

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**Presentador por:**

**Br. ALTAMIRANO MINAYA SANDRA PAULINA**

**EVALUACIÓN DE YOGURT BATIDO FORTIFICADO CON  
HIERRO A BASE DE HARINA DE SANGRE DE CERDO**

**ASESOR:**

**Dr. Julio Cesar Sichez Muñoz**

**CO-ASESORA:**

**MCs. Rosa Huaraca Aparco**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**ANDAHUAYLAS – APURIMAC – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**



**EVALUACIÓN DE YOGURT BATIDO FORTIFICADO CON  
HIERRO A BASE DE HARINA DE SANGRE DE CERDO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**Presentador por  
Br. Sandra Paulina Altamirano Minaya**

**ASESOR  
Dr. Julio Cesar, Sichez Muñoz**

**CO-ASESORA:  
MCs. Rosa Huaraca Aparco**

**ANDAHUAYLAS – APURIMAC – PERÚ**

**2019**



## APROBACIÓN DEL ASESOR

Quién suscribe:

El Dr. **Julio Cesar Sichez Muñoz**, por la presente:

### **CERTIFICA,**

Que, el Bachiller en **Ingeniería Agroindustrial Sandra Paulina Altamirano Minaya** ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: **“Evaluación de yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo”** para optar el Título Profesional de **Ingeniera Agroindustrial**.

Andahuaylas, 30 octubre de 2019.

---

Dr. Julio Sichez Muñoz  
**Asesor**

---

Br. Sandra Paulina Altamirano Minaya  
**Tesista**



## APROBACIÓN DE LA CO - ASESORA

Quién suscribe:

La **MSc. Rosa Huaraca Aparco**, por la presente:

### **CERTIFICA,**

Que, el Bachiller en **Ingeniería Agroindustrial Sandra Paulina Altamirano Minaya** ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: **“Evaluación de yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo”** para optar el Título Profesional de **Ingeniera Agroindustrial**.

Andahuaylas, 30 octubre del 2019.

---

MCs. Rosa Huaraca Aparco  
**Co Asesora**

---

Br. Sandra Paulina Altamirano Minaya  
**Tesista**



## ANEXO 32

### APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: **EVALUACIÓN DE YOGURT BATIDO FORTIFICADO CON HIERRO A BASE DE HARINA DE SANGRE DE CERDO**; para optar el Título Profesional de INGENIERA AGROINDUSTRIAL, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

**PRESIDENTE:** MSc. FIDELIA TAPIA TADEO

**PRIMER MIEMBRO:** ING. FREDY TAIPE PARDO

**SEGUNDO MIEMBRO:** MSc. CARLOS ALBERTO LIGARDA SAMANEZ

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 30 del mes de octubre de 2019.

Andahuaylas, 30 de octubre de 2019.

---

**MSc. FIDELIA TAPIA TADEO**  
**PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR**

---

**ING. FREDY TAIPE PARDO**  
**PRIMER MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR**

---

**MSc. CARLOS ALBERTO LIGARDA SAMANEZ**  
**SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR**



## ANEXO 33

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Sandra Paulina Altamirano Minaya**, identificada con DNI N° 45305629 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Declaro bajo juramento que el Proyecto Titulado: **“Evaluación de yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo”**.

Es auténtico y no vulnera los derechos de autor. Además, su contenido es de entera responsabilidad del autor (es) del proyecto, quedando la UNAJMA exenta de toda responsabilidad en caso de atentar contra la Ley de propiedad intelectual y derechos de autor.

Andahuaylas, 12 de octubre del 2019.

Firma

N° DNI: 45305629

E-mail: paulina.altamir@gmail.com

N° Celular: 971330033



## FACULTAD DE INGENIERIA

### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 11:00 horas del día 11 de setiembre del año 2019, se reunieron los docentes: MSc. Fidelia Tapia Tadeo, Ing. Fredy Taipe Pardo, MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EVALUACIÓN DE YOGURT BATIDO FORTIFICADO CON HIERRO A BASE DE HARINA DE SANGRE DE CERDO", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **SANDRA PAULINA ALTAMIRANO MINAYA**, el asesor Dr. Julio Cesar Sichez Muñoz y la Co-asesora MSc. Rosa Huaraca Aparco con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador **ACORDÓ: APROBAR** por **UNANIMIDAD** al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **SANDRA PAULINA ALTAMIRANO MINAYA**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
16	DIECISEIS	MUY BUENO

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

  
MSc. Fidelia Tapia Tadeo

Presidente del Jurado Evaluador

  
Ing. Fredy Taipe Pardo

Primer Miembro del Jurado Evaluador

  
MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez

Segundo Miembro del Jurado Evaluador

## **Dedicatoria**

A mis padres Alberto y Feliciano por ser el pilar fundamental en toda mi formación profesional, por su incondicional apoyo en el tiempo.

A mis hermanos y hermana por creer y apoyarme en mis decisiones.

A Richarth por su respaldo y enseñarme a no rendirme, por todo su amor.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, a mis padres, por darme la vida, brindarme su apoyo incondicional, su amor y consejos a lo largo de mi formación profesional, quienes siempre estuvieron en los momentos más difíciles.

A la Universidad Nacional José María Arguedas y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por haberme acogido en sus aulas durante los cinco años de estudio, así mismo por permitirme tener acceso a los diferentes laboratorios y poder realizar este trabajo de investigación.

A mis asesores Dr, Julio Cesar Sichez Muñoz y MCs. Rosa Huaraca Aparco, quienes desde el primer momento me brindaron su apoyo y con paciencia me guiaron a lo largo del desarrollo de la investigación.

A mis Jurados Evaluadores por su apoyo, sus aportes y paciencia en la realización de la tesis  
Por último, quiero agradecer a todos los docentes que han contribuido en mi formación universitaria.

## Contenido

Dedicatoria.....	I
Agradecimiento.....	II
Glosario de términos.....	IX
Resumen.....	X
Abstract.....	XI
Chumasqa.....	XII
Introducción.....	13
Objetivos de la investigación.....	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.....	14
Capítulo I: Justificación de la investigación.....	15
Capítulo II: Antecedentes de la investigación.....	16
Internacional.....	16
Nacional.....	17
Capítulo III: Marco Teórico.....	20
Leche.....	20
Yogurt.....	20
Por el método de elaboración:.....	21
Yogurt batido.....	21
Yogurt coagulado o aflanado.....	21
Yogurt entero.....	21
Yogurt parcialmente descremado.....	21
Yogurt descremado.....	22
Por el Sabor:.....	22

Yogurt natural.....	22
Yogurt frutado.....	22
Yogurt saborizado.....	22
Bacterias ácido lácticas.....	22
Etapas de elaboración del yogurt.....	23
Recepción de la leche.....	23
Propiedades fisicoquímicas del yogurt.....	26
Generalidades de la sangre.....	27
Sangre de cerdo.....	27
Composición de la sangre.....	28
Harina de sangre.....	29
Hierro.....	29
Capítulo IV: Materiales y Métodos.....	38
Lugar de ejecución.....	38
Material de estudio.....	38
Población.....	38
Muestra.....	38
Diseño experimental.....	38
Materiales, instrumentos y equipos.....	39
Materiales.....	39
Instrumentos.....	40
Equipos.....	40
Materia prima.....	40
Métodos y técnicas.....	41
Proceso de elaboración del yogurt con sangre pre cocida de cerdo.....	41

Diagrama de elaboración de yogurt batido fortificado con harina de sangre de cerdo.....	43
Análisis Experimental.....	44
Análisis Físico-química. ....	44
Determinación de Acidez.....	45
Determinación de la densidad.....	45
Determinación del color.....	45
Evaluación sensorial. ....	45
Preparación de la Muestra.....	46
Diseño de contrastación .....	46
Análisis Estadístico.....	47
Pruebas paramétricas o cuantitativas. ....	47
Criterio para la prueba de hipótesis. ....	47
Pruebas no paramétricas o cualitativas. ....	48
Capítulo V: Resultados y Discusiones .....	49
Evaluación de las características fisicoquímicas .....	49
Acidez.....	49
pH.....	51
Densidad (g/ml) .....	52
Humedad (% <i>b.h</i> ).....	53
Proteína %.....	54
Grasa.....	55
Ceniza.....	56
Carbohidratos.....	57
Energía (Kcal/100).....	58
Hierro (mg/100) .....	59

Color del yogurt .....	60
Evaluación de los atributos sensoriales.....	62
Conclusiones .....	64
Recomendaciones .....	66
Referencias Bibliográficas .....	67
Webgrafía.....	70
Anexos .....	71

## Índice de Tablas

Tabla 1 Composición de la leche .....	20
Tabla 2 Información nutricional de la sangre de cerdo.....	31
Tabla 3 Información nutricional de la sangre de res .....	32
Tabla 4 Arreglo experimental – DCA.....	39
Tabla 5 Materiales para el desarrollo de la investigación.....	39
Tabla 6 Instrumentos para el desarrollo de la investigación.....	40
Tabla 7 Equipos para el desarrollo de la investigación.....	40
Tabla 8 Materia prima para el desarrollo de la investigación .....	40
Tabla 9 Escala hedónica de preferencia.....	46
Tabla 10 Características físico-químicas del yogurt Fortificado con Hierro a base de harina de Sangre de Cerdo.....	50
Tabla 11 Parámetros de color del yogurt .....	61
Tabla 12 Valoración de los atributos sensoriales del yogurt en sus diferentes niveles de fortificación.....	63
Tabla 13 Valores de la probabilidad evaluada para el análisis sensorial del yogurt.....	63

## Índice de Figuras

Figura 1 Representación en el plano horizontal del espacio de color L*a*b*( Konica minolta Sensing, 2007).....	33
Figura 2: Representación del espacio L*a*b* (Konica Minolta Sensing, 2007).....	33
Figura 3: Diferencia del color en el espacio L*a*b* ( Konica Minolta Sensing, 2007).....	35
Figura 4: Diagrama de cromaticidad ( Konica Minolta Sensing, 2007).....	36
Figura 5: Diagrama de medias para la acidez del yogurt.....	51
Figura 6: Diagrama de medias para el pH del yogurt .....	52
Figura 7: Diagrama de medias para densidad (g/ml) de yogurt.....	53
Figura 8: Diagrama de medias para la humedad del yogurt .....	54
Figura 9: Diagrama de medias para la proteína del yogurt.....	55
Figura 10: Diagrama de medias para el % de grasa del yogurt .....	56
Figura 11:Diagrama de medias para el nivel porcentual de grasa del yogurt.....	57
Figura 12: Diagrama de medias para el contenido de carbohidratos del yogurt.....	58
Figura 13:Diagrama de medias para el contenido de energía (Kcal/100) del yogurt .....	59
Figura 14:Diagrama de medias para el contenido de hierro en el yogurt .....	60
Figura 15: Variación del color con diferentes niveles de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo .....	62

## Glosario de términos

T0	: Yogurt blanco
T1	: Tratamiento 1
T2	: Tratamiento 2
DCA	: Diseño cuadrado al azar
pH	: Potencial de Hidrógeno
T	: Tiempo
T°	: Temperatura
°D	: Grados Dornic
A	: Nivel de significancia
l	: Litros

## Resumen

El trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar las características físico-químicas, composición proximal y sensorial del yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo. Se determinó las características físico-químicas; pH, acidez, densidad y color del yogurt batido fortificado con diferentes niveles de 5, 10 y 15 % de harina de sangre de cerdo frente al yogurt sin fortificar, presentando el pH una relación inversa con la acidez, mostrando diferencias significativas ( $p\text{-value} < 0.05$ ). La densidad (g/ml) del yogurt fortificado con diferentes niveles de harina de sangre de cerdo disminuye frente al yogurt sin fortificar, presentando una diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ). El contenido de proteína, grasa, ceniza, energía (Kcal/100) y hierro presento un incremento al fortificar el yogurt con diferentes niveles de harina de sangre de cerdo el cual muestra un incremento significativo ( $p\text{-value} > 0.05$ ), sin embargo el contenido de humedad (% *b.h*) y carbohidratos presentaron una disminución a diferentes niveles de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo frente al yogurt sin fortificar.

El color del yogurt fortificado con harina de sangre de cerdo en comparación al yogurt sin fortificar presento una disminución de la luminosidad  $L^*$  y del parámetro  $b^*$ , mientras que se incrementa  $a^*$ ; por otra parte, al comparar el color en sus diferentes niveles de fortificación muestran una diferencia significativa ( $p\text{-value} > 0.05$ ) inverso en  $L^*$  y  $b^*$ , mientras que para el parámetro  $a^*$  es directo. Finalmente, las características sensoriales como el olor, color, sabor y textura de yogurt batido fortificado con diferentes niveles de harina de sangre de cerdo, muestran diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ), presentando mayor aceptabilidad el yogurt fortificado con 10 % de harina de sangre de cerdo.

**Palabras clave:** *Yogurt, Harina de sangre de cerdo, Fortificado.*

## Abstract

The objective of the research work was to evaluate the physical-chemical characteristics, proximal and sensory composition of iron-fortified shake yogurt based on pig blood meal. The physicochemical characteristics were determined; pH, acidity, density and color of fortified yoghurt fortified with different levels of 5, 10 and 15% of pig blood flour compared to unfortified yogurt, pH presents an inverse relationship with acidity, showing significant differences (p-value <0.05). The density (g / ml) of yogurt fortified with different levels of pig blood meal decreases compared to unfortified yogurt, presenting a significant difference (p-value <0.05). The content of protein, fat, ash, energy (Kcal / 100) and iron showed an increase by fortifying the yogurt with different levels of pig blood meal which shows a significant increase ((p-value> 0.05), however moisture content (% bh) and carbohydrates showed a decrease at different levels of fortification of yogurt with pork blood flour versus unfortified yogurt.

The color of the yogurt fortified with pork blood flour compared to the unfortified yogurt presented a decrease in the luminosity L \* and the parameter b \*, while it increases to \*; On the other hand, when comparing the color in their different levels of fortification they show a significant difference (p-value> 0.05) inverse in L \* and b \*, while for the parameter a \* it is direct. Finally, sensory characteristics such as the smell, color, flavor and texture of fortified yoghurt fortified with different levels of pork blood flour, show significant difference (p-value <0.05), with greater acceptability, yogurt fortified with 10% flour. pig blood.

Keywords: Yogurt, Pork blood meal, Fortified.

## Chumasqa

Kay llankaytam puririchirqani chay yogurt nisqan imaynapunich kanman kuchipa yawarninmanta aku kutasqa hierro sutiyuqwan chapurutinichik chay yachanayrayku chaninchanapaq. Tarirullanitaqmi kayna niraqta pH, puchqulli, lawsaniq llukllu imaniraq pituchasqa chaninchasqa kayninta kayna patapatapi; 5,10 y 15% kuchipa yawarninmanta aku yapasqawan yogurta. Chaynallataqmi tupachini mana kuchipa yawarninmanta aku hierro niqniyuqwan kaq yogurta. Tarillanitaqmi kayna niraqta p H puchqulli kayna patapatapi ( $p\text{-value} < 0.05$ ). Chay yugormi kuchipa yawarninmanta aku hierro nisqanwan chapusqaqa lawsakayninqa pisinmi huknikaqmantaqa kaynaniraqpi ( $p\text{-value} < 0.05$ ). Aswanqa proteína, wira ,ceniza sutiyuq, kallpachaq (Kcal/100) chaymanta hierro nisqanmi yaparukun chanichanintapuni. Chaynallataqmi apikaynin (% b,h) hinallataq kallpa qukuq carbohidrato niqanqa asllam/pisillam yogurt kuchipa yawarninmanta aku kutasqa chaninchasqawan tupaykachitinchikqa Hinalla yugorwanqa.

Chaynallataqmi kuchipayawarninmanta aku rurasqawan kallpachasqa yogurpa niraqninta tupaykachitinchikqa, mana kallpachasqa yugorwan hinaptinqa pisillam anchiriyininqa L\* kaymanta tupukuynimpi b\* aswanqa yapakunmi a\* nisqampi, chaynallataqmi niyman niraqpurata patapatapi tupuykusqaqa anchatapunin tikran ( $p\text{-value} < 0.05$ ) . Tukupaynimpi nillanitaqmi chay yogurt kuchipa yawarninmanta akuwan kallpachasqaqa allin musyarisqaqa tinranmi, niraqnimpas, asnaynimpas, llampukaynimpas achka utaq pisi churasqaman hina ( $p\text{-value} < 0.05$ ), chayman hinam kuchipa yawarninmanta aku kutasqawan kallpachasqan yogurqa ancha munasqa 10% yapaykusqa.

Allin riqsisqa rimaykuna: *Yogurt, kuchipa yawarninmanta aku, Kallpachasqa, Musyay.*

## **Introducción**

En la actualidad la deficiencia de hierro continúa siendo uno de los principales problemas de la salud basados en la nutrición, este problema se puede observar en los niños y madres gestantes especialmente en los estratos sociales de bajos recursos económicos.

La necesidad de enriquecimiento de alimentos también es presentada por la OMS y la FAO, entre muchas otras organizaciones reconocidas a nivel nacional. La fortificación de alimentos se ha implementado durante un largo período de tiempo en países industrializados para lograr el control exitoso de las deficiencias de vitamina A y D, varias vitaminas B (tiamina, riboflavina y niacina), así como yodo y hierro. Los alimentos para niños pequeños se enriquecieron con hierro, lo que redujo sustancialmente el riesgo de anemia por deficiencia de hierro en este grupo de edad. El enriquecimiento de los alimentos no debe disminuir sus cualidades y calidad nutricionales, especialmente para no alterar sustancialmente el sabor o la asimilación de otros nutrientes contenidos en ellos, no para reducir la vida útil o cambiar las características de inocuidad del producto. Sin embargo, el consumo de productos fortificados con nutrientes que aportan o mejoran estas deficiencias del hierro son una alternativa de consumo, así mismo muchas familias tienen al alcance productos ricos en hierro y que no lo aprovechan eficientemente la sangre del cerdo que hoy en día se encuentra disponible en el mercado ya sea en forma de harina de sangre y sangre pre cocida, observándose el bajo interés de consumo debido a ciertos factores como sabor, color, etc. Por ello en la presente investigación se desarrolló la evaluación del yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre cerdo, que permitirá mejorar el consumo y a la vez disminuir la deficiencia de hierro de los niños y madres gestantes.

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo general**

Evaluar las características físico-químicas, sensoriales y composición proximal de yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo (*Sus scrofa domesticus*).

### **Objetivos específicos**

Determinar las características físico-químicas de yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo (*Sus scrofa domesticus*).

Evaluar la composición proximal de yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo (*Sus scrofa domesticus*).

Evaluar las características sensoriales de yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo (*Sus scrofa domesticus*).

## **Capítulo I: Justificación de la investigación**

En la provincia de Andahuaylas el consumo de la sangre porcina pre cocida se da mediante el PNAE Qali Warma a los niños del nivel inicial y primaria siendo incorporados dentro de su dieta alimentaria, en mazamoras, segundos, entre otros, siendo el principal objetivo de este alimento prevenir y disminuir la carencia de hierro, ya que la ingesta insuficiente de hierro produce la anemia, el aumento de las demandas durante la infancia, el embarazo y la lactancia pueden causar la anemia ferropénica.

El hierro hemínico es una importante fuente dietética porque es absorbido con mucha mayor eficiencia que el hierro no hemínico y más aún porque potencia la absorción de este último. Además, su elevado porcentaje de absorción obedece a la estructura hemo, que le permite entrar directamente en las células de la mucosa del intestino en forma de complejo hierro-porfirina, es así como la presencia de sustancias inhibidoras o potenciadoras prácticamente no afectan su absorción a excepción del calcio que, en condiciones muy especiales, puede ser un inhibidor hasta de la tercera parte del hierro hemínico ingerido. Gonsalez, (2005).

La necesidad inmediata de la evaluación de un yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre cerdo es con el propósito de generar una nueva alternativa de consumo del hierro a base de harina de sangre de cerdo que pueda ser fácilmente consumido por los niños y madres gestantes.

Por otro lado, los productos lácteos son ampliamente consumidos por mujeres embarazadas, niños y adultos porque proporcionan proteínas de alta calidad, vitaminas y calcio, pero sus niveles de hierro usualmente son muy bajos. Apoyados en estudios recientes que descartan el efecto inhibitorio del calcio sobre la absorción de hierro (Herrera et al., 2015).

## Capítulo II: Antecedentes de la investigación

### Internacional

*Askary, et al, (2013)*. Evaluación de la influencia de la fortificación de hierro en las propiedades organolépticas y fisicoquímicas del yogur. En esta investigación, se ha estudiado la fortificación de yogurt con hierro. Los tipos de hierro utilizados en este estudio incluyen:  $\text{FeCl}_3 (\text{H}_2\text{O})_6$ , El hierro quelado con proteína de suero (Fe-WP) y el complejo Fe-Caseína (Fe-CN) que cada uno de ellos fue evaluado en tres cantidades (10, 20 y 40 miligramos por kilogramo de leche). Luego, se estudiaron sus experimentos químicos y especificaciones organolépticas después de permanecer 21 días en el refrigerador y se informaron sus resultados. Cuando los yogures fueron juzgados por no entrenados panelistas, tanto yogures fortificados como no fortificados fueron igualmente queridos.  $\text{FeCl}_3 (\text{H}_2\text{O})_6$ , Fe-CN y FeWP son fuentes potenciales de hierro para la fortificación de yogurt aunque el uso de una proteína el hierro quelado puede ayudar a minimizar la producción de cualquier sabor oxidado. El yogurt fortificado con FeCN y Fe-WP dio calidad aceptada de yogurt.

*Soliz, (2014)*. En su investigación “Elaboración y evaluación de un producto alimenticio fortificado con hierro a base de sangre de origen bovino deshidratada por el método de liofilización y secador de bandejas, tuvo como objetivo elaborar mini cupcakes con alto contenido de hierro, a base de sangre de origen bovino por el método de liofilización y secador de bandejas. Para lo cual se elaboraron mini cupcakes fortificados en diferentes concentraciones de 0, 5,10, y 15 % de harina de sangre, los cuales fueron sometidos a degustación, dando como resultado que los mini cupcakes elaborados con el 0 y 10 % de harina de sangre, fueron los más satisfactorios para los 30 jueces no entrenados, en la que la muestra más aceptada fue la de grado de concentración del 10 % de harina de sangre con 23 resultados satisfactorios. Mediante la aplicación de métodos analíticos, los mini cupcakes fueron sometidos a análisis bromatológico y microbiológico obteniéndose mini cupcakes con cenizas

en (10 % de harina de sangre) 2.14 % y (0 % harina de sangre), 2.00 %, fibra en (10 % de harina de sangre) 0.11 %, (0 % de harina de sangre) el 0.39 %, grasa en (10 % de harina de sangre) el 8,47 %, y (0 % de harina de sangre) el 10,23 %, humedad (10% de harina de sangre) 11.67%, (0 % de harina de sangre) 11.91 %, proteína (10 % de harina de sangre) 12.05 % y (0 % de harina de sangre) 9.01 %. los valores de Aerobio Mesófilos, Mohos y levaduras, Coliformes totales y Salmonella s.p, encontrados fueron para el caso de la concentración del 0 % 10UFC/g, y ausencia para cada uno de las demás investigaciones, para el caso del mini cupcake enriquecido con el 10% se tiene: Aerobios Mesófilos fue de 70 UFC/g y para las demás investigaciones se reporta como ausencia, por lo tanto se puede realizar un alimento con alto contenido de hierro a base de sangre de origen bovino, que servirá para aportar en la nutrición de niños y mujeres embarazadas que tengan déficit de hierro en su organismo por consiguiente se demuestra que la formulación experimental (mini cup cake 10 % de harina de sangre) posee alto contenido de hierro en su formulación y a la vez demuestra la calidad sanitaria, además de ser considerado un alimento con calidad nutricional por la cantidad de proteína, y a la vez un producto novedoso y económico, se recomienda que la formulación sea aplicada en la industria alimentaria por sus beneficios, y calidad nutricional.

### **Nacional**

*Galarza, (2011)*, Calidad nutricional de un producto extruido fortificado con dos niveles de hierro provenientes de harina de sangre bovina. La investigación fue de tipo tecnológico teniendo como objetivo determinar la calidad nutricional de un producto extruido fortificado con dos niveles de hierro proveniente de harina de sangre bovina. Se formuló 2 niveles de fortificación: 10i % y 15i % además un producto extruido sin fortificar (0i %) como muestra de comparación. La calidad nutricional determinó a partir del contenido de hierro, análisis proximal, físico-químico, microbiológico y la prueba de aceptabilidad mediante la evaluación sensorial. Los productos extruidos fortificados con 10i% y 15i% presentaron un elevado

contenido de hierro 31,87 mg/100 g y 38,08 mg/100 g respectivamente a diferencia de un menor contenido de este en el producto extruido sin fortificar (0i %) que fue de 2,99 mg/100ig, con respecto del análisis microbiológico indicaron que los productos extruidos fueron aptos para el consumo humano. La prueba de aceptabilidad se realizó en una Institución Educativa con dos tipos de paneles: al panel N°1 (30 alumnos de 5 a 6 años de edad) se le presentó una escala hedónica de 3 puntos y se encontró que no hubo diferencia significativa entre las tres muestras de productos extruidos ( $p < 0,05$ ) y al panel N2(30 alumnos de 13 a 15 años de edad) se le presentó una escala hedónica de 5 puntos y se encontró que sí hubo diferencia significativa entre las muestras de los productos extruidos con nivel de fortificación de 0i % y 15i % ( $p < 0,05$ ). En conclusión, el producto extruido fortificado con 10i % de hierro proveniente de harina de sangre bovina presentó una adecuada calidad nutricional y fue más aceptable que el producto extruido fortificado con 15i % de hierro proveniente de harina de sangre bovina.

Rivera y Soto, (2015). En su trabajo de investigación "Aceptabilidad y apoyo nutricional de la bebida de yogurt de Tarwi (*Lupinus mutabilis* L.), piña (*Ananas comosus*) y cultivos lácticos, en niños con bajo peso para la talla en el aa.hh fujimori- huaura". El objetivo fue elaborar una bebida de yogurt de tarwi, piña y cultivos lácticos que fue del agrado de los niños, y se evaluó el efecto de la ingesta sobre la desnutrición aguda Muestra: restricta no probabilística. Métodos: Diseño descriptivo, análisis físico, químico según métodos de la AOAC, perfil del sabor según escala facial para niños. Se evaluó los efectos sobre la desnutrición aguda mediante la ganancia de peso en una muestra de 20 niños de 3 a 8 años de edad distribuidos en dos grupos que se comparan: el de casos (se le administró como apoyo nutricional a la ración alimentaria normal durante 30 días) y el control (solamente su ración alimentaria normal). Resultados: El producto de mejor aceptación contiene 40 % de leche de vaca, 34 % de tarwi precocido, 20 % de jalea de piña, 2 % de gelatina alimenticia. Según la degustación al 80% de los niños, les agradó la bebida, mientras que al 50% de los niños, le gustó y a un 50 % de niños, no les agradó,

ni les gusto la bebida. Conclusiones: La ingesta de la bebida de yogurt como suplemento complementario a la ración alimentaria tiene efectos favorables sobre la recuperación nutricional de niños con bajo peso para su talla.

Mencionar que no se encontró antecedentes o estudios con respecto a la adición de hierro a base de sangre porcina a productos fermentados como el caso del yogurt, sin embargo, es importante el estudio para generar o aportar nuevos conocimientos sobre el uso y consumo de la sangre porcina como fuente de hierro.

### Capítulo III: Marco Teórico

#### Leche.

El Instituto Nacional de Normas Técnicas Industriales y Certificación del Perú define a la leche: “es el producto íntegro, no alterado ni adulterado, del ordeño higiénico, regular, completo e interrumpido de vacas sanas y bien alimentadas, sin calostro y exento de color, sabor y consistencia anormales” Características generales. La leche fresca de la vaca deberá presentar aspectos normales, estará limpia y libre de calostro, preservadores, antibióticos, colorantes, materias extrañas y sabores u olores extraños. La leche se obtendrá de vacas acreditadas como sanas, es decir libres de todas enfermedades infecto contagiosas.

La leche es el producto íntegro del ordeño total e interrumpido de una hembra lechera en buen estado de salud, bien nutrida y no fatigada. Ha de ser recogida de forma adecuada y no debe contener calostro (Santos, 2007).

#### Composición de la leche

La leche está formada por 87.5% de agua y 12.5% de sólidos totales, constituye su parte nutritivo.

*Tabla 1*  
*Composición de la leche*

Componentes	Porcentaje
Agua	87,5 %
Lactosa	4,8 %
Grasa	4,00 %
Proteína	3.50 %
Sales minerales	0.70 %
Total	100 %

Fuente: Mahaut, 2004.

#### Yogurt.

Según la NTP (202.092:2008) yogurt es el producto obtenido por fermentación láctica, mediante la acción de *Lactobacillus del brueckii subsp. Bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus*, a partir de leche pasteurizada y/o productos obtenidos de la leche con o

sin modificaciones en su composición, pasteurizados; pudiendo o no agregarse otros cultivos de bacterias adecuadas productoras de ácido láctico, además de los cultivos esenciales. Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto, hasta la fecha de duración mínima. Si el yogurt es tratado térmicamente luego de la fermentación, no se aplica el requisito de microorganismos viables.

Para el yogurt batido la fermentación se realiza en los tanques de incubación produciéndose en ellos la coagulación, siendo luego sometido a un tratamiento mecánico de batido. Además, el yogurt es uno de los alimentos que está de moda del cual se ha hablado mucho últimamente, por los beneficios que tiene en el tracto intestinal al incrementar el contenido en su flora microbiana.

Clasificación del yogurt: (Tamime y Robinson, 1991).

#### **Por el método de elaboración:**

##### **Yogurt batido.**

Es el producto en el que la inoculación de la leche pasteurizada, se realiza en tanques de incubación, produciéndose en ellos la coagulación, luego se bate y se envasa, pudiéndose presentar en estado líquido o semisólido.

##### **Yogurt coagulado o aflanado.**

Es el producto en el que la leche pasteurizada, es envasada inmediatamente después de la inoculación, produciéndose la coagulación en el envase.

Por el contenido de grasa:

##### **Yogurt entero.**

El contenido de grasa es igual o mayor al 3% en la leche destinada para elaborar el yogurt. Los sólidos totales no grasos de la leche estarán como mínimo en un 8,2%.

##### **Yogurt parcialmente descremado.**

El contenido de grasa en la leche se encuentra entre el 1% y 2,9%.

**Yogurt descremado.**

La materia grasa de la leche es menor al 1%. Sólidos totales no grasos de la leche debe corresponder como mínimo a un 8,6%.

**Por el Sabor:****Yogurt natural.**

Es aquel sin adición alguna de saborizantes, azúcares y colorantes, permitiéndose solo la adición de estabilizadores y conservadores.

**Yogurt frutado.**

Es aquel al que se le ha agregado fruta procesada en trozos y aditivos permitido por la autoridad sanitaria.

**Yogurt saborizado.**

Es aquel que tiene saborizantes naturales y/o artificiales y otros aditivos permitidos por la autoridad sanitaria.

**Bacterias ácido lácticas.**

Es un grupo grande de bacterias con la característica común de producir ácido láctico como el principal producto final del metabolismo; se encuentran en la leche y en otros ambientes naturales. Las bacterias lácticas pueden ser homofermentativas: producen de un 70-90% de ácido láctico. Por ejemplo: *Lactobacillus. Bulgaricus*, *Streptococcus. Thermophilus*, *Lactobacillus. Acidophilus* (Spreer, 1975).

***Streptococcus thermophilus.***

Es una bacteria gram-positiva, no móvil, anaerobia facultativo, se desarrolla a 37-40°C de temperatura, pero puede resistir 50°C e incluso 65°C por media hora. Posee gran relevancia en la industria láctea, *S. thermophilus* utiliza principalmente azúcares como sustrato para la generación de productos de fermentación, siendo el ácido láctico el principal producto, esta bacteria tiene menor poder de acidificación que el *lactobacilus* (Spreer, 1975).

### ***Lactobacillus bulgaricus.***

Es una bacteria láctea homofermentativa. Se desarrolla muy bien entre 42 y 45°C, produce disminución del pH, puede producir hasta un 2,7% de ácido láctico, es proteolítica, produce hidrolasas que hidrolizan las proteínas. Esta es la razón por la que se liberan aminoácidos como la valina, la cual tiene interés porque favorece el desarrollo del *Streptococcus thermophilus* (Spreer, 1975).

### **Etapas de elaboración del yogurt.**

#### **Recepción de la leche.**

La leche debe ser de buena calidad y libre de cualquier sustancia inhibidora para el desarrollo de las bacterias lácticas.

La materia destinada a la elaboración de yogurt, se somete a un control de calidad, realizándose análisis de densidad, acidez, pH y microbiológicos. (Illescas, 2001).

#### **Filtración.**

Se realiza la filtración de la leche para evitar el ingreso de partículas gruesas al proceso.

La materia prima es filtrada con el objeto de retirar las impurezas macroscópicas que pueda contener con la ayuda de un lienzo. (Illescas, 2001).

#### **Estandarización.**

Esta operación consiste en conferir a la leche la densidad apropiada añadiendo a la leche fresca, leche entera en polvo en la proporción de 30 a 50 gramos por cada litro de leche. En esta operación también se agrega azúcar en la proporción de 90 gramos por litro y pulpa de fruta en la proporción de 50 gramos por litro. (Early, 1998).

#### **Homogenización.**

La homogenización consiste en reducir de tamaño y dispersar muy finamente la partícula emulsionada en una mezcla líquida. Esta mezcla adquiere así estabilidad por un tiempo más

prolongado, de esta forma los glóbulos grasos disminuyen de tamaño mediante el proceso (Tamime y Robinson, 1991).

### ***Tratamiento Térmico.***

Esta etapa del proceso es la más importante, es cuando se obtendrá la calidad del yogurt, las proteínas de la leche se desnaturalizan provocando la liberación de péptidos que contribuyen al crecimiento de los microorganismos inoculados los cuales actúan favoreciendo aspectos de viscosidad del yogurt y separación del suero de la leche.

Además, se elimina gran parte de la flora que contiene la leche dando lugar al crecimiento de microorganismos productores del yogurt.

Se puede realizar distintos tratamientos de acuerdo con el proceso de fabricación del yogurt:

- 90° a 95° durante un tiempo de 5 a 10 segundos.
- 80° a 85° durante un tiempo de 5 a 15 minutos.
- 72° a 75° durante un tiempo de 10 minutos.

Se debe considerar que el calentamiento débil de la leche genera un yogurt bajo en viscosidad, mientras que un sobrecalentamiento puede provocar una textura granulada y una tendencia a la separación del suero. (Hernández, 2003)

### **Pre Enfriamiento hasta la Temperatura de Inoculación**

Después de la pasteurización, la leche debe ser enfriada hasta la temperatura necesaria para el óptimo crecimiento de los microorganismos, que oscila entre los 40 y 45 °C. Para esta operación se recomienda que se haga lo más higiénicamente con el fin de no contaminar la mezcla además de hacerlo rápido. (Alais, 1998).

***Siembra del cultivo iniciador.*** La siembra consiste en la inoculación de los microorganismos específicos del yogurt, el *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus*. Se utiliza para inocular la mezcla entre 2-3 % de cultivo formado por partes iguales de *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus*. Se debe mezclar muy bien al agregar el cultivo y

procurando extremar las medidas higiénicas con el fin de evitar una contaminación. (Alais, 1998).

**Incubación.** La incubación se efectúa óptimamente a una temperatura de 40 a 45 °C durante 3 a 4 horas hasta que coagule. La temperatura y el tiempo de incubación, como también la cantidad de inóculo no solo influyen en la acidez final sino también en la relación entre bacterias. Tamime y Robinson, (1991).

**Enfriamiento.** El enfriamiento se ha de realizar con la mayor brusquedad posible para evitar que el yogurt siga acidificándose (Illescas, 2001).

El enfriamiento por medio de la refrigeración es una de los métodos más utilizados para controlar la actividad metabólica de los cultivos iniciadores y sus enzimas.

El enfriamiento del coágulo comienza inmediatamente después de alcanzar una acidez óptima del producto, es decir un pH aproximado de 4.6 o una concentración de ácido láctico del 0.9 % dependiendo del tipo de yogurt producido. (Tamime y Robinson, 1991).

**Batido.** Consiste en la ruptura del coágulo y la reincorporación del lacto suero y es una operación que solo se realiza en la fabricación de yogurt o yogures líquidos para beber, generalmente para obtener un gel homogéneo es suficiente a una agitación muy suave (velocidad de la paleta 2 - 4 rpm) durante unos 5 a 10 min. Además, la agitación tiene un efecto inhibitor sobre la actividad del cultivo y reduce la producción de ácido láctico (Early, 1998)

**Envasado.** El envasado del yogurt se hace utilizando distintos tipos de máquinas llenadoras. El tamaño de los envases varía de un mercado a otro. En general la capacidad de envasado total debe ser semejante a la capacidad de la planta de pasteurización, para obtener unas condiciones óptimas de funcionamiento para todo el sistema de proceso (Luquet, 1993).

El yogurt se comercializa en envases de vidrio, polietileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, bolsas de plástico y envases de cartón (Early, 1998).

**Refrigerado.** Cuando la acidificación alcanza cierto valor (70 - 80 ° D) en el caso de los yogures tradicionales). Hay que bloquear el proceso inhibitor el desarrollo de las bacterias lácticas, para lo que se debe disminuir considerablemente la temperatura; a esta fase se le llama enfriamiento, y se lleva acabo de formas diferentes, dependiendo del tipo del producto (Luquet, 1993).

**Almacenamiento.** Después de ser empacado el producto se coloca en cámaras frigoríficas con una temperatura de 5 °C, donde se mantendrá hasta la distribución a los consumidores (Alais, 1998).

### **Propiedades fisicoquímicas del yogurt.**

Las propiedades fisicoquímicas del yogurt están basadas en las propiedades de la leche y los sucesivos cambios que ocurren durante la fermentación láctica.

pH: El valor del pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia (es la medida de las concentraciones de iones de hidrogeno presentes). Los valores de pH se presentan en una escala que se va de 1-14, donde el valor 7, es para productos neutros como el agua, por arriba de este valor son productos básicos y por debajo son ácidos, como es el caso del yogurt. El pH del yogurt es una de las principales, debido a que en su elaboración se busca disminuir el pH de la leche (6.5 – 6.7) y llegar al pH del yogurt lo cual contribuye al olor y sabor característico (Illescas, 2001).

**Ácido Láctico.** El aumento de la acidez del yogurt por la producción de ácido láctico ocasiona la coagulación de la caseína, además afecta la textura y el sabor en el producto (Fennema, 1993). La acidez de un yogurt debe oscilar entre 0.8 – 1.8 % de ácido láctico.

El porcentaje de ácido láctico adecuado es extremadamente importante para obtener un yogurt de alta calidad con sabor propio, cuerpo y textura propia, esto es para que el producto tenga el mínimo porcentaje de sinéresis durante el almacenamiento (Ankenman, 1996).

**Densidad:** Es el peso por unidad de volumen siendo el promedio de las densidades de sus componentes individuales, del grado de hidratación de las proteínas y del volumen específico del sistema leche-grasa.

La densidad del yogurt está determinada por factores como:

- a. Concentración de los elementos disueltos y en suspensión (sólidos no grasos).
- b. Proporción de materia grasa.
- c. La temperatura.
- d. La densidad exigida para el yogurt puede lograrse por dos procedimientos:
  - Concentración de la leche por sustracción de agua.
  - Adición de la leche en polvo o condensada.

### **Generalidades de la sangre.**

La sangre es un líquido de color rojo opaco de consistencia viscosa, que se coagula al extraerla si no se le añade anticoagulantes, esta contiene glóbulos rojos y blancos suspendidos en un líquido claro y amarillento llamado plasma el cual es una solución de proteínas (Maldonado, D. 1989). También es el vehículo que transporta el azúcar de la sangre y de las grasas desde los tejidos hacia ellos.

Los glóbulos rojos son los encargados del transporte del oxígeno y de la eliminación del dióxido de carbono, estos son formados en la médula ósea y para ello se necesita ciertas, especialmente el hierro (Maldonado, D. 1989), y proteínas que son las que tienen en mayor proporción. Además, la sangre contiene muchas sustancias en solución o en formas de coloides (Maldonado, D. 1989).

### **Sangre de cerdo.**

Es un tejido formado por un intersticio líquido el plasma y por elementos celulares glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas (Petrocelli, 2010). La sangre de cerdo es una solución de proteínas que contiene tres fracciones principales: plasma, células rojas y plaquetas. La sangre

completa contiene un 20 % de sólidos totales (Fcv-luz, 1994). La sangre es un líquido de color rojo escarlata, que se obtiene después del sacrificio de los cerdos, la cual se considera apta para consumo humano una vez se somete previamente a un tratamiento. Tradicionalmente puede ser utilizada en la industria alimentaria sin ningún tipo de tratamiento adicional, por ejemplo para la elaboración de embutidos, pero la escasa demanda con relación al volumen producido y las propiedades nutricionales de la sangre ha motivado la búsqueda de alternativas para su aprovechamiento en el campo de la alimentación (Beltrán y Perdomo, 2007). La sangre animal es uno de los desechos de mataderos de mayor importancia dado su alto valor proteínico y los graves daños que generan al ambiente y la salud de las personas por su inadecuada utilización en los diferentes centros de sacrificio y faenamiento. La sangre representa entre el 2,4 % y el 8 % del peso vivo, en el proceso de sangría en el matadero se puede obtener, en promedio de 13 Kg de sangre por animal procesado (Cagua y Chica, 2014).

### **Composición de la sangre.**

A pesar de que la sangre es un elemento constante en los organismos, su composición química cambia en función de factores como la raza, edad, estado fisiológico, alimentación, etc. Sin embargo, se puede hablar de una composición media: 80 % agua, 18 % de proteínas y 2 % de hidratos de carbono, lípidos y sales minerales. La utilización de la sangre en el procesamiento de productos cárnicos es muy limitada debido al color oscuro y al sabor que le imparte a los mismos, por esta razón la sangre que es recolectada durante el faenamiento se la separa en dos fracciones: plasma (60 – 80 %) y células rojas (20 – 40 %) (Mayormente glóbulos rojos, con pequeñas cantidades de glóbulos blancos y plaquetas) (Tarté, 2008). Se divide en dos partes el plasma y el paquete celular, este último constituido por los glóbulos rojos, los glóbulos blancos y las plaquetas. En el bovino, el plasma representa del 60 al 65 % del total y el paquete globular del 35 al 40 % (Cagua y Chica, 2014).

### **Harina de sangre.**

Según *Libardo Maza Angulo*, la harina de sangre es un producto de la industria cárnica con un alto contenido proteico, se obtiene por la deshidratación de la sangre con un rendimiento de 2,8 kg / animal sacrificado. La harina de sangre puede ser de baja calidad dependiendo el procesamiento por el cual se obtenga, sobre todo la temperatura. Cuando se obtiene por bajas temperaturas contiene alta cantidad de proteína no degradable en el rumen y buena degradación intestinal. De acuerdo con sus características nutricionales, tiene mayor utilización en monogástricos y en rumiantes. Su mayor importancia está representada como un controlador de consumo, en casos de suplementos ofrecidos a voluntad de los cuales se desea un consumo determinado.

**Sistemas de producción.** Son varios los procedimientos que se pueden seguir para la obtención de harina, a partir de sangre cruda de animal. Principalmente se tienen tres sistemas según la clasificación realizada según Madrid, 1999:

- ✓ Secado tradicional
- ✓ Coagulación-secado
- ✓ Coagulación-centrifugación-secado
- ✓ Sistema de deshidratación y secado en régimen continuo de la sangre
- ✓ Secado por atomización de la sangre

### **Hierro.**

El hierro es un metal que se encuentra en la naturaleza como parte del reino animal, vegetal y mineral. Se encuentra en los alimentos en forma natural de sales orgánicas como fitatos y citratos insolubles, de sales inorgánicas como cloruros y fosfatos y de complejos moleculares como son ciertas enzimas y los quelatos de la hemoglobina y mioglobina. Su absorción por el organismo debe efectuarse bajo su forma ionizada reducida, esto es como ion ferroso.

Antiguamente se le dio diversos nombres como metal de los cielos, esto indica que el hierro libre era metal que se encuentra en los meteoritos.

El hierro es uno de los componentes colorantes del pigmento hemático de la sangre y constituye también un componente de la célula (Maldonado, D. 1989).

**Comportamiento químico.** El hierro es lentamente atacado por el aire húmedo por lo cual este se oxida (Maldonado, D. 1989). Frente a los ácidos, el hierro se comporta asimismo de diferente manera, este se disuelve fácilmente en ácido clorhídrico y en ácido sulfúrico diluido con un violento desprendimiento de hidrógeno.

El hierro muestra una marcada tendencia a la formación de sales complejas. Lo cual indica que posee una elevada solidez y una unión muy estable, por lo tanto, se mantienen sin alterar numerosas operaciones que se realizan con estos complejos. Al formarse un compuesto complejo, aumenta la solubilidad y también la aparición de un cambio de color (Maldonado, D. 1989).

**Aspecto nutricional.** Se mencionarán varios aspectos que sobresalen en el metabolismo del hierro y que son de mucha importancia para conducir a una mejor interpretación de ingesta de nutrientes (hierro) ya que es la cantidad que se considera suficiente para mantener la salud de casi la totalidad de las personas (Maldonado, D. 1989).

**Contenido de hierro en los alimentos.** Los hierros existen en los alimentos en una variedad de formas, orgánicas e inorgánicas de las cuales algunos son mejor absorbidos que otros.

Generalmente los hierros de los alimentos existen en la forma de complejos no hémicos de hierro inorgánico férrico, con más pequeñas cantidades presentes en las proteínas hémicas, tales como la hemoglobina y la mioglobina, las cuales están presentes en la carne, los complejos de hierro inorgánico férrico (III) en los alimentos son destruidos a la forma más rápidamente absorbible de hierro ferroso (II). La absorción de hierro no hémico puede ser inhibida por un

sin número de constituyentes y puede ser fácil su absorción con agentes reductores (Maldonado, D. 1989), y a que facilitan la conversión de hierro férrico a hierro ferroso.

**Biodisponibilidad del hierro.** La absorción de hierro de un alimento depende de la cantidad de inhibidores y facilitadores de su absorción. Si un alimento de origen vegetal se administra con te, la absorción de una sal de hierro puede descender la tercera parte de los alimentos vegetales mientras que el café la reduce en un 40 % (Martinez, C. 1973), por su alto contenido de tanatos. El hierro hemínico integrado dentro de los alimentos de origen animal se absorbe de 18 a 20 %, mientras que en los sujetos deficientes absorben de 30 a 40 % ya que las proteínas favorecen su absorción e impiden que se polimerice en el tracto digestivo (Martinez, C. 1971).

## INFORMACIÓN NUTRICIONAL

*Tabla 2*  
*Información nutricional de la sangre de cerdo*

<b>Por cada 100 g.</b>	
<b>Energía</b>	87.4 Kcal
<b>Proteínas</b>	19.7 g
<b>Azúcares totales</b>	0 g
<b>Grasas totales</b>	0.4 g
<b>Grasas saturadas</b>	0.2 g
<b>Grasas trans</b>	0 g
<b>Sodio</b>	232 mg
<b>Hierro</b>	45.4 mg

Fuente: Wawa Food 2018

Tabla 3  
 Información nutricional de la sangre de res

Características Físico-químicas de la sangre de res	
pH	Mayores a 4.6
Caloras (Kcal/100 g)	76 Kcal
Grasas (g/100 g)	0.3 g
Sodio (mg/100 g)	232.8 mg
Proteína(g/100 g) (Nx6.25)	17.7 g
Carbohidratos (g/100g)	0.53 g
Hierro (mg/100 g)	42.6 mg

Fuente: Wawa Food 2018

**Color.** El color es una de las principales características de calidad de los alimentos y la principal característica perceptible por el consumidor. Varios pigmentos presentes en los alimentos se correlacionan con el contenido en compuestos bioactivos tales como compuestos fenólicos, carotenoides, betalaínas y vitaminas. Han revelado en varios estudios que su consumo diario promueve la salud de los seres humanos mediante la reducción de los niveles de colesterol, esclerosis coronaria, factores de riesgo cardio vascular, entre otros efectos benéficos. (Santana *et al.*, 2013).

El color se describe en términos de valor, que es de claridad u oscuridad de un color, o la cantidad relativa de blanco o negro de un tono. Si el blanco es agregado como incremento a cualquiera de los colores, obtendremos valores más claros del tono, llamados tintes. El incremento de gris en un tono da por resultado valores más oscuros de tono, conocidos como matices (Blume, 1994).

El espacio de color  $L^* a^* b^*$  (también referido como CIELAB) es uno de los espacios de color más usados para medir la composición cromática de un objeto y es ampliamente utilizado en todos los campos. Es un espacio de color definido por la CIE en 1976 con el fin de reducir uno

de los principales problemas del espacio original en color  $Yxy$ . En este espacio de color,  $L^*$  indica la luminosidad,  $a^*$  y  $b^*$  las coordenadas de color; la Figura 1 muestra el color en  $a^*$   $b^*$  desde el plano horizontal un valor de  $L^*$  constante y en la Figura 2 se indica la dirección de color:  $+a^*$  es la dirección del rojo,  $-a^*$  es la dirección verde,  $+b^*$  es la dirección del amarillo y  $-b^*$  es la dirección azul.

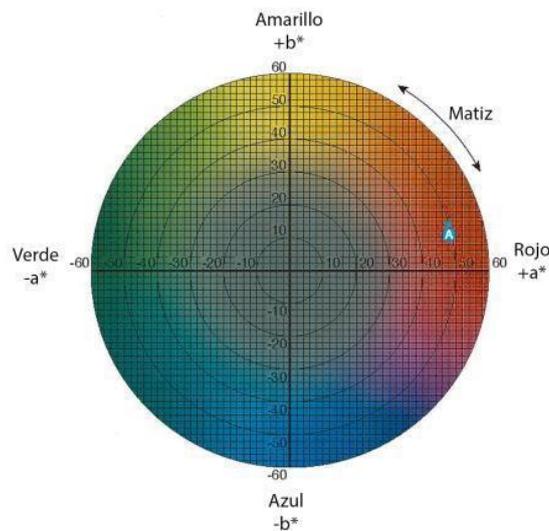


Figura 1 Representación en el plano horizontal del espacio de color  $L^*a^*b^*$ ( Konica Minolta Sensing, 2007).

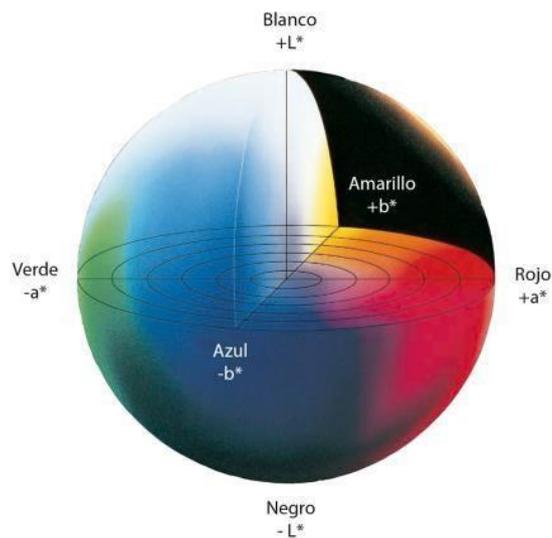


Figura 2: Representación del espacio  $L^*a^*b^*$  (Konica Minolta Sensing, 2007)

En el espacio  $L^* a^*$

En el espacio  $L^* a^* b^*$ , la diferencia del color puede ser expresada en un valor numérico  $\Delta E^*_{ab}$ , el cual indica la magnitud entre dos colores, pero no indica la saturación, el tono y la luminosidad; el  $\Delta E^*_{ab}$  está definido por la ecuación (1), en la Figura 3 se explica mejor este concepto; para analizar la diferencia total en la luminosidad, la saturación y el tono entre dos colores, es útil calcular la medida del tono entre el color de referencia y el observado usando la Ecuación 1.

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \dots\dots\dots(\text{Ecu. 1})$$

Donde  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ : es la diferencia entre  $L^* a^* b^*$  de la referencia y  $L^* a^* b^*$  de comparación.

$$\Delta H^*_{ab} = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2} \dots\dots\dots(\text{Ecu. 2})$$

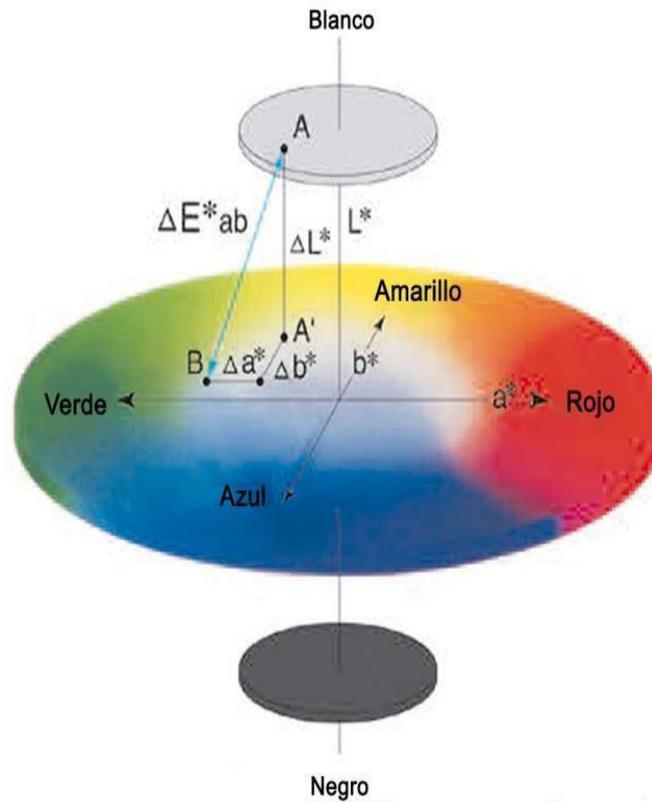


Figura 3: Diferencia del color en el espacio L\*a\*b\* (Konica Minolta Sensing, 2007)

La diferencia en el ángulo de tono  $\Delta H^*ab$  entre el color observado y el de referencia puede ser correlacionada con diferencias visuales del tono percibido. La diferencia de saturación  $\Delta^{\circ}C^*ab$  ( $[C^*ab]_{observado} - [C^*ab]_{referencia}$ ) puede ser relacionado con diferencias de saturación percibido visualmente. La medida de color  $C^*$  y del ángulo de tono  $h$  se definen por las formulas 3 y 4 (ASTM). En la Figura 4 se puede apreciar el concepto.

$$c^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \dots\dots\dots(\text{Ecu. 3})$$

$$h = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right), (\text{grados}) \dots\dots\dots(\text{ecu. 4})$$

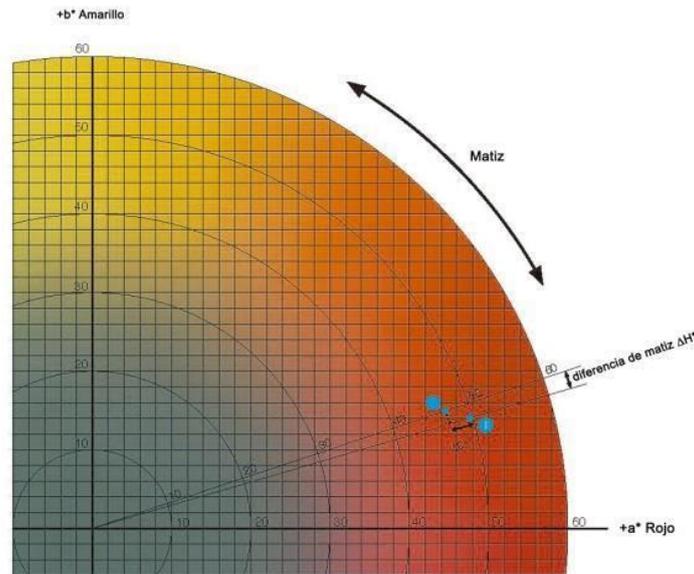


Figura 4: Diagrama de cromaticidad (Konica Minolta Sensing, 2007).

La diferencia de tono es positiva si el ángulo  $h$  del observado es mayor al de referencia y es negativa si el ángulo  $h$  del observado es menor a la referencia (Konica, 2007).

**Cielab ( $L^*a^*b^*$ ):** Las características cromáticas CIELAB; en la actualidad se está implantando en los ámbitos alimentarios el sistema de coordenadas de color de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) que permite una medida precisa de la percepción visual del color de un objeto, y por lo tanto también podemos considerar el color. La Comisión Internacional de la iluminación (CIE) estableció unas normativas respecto a la medida del color, especificando un espacio de color a utilizar, de tal modo que los resultados numéricos obtenidos se ajustaran en la mayor medida posible a la sensación visual humana.

Cuando un color se expresa en CIELAB, la  $L^*$  define la claridad,  $a^*$  denota el valor rojo/verde y  $b^*$  el valor amarillo/azul. (Delmoro, *et al.* 2010).

$a^*$ : índice de rojo (los valores pueden ser positivos e indican la cantidad de componentes rojo, o negativos que equivale al componente verde).

b\*: índice de amarillo (los valores positivos representan el componente amarillo y los negativos el azul).

L\*: luminosidad. (Sólo se obtienen valores positivos y se mide en una escala de 0-100).

**Sistema de color CIE:** La CIE o Comisión Internacional del Eclairage (que se traduce como Comisión Internacional de la Iluminación) es la institución responsable de las recomendaciones internacionales para la fotometría y colorimetría. En 1931 la CIE estandarizó los sistemas de orden de color especificando las fuentes de luz, el observador y la metodología usada para encontrar los valores para la descripción del color. (Delmoro, Muñoz, Nadal, Clementz, y Pranzetti, 2010).

**Colorímetro.** Instrumento de medición óptica que responde al color de manera similar al ojo humano – filtrando la luz reflejada en sus regiones dominantes de rojo, verde y azul. Pueden utilizarse para medir sólidos, pastas, gránulos, polvos y líquidos. Además, que los valores de color son numéricos por lo que se puede diferenciar con facilidad el color de un determinado producto.

## Capítulo IV: Materiales y Métodos

### Lugar de ejecución

Para la investigación se utilizó harina de sangre de cerdo y leche fresca certificada del centro de producción INIA. Situado en el barrio de Chumbibamba del distrito de Talavera.

La investigación se desarrolló en los laboratorios de lácteos y control de calidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAJMA.

Los análisis de composición proximal se desarrollaron en el laboratorio de control de calidad de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

### Material de estudio

**Población.** El universo y/o población estuvo referido a la totalidad de yogures elaborados (09 unidades de 500 ml cada uno) para cada tratamiento de acuerdo al arreglo experimental (tabla 4).

**Muestra.** La muestra estuvo referida, a 500 ml de yogurt en promedio elaborado de acuerdo al arreglo experimental, las cuales se seleccionaron de forma no aleatoria con el propósito de evitar sesgos durante la evaluación.

**Diseño experimental.** El diseño experimental es de tipo DCA, debido a que se manipula una sola variable – diferentes niveles de fortificación de harina de sangre de cerdo, el arreglo experimental se muestra en la tabla 4.

*Tabla 4*  
*Arreglo experimental – DCA*

Numero de repeticiones (j)	Numero de tratamientos		
	T1 5 %	T2 10 %	T3 15 %
1	$T_{i1.1j}$	$T_{i2.1j}$	$T_{i3.1j}$
2	$T_{i1.2j}$	$T_{i2.2j}$	$T_{i3.2j}$
3	$T_{i1.3j}$	$T_{i2.3j}$	$T_{i3.3j}$

Donde  $T_{i,j}$   $i$  se refiere al tratamiento,  $j$  la repetición

Fuente: Elaboración propia

## **Materiales, instrumentos y equipos**

### **Materiales.**

*Tabla 5*  
*Materiales para el desarrollo de la investigación.*

Cantidad	Materiales
03	Vaso de precipitado de 250 ml.
05	Probeta de 100 ml.
01	Bureta de 50 ml.
01	Olla de acero inoxidable de 30 l de capacidad.
15	Placas Petri
02	Jarras litreras de 2 l de capacidad.
09	Pipetas de 2 ml
09	Tubos de ensayo
01	Picnómetro

Fuente: Elaboración propia

## **Instrumentos.**

*Tabla 6*  
*Instrumentos para el desarrollo de la investigación*

Cantidad	Instrumentos
01	Lactodensímetro.
01	pH-metro.
01	Termómetro digital (0-100°C).

Fuente: Elaboración propia

## **Equipos.**

*Tabla 7*  
*Equipos para el desarrollo de la investigación*

Cantidad	Equipos
01	Refrigeradora.
01	Balanza analítica, campo de pesado 0.1 mg-120 g.
01	pH metro digital.
01	Incubadora modelo de 20 a 70° C.
01	Cocina industrial.

Fuente: Elaboración propia

## **Materia prima**

*Tabla 8*  
*Materia prima para el desarrollo de la investigación*

Cantidad	Unidad	Materia prima
30	Litros	Leche.
1	Kg	Sangre cerdo pre cocida
1	Sobre	Cultivo

Fuente: Elaboración propia

## **Métodos y técnicas**

### **Proceso de elaboración del yogurt con sangre pre cocida de cerdo.**

se realizaron los siguientes pasos de acuerdo al diagrama de bloque que se muestra después de la descripción de la etapa.

Se explica a continuación cada una de las operaciones que se realizaron:

#### ***Recepción de leche.***

Se recepcióno la leche proveniente de los establos de INIA, en cantaros asépticas. Se realizó los análisis fisicoquímicos de acidez y densidad como control de calidad de la materia prima.

***Filtración.*** La filtración de la leche se realizó en 3 filtros de doble malla (con diámetro promedio de poro de 1.2  $\mu\text{m}$ ), a fin de retener partículas sólidas indeseables provenientes del ordeño de la leche.

***Calentamiento.*** La leche filtrada se llevó a calentar hasta 40 °C. Durante el incremento de temperatura, cuando la leche llego a 40 °C se agregó la harina de sangre porcina (5, 10 y 15 %).

***Pasteurización.*** Se pasteurizo la leche en un rango de 75°C por 15 minutos, rango en el cual se logró eliminar los microorganismos patógenos reduciendo la población bacteriana que interfiere en el desarrollo de las bacterias ácido – lácticas del cultivo iniciador y probiótico y desnaturalizar las proteínas del suero para una óptima incubación y textura del yogurt (Vélez y Rivas, 2001).

***Enfriamiento 1.*** Luego de la pasteurización se realizó un primer enfriamiento rápido hasta 45°C para su posterior inoculación del cultivo láctico marca SACCO.

***Inoculación.*** Se procedió a inocular el cultivo láctico.

Los cultivos lácticos iniciadores empleados fueron el *Lactobacillus del bulgaricus* y *Streptococcus salivarius sub. thermophilus* Y 4.56 B de la marca SACCO Lyofast.

**Incubación.** La incubación se realizó a temperatura constante (45°C), durante un tiempo de 4 horas. Hasta que el pH descienda a 4.5.

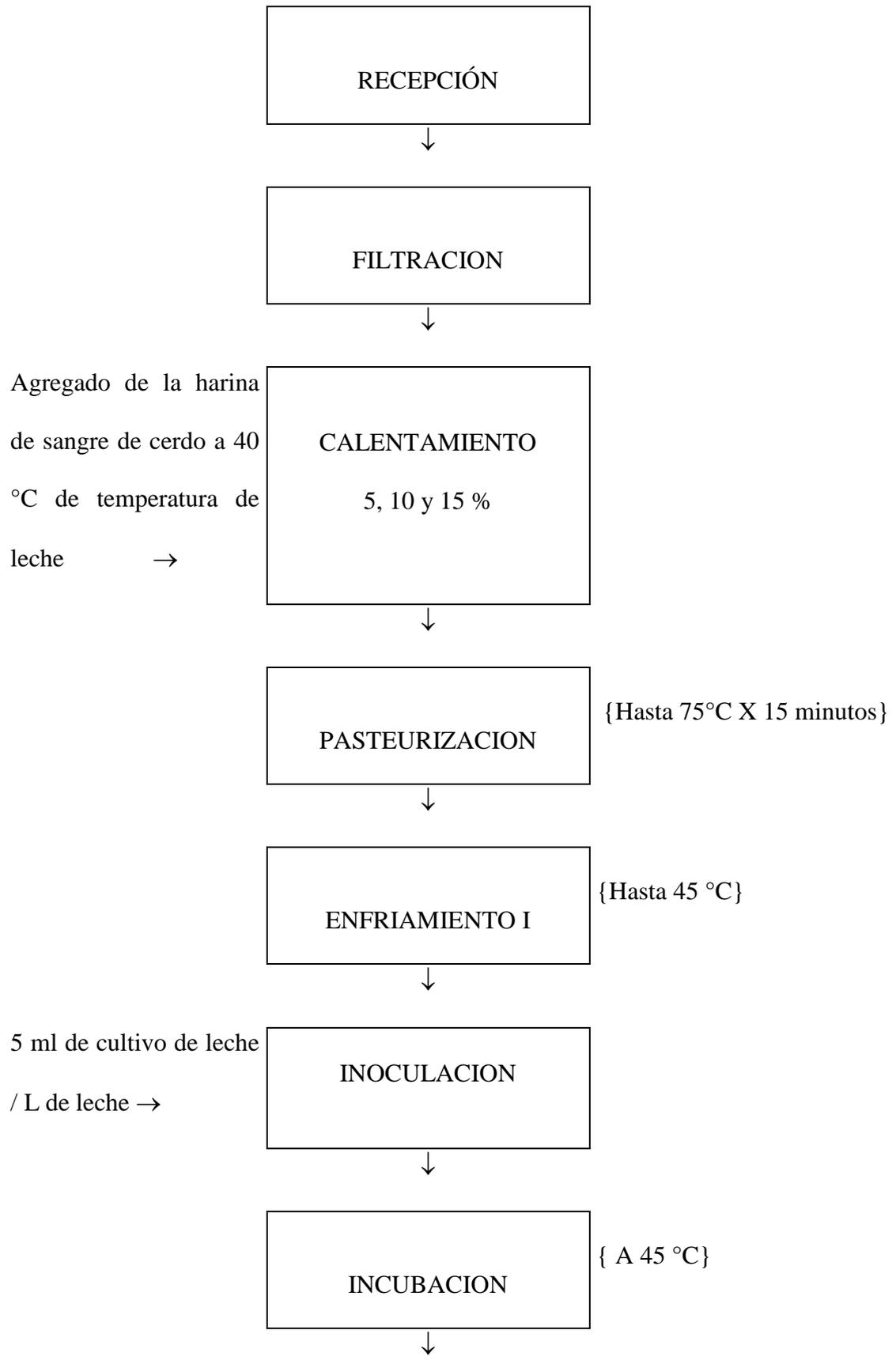
**Enfriamiento 2.** Se enfrió rápidamente el yogurt formado hasta 10°C ± 2°C con el objetivo de detener la actividad de los microorganismos lácticos y retardar el incremento posterior de la acidez.

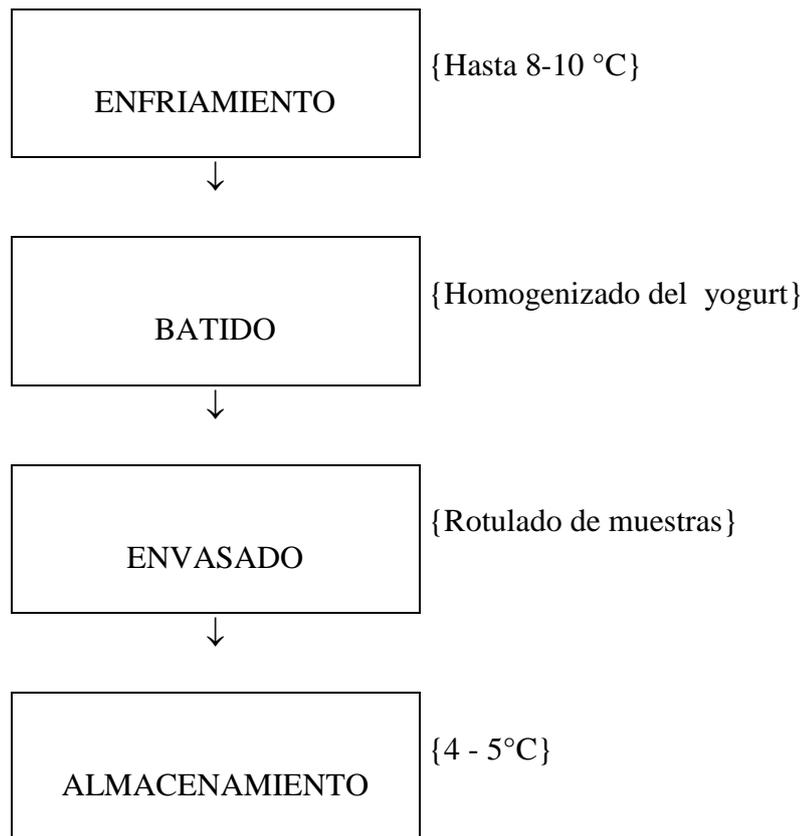
**Batido.** Se procedió a un batido mecánico o manual suave hasta que el yogurt haya tenido una consistencia homogénea.

**Envasado.** Se procedió al envasado empleando jarras medidoras esterilizadas. Se emplearán envases de polipropileno de grado alimentario de 500 ml de capacidad, sellándolos herméticamente luego de su envasado. Los envases serán esterilizados previamente a 100°C por 30 minutos.

**Almacenado.** El producto final se almacenó a 4°C ± 0.5 °C durante 3 días mientras se realiza los análisis experimentales planteados como fin de estudio.

**Diagrama de elaboración de yogurt batido fortificado con harina de sangre de cerdo.**





Fuente: Elaboración propia, modificado de la propuesta por Barrantes, (2016).

### **Análisis Experimental**

#### **Análisis Físico-química.**

Los análisis físico-químicos se realizarán en los laboratorios de Lácteos y control de calidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

La composición proximal se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional San Antonio del Cusco (UNSAAC).

Determinación de pH (A.O.A.C. 10.035,1995)

La determinación de pH se realizó con un potenciómetro HANNA, el cual se calibro con soluciones buffer de pH 7.01 y 4.02 a temperatura ambiente. Para la medición se colocó una muestra de 20 ml en un vaso de precipitación de 50 ml. El electrodo del potenciómetro se introduce en la muestra por varios segundos hasta que se estabilice la lectura de pH en la pantalla.

### **Determinación de Acidez.**

Se determinó la acidez a través del método volumétrico 939.05 de la AOAC (2000) / NTP 202.116: 2008 (Anexo 25).

### **Determinación de la densidad.**

La densidad del yogurt se determinó mediante el método del lactodensímetro según AOAC 925.22/90 / NTP 202.007: 1998 (Anexo 24).

### **Determinación del color.**

Para determinar el color se tomó 05 muestras no aleatorias del yogurt fortificado con harina de sangre de cerdo las diferentes niveles; luego se estimó el valor promedio por cada tratamiento. El equipo de medición utilizado fue el colorímetro Konica Minolta CR400, el cual se calibró antes de hacer de las mediciones usando una placa de cerámica blanca como referencia. Los resultados se expresaron en la escala de color CIE 1976  $L^* a^* b^*$ ). Las mediciones se realizaron dentro de una cámara con iluminación constante Para realizar los cálculos de las diferencias de color se realizó con la Ecuación 1 diferencia del ángulo de tono ( $h^*$ ) con la Ecuación 3, saturación o croma ( $C^*$ ) con la Ecuación 4 según la norma ASTM D2244-02 (ASTM, 2014).

### **Evaluación sensorial.**

La evaluación sensorial se realizó con los alumnos del nivel primario de la Institución Educativa primaria N° “54210” del distrito de Santa María de Chicmo, con un número de 20 panelistas.

Para la evaluación por parte de los panelistas, se consideró la escala que se muestra en la tabla (9).

Tabla 9  
Escala hedónica de preferencia

Cualidad	Ponderación
Color	1 a 5 puntos
Olor	1 a 5 puntos
Sabor	1 a 5 puntos
Textura	1 a 5 puntos

Fuente: Elaboración propia

**Preparación de la Muestra.** Las muestras o tratamientos del yogurt fueron preparados en botellas de plástico color blanco, los cuales se sirvieron en vasos descartables, acondicionadas en una mesa, las muestras de cada nivel de fortificación del yogurt fueron colocadas en orden aleatorio, para su presentación a los jueces evaluadores.

A cada panelista se le proporciono agua embotellada para que luego de probar cada tratamiento enjuague su boca y continúe con el siguiente.

### Diseño de contrastación

Para la contratación de la experimentación se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

*Hipótesis nula* – $H_0$ : los resultados de las características fisicoquímicas, composición proximal y sensorial del yogurt fortificado con harina de sangre de cerdo no muestran diferencia significativa

$$\bar{x}_i = \bar{x}_j$$

*Hipótesis alterna* – $H_A$ : los resultados de las características fisicoquímicas, composición proximal y sensorial del yogurt fortificado con harina de sangre de cerdo muestran diferencias significativas

$\bar{x}_i \neq \bar{x}_j$ , para algún  $i, j$  (tratamientos)

Nivel de significancia ( $\alpha$ )

Para el caso de comparaciones de tratamientos se empleó  $\alpha = 0.05$

## Análisis Estadístico

**Pruebas paramétricas o cuantitativas.** De acuerdo a la formulación y a los objetivos, el diseño metodológico fue experimental-longitudinal-descriptivo (Gutiérrez y de la Vara, 2004), para lo cual se desarrolló las siguientes pruebas estadísticas:

Prueba ANOVA y Tukey (análisis paramétrico), que se aplicaron en la comparación individual de la diferencia significativa entre tratamientos, referidos a las propiedades fisicoquímicas y composición proximal del yogurt fortificado con harina de sangre de cerdo.

Prueba Friedman, prueba no paramétrica, que permitió evaluar la diferencia significativa de los tratamientos referidos al análisis organoléptico.

Para realizar la comparación individual entre los tratamientos, y así determinar la diferencia mínima significativa.

**Criterio para la prueba de hipótesis.** Para probar cuál de los tratamientos son diferentes unos de otros, se consideró el siguiente criterio (Gutiérrez y de la Vara, 2004):

$|\bar{x}_i - \bar{x}_j| > T_\alpha$ ; Hay diferencia de efecto entre tratamientos (diferentes estadísticamente)

$|\bar{x}_i - \bar{x}_j| < T_\alpha$  ; No hay diferencia de efecto entre tratamientos (iguales estadísticamente)

Donde  $T_\alpha$ , es el estadístico Tukey:

Dónde:

$$T_\alpha = q_\alpha(k, N - k) \sqrt{\frac{CM_E}{n}} \quad ec. (01)$$

$q_\alpha(k, N - K)$ , valor normalizado de la distribución Tukey

$CM_E$ , cuadrado medio de error, obtenido de la tabla ANOVA

$n$ , número de datos.

El número de comparación entre tratamientos se realizó a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Numero de comparaciones} = \frac{T(T - 1)}{2} \quad ec. (02)$$

## **Pruebas no paramétricas o cualitativas.**

### ***Test de Friedman.***

La evaluación organoléptica del producto en sus diferentes formulaciones, se utilizó la prueba de rangos de Friedman (Espinoza, 2007), a través de la ecuación.

$$X^2 = \frac{12}{b * t(t + 1)} \sum R^2 - 3b(t - 1) \quad \text{ec. (03)}$$

Dónde:

$X^2$ , estadístico Chi-cuadrado

R, rangos de los tratamientos

b, número de degustadores

t, número de tratamientos

Para la evaluación de las pruebas Tukey y prueba Friedman, se utilizó el Software estadístico Statgraphics 5.1. (Statistical Corp., 2000) y Excel (2010).

Asimismo, las pruebas se desarrollaron por triplicado, a fin de evitar sesgos a la hora de la evaluación, y corroborar la tendencia de los resultados.

## Capítulo V: Resultados y Discusiones

### Evaluación de las características fisicoquímicas

El análisis de las distintas características físico-químicas del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo se ha realizado por triplicado, los datos individuales para cada característica físico-química se muestran en el **anexo (01)**.

En la tabla (10), se aprecia el análisis físico-químico del yogurt: sin fortificar (0) y con fortificación de harina de sangre de cerdo a diferentes niveles de 5, 10 y 15%.

#### **Acidez.**

En la tabla (10) se aprecia que, la acidez de yogurt sin fortificar (0) es de  $64.33 \pm 4.04^{\circ}D$ , y luego al fortificar con harina de sangre de Cerdo, la acidez aumenta hasta un valor de  $70.16 \pm 0.76^{\circ}D$ , a un nivel de fortificación al 5 %, mientras que a mayor de nivel de fortificación incrementa la acidez del yogurt como se aprecia en tabla 10 este hecho también es apreciable en la figura (5), en donde se representa la gráfica de medias así como la tendencia creciente de la acidez, en ella se aprecia un mayor incremento a nivel porcentual de 15 % de fortificación de harina de sangre de cerdo (pendiente más pronunciada), asimismo se puede concluir que las desviaciones estándares de la medida de la acidez son diferentes para todos los casos ( $\pm 0.55$ ), este hecho se evidencia también en la figura (5), pues presentan intervalos de diferente tamaño. Este hecho se debe a que a transformaciones bioquímicas importantes de los cultivos lácticos es la fermentación láctica, convirtiéndose lactosa en ácido láctico (Alais, 1996), es por ello que la acidez es diferente entre la leche y el yogurt independientemente de la fortificación.

Tabla 10

Características físico-químicas del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo

Característica	Nivel (%) de Harina de sangre de cerdo												p-value
	0			5			10			15			
Acidez (°D)	64.33 <sup>a</sup>	±	4.04	70.16 <sup>a</sup>	±	0.76	72.00 <sup>c</sup>	±	1.00	74.00 <sup>d</sup>	±	2.64	< 0.05
Ph	4.52 <sup>a</sup>	±	0.01	4.56 <sup>a</sup>	±	0.02	4.50 <sup>a</sup>	±	0.01	4.45 <sup>a</sup>	±	0.082	> 0.05
Densidad (g/mL)	1.067 <sup>a</sup>	±	0.002	1.07 <sup>a</sup>	±	0.003	1.06 <sup>a</sup>	±	0.05	1.05 <sup>a</sup>	±	0.002	< 0.05
Humedad (%b.h.)	80.77 <sup>a</sup>	±	0.58	79.43 <sup>b</sup>	±	0.03	70.23 <sup>c</sup>	±	0.03	79.33 <sup>d</sup>	±	0.02	< 0.05
Proteínas (%)	2.82 <sup>a</sup>	±	0.02	4.26 <sup>b</sup>	±	0.04	5.32 <sup>c</sup>	±	0.025	6.45 <sup>d</sup>	±	0.02	< 0.05
Grasa (%)	2.22 <sup>a</sup>	±	0.025	3.27 <sup>a</sup>	±	0.02	4.13 <sup>a</sup>	±	0.06	4.82 <sup>d</sup>	±	0.28	< 0.05
Ceniza (%)	0.72 <sup>a</sup>	±	0.03	0.84 <sup>a</sup>	±	0.03	0.91 <sup>a</sup>	±	0.01	1.07 <sup>d</sup>	±	0.02	< 0.05
Carbohidratos (%)	13.07 <sup>a</sup>	±	0.08	12.14 <sup>b</sup>	±	0.10	10.42 <sup>c</sup>	±	0.10	8.20 <sup>d</sup>	±	0.09	< 0.05
Energía Kcal/100	83.35 <sup>a</sup>	±	0.06	95.39 <sup>b</sup>	±	0.11	100.30 <sup>c</sup>	±	0.15	103.35 <sup>d</sup>	±	0.05	< 0.05
Hierro mg/100	0.80 <sup>a</sup>	±	0.04	2.09 <sup>b</sup>	±	0.08	3.32 <sup>c</sup>	±	0.06	4.53 <sup>d</sup>	±	0.03	< 0.05

Letras iguales significan que no existe diferencia significativa entre tratamientos (p value > 0.05), evaluada con el estadígrafo Tukey

Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus.

Por otra parte, al realizar una prueba de comparación múltiple a través de test Tukey para la acidez, se observa que presentan diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ), es decir son diferentes y esto es evidente pues la acidez medida se incrementa a mayor nivel de fortificación del yogurt. Hashemi, 2019, menciona que, debido a las propiedades fisicoquímicas y microbianas apropiadas, como la acidez, el efecto inhibitor sobre el ácido láctico, además de tener probióticos y vitaminas, el yogurt es el mejor vehículo para aumentar la biodisponibilidad del mineral hierro.

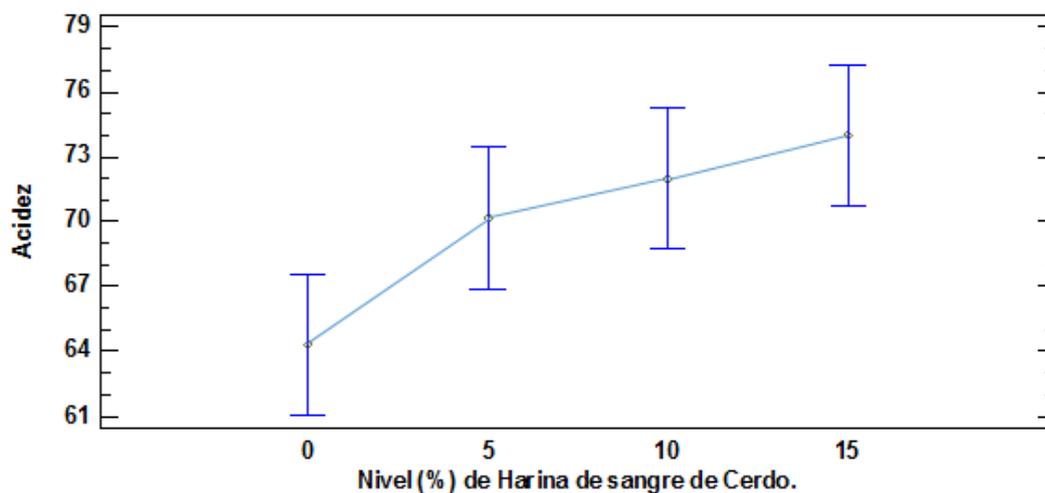


Figura 5: Diagrama de medias para la acidez del yogurt

Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus.

### pH.

En cuanto al comportamiento del pH del yogurt sin fortificar y con fortificación de harina de sangre de cerdo a diferentes niveles de 5, 10 y 15 %, estas no presentan diferencia significativa ( $p\text{-value} > 0.05$ ), y se observa que existe un decremento, partiendo inicialmente de un valor de  $4.52 \pm 0.01$  sin fortificar, hasta un valor final de  $4.45 \pm 0.08$ , se puede observar en la tabla (10), que existe una relación inversa con el incremento de la acidez del yogurt, y que disminuye regularmente de su valor inicial, no obstante al fortificar con harina de sangre de cerdo, existe una ligera diferencia de pH, que estadísticamente no es significativa (letras iguales en los

valores de pH, tabla (10), asimismo la variación del pH se puede apreciar en la figura (6), donde se evidencia una rápida caída del pH para a nivel de fortificación con harina de sangre de cerdo en el yogurt, es decir el incremento de la acidez. Se sabe que los ácidos grasos libres se pueden formar a través de la hidrólisis de triglicéridos, lo que disminuye el pH. Herman, 1993.

De otro lado el yogurt sin fortificar y fortificado con harina de sangre de cerdo no muestran diferencia significativa en cuanto al pH (letras iguales en la tabla 10). El pH presenta una relación inversa a la acidez. Estudios previos relacionados sobre el enriquecimiento de productos lácteos no mostraron ningún efecto sobre la acidez titulable y el pH. La adición de hierro, zinc y calcio micro o nanométrico al yogur no afectó el pH o la acidez titulable después de 28 días a 4 ° C. (Santillán, 2017). De acuerdo a estudios, los resultados actuales indican que la fortificación de micronutrientes no tuvo un efecto significativo sobre la acidez titulable y el pH a cualquier temperatura dada. (Kazmi, et al.2007).

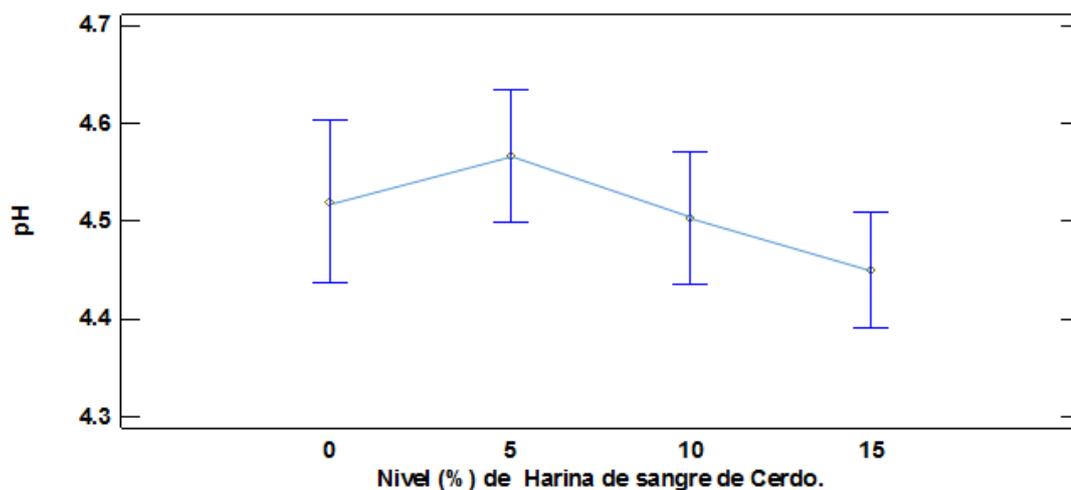


Figura 6: Diagrama de medias para el pH del yogurt

Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus.

### Densidad (g/ml)

En la tabla (10), se observa que la densidad del yogurt sin fortificación muestra  $1.067 \pm 0.58$ , sin embargo al fortificar el yogurt con harina de sangre de cerdo al 5 %, esta incrementa hasta  $1.070 \pm 0.03$  %, de acuerdo al test Tukey, se puede considerar que el porcentaje de fortificación al 10 y 15 % inmediatamente tiende a disminuir la densidad del yogurt, sin embargo el nivel

de fortificación entre 5, 10 y 15 no muestran diferencia significativa (letras iguales en la tabla (6), es decir no varía considerablemente, por otra parte el yogurt fortificado al 5 % presenta mayor varianza  $\pm 0.003\%$ , mientras que el yogurt fortificado con 10 y 15 % presenta menor valor. El yogur es un sistema de gel de micelas de caseína con agua atrapada Izadi, et al.,(2015) Agregando las sales pueden aumentar la estructura del gel de los tratamientos fortificados, que indica la consolidación relativamente coherente de la estructura del gel, por lo tanto, abra una mayor densidad de unión por unidad de volumen. Este resultado puede explicarse como una variación de la fuerza iónica de las sales utilizadas que afecta la matriz de gel del yogurt. H. Zilena, et.,al. (2019).

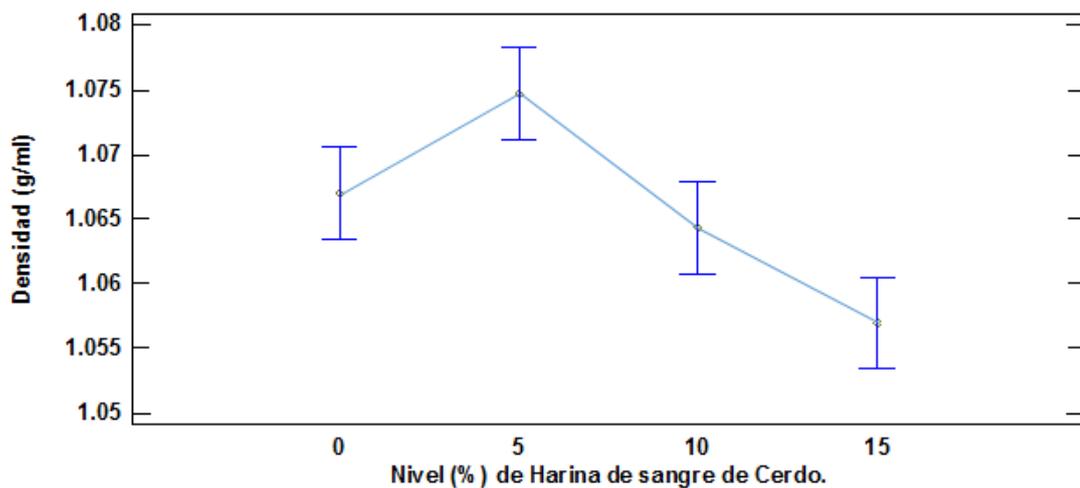


Figura 7: Diagrama de medias para densidad (g/ml) de yogurt.  
Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus.

### Humedad (%b.h)

Otra característica evaluada fue la humedad que también guarda relación con la densidad del yogurt, tras la evaluación del ANOVA se observa que  $p\text{-value} < 0.05$ , es decir que existe diferencia significativa entre el yogurt sin fortificar y con diferentes niveles de fortificación, es así que la humedad del yogurt sin fortificar fue  $80.77 \pm 0.58\%$ , este hecho se puede observar también en la figura (8), donde los intervalos no se solapan unas a otras. La disminución de la

humedad del yogurt tiene relación con la fortificación de la harina de sangre de cerdo por contener extracto seco.

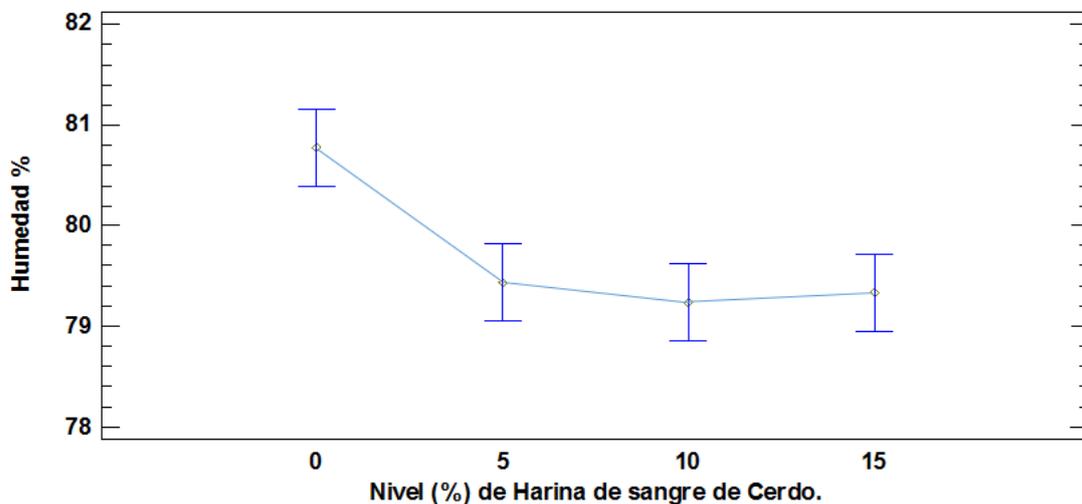


Figura 8: Diagrama de medias para la humedad del yogurt

Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus.

### Proteína %

Se ha determinado el contenido proteico del yogurt sin fortificación y fortificado a diferentes niveles, a través del PHLC, los resultados se muestran en la tabla (6), de ella se encontró que el porcentaje de proteína en el yogurt sin fortificado (0) es  $2.82 \pm 0.02$  %, al fortificar el yogurt con diferentes niveles de 5, 10 y 15 % de harina de sangre de cerdo este incrementa, a un nivel de 15 % de fortificación presenta  $6.45 \pm 0.02$  %, la diferencia de las cantidades del porcentaje de proteína en cada nivel de fortificación del yogurt es estadísticamente significativa, este hecho se puede apreciar en la figura (9), donde al nivel 5 % de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo, el incremento es bien pronunciado, mientras a mayor nivel de fortificación aumenta el nivel de proteínas en el yogurt. La harina de sangre contiene un alto contenido proteico, Ramos, (2017), menciona que este posee un alto coeficiente de digestibilidad que es el 99%, así mismo es rico en uno de los aminoácidos más importante para el desarrollo humano conocido la Lisina. Las proteínas de la sangre tienen propiedades

funcionales deseables, que incluyen capacidad de emulsificación, gelificación y retención de agua. (Liu et al., 1996; Ofori y Hseih, 2011). La fermentación de la leche con organismos probióticos, como *Lactobacillus bulgaricus*, mejora la biodisponibilidad de las isoflavonas y el calcio y también la digestión de proteínas. Hashemi, 2019.

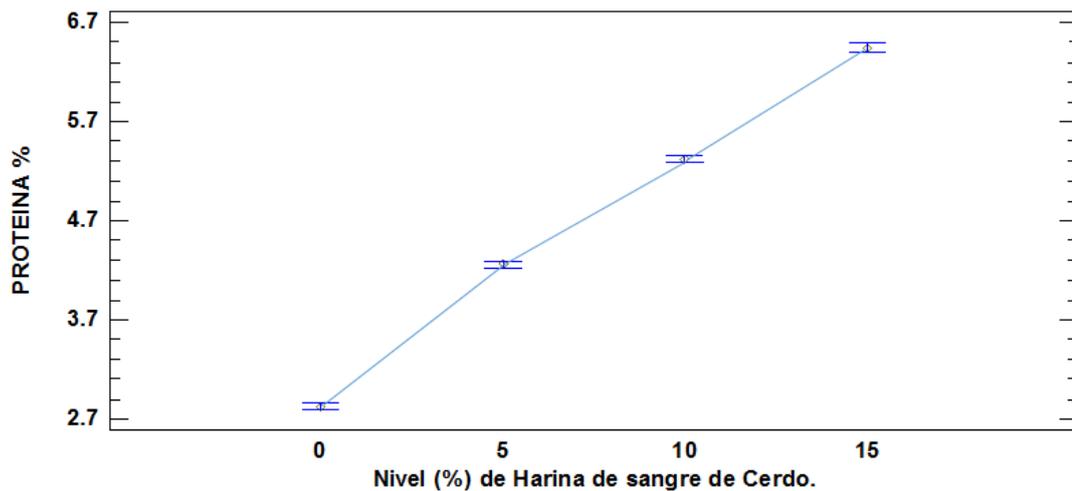


Figura 9: Diagrama de medias para la proteína del yogurt  
Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus.

### Grasa.

En la tabla (10), se observa el porcentaje de grasa del yogurt sin fortificar fue de  $2.22 \pm 0.02$  %, luego al fortificar el yogurt con harina de sangre de cerdo en diferentes niveles de 5, 10 y 15 %, esta aumente hasta  $4.82 \pm 0.28$  %, de acuerdo al test Tukey, se puede considerar que el porcentaje de grasa para el yogurt a 10 y 15 % de fortificación muestran diferencia significativa (letras diferentes en la tabla (10), es decir varía considerablemente, por otra parte el yogurt al 15 % de fortificación presenta mayor varianza  $\pm 0.28\%$ , este mismo echo se observa en la figura (10). De acuerdo a los resultados obtenidos para el contenido de grasa en el yogurt muestran un incremento Alais (1996), indica que el cultivo produce lipólisis, que es la hidrólisis de los triglicéridos, con liberación de ácidos grasos hacia el medio acuoso o suero de la leche y su consecuente pérdida, por ende, el incremento del porcentaje de grasa.

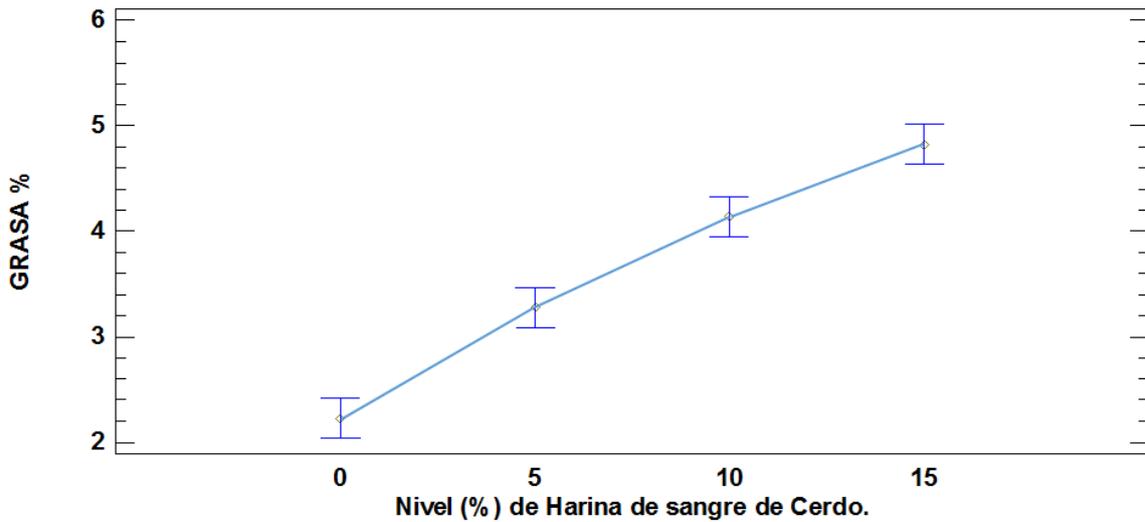


Figura 10: Diagrama de medias para el % de grasa del yogurt  
Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus

### Ceniza

Respecto al contenido de ceniza el yogurt sin fortificar presenta un valor de  $0.72 \pm 0.03$  %, y que esta varía ligeramente con la fortificación con diferentes niveles de harina de sangre de cerdo, es así que al realizar el test Tukey, el yogurt con fortificación al 5 y 10 % no muestran diferencia significativa, así como al 10 y 15 % fortificación sucede el mismo hecho, en la figura (11), se puede graficar este hecho, donde se observa claramente que la proyección de sus intervalos se superponen, esto es índice de que el contenido de ceniza puede ser considerado similar estadísticamente.

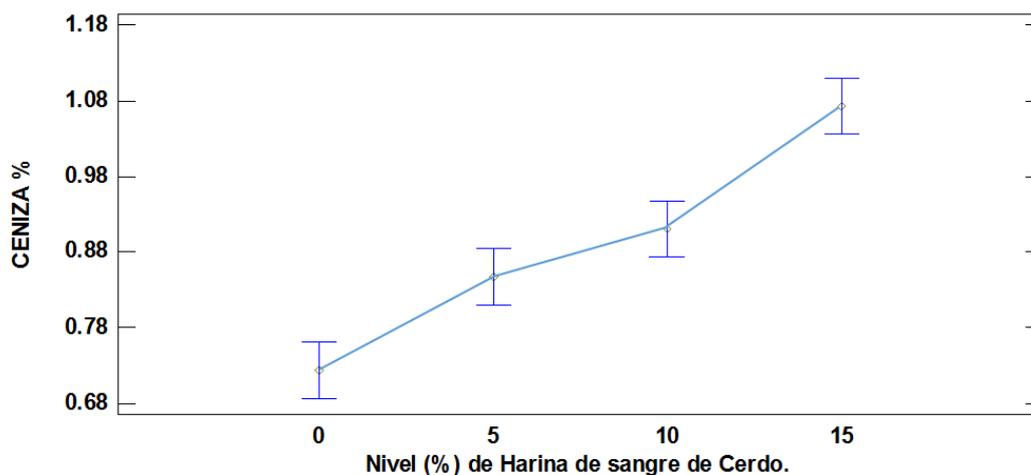


Figura 11: Diagrama de medias para el nivel porcentual de grasa del yogurt

### Carbohidratos

En la tabla (10), se observa los valores del contenido de carbohidrato para cada tratamiento de yogurt sin fortificado y fortificado a diferentes niveles de harina de sangre de cerdo, para el caso del yogurt sin fortificado presenta un valor medio  $13.07 \pm 0.08$ , luego al fortificar el yogurt con 5 % de harina de sangre de cerdo esta disminuye a  $12.14 \pm 0.10$  % y a un nivel de 15 % de fortificación el yogurt presenta contenido de carbohidratos de un valor de  $8.20 \pm 0.09$ , al realizar el test de Tukey se aprecia que todos los tratamientos son diferentes respecto al contenido de carbohidratos, aunque en la figura (12) el intervalo de contenido de carbohidratos del yogurt fortificado al 10 % no se superponen con el nivel de fortificación al 15 %, esto quiere decir que el contenido de carbohidratos en el yogurt fortificado varia cada vez que se incrementa el nivel de fortificación del yogurt. Además, los yogures fortificados se complementan con los prebióticos, carbohidratos no digeribles sugeridos para mejorar la biodisponibilidad de hierro Christides, et al.,(2018)

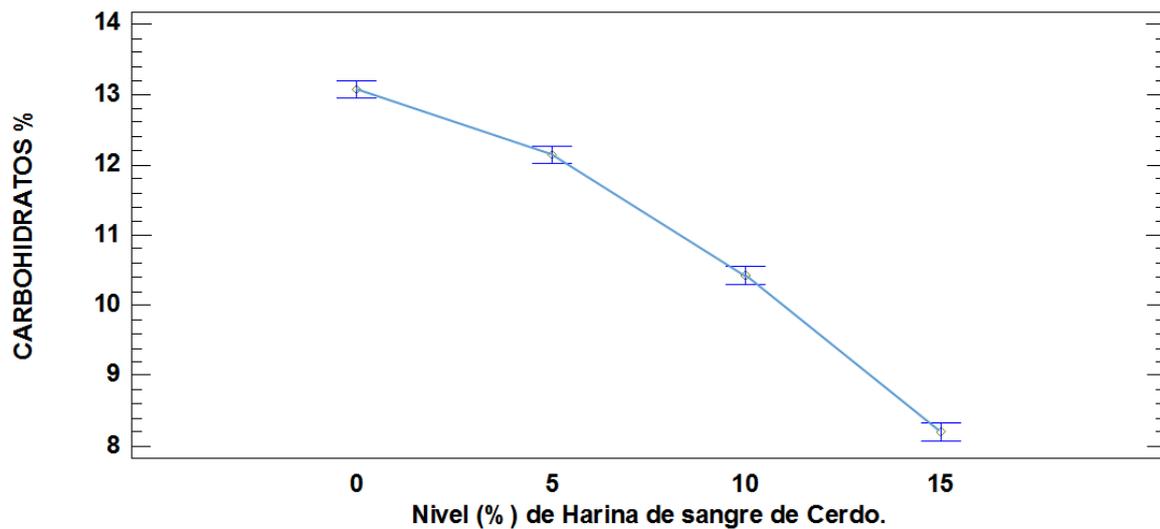


Figura 12: Diagrama de medias para el contenido de carbohidratos del yogurt  
Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus

### Energía (Kcal/100)

Respecto al contenido de energía (Kcal/100) esta presenta un valor de  $83.35 \pm 0.06$  para el yogurt sin fortificado, sin embargo el yogurt fortificado con diferentes niveles de 5, 10 y 15 % de harina de sangre de cerdo este valor incremento hasta  $103.35 \pm 0.05$  de energía (Kcal/100). Al realizar la comparación del tratamiento a través de una evaluación ANOVA, se encuentra que existe diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ), y la aplicación del test de Tukey indica que ningún par de tratamientos presenta contenido de energía similar (letras diferentes sobre los valores). En la figura (13), se parecía que el contenido de energía en el yogurt fortificado con diferentes niveles se incrementa de 95.39 hasta 103.35, del yogurt sin fortificar hasta un nivel de fortificación de 5 % el contenido de energía del yogurt aumenta rápidamente, luego del cual el incremento es mayor.

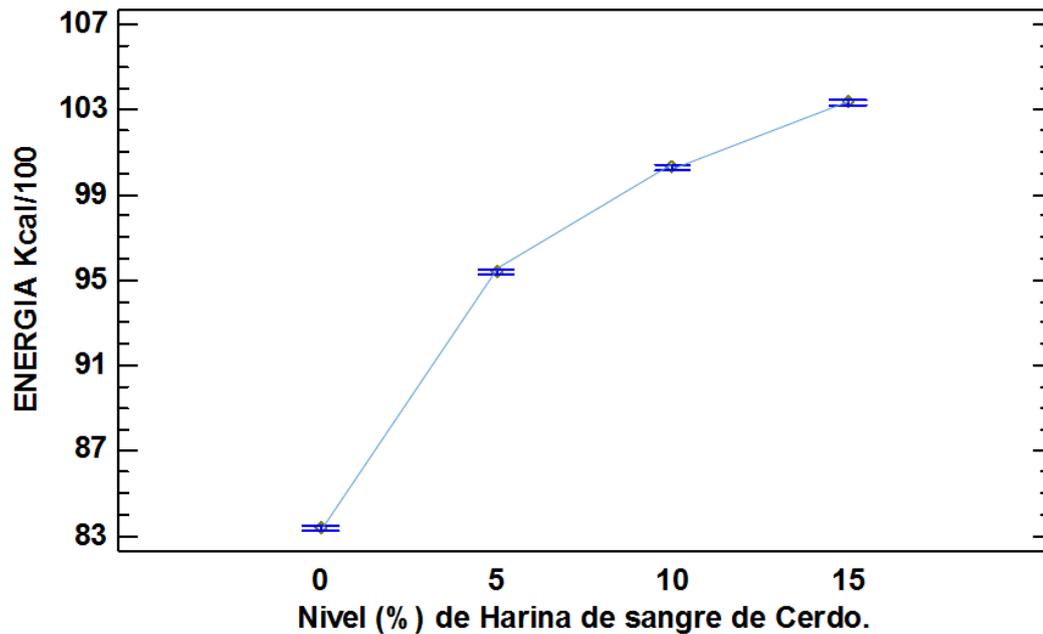


Figura 13: Diagrama de medias para el contenido de energía (Kcal/100) del yogurt

Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus.

### Hierro (mg/100)

Otra característica importante evaluada fue el contenido de hierro en el yogurt, tras la evaluación del ANOVA se observa que  $p\text{-value} < 0.05$ , es decir que existe diferencia significativa entre el yogurt sin fortificar y fortificado con diferentes niveles de harina de sangre de cerdo, es así que el contenido de hierro en el yogurt sin fortificar presento de  $0.80 \pm 0.04$ , este hecho se puede observar también en la figura (6), donde los intervalos no se solapan unas a otras, sin embargo al fortificar el yogurt con diferentes niveles de harina de sangre de cerdo presentan una diferencia significativa, es decir que a mayor nivel de fortificación mayor es el contenido de hierro en el yogurt como se puede apreciar en la figura (14), al realizar el test de Tukey se aprecia que todos los tratamientos son diferentes respecto al contenido de hierro en el yogurt. La sangre fuente de alto contenido de hierro y de mayor biodisponibilidad por contener hierro hemo, es decir tienen la particularidad de hierro absorbible orgánico en comparación de los limentos de origen vegetal, “de tal manera que la sangre animal cuya

utilización en sus diferentes formas de consumo se señalan una alternativa para combatir esta deficiencia nutricional Ramos, (2017).

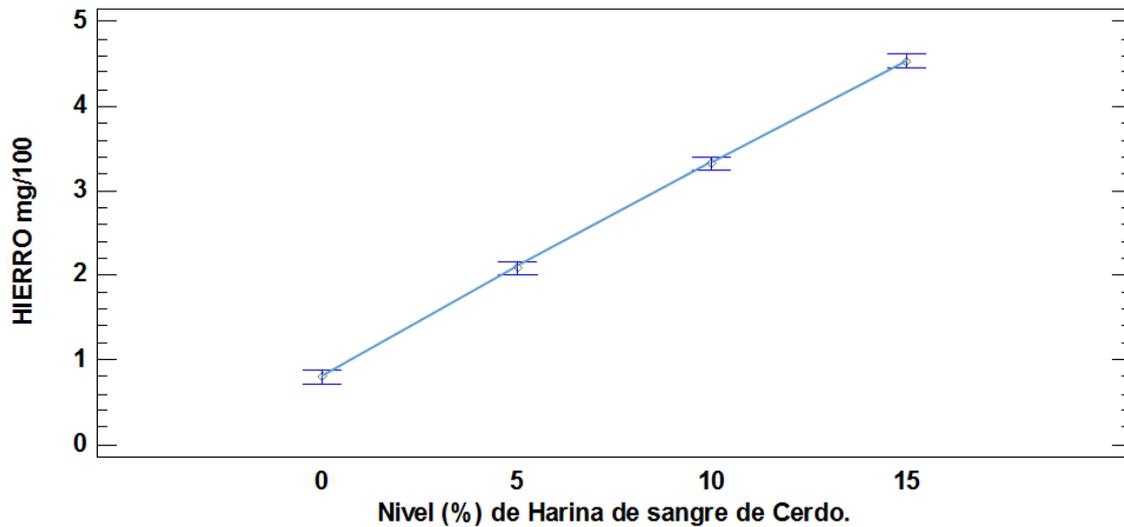


Figura 14: Diagrama de medias para el contenido de hierro en el yogurt  
Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus.

### Color del yogurt

En cuanto a la evaluación del color del yogurt, estas se muestran en la tabla (11), en donde se presenta los valores de la variación de color del yogurt sin fortificar y fortificado con harina de sangre de cerdo, en la tabla (11), en ella se aprecia la luminosidad  $L^*$  del yogurt sin fortificar en referencia a la luminosidad  $L^*$  del yogurt fortificado con harina de sangre de cerdo.

La luminosidad varía de 0 a 100, siendo 0 la tendencia al negro y 100 la tendencia a blanco el incremento del nivel de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo disminuye la luminosidad que tiene tendencia a color blanco oscuro, Garcia et al., (2010).

Tabla 11  
Parámetros de color del yogurt

Nivel de fortificación	L*			a*			b*
	$\bar{x}$	$\pm$	s	$\bar{x}$	$\pm$	S	
0	50.66	$\pm$	0.47	-2.31	$\pm$	0.07	0.34 $\pm$ 0.34
5	46.7	$\pm$	0.58	0.15	$\pm$	0.04	6.37 $\pm$ 0.23
10	36.07	$\pm$	1.43	0.95	$\pm$	0.07	4.50 $\pm$ 0.25
15	30.29	$\pm$	5.46	1.41	$\pm$	0.35	4.44 $\pm$ 0.38

Fuente: Elaboración propia

Donde:  $\bar{x}$  es la media;  $s$  es la desviación estándar, L\* luminosidad, a\* colores (-) a rojos (+), b\* color amarillos azul (-) a (+), Las letras iguales significan que no hay diferencia significativa, evaluadas a través del test LSD, al 5%

Al aplicar el ANOVA para L\*, se aprecia que los niveles de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo muestran efecto significativo sobre la luminosidad ( $p\text{-value} < 0.05$ ), es decir que al fortificar el yogurt con harina de sangre esta variable de entrada genera cambios significativos de la luminosidad.

Por otra parte, los valores de a\* que es un indicador de la variación del color verde a rojo, aumentan para los niveles de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo en comparación al yogurt sin fortificar, así mismo se aprecia que a\* disminuye conforme se incrementa el nivel de fortificación del yogurt hasta positivarse el valor de a\*, es decir tiende a ser gris.

Al aplicar ANOVA para a\* se aprecia que el nivel de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo influye significativamente sobre a\*, ya que  $p\text{-value} < 0.05$ , en la figura (15) se aprecia la variación de a\*, es más pronunciada en comparación a b\* y L\* en función a los diferentes niveles de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo.

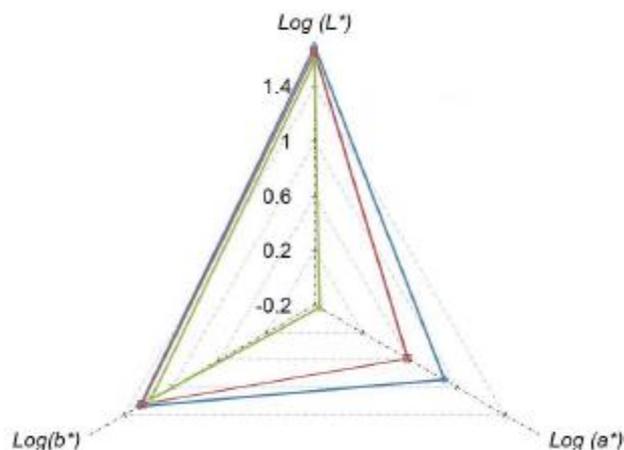


Figura 15: Variación del color con diferentes niveles de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo

En cuanto al color de un alimento se vuelve visible cuando la luz de una fuente luminosa choca con la superficie. La medición del color en la investigación se desarrolló físicamente por la intención de la luz. La sangre contiene tanto la mioglobina y la hemoglobina que son proteínas conjugadas y son los responsables del color rojo característico de la sangre que con la exposición a temperaturas toma color oscuro.

### **Evaluación de los atributos sensoriales**

La evaluación sensorial se desarrolló considerando panelistas no entrenados, estos fueron estudiantes del nivel primario de la institución educativa N° 54210 del distrito de Santa María Chicmo, los resultados de la evaluación individual por atributos y tratamientos se muestra en el anexo (2).

Los resultados estadísticos del análisis sensorial, se muestran en la tabla (12), en ella se aprecia que la puntuación para el atributo color el promedio corresponde a  $2.3 \pm 0.8$  para el yogurt sin fortificar,  $2.2 \pm 0.6$  para yogurt con fortificación al 5 % y  $2.4 \pm 0.5$  para yogurt fortificado al 10 %, estos valores corresponden al calificativo “blanco oscuro”, los atributos olor y sabor presentan un calificativo de “Me gusta” para todos los tratamientos, y la textura obtuvo un calificativo de “Firme”, propio de los del yogurt.

Tabla 12

Valoración de los atributos sensoriales del yogurt en sus diferentes niveles de fortificación

Nivel de fortificación	COLOR			OLOR			SABOR			TEXTURA		
5	2.3 <sup>a</sup>	±	0.8	2.5 <sup>a</sup>	±	0.5	2.6 <sup>a</sup>	±	0.8	2.4 <sup>a</sup>	±	0.7
	Blanco oscuro			Me gusta			Me gusta			Firme		
10	2.2 <sup>a</sup>	±	0.6	2.6 <sup>a</sup>	±	0.9	2.6 <sup>b</sup>	±	1.0	2.4 <sup>a</sup>	±	0.7
	Blanco oscuro			Me gusta			Me gusta			Firme		
15	2.4 <sup>a</sup>	±	0.5	2.6 <sup>a</sup>	±	0.5	2.6 <sup>b</sup>	±	0.8	2.4 <sup>a</sup>	±	1.2
	Blanco oscuro			Me gusta			Me gusta			Firme		

Las letras iguales significan que no existe diferencia significativa entre tratamientos ( $p$  value > 0.05), evaluada con el estadígrafo Tukey.

Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus

Asimismo se ha realizado la evaluación del ANOVA de dos factores, para cada atributo de los tratamientos, así como para los jueces o panelistas, los resultados ( $p$ -value) se muestran en la tabla (13), de ella se desprende que para todos los casos o atributos se rechaza la hipótesis nula es decir no existe diferencia significativa ( $p$ -value > 0.05) de un atributo entre los niveles de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo esto es, por ejemplo el color es igual para los tres niveles.

Asimismo, la evaluación de los jueces o panelistas, indica que no existe diferencia significativa entre ellos ( $p$ -value > 0.05) (tabla 8), es decir el juicio que emiten los panelistas, referente a un atributo, es concordante. Esto hace ver que los jueces no entrenados por lo menos conocen las cualidades del yogurt.

Tabla 13

Valores de la probabilidad evaluada para el análisis sensorial del yogurt

	$p$ -value			
	Color	Olor	Sabor	Textura
Jueces	0.558	0.193	0.049	0.050
Tratamiento	0.606	0.853	0.972	0.990

## Conclusiones

Se ha evaluado las características físico-químicas, composición proximal y sensorial del yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

Se determinó las características físico-químicas del yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo, encontrándose un comportamiento para pH una disminución ligera, estas no presentan diferencia significativa ( $p\text{-value} > 0.05$ ), sin embargo la acidez aumento a mayo nivel de fortificación del yogurt siendo esto inversamente proporcional al pH, en cuanto a la densidad el yogurt fortificado presenta un comportamiento decreciente ligero a mayor nivel de fortificación con harina de sangre de cerdo, siembargo el pH presenta una inversa relacion frente a la acidez °D debido a las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas el yogurt es el mejor portador para aumentar la biodisponibilidad del mineral.

Se analizó el color del yogurt fortificado con harina de sangre de cerdo presentando una disminución de la luminucidad  $L^*$  y el parámetro  $b^*$  con el incremento de los niveles de fortificación del yogurt es decir con tendencias más a grises, mientras que  $a^*$  disminuye conforme se incrementa el nivel de fortificación del yogurt hasta positivizar el valor de  $a^*$ , es decir tiende a ser gris blanco en referencia al yogurt; por otra parte al comparar el yogurt sin fortificar y fortificado con harina de sangre de cerdo muestran una diferencia significativa ( $p\text{-value} > 0.05$ ) inverso  $L^*$  y  $b^*$ , mientras que para el parámetro  $a^*$  es directo esta variabilidad, encontrándose que el mejor tratamiento que se asemeja al color del yogurt natural es del 5 % del nivel de fortificación del yogurt con harina de sangre de cerdo.

Se evaluó la composición proximal del yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo, encontrándose que la proteína, grasa, ceniza, energía (Kcal/100) y hierro incrementan al fortificar con diferentes niveles de fortificación del yogurt, así mismo mostraron

diferencia significativa ( $p\text{-value} > 0.05$ ). sin embargo, el contenido de humedad ( $\%b.h$ ), y carbohidratos tienden a disminuir al fortificar el yogurt con diferentes niveles de harina de sangre de cerdo.

Se evaluó las características sensoriales de color, olor sabor y textura del yogurt batido fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo, lo cual afecto positivamente con diferentes niveles de fortificación del yogurt, teniendo mejor aceptabilidad en olor, color, sabor y textura en general el nivel 10 % de fortificación de yogurt con harina de sangre de cerdo.

## **Recomendaciones**

- ✓ Realizar estudios sobre vida útil del yogurt fortificado con hierro a base de sangre de cerdo.
- ✓ Se recomienda el consumo del yogurt fortificado con sangre de cerdo en los programas sociales, debido a la cantidad de hierro que aporta también recomendados para madres gestantes y adolescentes, lactantes y adultos mayores.
- ✓ También recomendar extender la investigación con poblaciones vulnerables (comunidades en pobreza extrema) para ampliar los resultados obtenidos con la presente tesis, e incluir profesionales de diferentes áreas para concientizar y sensibilizar en la lucha de erradicar la anemia y evitar que otros agentes pudieran intervenir de manera negativa en el estudio.
- ✓ Se recomienda el estudio comparativo de yogurt fortificado con niveles de hierro de sangre de cerdo, sangre de res y sangre de cuy debido a que la sangre de estos animales aportan proteínas y hierro, bajo en calorías y son de fácil digestión.

## Referencias Bibliográficas

- Ankenman, L. y Morr, C. V. (1996). Mejora el ácido, el sabor y la producción de compuestos volátiles en un alto contenido en proteínas y fibra de yogurt de leche de soja como producto. *J. Food Science* . 61 ( 2 ) : 331-336.
- Cagua y Chica, 2014. Determinación de harina de sangre como extensor carnico y temperaturas de escaldado en el valor proteico y aceptabilidad de una mortadela. Tesis previa la obtención del título de ingeniero agroindustrial. Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabi Manuel Felix Lopez. Mexico.
- Herrera , J. , Parra , B.E. , Corrales , A.V. , Olivares , G.M. , Pizarro A.F. , y Gaitán C.D. Calcium as a Nutrient Involved in the Synthesis and Localization of Proteins that Facilitate Iron Uptake and Efflux in Enterocytes, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000400011>, *Rev. Chil. Nutr.*, 42(4), 392-398 (2015).
- Fennema, O. R. 1993. *Química de los alimentos*. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza, España. Pág. 38-47, 56-78. 75.
- Rivera y Soto, (2015). En su trabajo de investigación "Aceptabilidad y apoyo nutricional de la bebida de yogurt de Tarwi (*Lupinus mutabilis* L.), piña (*Ananas comosus*) y cultivos lácticos, en niños con bajo peso para la talla en el aa.hh fujimori- huaura"
- Soliz, (2014)*. "Elaboración y evaluación de un producto alimenticio fortificado con Hierro a base de sangre de origen Bovino deshidratada por el método de liofilización y secador de bandejas", Escuela de bioquímica y farmacia. Ecuador 2014.
- SPREER, E. 1975. *Lactología industrial*. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Galarza Martel (2011) "Calidad nutricional de un producto extruido fortificado con dos niveles de hierro proveniente de harina de sangre bovina" UNMS, Perú.

Hernández Carranza, P. 2003. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt bajo en grasa enriquecido con fibra y calcio de yogurt. Tesis maestría. Ciencia de alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla, Mayo.

Illescas, C. E. 2001. Curso teórico practico sobre lactología. Pp 13-17, 67-73

Maldonado, D. 1989. Desarrollo de un proceso tecnológico para la producción de harina de sangre bovina, que pueda ser usada como fuente de hierro. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

R González Urrutia - Revista costarricense de salud pública, 2005 - scielo.sa.cr

Martinez, C. et, al. 1971. Iron Absortion from veal muscle. Am. J. Clin. Nutri. 24:521-540.

Martinez, C. et, al. 1973. Nutritional factors in iron deficiency: Food Iron Absortion.

Michel Mahaut, 2004, Productos lácteos industriales. Ed.: Acribia. S.A, Zaragoza - España. p. 38-42.

Tarté, R. (2008). Ingredients in meat products: Properties, Functionality and Applications. USA: Springer.

Early, R. 1998. Tecnología de los productos lácteos. 2 ed. Trad. R. Oria. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. 469p.

Tamime, A. Y. y Robinson, R.K. Yogurt: Ciencia y tecnología. Ed. Acribia S. A. España 1991. p. 1 – 7.

Santos Moreno, Armando 2007, Leche y sus derivados Ed. Trillas, México. Trillas, Ed. reimp. 2007. México. p. 11-27.

Blume T.(1994). La Armonía de Los Colores. Barcelona: Sutton.

Konica Minolta Sensing (2007), Inc.: Color control from perception to instrumentation.

Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clementz, -A., & Pranzetti, V. (2010).  
Determinación de color en mieles. El color en alimentos, 145-152.

Askary, N., Bolandi, M. (2018). Evaluación de la influencia de la fortificación de hierro en las propiedades organolépticas y fisicoquímicas del yogur. Journal of Chemical Health Risks , 3 (2).

Liu XQ, Yonekura M, Tsutsumi M y Yoh Sano Y. 1996. Physicochemical Properties of Aggregates of Globin Hydrolysates. Journal of Agricultural and Food Chemistry). 44(10): 2957-2961. Citado por Ofori J. and Hsieh Y. Bloodderived products for human consumption

Santillán-Urquiza, E .; Méndez-Rojas, M.Á .; Vélez-Ruiz, JF Fortificación del yogurt con calcio, hierro y zinc de tamaño nano y micro, efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas. LWT Food Sci. Technol. 2017 , 80 , 462–469.

Kazmi, SA; Vieth, R .; Rousseau, D. Fortificación y cuantificación de vitamina D3 en productos lácteos procesados. En t. Dairy J. 2007 , 17 , 753–759.

Santana et al., 2013. Encyclopedia of Business Analytics and Optimization. Ed. editado por Wang, John, Montclair Sate University, USA

Izadi Z, Nasirpour A, Garoosi GA, Tamjidi F. Rheological and physical properties of yoghurt enriched with phytosterol during storage. J Food Sci Technol. 2015;52:5341-46

Luquet,(1993) Leche y productos lacteos: vaca, oveja, cabra. (v.)2: Los productos lacteos: transformacion y tecnologías. F.M. (ed.)

## Webgrafía

Alais, C. y Lacasa, A. (2003). Ciencia de la leche: Principios de la técnica lechera. Edit. Reverté 4ta ed. Barcelona. (Disponible en: [http://books.google.com.ec/books?id=bW\\_ULacGBZMC&pg=PA617&dq=definicion+de+queso#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=bW_ULacGBZMC&pg=PA617&dq=definicion+de+queso#v=onepage&q=&f=false). [fecha de acceso:08-2017]).

Beltrán C. y Perdomo W. 2007 Aprovechamiento de la sangre de bovino para la obtención de harina de sangre y plasma sanguíneo en el matadero santa cruz de malambo atlántico” ”. (En línea). Consultado, 25 de set. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://repository.lasalle.edu.co>.

Hashemi Gahruie H. Yogurt. El vehículo más adecuado para aumentar la biodisponibilidad de minerales. Progr Nutr [Internet]. 2018Nov.5 [consultado 2019Sep.6]; 20 (2-S): 294-6. Disponible en: <http://www.mattioli1885journals.com/index.php/progressinnutrition/article/view/5690>

Petrocelli, h. 2010 Definición de la sangre bovino. (En línea). Consultado, 13 de noviembre. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy>.

FCV-LUZ, 1994. Utilización de plasma sanguíneo de bovino como fuente proteica”. (En línea). Consultado, 31 de oct. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.saber.ula.ve>.

BHG CORP.SAC División alimentos.

[www.wawafood.com.pe](http://www.wawafood.com.pe)

Christides, T., Ganis, JC y Sharp, PA Eur J Nutr (2018) 57: 669. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1353-3>.

## Anexos

**ANEXO 1.** Datos individuales de características físico - químicas de las réplicas de los tratamientos del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

Características	0	5 %	10 %	15 %
	4.55	4.51	4.51	4.44
pH	4.53	4.59	4.49	4.40
	4.51	4.56	4.51	4.39
	65	70	71	75
Acidez (°D)	60	71	73	76
	68	69	72	71
	1.064	1.075	1.062	1.059
Densidad (g/ml)	1.068	1.071	1.067	1.055
	1.069	1.078	1.064	1.057

**ANEXO 2:** Tabla ANOVA para pH por nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0239583	3	0.00798611	2.91	0.1007
Intra grupos	0.0219333	8	0.00274167		
Total (Corr.)	0.0458917	11			

ANEXO 3: Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15	4	4.45	X
10	3	4.50333	X
0	2	4.52	X
5	3	4.56667	X

ANEXO 4: Tabla ANOVA para Acidez por Nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	156.229	3	52.0764	8.36	0.0076
Intra grupos	49.8333	8	6.22917		
Total (Corr.)	206.063	11			

ANEXO 5: Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	3	64.3333	X
5	3	70.1667	XX
10	3	72.0	X
15	3	74.0	X

ANEXO 6: Tabla ANOVA para Densidad (g/ml) por Nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.000478917	3	0.000159639	21.52	0.0003
Intra grupos	0.0000593333	8	0.00000741667		
Total (Corr.)	0.00053825	11			

ANEXO 7: Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15	3	1.057	X
10	3	1.06433	X
0	3	1.067	X
5	3	1.07467	X

ANEXO 8: Tabla ANOVA para HUMEDAD % por Nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	4.70609	3	1.5687	18.48	0.0006
Intra grupos	0.678933	8	0.0848667		
Total (Corr.)	5.38503	11			

ANEXO 9: Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
10	3	79.2333	X
15	3	79.33	X
5	3	79.4367	X
0	3	80.77	X

ANEXO 10: Tabla ANOVA para proteína % por Nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	21.4594	3	7.15312	9330.16	0.0000
Intra grupos	0.00613333	8	0.000766667		
Total (Corr.)	21.4655	11			

ANEXO 11: Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	3	2.82667	X
5	3	4.26	X
10	3	5.32333	X
15	3	6.45	X

ANEXO 12: Tabla ANOVA para GRASA % por Nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	11.3224	3	3.77414	180.08	0.0000
Intra grupos	0.167667	8	0.0209583		
Total (Corr.)	11.4901	11			

ANEXO 13: Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	3	2.22667	X
5	3	3.27667	X
10	3	4.13667	X
15	3	4.82333	X

ANEXO 14: Tabla ANOVA para ceniza % por Nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.190967	3	0.0636556	79.57	0.0000
Intra grupos	0.0064	8	0.0008		
Total (Corr.)	0.197367	11			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	3	83.3533	X
5	3	95.3967	X
10	3	100.3	X
15	3	103.353	X

ANEXO 16: Tabla ANOVA para carbohidratos % por Nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	41.261	3	13.7537	1493.61	0.0000
Intra grupos	0.0736667	8	0.00920833		
Total (Corr.)	41.3347	11			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15	3	8.20667	X
10	3	10.4267	X
5	3	12.1467	X
0	3	13.0767	X

ANEXO 18: Tabla ANOVA para energía Kcal/100 por Nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	696.679	3	232.226	22222.62	0.0000
Intra grupos	0.0836	8	0.01045		
Total (Corr.)	696.763	11			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	3	83.3533	X
5	3	95.3967	X
10	3	100.3	X
15	3	103.353	X

ANEXO 20: Tabla ANOVA para HIERRO mg/100 por Nivel (%) del yogurt fortificado con hierro a base de harina de sangre de cerdo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	23.1562	3	7.71874	2095.59	0.0000
Intra grupos	0.0294667	8	0.00368333		
Total (Corr.)	23.1857	11			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0	3	0.803333	X
5	3	2.09333	X
10	3	3.32667	X
15	3	4.53333	X

ANEXO 21: Datos individuales del análisis sensorial del yogurt fortificado para los tratamientos.

Panelista	COLOR			OLOR			SABOR		
	5 %	10 %	15 %	5 %	10 %	15 %	5 %	10 %	15 %
1	2	2	2	2	3	2	3	1	2
2	3	2	2	3	2	3	1	3	3
3	2	2	3	3	4	3	3	4	4
4	1	2	2	3	4	2	2	2	3
5	2	3	2	2	3	2	3	3	2
6	3	3	2	2	2	3	2	4	3
7	2	2	3	2	1	3	3	2	3
8	3	2	2	2	2	2	2	1	1
9	1	1	3	3	2	3	3	2	3
10	3	3	2	2	2	2	2	3	2
11	3	2	3	3	3	2	4	3	2
12	2	2	3	3	4	3	3	4	4
13	1	2	2	3	4	2	2	2	3
14	2	3	2	2	3	2	3	3	2
15	3	3	2	2	2	3	2	4	3
16	2	2	3	2	1	3	3	2	3
17	3	2	2	2	2	2	2	1	1
18	1	1	3	3	2	3	3	2	3
19	3	3	2	2	2	2	2	3	2
20	3	2	3	3	3	2	4	3	2

TEXTURA		
5 %	10 %	15 %
2	3	3
2	3	3
3	3	5
3	3	3
2	2	1
1	2	2
2	3	1
3	2	1
3	2	3
2	3	3
3	1	2
3	3	5
3	3	3
2	2	1
1	2	2
2	3	1
3	2	1
3	2	3
2	3	3
3	1	2

## ANEXO 22:

**COLOR**

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
1	3	6	2	0
2	3	7	2.33	0.33
3	3	7	2.33	0.33
4	3	5	1.67	0.33
5	3	7	2.33	0.33
6	3	8	2.67	0.33
7	3	7	2.33	0.33
8	3	7	2.33	0.33
9	3	5	1.67	1.33
10	3	8	2.67	0.33
11	3	8	2.67	0.33
12	3	7	2.33	0.33
13	3	5	1.67	0.33
14	3	7	2.33	0.33
15	3	8	2.67	0.33
16	3	7	2.33	0.33
17	3	7	2.33	0.33
18	3	5	1.67	1.33
19	3	8	2.67	0.33
20	3	8	2.67	0.33
15 %	20	45	2.25	0.62

10 %	20	44	2.20	0.38
15 %	20	48	2.40	0.25

### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>de Grados libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>
Jueces	7.517	19	0.396	0.926	0.558
Tratamientos	0.433	2	0.217	0.507	0.606
Error	16.233	38	0.427		
Total	24.183	59			

### OLOR

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
1	3	7	2.33	0.33
2	3	8	2.67	0.33
3	3	10	3.33	0.33
4	3	9	3.00	1.00
5	3	7	2.33	0.33
6	3	7	2.33	0.33
7	3	6	2.00	1.00
8	3	6	2.00	0.00
9	3	8	2.67	0.33
10	3	6	2.00	0.00
11	3	8	2.67	0.33

12	3	10	3.33	0.33
13	3	9	3.00	1.00
14	3	7	2.33	0.33
15	3	7	2.33	0.33
16	3	6	2.00	1.00
17	3	6	2.00	0.00
18	3	8	2.67	0.33
19	3	6	2.00	0.00
20	3	8	2.67	0.33
5 %	20	49	2.45	0.26
10 %	20	51	2.55	0.89
15 %	20	49	2.45	0.26

#### ANALISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>
Jueces	10.983	19	0.578	1.384	0.193
Tratamientos	0.133	2	0.067	0.160	0.853
Error	15.867	38	0.418		
Total	26.983	59			

## SABOR

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
1	3	6	2.00	1.00
2	3	7	2.33	1.33
3	3	11	3.67	0.33
4	3	7	2.33	0.33
5	3	8	2.67	0.33
6	3	9	3.00	1.00
7	3	8	2.67	0.33
8	3	4	1.33	0.33
9	3	8	2.67	0.33
10	3	7	2.33	0.33
11	3	9	3.00	1.00
12	3	11	3.67	0.33
13	3	7	2.33	0.33
14	3	8	2.67	0.33
15	3	9	3.00	1.00
16	3	8	2.67	0.33
17	3	4	1.33	0.33
18	3	8	2.67	0.33
19	3	7	2.33	0.33
20	3	9	3.00	1.00
5 %	20	52	2.60	0.57
10 %	20	52	2.60	0.99

15 %	20	51	2.55	0.68
------	----	----	------	------

---

### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>de Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>	<i>F crit</i>
Jueces	20.583	19	1.083	1.874	0.049	1.867
Tratamientos	0.033	2	0.017	0.029	0.972	3.245
Error	21.967	38	0.578			
Total	42.583	59				

**Anexo 26: Panel fotográfico.**



Elaboración de Yogurt fortificado con harina de sangre de cerdo



Analizando el color del Yogurt fortificado con harina de sangre de cerdo



Evaluación sensorial del Yogurt fortificado en la IE. N° 54210 Santa María de Chicmo.



Analizando la densidad del Yogurt fortificado con harina de sangre de cerdo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0352-18-LAQ

**SOLICITANTE:** ALTAMIRANO MINAYA SANDRA PAULINA  
**PROYECTO T.:** EVALUAR LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS, SENSORIALES Y COMPOSICION PROXIMAL DE YOGURT BATIDO FORTIFICADO CON HIERRO A BASE DE HARINA DE SANGRE DE CERDO.  
**MUESTRA :** YOGURT BATIDO FORTIFICADO CON HIERRO, A BASE DE HARINA DE SANGRE DE CERDO. (BLANCO, 5%, 10%, 15%)  
**FECHA A. :** C/17/07/2018

**RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:**

	BLANCO	05%	10%	15%
Humedad %	81.09	79.43	79.20	79.33
Proteína %	2.82	4.26	5.32	6.45
Grasa %	2.20	3.28	4.11	4.98
Ceniza %	0.74	0.86	0.90	1.06
Carbohidratos %	13.05	12.18	10.47	8.18
Energía Kcal/100	83.28	95.28	100.15	103.34
Hierro mg/100	0.77	2.02	3.28	4.50

\* Humedad NTP 202.076, Proteína NTP 202.077, Grasa NTP 206.017  
 Ceniza AOAC 935.39B, Hierro NTP 205.038, Carbohidratos por diferencia y Energía Calculado por los factores.

Cusco, 31 de Julio 2018



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios Análisis

*Milagros Herera Arivilca*  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO