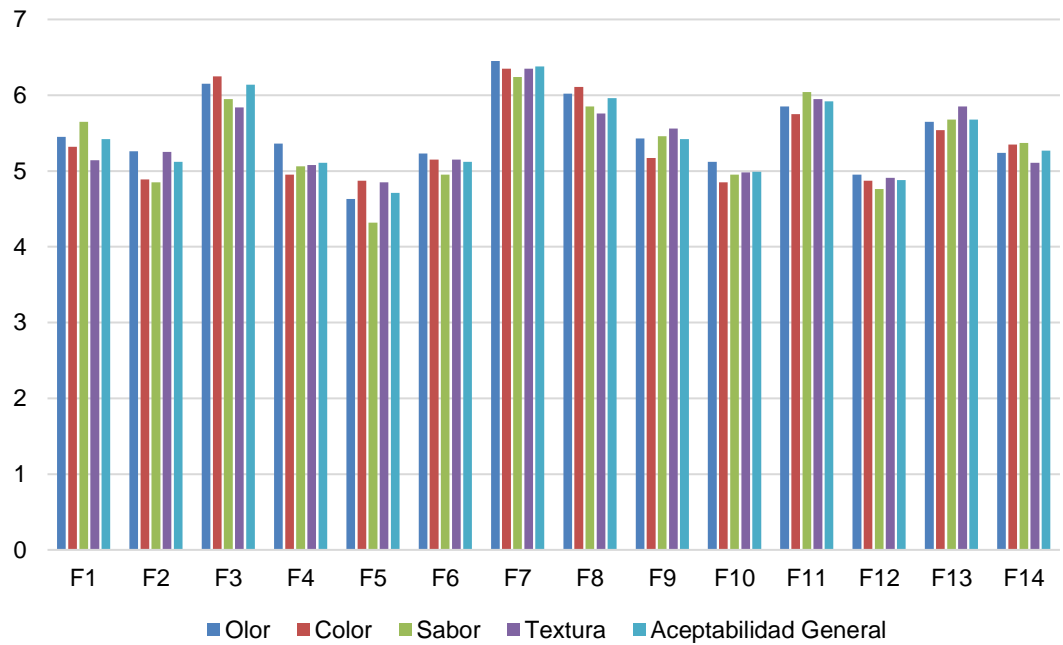


Figura 6. Evaluación sensorial de yogurt formulado a partir de las mezclas leche: lactosuero – harina de sangre de pollo: harina de quinua negra

2.1.2.1. Evaluación Sensorial del Olor

Tabla 15. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado

Mezcla 1	Mezcla 2	Mix 1	Mix 2	Adjusted	Predicted	
Leche: Lactosuero	Harina de Sangre de Pollo: Harina de Quinua Negra			R-Squared	R-Squared	
M	M					
M	L		0.0154	0.34887809	0.17983637	
M	Q		0.9733	0.28976097	-0.00935696	
M	C		0.5106	0.25348645	-0.09575448	
M	M					
L	M	0.0040		0.47179371	0.26609605	
<u>L</u>	<u>L</u>	<u>< 0.0001</u>	<u>< 0.0001</u>	<u>0.9018482</u>	<u>0.78749418</u>	Suggeste d
L	Q	0.0002	0.2983	0.90932641	0.59351898	
L	C	0.0005	0.1410	0.93708192	0.70079245	
L	M					
Q	M	0.9123		0.42444005	0.07217118	
Q	L	0.2696	0.0004	0.91159057	0.66058755	
Q	Q	0.0880	0.0934	0.95668081	0.39219857	
<u>Q</u>	<u>C</u>	<u>0.0337</u>	<u>0.0441</u>	<u>0.99679011</u>		Suggeste d
Q	M					
C	M	0.8119		0.37064196	0.01244992	
C	L	0.8475	0.0044	0.88844835	0.54006817	
C	Q	* 0.9886	* 0.2772	0.9283523	-13.6588794	Aliased
C	C	* 0.7070	* 0.1548	0.99484662		Aliased

Abreviaturas de pedidos en la tabla de resumen de ajuste:

M = Media

L = Lineal

Q = Cuadrático

C = Cúbico

En la tabla 15 se observa que acorde al coeficiente de correlación (R^2) existen dos modelos sugeridos para la combinación, pudiendo ser lineal vs lineal o cuadrático vs. cúbico; siendo 0.9018 y 0.9967 respectivamente.

Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Olor

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	3.1134	8	0.3892	36.8872	0.0005	significativo
Mezcla Lineal x Lineal	2.9271	3	0.9757	92.4800	< 0.0001	
ABC	0.1162	1	0.1162	11.0115	0.0210	
ABD	0.0000	1	0.0000	0.0000	0.9974	
ACD	0.0676	1	0.0676	6.4121	0.0524	
BCD	0.0072	1	0.0072	0.6787	0.4475	
ABCD	0.0552	1	0.0552	5.2365	0.0708	
Residual	0.0528	5	0.0106			
Cor Total	3.1662	13				

En la tabla 16 se evidencia el examen de variabilidad relacionado con el atributo Olor. El valor F del modelo, que asciende a 36.887, indica la relevancia del modelo, con tan solo un 0.05% de posibilidad de que el valor F carezca de importancia y que su origen se deba a otras particularidades. Este fenómeno es consecuencia de que el p-valor se sitúa por debajo de 0.05.

Tabla 17. Coeficientes estadísticos para el atributo Olor

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.1	R-cuadrado	0.9833
Mean	5.48	R ² -ajustada	0.9567
C.V. %	1.87	R ² - previsto	0.3922
PRESS	1.92	Predicción adecuada	21.836

En la tabla 17 se presenta el valor de R² correspondiente al atributo Olor, que se registra como 0.983 según los datos adquiridos a través del software Design Expert v.7.0. Un R² estimado de 0.3922 se muestra como adecuado, dadas las circunstancias en las que el modelo logra explicar aproximadamente el 1.87% de la variación.

En la siguiente fórmula, se presenta el modelo matemático que se emplea para calibrar los datos con el fin de lograr la obtención de un olor apropiado en el yogur. En este contexto, es necesario especificar

los niveles en sus unidades originales para cada variable. Es importante destacar que esta ecuación no debe utilizarse para evaluar la influencia relativa de cada factor, dado que los coeficientes se ajustan en función de las unidades de cada variable y la intersección no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

Olor =

$$5.24282 * \text{Leche} * \text{Harina de Sangre de Pollo}$$

$$6.43681 * \text{Leche} * \text{Harina de Quinua Negra}$$

$$-9.1389 * \text{Lactosuero} * \text{Harina de Sangre de Pollo}$$

$$3.09214 * \text{Lactosuero} * \text{Harina de Quinua Negra}$$

$$17.66779 * \text{Leche} * \text{Lactosuero} * \text{Harina de Sangre de Pollo}$$

$$0.018222 * \text{Leche} * \text{Lactosuero} * \text{Harina de Quinua Negra}$$

$$1.23632 * \text{Leche} * \text{Harina de Sangre de Pollo} * \text{Harina de Quinua Negra}$$

$$36.23903 * \text{Lactosuero} * \text{Harina de Sangre de Pollo} * \text{Harina de Quinua Negra}$$

$$-57.80652 * \text{Leche} * \text{Lactosuero} * \text{Harina de Sangre de Pollo} * \text{Harina de Quinua Negra}$$

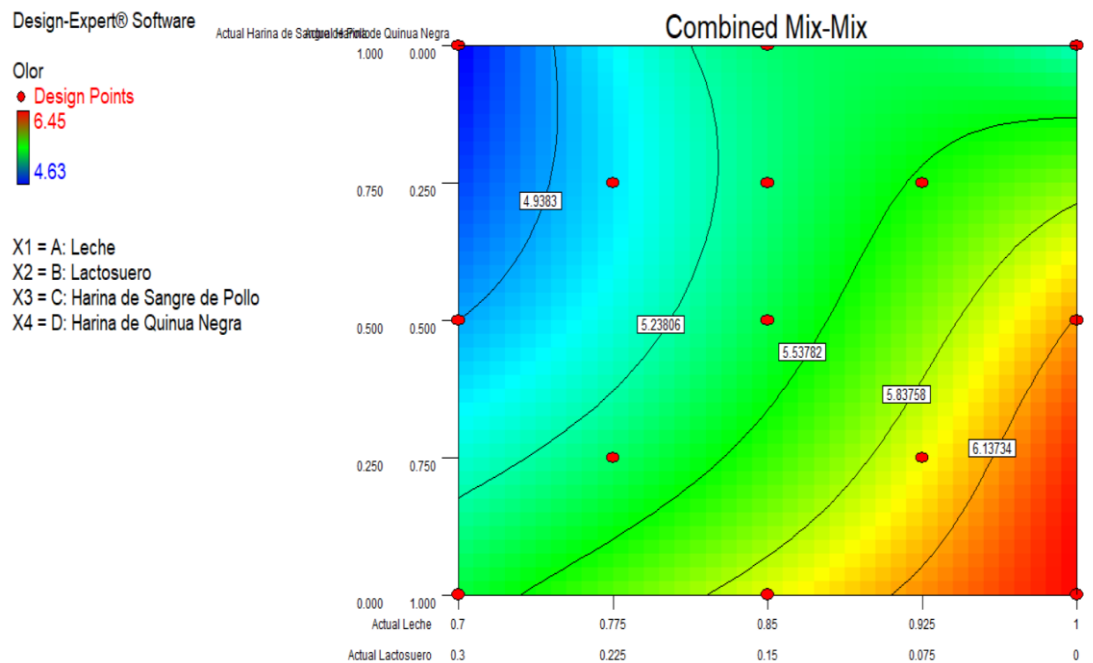


Figura 7. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Olor

En la figura 7 se observa el gráfico de contorno para el atributo Olor con respecto a la combinación de la combinación: mezcla 1 (leche con lactosuero) y mezcla 2 (Harina de Sangre de Pollo con Harina de Quinua Negra); siendo la mayor aceptabilidad en Olor la región roja (puntaje máximo 6.45), correspondiente a la Formulación 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%). Por otro lado, la menor aceptabilidad en Olor, fue la región azul (puntaje mínimo de 4.63), correspondiente a la Formulación 5 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%), 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

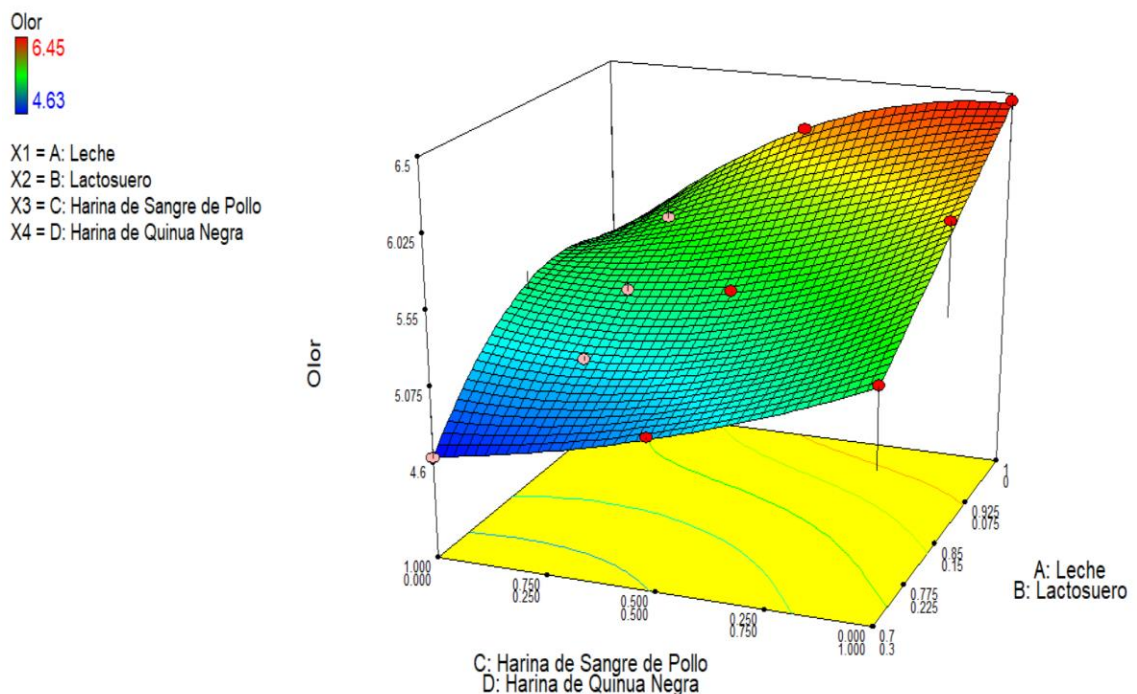


Figura 8. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Olor

En la figura 8 se observa que el gráfico superficie respuesta del atributo Olor del yogur formulado con la combinación: mezcla 1 (leche – lactosuero) y mezcla 2: (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra). Se representa un gráfico tridimensional que exhibe diversas tonalidades, indicando con el color rojo los niveles

superiores del atributo de Olor, con el color verde los niveles intermedios, y con el color azul los niveles inferiores. Se obtuvo la mayor puntuación del atributo de Olor fue la Formulación N° 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%), mientras que la menor puntuación obtuvo la Formulación N°5 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%), 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

2.1.2.2. Evaluación Sensorial del Color

Tabla 18. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado

Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 1	Mezcla 2	Adjusted	Predicted	
Leche: Lactosuero	Harina de Sangre de Pollo: Harina de Quinua Negra			R- Squared	R- Squared	
M	M					
M	L		0.0096	0.3942	0.2604	
M	Q		0.8005	0.3431	0.096	
M	C		0.9645	0.2775	0.0018	
M	M					
L	M	0.0149		0.352	0.171	
<u>L</u>	<u>L</u>	<u>0.0006</u>	<u>0.0005</u>	<u>0.8332</u>	<u>0.7035</u>	<u>Suggested</u>
L	Q	0.0008	0.125	0.876	0.6962	
L	C	0.005	0.5304	0.8662	0.6399	
L	M					
Q	M	0.5319		0.3189	0.0054	
Q	L	0.4292	0.0024	0.8312	0.3091	
Q	Q	0.1182	0.057	0.9328	-1.2648	
Q	C	0.0576	0.103	0.9883		
Q	M					
C	M	0.8503		0.2536	-0.0732	
C	L	0.5936	0.0125	0.8109	0.1714	
C	Q	* 0.2704	* 0.0711	0.9532	-8.416	Aliased
C	C	* 0.6041	* 0.3324	0.9845	Aliased	

Abreviaturas de pedidos en la tabla de resumen de ajuste:

M = Media

L = Lineal

Q = Cuadrático

C = Cúbico

En la tabla 18 se muestra la acorde a los resultados del coeficiente de correlación (R^2) existen dos modelos sugeridos para la combinación, son lineal vs lineal; siendo 0.8332.

Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Color

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F
Modelo	3.2400	3	1.0800	22.6400	< 0.0001
Mezcla Linear x Linear	3.2400	3	1.0800	22.6400	< 0.0001
Residual	0.4800	10	0.0480		
Total	3.7200	13			

En la tabla 19 se aprecia el análisis de variación correspondiente al atributo de color. El valor F del modelo, que alcanza 22.640, señala la relevancia del modelo, con tan solo un 0.05% de posibilidad de que un valor F carezca de importancia y que su origen esté relacionado con otras características. Esta circunstancia se debe a que el p-valor es menor que 0.05.

Tabla 20. Coeficientes estadísticos para el atributo Color

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.22	R-cuadrado	0.8717
Mean	5.39	R ² -ajustada	0.8332
C.V. %	4.06	R ² - previsto	0.7035
PRESS	1.1	Predicción adecuada	16.068

En la tabla 20 se exhibe el valor de R^2 relativo al atributo de Color, el cual se registra como 0.8717 con base en los datos recopilados a través del programa Design Expert v.7.0. Un R^2 anticipado de 0.7035 se muestra como adecuado, dado que el modelo explica aproximadamente el 4.06% de la variación, lo que resulta razonable.

En la siguiente formula, se proporciona una descripción pormenorizada del modelo matemático al cual se adaptan los datos, con el propósito de lograr un adecuado tono de color en el yogur. En esta instancia, es imperativo que los niveles se especifiquen en las unidades originales de cada variable. No obstante, es fundamental destacar que esta ecuación no resulta idónea para evaluar la influencia relativa de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan para adecuarse a las unidades de cada variable, y la intersección no se sitúa en el centro del espacio de diseño.

$$\begin{aligned} \text{Color} &= \\ 5.23073 & * \text{Leche} * \text{Harina de Sangre de Pollo} \\ 6.50185 & * \text{Leche} * \text{Harina de Quinoa Negra} \\ 3.21252 & * \text{Lactosuero} * \text{Harina de Sangre de Pollo} \\ 2.35815 & * \text{Lactosuero} * \text{Harina de Quinoa Negra} \end{aligned}$$

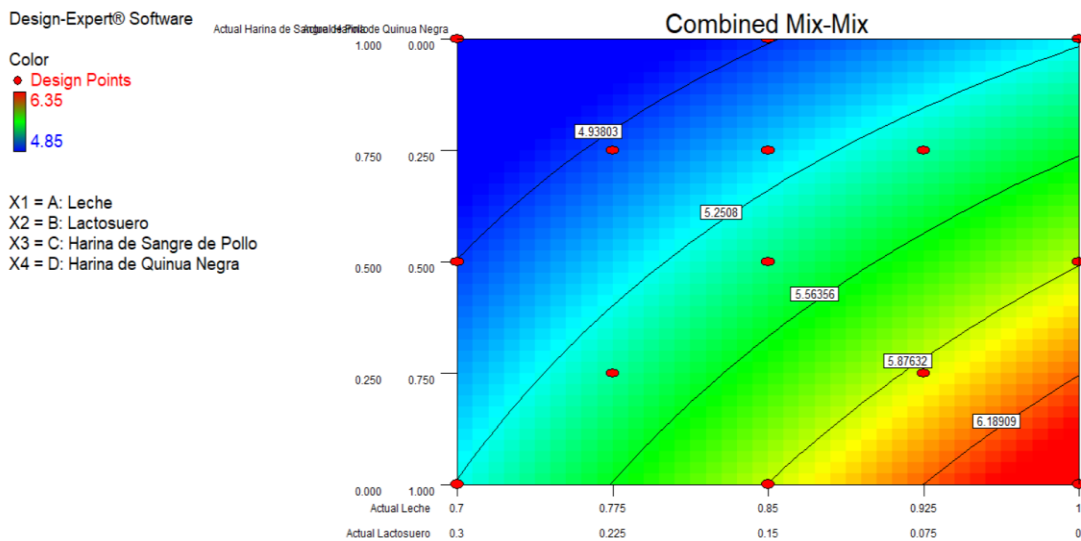


Figura 9. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para el atributo Color

En la figura 9 se observa el grafico de contorno para el atributo Color con respecto a la combinación de las mezclas: mezcla 1 (leche con lactosuero) y mezcla 2 (Harina de Sangre de Pollo con Harina de Quinoa Negra); siendo la mayor aceptabilidad en Color la región roja

(puntaje máximo 6.35), correspondiente a la Formulación 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%), encontrándose los mayores valores en la región roja. Por otro lado, la menor aceptabilidad se encontró en la región azul (puntaje mínimo de 4.87), correspondiente a la Formulación 5 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%), 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

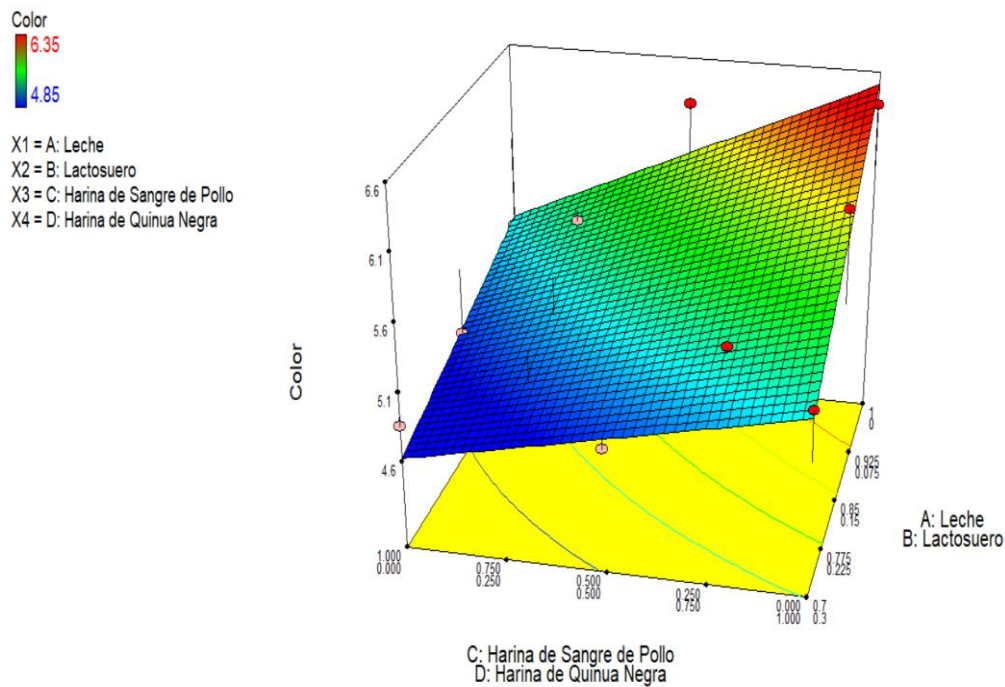


Figura 10. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para el atributo Color

En la figura 10 se observa que el gráfico superficie respuesta del atributo Color del yogur formulado con la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra). Se representa un gráfico tridimensional que exhibe diversas tonalidades, indicando con el color rojo los niveles superiores del atributo de color, con el color verde los niveles intermedios, y con el color azul los niveles inferiores. También se observa que la mayor puntuación del atributo de Color fue la

Formulación N° 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%), mientras que la menor puntuación obtuvo la Formulación N°5 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%), 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

2.1.2.3. Evaluación Sensorial del Sabor

Tabla 21. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado

Mezcla 1	Mezcla 2	Mix 1	Mix 2	Adjusted	Predicted	
Leche: Lactosuero	Harina de Sangre de Pollo: Harina de Quinua Negra			R- Squared	R- Squared	
M	M					
M	L		0.0016	0.5424	0.4503	
M	Q		0.5906	0.5144	0.3567	
M	C		0.7229	0.4729	0.2496	
M	M					
L	M	0.0307		0.2775	0.013	
L	L	0.0004	< 0.0001	0.8841	0.7244	
<u>L</u>	<u>Q</u>	<u>0.0002</u>	<u>0.0335</u>	<u>0.938</u>	<u>0.7855</u>	<u>Suggested</u>
L	C	0.002	0.6245	0.9294	0.7467	
L	M					
Q	M	0.8277		0.2153	-0.227	
Q	L	0.3737	0.0003	0.8867	0.4601	
Q	Q	0.4175	0.1072	0.9411	0.4887	
Q	C	0.5166	0.5794	0.9354		
Q	M					
C	M	0.6052		0.1607	-0.3196	
C	L	0.3958	0.0019	0.8891	0.4862	
C	Q	* 0.6302	* 0.2820	0.9279	-6.8028	Aliased
C	C	* 0.4426	* 0.4949	0.947	Aliased	

Abreviaturas de pedidos en la tabla de resumen de ajuste:

M = Media

L = Lineal

Q = Cuadrático

C = Cúbico

En la tabla 21 se muestra la acorde a los resultados del coeficiente de correlación (R2) existen un modelo sugerido para la combinación, pudiendo ser lineal vs cuadrática; siendo 0.938.

Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Sabor

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F
Model	3.9900	5	0.8000	40.3600	< 0.0001 significant
Linear x	3.7800	3	1.2600	63.7000	< 0.0001
Linear Mixture					
ACD	0.2100	1	0.2100	10.4400	0.012
BCD	0.0360	1	0.0360	1.8300	0.2133
Residual	0.1600	8	0.0200		
Cor Total	4.1500	13			

En la tabla 22 se examina el análisis de variación relacionado con el atributo de sabor. El valor F del modelo, que asciende a 40.3600, indica la relevancia del modelo, con tan solo un 0.05% de posibilidad de que un valor F carezca de importancia y que su origen esté vinculado a otras características. Este fenómeno se debe al hecho de que el p-valor es inferior a 0.05.

Tabla 23. Coeficientes estadísticos para el atributo Sabor

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.14	R-cuadrado	0.9619
Mean	5.37	R ² -ajustada	0.938
C.V. %	2.62	R ² - previsto	0.7855
PRESS	0.89	Predicción adecuada	19.373

En la tabla 23 se exhibe el valor de R² referente al atributo de Sabor, el cual se registra como 0.9619 en base a los datos obtenidos mediante el programa Design Expert v.7.0. Un R² anticipado de 0.7855 se muestra como adecuado, teniendo en cuenta que el modelo explica aproximadamente el 2.62% de la variación, lo cual resulta razonable.

En la siguiente ecuación, se presenta una descripción detallada del modelo matemático al que se ajustan los datos, con el fin de lograr un sabor apropiado en el yogur. En este contexto, es fundamental que los niveles se especifiquen en las unidades originales correspondientes a cada factor. No obstante, es importante destacar que esta ecuación no resulta idónea para evaluar la influencia relativa de cada factor, ya que los coeficientes se adaptan para adecuarse a las unidades de cada variable, y la intersección no se ubica en el centro del espacio de diseño.

$$\begin{aligned}
 \text{Sabor} = & \\
 & 5.0696 \quad * \text{ Leche } * \text{ Harina de Sangre de Pollo} \\
 & 6.20008 \quad * \text{ Leche } * \text{ Harina de Quinua Negra} \\
 & 2.89297 \quad * \text{ Lactosuero } * \text{ Harina de Sangre de Pollo} \\
 & 4.196 \quad * \text{ Lactosuero } * \text{ Harina de Quinua Negra} \\
 & 1.87688 \quad * \text{ Leche } * \text{ Harina de Sangre de Pollo } * \text{ Harina de Quinua} \\
 & \text{ Negra} \\
 & -6.99701 \quad * \text{ Lactosuero } * \text{ Harina de Sangre de Pollo } * \text{ Harina de} \\
 & \text{ Quinua Negra}
 \end{aligned}$$

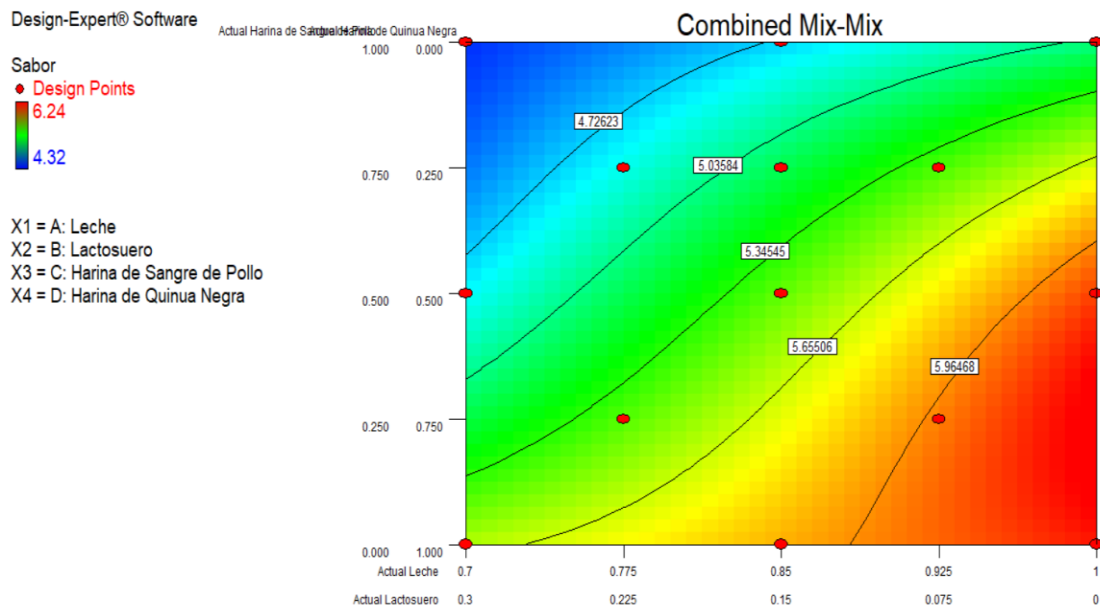


Figura 11. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Sabor

En la figura 11 se presenta el gráfico de contorno para el atributo sabor con respecto a la combinación: mezcla 1 (leche: lactosuero) y mezcla 2 (Harina de Sangre de Pollo: Harina de Quinoa Negra); encontrándose la mayor aceptabilidad de sabor representada con la región roja (puntaje máximo de 6.24) correspondiente a la Formulación 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%). Por otro lado, la menor aceptabilidad se representó en la región azul (puntaje mínimo de 4.32), correspondiente a la Formulación 5 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%), 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

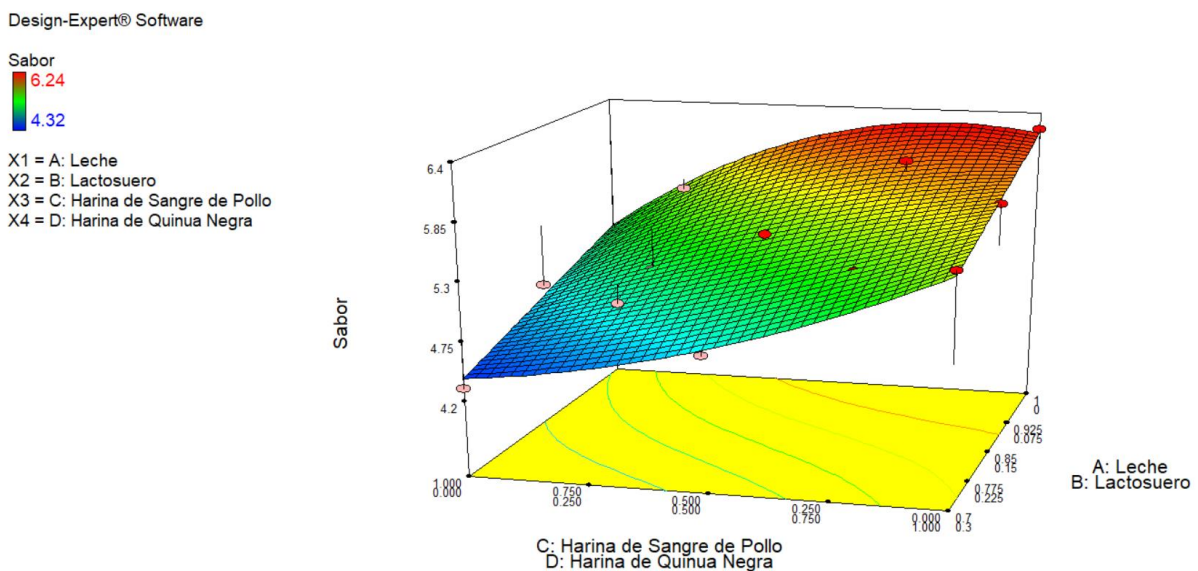


Figura 12. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para el atributo Sabor

En la figura 12 se observa que el gráfico superficie respuesta del atributo sabor del yogur formulado con la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra). Se representa un gráfico tridimensional que exhibe diversas tonalidades, indicando con el color rojo los niveles

superiores del atributo sabor, con el color verde los niveles intermedios, y con el color azul los niveles inferiores. También se observa que la mayor puntuación del atributo de sabor fue la Formulación N° 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%), mientras que la menor puntuación obtuvo la Formulación N°5 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%), 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

2.1.2.4. Evaluación Sensorial del Textura

Tabla 24. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado para el atributo textura

Mezcla 1	Mezcla 2	Mix 1	Mix 2	Adjusted	Predicted	
Leche: Lactosuero	Harina de Sangre de Pollo: Harina de Quinua Negra			R- Squared	R- Squared	
M	M					
M	L		0.0649	0.1939	-0.0277	
M	Q		0.952	0.1209	-0.2262	
M	C		0.8234	0.0381	-0.4795	
M	M					
L	M	0.0023		0.5142	0.3421	
<u>L</u>	<u>L</u>	<u>0.0001</u>	<u>0.0016</u>	<u>0.8383</u>	<u>0.7367</u>	Suggested
L	Q	0.0009	0.5224	0.8282	0.6307	
L	C	0.008	0.7556	0.7913	0.4011	
L	M					
Q	M	0.7568		0.4748	0.1897	
Q	L	0.6048	0.0082	0.8218	0.561	
Q	Q	0.8413	0.7931	0.7641	-2.0723	
Q	C	0.7387	0.6662	0.694		
Q	M					
C	M	0.2347		0.502	0.2286	
C	L	0.0597	0.0051	0.9071	0.813	
C	Q	* 0.2783	* 0.9498	0.8324	-11.7286	Aliased
C	C	* 0.0695	* 0.1202	0.9927	Aliased	

Abreviaturas de pedidos en la tabla de resumen de ajuste:

M = Media

L = Lineal
 Q = Cuadrático
 C = Cúbico

En la tabla 24 se muestra la acorde a los resultados del coeficiente de correlación (R2) existen el modelo sugerido para la combinación, pudiendo ser lineal vs lineal siendo 0.8383.

Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Textura

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F
Modelo	2.4600	3	0.8200	23.4700	< 0.0001 significant
Mezcla Lineal x Lineal	2.4600	3	0.8200	23.4700	< 0.0001
Residual	0.3500	10	0.0350		
Cor Total	2.8100	13			

En la tabla 25 se examina el análisis de variación relacionado con el atributo de textura. El valor F del modelo, que se registra como 23.470, indica la importancia del modelo, con tan solo un 0.05% de probabilidad de que un valor F carezca de relevancia y que su origen esté vinculado a otras características. Esta situación se debe al hecho de que el p-valor es inferior a 0.05.

Tabla 26. Coeficientes estadísticos para el atributo Textura

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.1	R-cuadrado	0.9833
Mean	5.48	R ² -ajustada	0.9567
C.V. %	1.87	R ² - previsto	0.3922
PRESS	1.92	Predicción adecuada	21.836

En la tabla 26 se presenta el valor de R^2 relacionado con el atributo de Textura, que se registra como 0.983 de acuerdo a los datos obtenidos en el programa Design Expert v.7.0. Un R^2 estimado de 0.3922 se muestra como adecuado, dadas las circunstancias en las que el modelo explica aproximadamente el 1.92% de la variación, lo que resulta razonable.

En la siguiente ecuación, se proporciona una descripción pormenorizada del modelo matemático al que se adaptan los datos con el propósito de lograr una Textura adecuada en el yogur. En este contexto, es esencial que los niveles se especifiquen en las unidades originales correspondientes a cada factor. No obstante, es importante destacar que esta ecuación no resulta idónea para evaluar la influencia relativa de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan para adecuarse a las unidades de cada variable, y la intersección no se ubica en el centro del espacio de diseño.

$$\begin{aligned} \text{Textura} &= \\ 5.36703 & * \text{Leche} * \text{Harina de Sangre de Pollo} \\ 6.42265 & * \text{Leche} * \text{Harina de Quinua Negra} \\ 3.64462 & * \text{Lactosuero} * \text{Harina de Sangre de Pollo} \\ 1.86887 & * \text{Lactosuero} * \text{Harina de Quinua Negra} \end{aligned}$$

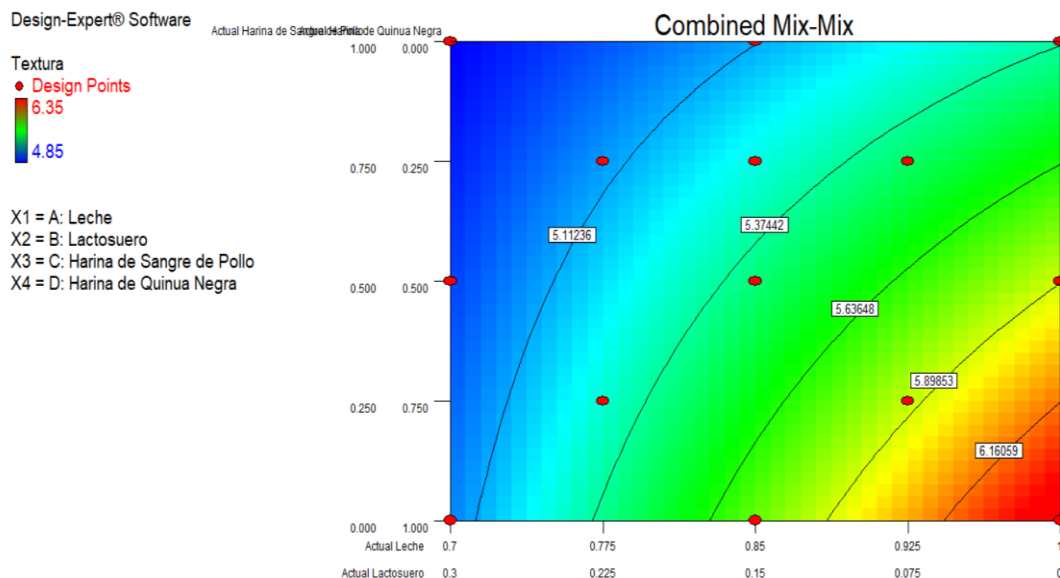


Figura 13. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para el atributo Textura

En la figura 13 se presenta el grafico de contorno para el atributo del Olor con respecto a la combinación de las mezclas: mezcla 1 (leche con lactosuero) y mezcla 2 (Harina de Sangre de Pollo con Harina de Quinoa Negra); encontrándose la mayor aceptabilidad de textura en la región roja (puntaje máximo de 6.35) correspondiente a la Formulación 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%). Por otro lado, la menor aceptabilidad en la región azul (puntaje mínimo de 4.85), correspondiente a la Formulación 5 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%), 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

Textura
6.35
4.85

X1 = A: Leche
X2 = B: Lactosuero
X3 = C: Harina de Sangre de Pollo
X4 = D: Harina de Quinoa Negra

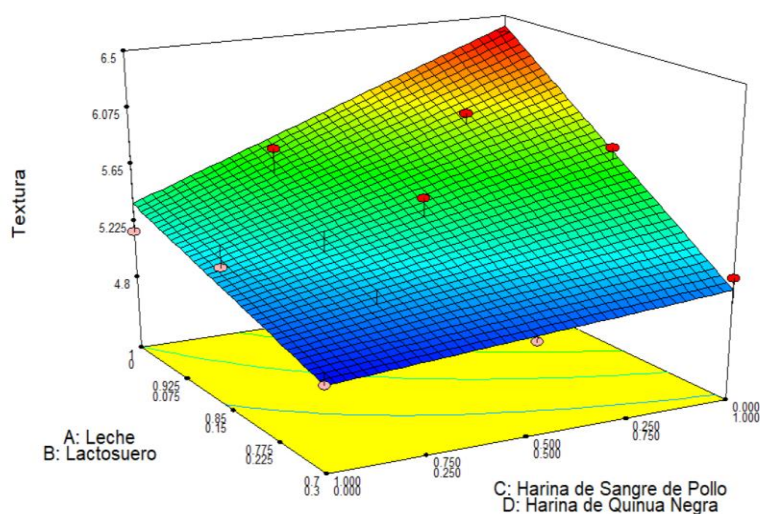


Figura 14. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para el atributo Textura

En la figura 14 se observa que el gráfico superficie respuesta del atributo Textura del yogur formulado con la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra). Se representa un gráfico tridimensional que exhibe diversas tonalidades, indicando con el color rojo los niveles superiores del atributo textura, con el color verde los niveles intermedios, y con el color azul los niveles inferiores. También se observa que la mayor puntuación del atributo de textura fue la Formulación N° 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinoa negra (100%), mientras que la menor puntuación obtuvo la Formulación N°5 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%), 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

2.1.2.5. Evaluación Sensorial del Aceptabilidad General

Tabla 27. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado para el atributo aceptabilidad general

Mezcla 1	Mezcla 2	Mix 1	Mix 2	Adjusted	Predicted	
Leche: Lactosuero	Harina de Sangre de Pollo: Harina de Quinua Negra			R- Squared	R- Squared	
M	M					
M	L		0.0103	0.3878	0.2497	
M	Q		0.9685	0.3323	0.0869	
M	C		0.7779	0.2716	-0.0443	
M	M					
L	M	0.007		0.4236	0.217	
L	L	< 0.0001	< 0.0001	0.9006	0.7784	
<u>L</u>	<u>Q</u>	<u>< 0.0001</u>	<u>0.0318</u>	<u>0.9475</u>	<u>0.8513</u>	<u>Suggeste d</u>
L	C	0.0004	0.4841	0.9451	0.8384	
L	M					
Q	M	0.9355		0.3716	0.017	
Q	L	0.8198	0.0008	0.8818	0.4138	
Q	Q	0.3736	0.0577	0.9527	0.2898	
Q	C	0.2173	0.231	0.981		
Q	M					
C	M	0.6164		0.3268	-0.0378	
C	L	0.473	0.0048	0.8772	0.4298	
C	Q	* 0.6083	* 0.1743	0.9434	-8.0517	Aliased
C	C	* 0.0534	* 0.0396	0.9997		Aliased

Abreviaturas de pedidos en la tabla de resumen de ajuste:

M = Media

L = Lineal

Q = Cuadrático

C = Cúbico

En la tabla 27 se muestra la acorde a los resultados del coeficiente de correlación (R²) existen un modelo sugerido para la combinación, lineal vs cuadrático; siendo 0.9475.

Tabla 28. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Aceptabilidad General

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	3.2200	5	0.6400	47.9400	< 0.0001	significativo
Mezcla Lineal x Lineal	3.0700	3	1.0200	76.2600	< 0.0001	
ACD	0.0990	1	0.0990	7.3800	0.0264	
BCD	0.0870	1	0.0870	6.4600	0.0346	
Residual	0.1100	8	0.0130			
Cor Total	3.3200	13				

En la tabla 28 se evidencia el análisis de variación concerniente al atributo aceptabilidad general. El valor F del modelo, que asciende a 47.940, señala la importancia del modelo, con una probabilidad de tan solo el 0.05% de que un valor F carezca de relevancia y que su origen esté relacionado con otras características. Este hecho se debe al hecho de que el p-valor es inferior a 0.05.

Tabla 29. Coeficientes estadísticos para el atributo Aceptabilidad General

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.12	R-cuadrado	0.9677
Mean	5.44	R ² -ajustada	0.9475
C.V. %	2.13	R ² - previsto	0.8513
PRESS	0.49	Predicción adecuada	20.971

En la tabla 29 se presenta el valor de R² correspondiente al atributo de Aceptabilidad en general, el cual se registra como 0.9677 según los datos obtenidos a través del programa Design Expert v.7.0. Un R² anticipado de 0.8513 se muestra como apropiado, teniendo en cuenta que el modelo explica aproximadamente el 2.13% de la variación, lo cual resulta razonable.

En la siguiente ecuación, se presenta una descripción detallada del modelo matemático al que se ajustan los datos con el fin de lograr una Aceptabilidad General adecuada en el yogur. En esta situación,

es imperativo que los niveles se especifiquen en las unidades originales correspondientes a cada factor. No obstante, es importante señalar que esta ecuación no resulta idónea para evaluar la influencia relativa de cada factor, ya que los coeficientes se adaptan para ajustarse a las unidades de cada variable, y la intersección no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

Aceptabilidad General =

- 5.22162 * Leche * Harina de Sangre de Pollo
- 6.37034 * Leche * Harina de Quinoa Negra
- 3.7494 * Lactosuero * Harina de Sangre de Pollo
- 3.20401 * Lactosuero * Harina de Quinoa Negra
- 1.29957 * Leche * Harina de Sangre de Pollo * Harina de Quinoa Negra
- 7.08597 * Lactosuero * Harina de Sangre de Pollo * Harina de Quinoa Negra.

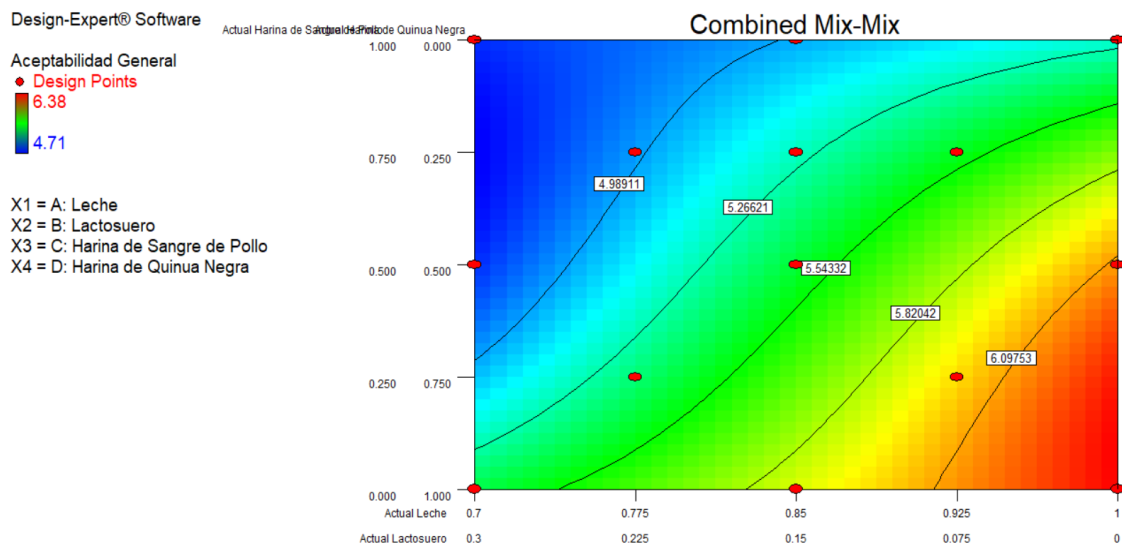


Figura 15. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para el atributo Aceptabilidad General

En la figura 15 se presenta el grafico de contorno para el atributo del Aceptabilidad General con respecto a la combinación de las mezclas:

mezcla 1 (leche con lactosuero) y mezcla 2 (Harina de Sangre de Pollo con Harina de Quinua Negra); en la cual podemos observar que la parte roja es la que tiene mayor aceptabilidad de Aceptabilidad General con un puntaje de 6.38 correspondiente a la Formulación 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%). Por otro lado, la parte azul representa la menor aceptabilidad con un puntaje de 4.71, correspondiente a la Formulación 5 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%), 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

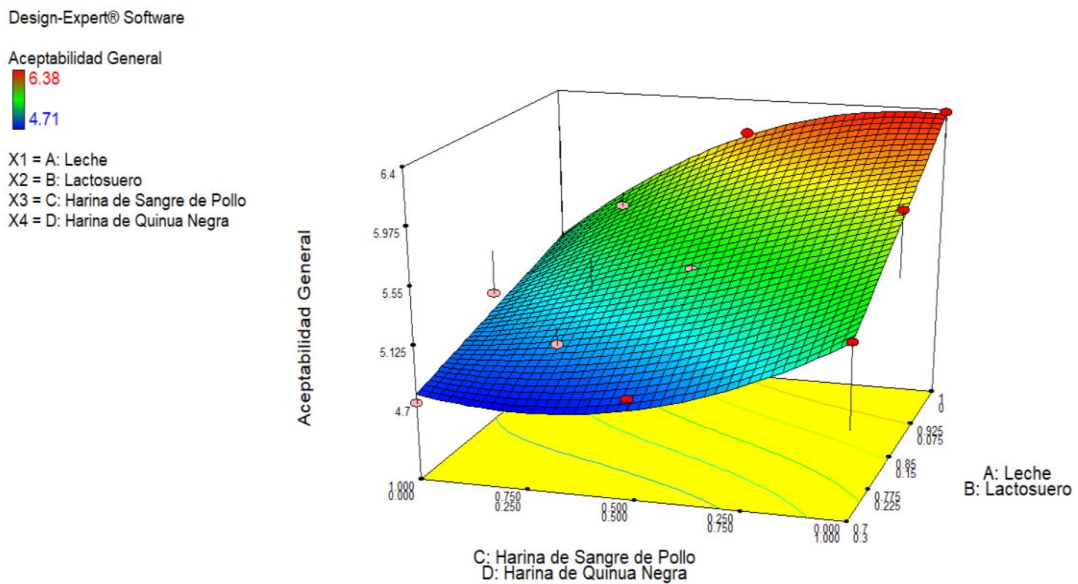


Figura 16. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para el atributo Aceptabilidad general

En la figura 16 se observa que el gráfico superficie respuesta del atributo Aceptabilidad General del yogur formulado con la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra). Se representa un gráfico tridimensional que exhibe diversas tonalidades, indicando con el color rojo los niveles superiores del atributo de aceptabilidad general, con el color verde los niveles intermedios, y con el color azul los niveles inferiores. También se observa que la mayor puntuación del atributo

de Aceptabilidad general fue la Formulación N° 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%), mientras que la menor puntuación obtuvo la Formulación N°5 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%), 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

2.1.3. Evaluación Físicoquímica del Yogurt formulado con sustitución parcial de leche con lactosuero

2.1.3.1. pH

Tabla 30. Tabla de resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado para pH

Mezcla 1	Mezcla 2	Mix 1	Mix 2	Adjusted	Predicted	
Leche: Lactosuero	Harina de Sangre de Pollo: Harina de Quinua Negra			R- Squared	R- Squared	
M	M					
M	L		0.7517	-0.074	-0.4308	
M	Q		0.8495	-0.1676	-0.7724	
M	C		0.9463	-0.2837	-1.004	
M	M					
L	M	< 0.0001		0.9381	0.9137	
L	L	< 0.0001	0.0876	0.9544	0.8852	
L	Q	< 0.0001	0.6368	0.949	0.7575	
L	C	0.0001	0.8593	0.9354	0.6598	
L	M					
Q	M	0.127		0.9459	0.9132	
<u>Q</u>	<u>L</u>	<u>0.0107</u>	<u>0.0082</u>	<u>0.9816</u>	<u>0.9586</u>	<u>Suggeste</u> <u>d</u>
Q	Q	0.0739	0.6992	0.9774	0.7722	
Q	C	0.0943	0.2377	0.9906		
Q	M					
C	M	0.7665		0.941	0.9034	
C	L	0.653	0.0338	0.9788	0.9343	
C	Q	* 0.6976	* 0.7452	0.9704	0.0277	Aliased
C	C	* 0.4724	* 0.3100	0.9915		Aliased

Abreviaturas de pedidos en la tabla de resumen de ajuste:

M = Media

L = Lineal

Q = Cuadrático

C = Cúbico

En la tabla 30 se muestra la acorde a los resultados del coeficiente de correlación (R^2) existen un modelo sugerido para la combinación, pudiendo ser lineal vs cuadrática; siendo 0.9816.

Tabla 31. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Modelo	0.2700	5	0.0530	140.0000	< 0.0001	significativo
Mezcla Lineal x Lineal	0.2600	3	0.0860	227.7200	< 0.0001	
ABC	0.0063	1	0.0063	16.5300	0.0036	
ABD	0.0001	1	0.0001	0.3200	0.5865	
Residual	0.0030	8	0.0004			
Cor Total	0.2700	13				

En la tabla 31 se visualiza el análisis de variabilidad en relación al pH. El valor F del modelo, que asciende a 140.00, indica la relevancia del modelo, con una probabilidad del 0.05% de que un valor F carezca de importancia y que su origen esté relacionado con otras características. Este fenómeno se debe al hecho de que el p-valor es inferior a 0.05.

Tabla 32. Coeficientes estadísticos para el pH

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.019	R-cuadrado	0.9887
Mean	3.35	R^2 -ajustada	0.9816
C.V. %	0.58	R^2 - previsto	0.9586
PRESS	0.011	Predicción adecuada	35.677

En la tabla 32 se exhibe el valor de R^2 relativo al pH, que se registra como 0.988 con base en los datos obtenidos a través del programa Design Expert v.7.0. Un R^2 anticipado de 0.958 se muestra como

adecuado, teniendo en cuenta que el modelo explica aproximadamente el 0.58% de la variación, lo que resulta razonable.

En la siguiente formula, se presenta una descripción detallada del modelo matemático al que se adaptan los datos con el objetivo de lograr un nivel de pH apropiado en el yogur. En esta situación, es esencial que se especifiquen los niveles en las unidades originales correspondientes a cada variable. Sin embargo, es crucial destacar que esta ecuación no es adecuada para evaluar la influencia relativa de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan para adaptarse a las unidades de cada variable, y la intersección no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

$$\begin{aligned}
 \text{pH} = & \\
 & 3.13739 \quad * \text{ Leche } * \text{ Harina de Sangre de Pollo} \\
 & 3.15375 \quad * \text{ Leche } * \text{ Harina de Quinoa Negra} \\
 & 1.82348 \quad * \text{ Lactosuero } * \text{ Harina de Sangre de Pollo} \\
 & 4.97142 \quad * \text{ Lactosuero } * \text{ Harina de Quinoa Negra} \\
 & 3.41115 \quad * \text{ Leche } * \text{ Lactosuero } * \text{ Harina de Sangre de Pollo} \\
 & -0.50903 \quad * \text{ Leche } * \text{ Lactosuero } * \text{ Harina de Quinoa Negra}
 \end{aligned}$$

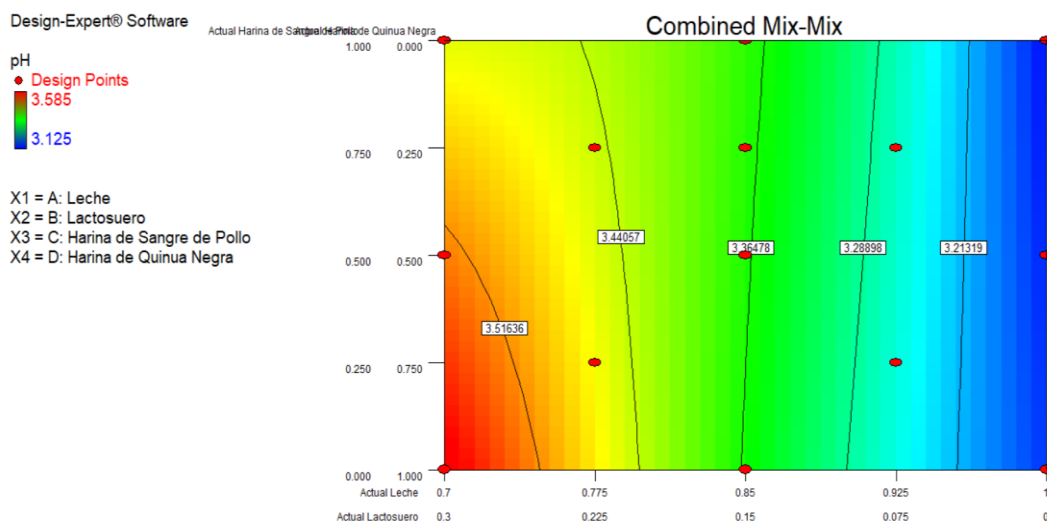


Figura 17. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para el pH

En la figura 17 se presenta el gráfico de contorno para el pH con respecto a la combinación de: mezcla 1 (leche con lactosuero) y mezcla 2 (Harina de Sangre de Pollo con Harina de Quinoa Negra); representando el mayor valor de pH en la región roja (puntaje de 3.585) correspondiente a la Formulación 1 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%) y 23 g de harina de quinua negra (100%). Por otro lado, la parte azul representa el menor valor de pH con un puntaje de 3.125, correspondiente a la Formulación 6 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

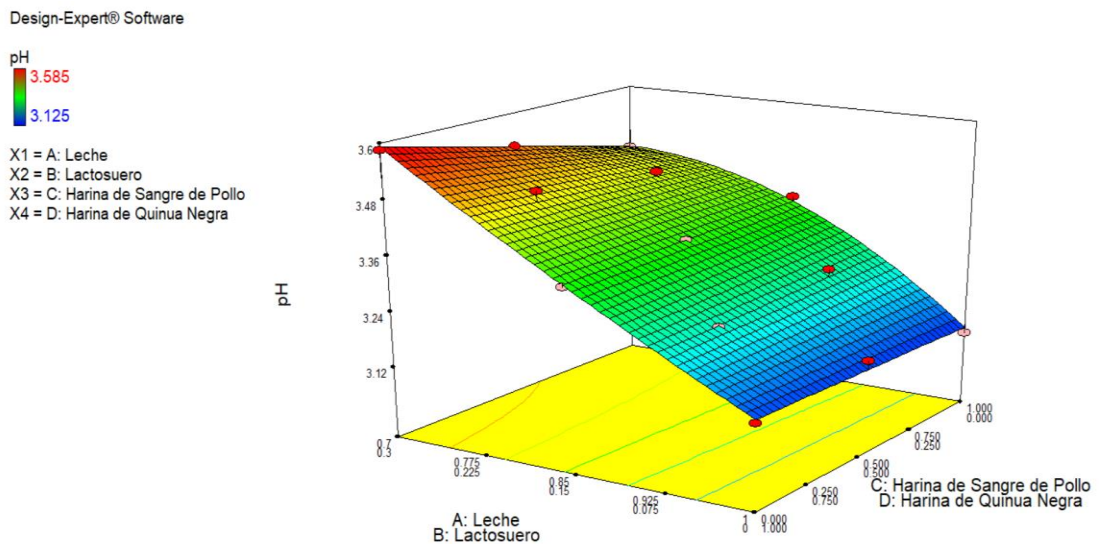


Figura 18. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para el pH

En la figura 18 se observa que el gráfico superficie respuesta del pH del yogur formulado con la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra). Se representa un gráfico tridimensional que exhibe diversas tonalidades, indicando con el color rojo los niveles superiores del pH, con el color verde los niveles intermedios, y con el color azul los niveles inferiores. También se observa que el mayor valor del pH fue

la Formulación 1 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%) y 23 g de harina de quinua negra (100%), mientras que el menor valor de pH obtuvo la Formulación 6 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

2.1.3.2. Acidez

Tabla 33. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado para Acidez

Mezcla 1	Mezcla 2	Mix 1	Mix 2	Adjusted	Predicted	
Leche: Lactosuero	Harina de Sangre de Pollo: Harina de Quinua Negra			R- Squared	R- Squared	
M	M					
M	L		0.8501	-0.08	-0.4219	
M	Q		0.9538	-0.1778	-0.7865	
M	C		0.9192	-0.2942	-0.945	
M	M					
L	M	< 0.0001		0.9264	0.9089	
L	L	< 0.0001	0.7887	0.9158	0.8735	
L	Q	< 0.0001	0.9758	0.8954	0.6783	
L	C	0.0006	0.5682	0.8845	0.55	
L	M					
<u>Q</u>	<u>M</u>	<u>0.0166</u>		<u>0.9534</u>	<u>0.9405</u>	<u>Suggeste</u>
						<u>d</u>
Q	L	0.0359	0.4184	0.9542	0.8921	
Q	Q	0.1288	0.7525	0.9412	-0.8096	
Q	C	0.3223	0.5546	0.9387		
Q	M					
C	M	0.127		0.9599	0.9425	
C	L	0.0403	0.0941	0.9791	0.8947	
C	Q	* 0.0661	* 0.3518	0.984	-2.0536	Aliased
C	C	* 0.1463	* 0.3636	0.9936		Aliased

Abreviaturas de pedidos en la tabla de resumen de ajuste:

M = Media

L = Lineal

Q = Cuadrático

C = Cúbico

En la tabla 33 se muestra la acorde a los resultados del coeficiente de correlación (R^2) existen un modelo sugerido para la combinación, pudiendo ser lineal vs cuadrática; siendo 0.9534. Del mismo modo, se observa que mezcla harina de sangre de pollo con harina de quinua no tiene significancia sobre el valor de acidez.

Tabla 34. Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Modelo	0.0990	2	0.0490	134.0900	< 0.0001	significativo
Lineal x Medio Mixture	0.0960	1	0.0960	260.2100	< 0.0001	
AB	0.0029	1	0.0029	7.9600	0.0166	
Residual	0.0040	11	0.0004			
Cor Total	0.1000	13				

En la tabla 34 se registra el análisis de variación relacionado con la acidez. El valor F del modelo, que se sitúa en 134.00, señala la relevancia del modelo, con una probabilidad de tan solo el 0.05% de que un valor F carezca de importancia y que su origen esté vinculado a otras características. Esta situación se debe a que el p-valor es menor a 0.05.

Tabla 35. Coeficientes estadísticos para la acidez

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.019	R-cuadrado	0.9606
Mean	0.81	R ² -ajustada	0.9534
C.V. %	2.37	R ² - previsto	0.9405
PRESS	6.11E-03	Predicción adecuada	26.342

En la tabla 35 se exhibe el valor de R^2 en relación a la acidez, el cual se registra como 0.9606 basándose en los datos recopilados a través del programa Design Expert v.7.0. Un R^2 anticipado de 0.9405 se muestra como adecuado, teniendo en cuenta que el modelo explica aproximadamente el 2.37% de la variación, lo cual resulta razonable.

En la siguiente ecuación, se proporciona una descripción detallada del modelo matemático al que se adaptan los datos con el fin de lograr un nivel de acidez adecuado en el yogur. En este contexto, es esencial que los niveles se especifiquen en las unidades originales correspondientes a cada variable. No obstante, es importante destacar que esta ecuación no resulta apropiada para evaluar la influencia relativa de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan para adecuarse a las unidades de cada variable, y la intersección no se localiza en el centro del espacio de diseño.

$$\begin{aligned} \text{Acidez} = & \\ & +0.90954 * \text{Leche} \\ & -0.88534 * \text{Lactosuero} \\ & +1.45051 * \text{Leche} * \text{Lactosuero} \end{aligned}$$

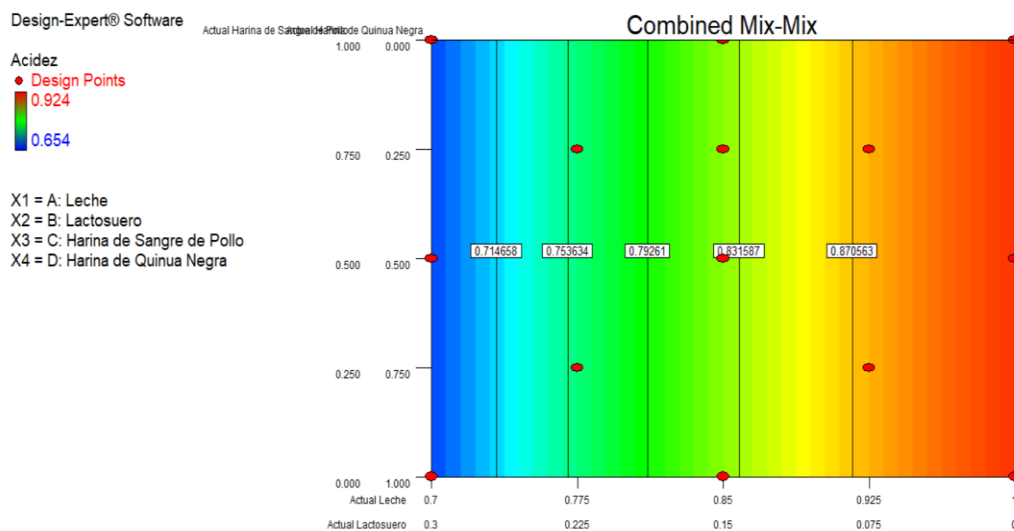


Figura 19. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para la acidez

En la figura 19 se presenta el grafico de contorno para la acidez con respecto a la combinación de las mezclas: mezcla 1 (leche con lactosuero) y mezcla 2 (Harina de Sangre de Pollo con Harina de Quinoa Negra); determinándose que el mayor valor de acidez se

encuentra en la región roja (puntaje de 0.924), correspondiente a la Formulación 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%). Por otro lado, el menor valor de acidez se encuentra en la región azul (puntaje de 0.654), correspondiente a la Formulación 12 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 130 ml de lactosuero (30%), 11.5 g de harina de sangre de pollo (50%) y 11.5 g de harina de quinua negra (50%).

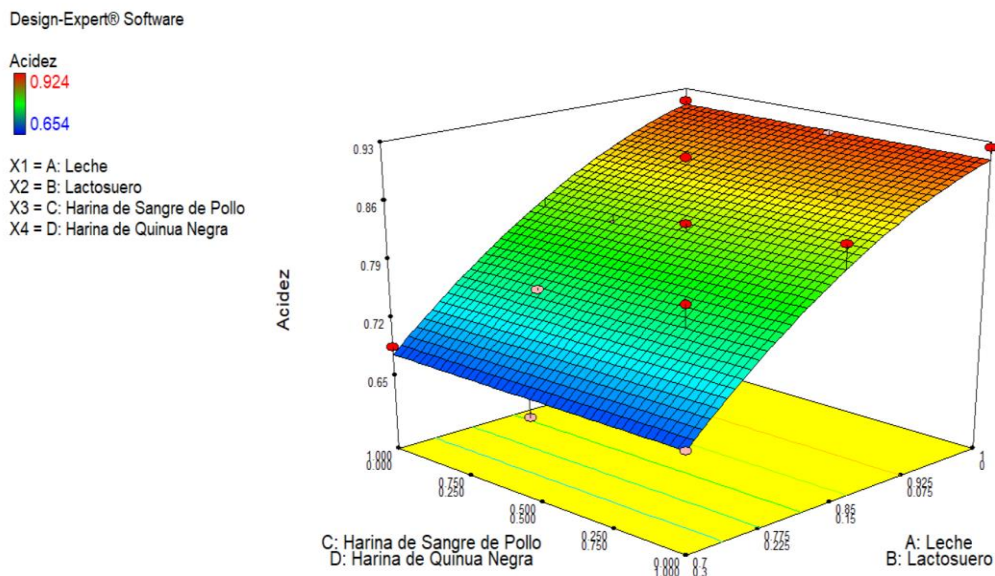


Figura 20. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra) para la acidez

En la figura 20 se observa que el gráfico superficie respuesta de la acidez del yogur formulado con la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinua Negra). Se representa un gráfico tridimensional que exhibe diversas tonalidades, indicando con el color rojo los niveles superiores de la Acidez, con el color verde los niveles intermedios, y con el color azul los niveles inferiores. También se observa que el mayor valor de la acidez fue la Formulación 7 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de quinua negra (100%), mientras que el menor valor de acidez obtuvo la Formulación 12 de yogur, que

contiene 322 ml de leche (70%), 130 ml de lactosuero (30%), 11.5 g de harina de sangre de pollo (50%) y 11.5 g de harina de quinua negra (50%).

2.1.3.3. °Brix

Tabla 36. Resumen de ajuste de mezcla de modelo combinado para ° Brix

Mezcla 1	Mezcla 2	Mix 1	Mix 2	Adjusted	Predicted	
Leche: Lactosuero	Harina de Sangre de Pollo: Harina de Quinua Negra			R- Squared	R- Squared	
M	M					
M	L		0.3413	-0.0014	-0.3028	
M	Q		0.9782	-0.0924	-0.6221	
M	C		0.9671	-0.2014	-0.8214	
M	M					
L	M	< 0.0001		0.9112	0.8897	
<u>L</u>	<u>L</u>	<u>< 0.0001</u>	<u>< 0.0001</u>	<u>0.9927</u>	<u>0.9836</u>	Suggeste d
L	Q	< 0.0001	0.3391	0.993	0.9671	
L	C	< 0.0001	0.5059	0.9926	0.961	
L	M					
Q	M	0.771		0.9039	0.8661	
Q	L	0.0517	< 0.0001	0.9956	0.9815	
Q	Q	0.0755	0.225	0.9969	0.8913	
Q	C	0.2121	0.439	0.9975		
Q	M					
C	M	0.7662		0.8953	0.8492	
C	L	0.0951	< 0.0001	0.9973	0.9872	
C	Q	* 0.0706	* 0.1105	0.9991	0.8739	Aliased
C	C	* 0.3310	* 0.6797	0.9988		Aliased

Abreviaturas de pedidos en la tabla de resumen de ajuste:

M = Media

L = Lineal

Q = Cuadrático

C = Cúbico

En la tabla 36 se muestra la acorde a los resultados del coeficiente

de correlación (R²) existen un modelo sugerido para la combinación, pudiendo ser lineal vs lineal; siendo 0.9927.

Tabla 37. Análisis de varianza (ANOVA) para los °Brix

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	6.9600	3	2.3200	588.9800	< 0.0001	significant
Linear x Linear Mixture	6.9600	3	2.3200	588.9800	< 0.0001	
Residual	0.0390	10	0.0039			
Cor Total	7.0000	13				

En la Tabla 37 se registra el análisis de variación para los ° Brix. El valor F del modelo, que alcanza 588.98, señala la importancia del modelo, con tan solo un 0.05% de posibilidad de que un valor F carezca de relevancia y que su origen esté vinculado a otras características. Este fenómeno se debe al hecho de que el p-valor es inferior a 0.05.

Tabla 38. Coeficientes estadísticos para los °Brix

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.063	R-cuadrado	0.9944
Mean	16.51	R ² -ajustada	0.9927
C.V. %	0.38	R ² - previsto	0.9836
PRESS	0.11	Predicción adecuada	73.249

En la tabla 38 se exhibe el valor de R² relacionado con los ° Brix, el cual se registra como 0.994 con base en los datos obtenidos a través del programa Design Expert v.7.0. Un R² anticipado de 0.983 se muestra como adecuado, teniendo en cuenta que el modelo explica aproximadamente el 0.38% de la variación, lo cual resulta razonable.

En la siguiente ecuación, se proporciona una explicación detallada del modelo matemático al cual se ajustan los datos para lograr un adecuado contenido de °Brix en el yogur. En esta instancia, es crucial

que los niveles se especifiquen en las unidades originales correspondientes a cada variable. No obstante, es importante destacar que esta ecuación no es idónea para evaluar la influencia relativa de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan para adaptarse a las unidades de cada variable, y la intersección no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

$$\begin{aligned}
 \text{°Brix} &= \\
 15.25995 &* \text{Leche} * \text{Harina de Sangre de Pollo} \\
 15.86794 &* \text{Leche} * \text{Harina de Quinoa Negra} \\
 21.86919 &* \text{Lactosuero} * \text{Harina de Sangre de Pollo} \\
 22.03013 &* \text{Lactosuero} * \text{Harina de Quinoa Negra} * \text{Harina de Quinoa} \\
 &\text{Negra}
 \end{aligned}$$

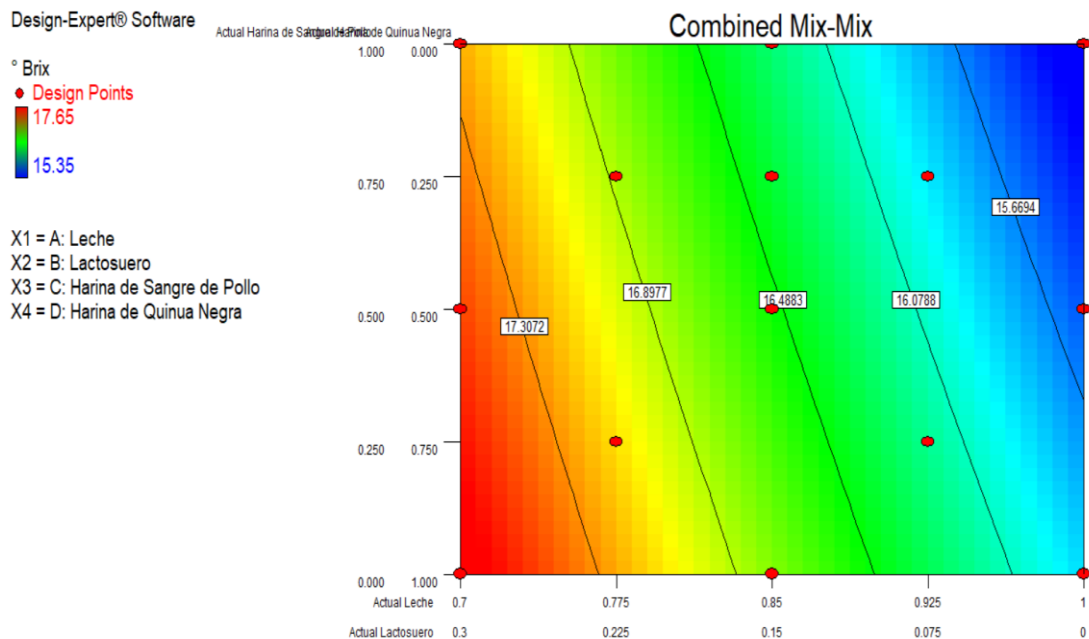


Figura 21. Superficie de contorno de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para los °Brix

En la figura 21 se presenta el gráfico de contorno para los °Brix con respecto a la combinación de las mezclas: mezcla 1 (leche con lactosuero) y mezcla 2 (Harina de Sangre de Pollo con Harina de

Quinoa Negra); determinándose el mayor valor de °Brix se encontraba en la región roja (puntaje de 17.65), correspondiente a la Formulación 1 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%) y 23 g de harina de quinoa negra (100%). Por otro lado, el menor valor de °Brix, se encuentra en la región azul (puntaje de 15.35), correspondiente a la Formulación 6 de yogur, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

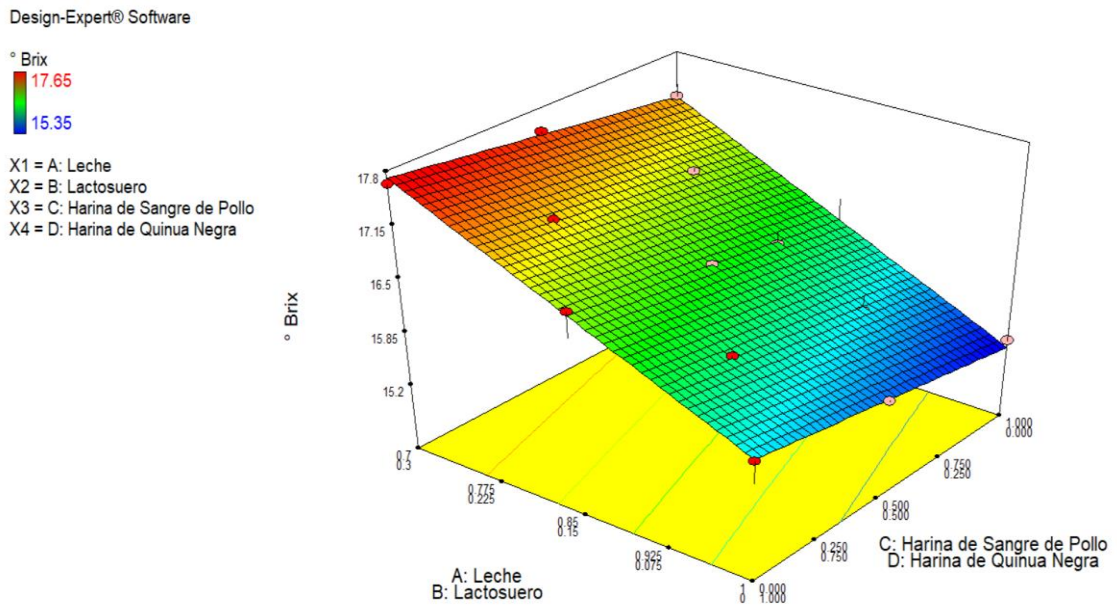


Figura 22. Superficie de respuesta de la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra) para los °Brix

En la figura 22 se observa que el gráfico superficie respuesta de los °Brix del yogur formulado con la combinación de la mezcla (leche – lactosuero) y mezcla (Harina de Sangre de Pollo – Harina de Quinoa Negra). Se representa un gráfico tridimensional que exhibe diversas tonalidades, indicando con el color rojo los niveles superiores de la °Brix, con el color verde los niveles intermedios, y con el color azul los niveles inferiores. También se observa que el mayor valor de °Brix, fue la Formulación 1 de yogur, que contiene 322 ml de leche (70%), 138 ml de lactosuero (30%) y 23 g de harina de quinoa negra (100%),

mientras que el menor valor de °Brix obtuvo la Formulación 6 de yogurt, que contiene 460 ml de leche (100%) y 23 g de harina de sangre de pollo (100%).

2.1.4. Determinación de las mejores formulaciones del yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero

Tabla 39. Valores de optimización de formulación del yogurt

Variable	Meta	Límite Inferior	Limite Superior	Peso Menor	Peso Superior	Importancia
Leche	minimize	0.7	1	1	1	3
Lactosuero	maximize	0	0.3	1	1	3
Harina de Sangre de Pollo	maximize	0	1	1	1	3
Harina de Quinoa Negra	maximize	0	1	1	1	3
Olor	maximize	4.63	6.45	1	1	3
Color	maximize	4.85	6.35	1	1	3
Sabor	maximize	4.32	6.24	1	1	3
Textura	maximize	4.85	6.35	1	1	3
Aceptabilidad General	maximize	4.71	6.38	1	1	3
pH	minimize	3.125	3.585	1	1	3
Acidez	maximize	0.654	0.924	1	1	3
° Brix	minimize	15.35	17.65	1	1	3

En la tabla 39 se muestra los parámetros de optimización, ajustado a lograr maximizar la utilización de lactosuero y harina de sangre de pollo con la harina de quinua en las formulaciones de yogurt, y como respuesta maximizar los niveles de atributos sensoriales (olor, color, sabor, textura y aceptabilidad general) y minimizar el pH y °Brix, y maximizar el nivel de acidez para obtener una mayor vida útil.

Tabla 40. Obtención de mejor formulación de yogurt

Variable	Formulación 1	Formulación 2
Leche	<u>0.9270</u>	0.9250
Lactosuero	<u>0.0730</u>	0.0750
Harina de Sangre de Pollo	<u>0.2340</u>	0.1780
Harina de Quinoa Negra	<u>0.7660</u>	0.8220
Olor	<u>5.9829</u>	6.0235
Color	<u>5.9373</u>	5.9932
Sabor	<u>6.0059</u>	6.0235
Textura	<u>5.8907</u>	5.9310
Aceptabilidad General	<u>6.0217</u>	6.0491
pH	<u>3.2569</u>	3.2585
Acidez	<u>0.8766</u>	0.8756
° Brix	<u>16.1837</u>	16.2278
Desirability	<u>0.5638</u>	0.5617
	<u>Selected</u>	

En la tabla 40 se muestran la mejor formulación de yogurt que contiene 426.42 ml de leche (92.70%), 33.5 ml (7.3%) de lactosuero, 5.382 g (23.40%) de Harina de Sangre de Pollo y 17.618 g (76.60%) de Harina de Quinoa Negra, obteniendo la mejor puntuación en atributos sensoriales de Olor (5.9829), Color (5.9373), Sabor (6.0059), Textura (5.8907), Aceptabilidad general (6.0217); y en parámetros fisicoquímicos de pH (3.2569), Acidez (0.8766) y ° Brix (16.1837).

2.1.5. Determinación de los parámetros nutricionales de las mejores formulaciones del yogurt con sustitución parcial de leche con lactosuero

Se determinó las propiedades fisicoquímicas del mejor yogurt formulado según lo obtenido en la etapa anterior, destacándose las cantidades más significativas en proteínas ($5.31\% \pm 0.627\%$), hierro ($66.75\text{mg} \pm 2.0252\text{mg}$), °Brix (16.30 ± 1.071), y valores relativamente bajos en pH (4.43 ± 0.063) y acidez (0.560 ± 0.041).

Tabla 41. Características nutricionales de la mejor formulación de yogurt

Propiedad	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio	Desv. Std.
Proteínas	%	5.39	6.03	4.5	5.31	0.627
Hierro	mg	67.25	63.78	69.23	66.75	2.252
Carbohidratos	%	10.5	10.235	10.715	10.483	0.196
pH	-	4.49	4.34	4.45	4.43	0.063
°Brix	-	17.5	16.5	14.9	16.30	1.071
Acidez	%	0.51	0.61	0.55	0.56	0.041
Humedad	%	82.92	84.07	83.09	83.36	0.507
Cenizas	%	0.7672	0.7504	0.7469	0.7548	0.009

Fuente 9. Elaboración propia

2.2. Discusión

Conforme a lo descrito por [18], se creó una bebida láctea a partir de lactosuero dulce que fue fermentada mediante *Streptococcus Salivarius ssp Thermophilus* y *Lactobacillus Casei ssp Casei*. El enfoque de su estudio se basó en la metodología experimental, la cual implicó la preparación de tres formulaciones con concentraciones de sólidos solubles del 13%, 17% y 21%. Estas formulaciones se sometieron a evaluaciones fisicoquímicas, análisis microbiológicos y se llevaron a cabo caracterizaciones exhaustivas de las bebidas resultantes. Los resultados revelaron que las formulaciones elaboradas experimentaron un aumento en el contenido de varios componentes después del proceso de fermentación, destacando el incremento en la densidad, proteínas y sólidos solubles. Además, las tres bebidas formuladas cumplieron con los requisitos microbiológicos establecidos por la legislación vigente. Finalmente, este estudio demostró la viabilidad de utilizar suero lácteo para producir bebidas lácteas fermentadas utilizando las cepas *Streptococcus Salivarius Thermophilus* y *Lactobacillus Casei ssp. Casei*.

Según [19] investigó el modo de suministro de curcuminoides en la fabricación de yogures de suero de leche fortificados con curcuminoides. Los curcuminoides se agregaron antes de la adición de cultivos de yogur como curcuminoides en polvo o curcuminoides predisueltos en etanol y se agregaron a suero de mantequilla antes o

después de la fabricación del yogur. Solo una pequeña porción (4.6–7.7%) del total de curcuminoides agregados en yogures (299 mg / 100 g) fue bioaccesible después de la exposición secuencial a fluidos gástricos e intestinales simulados en comparación con el 10.9% cuando se administraron curcuminoides en tampón etanólico. La biodisponibilidad potencial total de curcuminoides (es decir, curcuminoides bioaccesibles + curcuminoides convertidos por bacterias fecales) entregados en yogures fue del 19 – 34%, dependiendo de los formatos de entrega, en comparación con el 37% para los curcuminoides entregados en tampón etanólico. La adición de curcuminoides en polvo en suero de leche antes de la fermentación de yogur tenía un 33% de biodisponibilidad potencial total. Este estudio demostró la viabilidad de preparar yogur fortificado con curcuminoides para el mercado de alimentos funcionales.

Según [20] evaluaron los efectos de la proteína de suero de leche polimerizada (PWP) preparada directamente a partir de suero de queso sobre las propiedades fisicoquímicas, de textura, de microestructura y sensoriales del yogur bajo en grasa. El suero de queso Cheddar se sometió a procesos secuenciales, que incluyeron pasteurización, prefiltración, microfiltración, ultrafiltración y electrodiálisis, para obtener una solución concentrada de suero con ~10.0% de contenido de proteína y 90% de sal eliminada. La mayoría (~72%) de la distribución del tamaño de partícula de PWP (70 ° C durante 10 min, pH 7.0) preparada directamente a partir del suero estaba en el rango de 1-3 μm . El PWP (1,4% de proteína, p / p) se agregó a la leche descremada como sustituto de grasa. La textura, la viscosidad aparente y las propiedades sensoriales de las muestras de yogur se analizaron en comparación con grasa completa (3.0% de grasa, peso / peso), baja en grasa (1.0% de grasa, peso / peso) y sin grasa (0% grasas, p / p) yogures. El yogur sin grasa incorporado con PWP (1,4% de proteína, p / p) tenía características sensoriales y de textura comparables al yogur bajo en grasa (1,0% de grasa, p / p). El PWP preparado directamente a partir del suero a través de la tecnología de separación por membrana se puede usar como un sustituto de grasa para desarrollar yogur bajo en grasa con las características deseadas. PWP podría usarse como un ingrediente natural y económico para la formulación de productos lácteos fermentados bajos en grasa.

Según [21] en su investigación “Impacto de los prebióticos sobre las características reológicas y los compuestos volátiles del yogur griego” tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la adición de prebióticos (xilooligosacárido, galactooligosacárido, povidexrosa, fructooligosacárido o inulina) sobre los parámetros de calidad del yogur griego. Se evaluaron la composición, los parámetros reológicos y el perfil de compuestos volátiles. El efecto de la adición prebiótica dependía del tipo de componente utilizado. La adición de galactooligosacárido, povidexrosa e inulina resultó en productos más consistentes (aumento de k y disminución de n), elásticos (aumento de G'), viscosos (disminución de $\tan \delta$) y firmes (aumento de G'' y z). Además, el perfil de los compuestos volátiles fue diverso, con la aparición de ácido isobutírico, 5-hidroxi-2,7-dimetil-4-octanona, 2 (5H) -furanona y / o 2-hidroxi-3-pentanona, lo que contribuye al aroma dulce, sabor dulce y sabor a mantequilla de los productos. La adición de fructooligosacáridos tuvo un impacto negativo en los parámetros reológicos, resultando en productos menos consistentes, elásticos, viscosos y firmes. La adición de xilooligosacárido dio como resultado productos con características intermedias. Por lo tanto, el galactooligosacárido, la povidexrosa y la inulina demostraron ser alternativas tecnológicas e interesantes para la fabricación de yogures griegos prebióticos.

Según [22] en su investigaron las propiedades sensoriales y los compuestos volátiles del yogur con toda la grasa, el yogur con poca grasa y el yogur con poca grasa con la adición de suero de leche a diferentes concentraciones. El yogur con toda la grasa exhibió puntajes sensoriales más altos que los demás. La adición de suero de mantequilla mejoró la sensación del yogur bajo en grasa, pero una adición excesiva ($> 4\%$) disminuyó su aceptabilidad con respecto al sabor. El yogur bajo en grasa con la adición de 1% de suero de leche (1% LF-BMY) exhibió un sabor similar al yogur con toda la grasa mediante el análisis de la nariz sensorial y electrónica. El yogur bajo en grasa produjo una concentración más baja de compuestos volátiles, y la adición de suero de leche al 1% aumentó el contenido de compuestos volátiles clave de ésteres, aldehídos, alcoholes y ácidos. También se encontraron algunos ácidos únicos, aldehídos, cetonas, aromáticos, ésteres, alcoholes y sulfuros en LF-BMY al 1%. En general, la adición de suero de leche a una concentración adecuada puede mejorar la aceptabilidad del yogur bajo en grasa

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

Se determinó el lactosuero tuvo la siguiente caracterización fisicoquímica: proteínas ($0.617 \pm 0.015\%$), grasas ($0.190 \pm 0.020\%$), carbohidratos ($4.427 \pm 0.021\%$), ° Brix ($9.400 \pm 0.548\%$), acidez ($0.208 \pm 0.052\%$), pH ($0.208 \pm 0.052\%$) y densidad (1.035 ± 0.108 g/ml).

Se determinó la harina de sangre de pollo tuvo la siguiente caracterización fisicoquímica: proteínas ($12.257 \pm 0.045\%$), grasas ($0.330 \pm 0.020\%$), carbohidratos ($0.100 \pm 0.010\%$) y hierro (29.473 ± 0.025 mg).

Se determinó que la mejor formulación de yogurt que contiene 426.42 ml de leche (92.70%), 33.5 ml (7.3%) de lactosuero, 5.382 g (23.40%) de Harina de Sangre de Pollo y 17.618 g (76.60%) de Harina de Quinoa Negra, obteniendo la mejor puntuación en atributos sensoriales de Olor (5.9829), Color (5.9373), Sabor (6.0059), Textura (5.8907), Aceptabilidad general (6.0217); y en parámetros fisicoquímicos de pH (3.2569), Acidez (0.8766) y ° Brix (16.1837).

Se determinó que la formulación de yogurt que tuvo mayor aceptabilidad sensorial y mejores parámetros fisicoquímicos contiene alto nivel de proteínas ($5.31 \pm 0.627\%$), hierro (66.75 ± 2.252 mg), carbohidratos ($10.483 \pm 0.196\%$). pH (4.43 ± 0.063), ° Brix (16.30 ± 1.071) y acidez ($0.56 \pm 0.041\%$).

3.2. Recomendaciones

Realizar estudios de formulaciones de yogurt con otros tipos de sangre con alto potencial de industrialización, como sangre de cerdo, sangre bovina.

Realizar el deshidratado del lactosuero, y luego agregar al yogurt, y realizar evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales, comparando con presente estudio.

Realizar estudios de vida útil del mejor yogurt formulado.

REFERENCIAS

- [1] EMR, «Perspectiva de la Industria del Queso,» Estados Unidos, 2022.
- [2] J. C. León Carrasco, «Producción nacional de leche fresca alcanzó las 2.241.136 toneladas en 2022, registrando un incremento de 2.57%,» *Agraria*, 2 Junio 2023.
- [3] R. A. Parra Huertas, «LACTOSUERO: IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS,» *Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, vol. LXII, nº 1, pp. 4967-4982, 2009.
- [4] K. Liu, Y. Tian, M. V. d. L. E. Stieger y F. Van de Velde, «Evidence for ball-bearing mechanism of microparticulated whey protein as fat replacer in liquid and semi-solid multi-component model foods,» *Science Direct*, vol. LII, pp. 403-414, 2016.
- [5] W. JAE LEE y J. A. LUCEY, «RHEOLOGICAL PROPERTIES, WHEY SEPARATION, AND MICROSTRUCTURE IN SET-STYLE YOGURT: EFFECTS OF HEATING TEMPERATURE AND INCUBATION TEMPERATURE,» *Journal of Texture Studies*, vol. XXXIV, pp. 515-536, 2007.
- [6] Ciron, C. I. E., V. L. Geen, A. L. Kelly y M. A. Auty, «Effects of Microfluidization of heat-treated milk on rheology and sensory properties of reduced-fat yoghurt,» *Food Hydrocolloids*, vol. XXV, pp. 1470 - 1476, 2011.
- [7] P. T. Nguyen, O. Kravchuk, B. Bhandari y S. Prakash, «Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt,» *Science Direct*, vol. LXXII, pp. 90-104, 2017.
- [8] I. C. Torres, J. M. Amigo, J. C. Knudsen, A. Tolkach, B. O. Mikkelsen y R. Ipsen, «Rheology and microstructure of low-fat yoghurt produced with whey protein microparticles as fat replacer,» *International Dairy Journal*, vol. LXXXI, pp. 62-71, 2018.
- [9] R. Tojo Sierra, R. Leis Trabazo, J. Barros Velázquez y M. Prado Rodríguez, «Productos lácteos fermentados,» *Anales de pediatría*, vol. IV, nº 1, pp. 54-66, 2006.
- [10] O. M. D. L. S. Y. FAO, «Leches fermentadas,» de *Leche y Productos Lácteos*, Roma, 2011, pp. 6-17.
- [11] M. Forrellat Barrios, H. Gautier du Défaix Gómez y N. Fernández Delgado, «Metabolismo del hierro,» *Cubana Hematol Inmunol Hemoter*, vol. XVI, nº 3, pp. 149-160, 2000.
- [12] Ministerio de Salud, «<https://anemia.ins.gob.pe>,» 2017. [En línea]. Available: <https://anemia.ins.gob.pe/que-tipo-de-hierro-se-absorbe-y-aprovecha-mejor-en-nuestro-organismo>.

- [13] M. Urrestarazu Devincenzi, F. A. Basile Colugnati y D. M. Sigulem, «Factores de protección para la anemia ferropriva: estudio prospectivo en niños de bajo nivel socioeconómico,» *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)*, vol. LIV, nº 2, pp. 174-179, 2004.
- [14] C. J. Gonzales Armas y L. L. Valladares Escobar, 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/2680/GONZALES%20ARMAS%20y%20Valladares%20Escobar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [15] K. d. M. Bances Majuan y K. M. Cachay Santillán, 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6759/Bances%20Majuan%20Katherine%20%26%20Cachay%20Santill%C3%A1n%20Karen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [16] M. M. Giusti y R. E. Wrolstad, «Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy,» *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 2001.
- [17] J. Boccio y J. B. Monteiro, «Food fortification with iron and zinc: pros and cons from a dietary and nutritional viewpoint,» *Revista de Nutrição*, vol. XVII, nº 1, pp. 71-78, 2004.
- [18] D. F. Tirado Armesto, «ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA A BASE DE LACTOSUERO FERMENTADO USANDO STREPTOCOCCUS SALIVARIUS SSP., THERMOPHILUS Y LACTOBACILLUS CASEI SSP. CASEI,» *ALIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA*, vol. XIII, nº 1, pp. 13-19, 2015.
- [19] S. Fu, S. Ajlouni, L. Sanguansri, K. Ng y M. Ann Augustin, «In vitro degradation of curcuminoids by faecal bacteria: Influence of method of addition of curcuminoids into buttermilk yoghurt,» *Food Chemistry*, vol. CCLXXXIII, pp. 414-421, 2019.
- [20] T. Fang, X. Shen, J. Hou y M. Guo, «Effects of polymerized whey protein prepared directly from cheese whey as fat replacer on physiochemical, texture, microstructure and sensory properties of low-fat set yogurt,» *LWT*, vol. CXV, 2019.
- [21] M. F. Costa, T. C. Pimentel, J. T. Guimaraes, C. F. Balthazar, R. S. Rocha, R. N. Cavalcanti, E. A. Esmerino, M. Q. Freitas, R. S. Raices, M. C. Silva y A. G. Cruz, «Impact of prebiotics on the rheological characteristics and volatile compounds of Greek yogurt,» *LWT*, vol. CV, pp. 371-376, 2019.
- L. Zhao, R. Feng, F. Ren y X. Mao, «Addition of buttermilk improves the flavor and
- [22] volatile compound profiles of low-fat yogurt,» *LWT*, vol. XCVIII, pp. 9-17, 2018.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE ANÁLISIS N° 17 – 2023 – FIQA

- 1. DATOS DE CLIENTE:** Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo-Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior

Efecto de la Incorporación de Lactosuero Características Microbiológicas Fisicoquímicas y Sensoriales de Yogurt

a) Nombre: Romain Vásquez Uriarte

2. DATOS DE LA MUESTRA

- Número de muestras : 03
- Fecha de monitoreo : 05-06-2023
- Matriz : YOGURT

3. RESULTADOS DE ANÁLISIS

PARAMETRO	MUESTRA 2	MUESTRA 7	MUESTRA 10
PROTEINAS	5.39 %	6.03%	4.5%
HIERRO	67.25 mg	63.78 mg	69.23 mg
CARBOHIDRATOS	10.5%	10.235%	10.715%
PH	4.49	4.34	4.45
BRIX	17.5	16.5	14.9
ACIDEZ	0.51%	0.61%	0.55%
HUMEDAD	82.92%	84.07%	83.09%
CENIZAS	0.7672%	0.7504%	0.7469%

4. CONCLUSIONES

- Los análisis fueron realizados siguiendo las normas vigentes cumpliendo con los porcentajes de RSD establecidos por el laboratorio.
- Para proteínas se usó como equipo kjelndahl.
- Para hierro el espectrofotómetro
- Para humedad se uso una estufa y para la cenizas se uso la mufla

Firma		Firma	
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V°B°	Dr. César Augusto Monteza Arbulú
Fecha del Análisis	14 de junio del 2023		





