



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**

**EVALUACION DE ORIGINALIDAD**

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LECHE DESLACTOSADA  
Y MORINGA (*Moringa oleífera*) EN LAS PROPIEDADES  
SENSORIALES Y NUTRICIONALES DEL QUESO FRESCO”**

Presentado por:

**RAISA AÑAMACO ABARCA**

**Bachiller** del nivel **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. El resultado obtenido es **13 % de porcentaje de similitud** por el cual se otorga el calificativo de:

**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

**APROBADO OBTUVO EL 13% (MENOR AL 20% REQUERIDO)**

Ica, 16 de MARZO de 2022

.....  
JUAN MARINO ALVA FAJARDO  
DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION  
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE  
ALIMENTOS

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos



**“EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LECHE DESLACTOSADA Y  
MORINGA (*Moringa oleífera*) EN LAS PROPIEDADES SENSORIALES Y  
NUTRICIONALES DEL QUESO FRESCO”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
DE ALIMENTOS**

**Presentado por:**

**Bachiller Raisa Añamaco Abarca**

**ICA-PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la fuerza y la constancia durante mi formación académica y realizar el presente trabajo de investigación.

A mi familia por estar presente en los momentos alegres y difíciles.

A mi madre por su comprensión y cariño incondicional a lo largo de mi vida.

A mi asesora Matilde Tenorio Domínguez por darme las pautas y recomendaciones necesarias para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A Zósimo Taco que ahora descansa en la gloria del Señor por sus consejos y gran sentido del humor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por su gran amor y por permitirme llegar a esta etapa importante de mi vida profesional.

A mi mamá por sus valiosos consejos y oraciones.

A mis hermanos: Percy, Yanet, Marisol y Betsabeth por su presencia y cariño a lo largo de mi vida.

Al Lic. Florentino Puma Ccorahua por sus valiosos consejos de superación.

A la Dra. Matilde Tenorio Domínguez por sus consejos, confianza, disponibilidad y compartir sus conocimientos para realizar el presente trabajo de investigación.

Al Lic. Roberto Vargas Quintana por permitirme ingresar a su laboratorio para realizar las pruebas experimentales del presente trabajo.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>19</b>
<b>1 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
<b>1.1 Antecedentes del Problema de Investigación .....</b>	<b>19</b>
1.1.1 Antecedentes a Nivel Internacional .....	19
1.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional.....	21
<b>1.2 Bases Teóricas de la Investigación .....</b>	<b>23</b>
1.2.1 Queso Fresco .....	23
1.2.1.1 Valor Nutricional del Queso Fresco .....	24
1.2.2 Leche .....	25
1.2.2.1 Valor Nutricional de la Leche .....	26
1.2.2.1.1 Agua .....	26
1.2.2.1.2 Grasa.....	26
1.2.2.1.3 Proteínas .....	27
1.2.2.1.4 Sales minerales .....	27
1.2.2.1.5 Lactosa .....	27
1.2.2.1.6 Enzimas .....	27
1.2.2.1.7 Vitaminas .....	28
1.2.2.2 Producción de Leche a Nivel Nacional .....	28
1.2.3 Leche Deslactosada .....	29
1.2.3.1 Beneficios a la Salud del Consumo de Leche Deslactosada .....	30
1.2.4 Moringa .....	30
1.2.4.1 Harina de Moringa.....	33
1.2.4.1.1 Valor Nutricional de la Harina de Moringa .....	34
1.2.4.1.2 Producción de Moringa a Nivel Nacional .....	35
1.2.4.1.3 Beneficios a la Salud del Consumo de Harina de Moringa.....	36
1.2.5 Metodología de Superficie de Respuesta.....	37
<b>1.3 Marco Conceptual .....</b>	<b>39</b>

<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>41</b>
<b>2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1 Situación Problemática .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2 Formulación de Problemas .....</b>	<b>41</b>
2.2.1 Problema General .....	41
2.2.2 Problemas Específicos.....	41
<b>2.3 Delimitación del Problema.....</b>	<b>42</b>
2.3.1 Delimitación Espacial o Geográfica .....	42
2.3.2 Delimitación Temporal.....	42
2.3.3 Delimitación Social .....	42
2.3.4 Delimitación Conceptual .....	42
<b>2.4 Justificación e Importancia de la Investigación.....</b>	<b>43</b>
2.4.1 Justificación.....	43
2.4.2 Importancia.....	43
<b>2.5 Objetivos de Investigación .....</b>	<b>44</b>
2.5.1 Objetivo General.....	44
2.5.2 Objetivos Específicos .....	44
<b>2.6 Hipótesis de Investigación.....</b>	<b>44</b>
2.6.1 Hipótesis General .....	44
2.6.2 Hipótesis Específicas.....	44
<b>2.7 Variables de Investigación .....</b>	<b>45</b>
2.7.1 Identificación de Variables .....	45
2.7.1.1 Variable Independiente (X) .....	45
2.7.1.2 Variable Dependiente (Y).....	45
2.7.2 Operacionalización de Variables .....	45
2.7.2.1 Operacionalización de la Variable Independiente .....	45
2.7.2.1.1 Dimensiones .....	45
2.7.2.1.2 Indicadores .....	45
2.7.2.2 Operacionalización de la Variable Dependiente .....	46
2.7.2.2.1 Dimensiones .....	46
2.7.2.2.2 Indicadores .....	46

<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>47</b>
<b>3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA / METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1 Tipo, Nivel y Diseño de Investigación .....</b>	<b>47</b>
3.1.1 Tipo de Investigación .....	47
3.1.2 Nivel de Investigación .....	47
3.1.3 Diseño de Investigación.....	47
<b>3.2 Población y Muestra Materia de Investigación.....</b>	<b>47</b>
3.2.1 Población de Estudio .....	47
3.2.2 Muestra de Estudio .....	47
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>48</b>
<b>4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Técnicas de Recolección de Datos .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2 Instrumentos de Recolección de Datos .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3 Materiales y Métodos .....</b>	<b>49</b>
4.3.1 Materia Prima e Insumos .....	49
4.3.1.1 Materia Prima .....	49
4.3.1.2 Insumos.....	49
4.3.2 Materiales, Equipos y Reactivos .....	49
4.3.2.1 Materiales .....	49
4.3.2.2 Equipos e Instrumentos .....	50
4.3.2.3 Reactivos .....	50
4.3.3 Metodología Experimental .....	51
4.3.3.1 Hidrólisis Enzimática de la Lactosa .....	51
4.3.3.2 Descripción del Diagrama de Proceso de Operaciones para la Hidrólisis Enzimática de la Lactosa .....	52
4.3.3.3 Elaboración de Queso Fresco con Leche Deslactosada y Harina de Moringa .	53
4.3.3.4 Descripción del Diagrama de Proceso de Operaciones de Queso Fresco con Leche Deslactosada y Harina de Moringa .....	55
4.3.3.5 Formulaciones o Tratamientos .....	63
4.3.4 Análisis Sensorial .....	66
4.3.5 Análisis Estadístico.....	66

<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>67</b>
<b>5 PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
<b>5.1 Presentación e Interpretación de Resultados .....</b>	<b>67</b>
5.1.1 Porcentaje Óptimo de Leche Deslactosada y Harina de Moringa en la Formulación de Queso Fresco .....	67
5.1.2 Resultados de los Parámetros de Procesamiento de Queso Fresco con Leche Deslactosada y Harina de Moringa.....	77
5.1.3 Resultados del Análisis Nutricional .....	78
5.1.4 Resultados del Análisis Microbiológico.....	79
<b>5.2 Discusión de Resultados .....</b>	<b>80</b>
5.2.1 Discusión de Resultados del Análisis Sensorial .....	80
5.2.2 Discusión de Resultados de los Parámetros de Procesamiento de Queso Fresco con Leche Deslactosada y Harina de Moringa .....	81
5.2.3 Discusión de Resultados del Análisis Nutricional.....	82
5.2.4 Discusión de Resultados del Análisis Microbiológico .....	84
<b>6 COMPROBACION DE HIPOTESIS.....</b>	<b>85</b>
<b>6.1 Contrastación de hipótesis general.....</b>	<b>85</b>
<b>6.2 Contrastación de hipótesis específicas .....</b>	<b>86</b>
<b>7 CONCLUSIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>8 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>9 FUENTES DE INFORMACION .....</b>	<b>93</b>
<b>10 ANEXOS .....</b>	<b>101</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional del queso fresco (100g) .....	25
Tabla 2. Valor nutricional de la leche .....	288
Tabla 3. Producción de leche fresca en el Perú (TN) .....	29
Tabla 4. Contenido de aminoácidos de la harina de moringa (100g) .....	34
Tabla 5. Contenido de vitaminas y minerales de la harina de moringa (100g) .....	35
Tabla 6. Fórmula control de queso fresco.....	63
Tabla 7. Fórmula 1 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa .....	63
Tabla 8. Fórmula 2 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa .....	64
Tabla 9. Fórmula 3 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa .....	64
Tabla 10. Fórmula 4 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa .....	65
Tabla 11. Fórmula 5 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa .....	65
Tabla 12. Fórmula 6 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa .....	66
Tabla 13. Resumen de la prueba de aceptabilidad en apariencia, textura y sabor .....	67
Tabla 14. Análisis de varianza de la prueba de aceptabilidad en el atributo apariencia.....	68
Tabla 15. Resultado de la respuesta optimizada para apariencia.....	69
Tabla 16. Análisis de varianza de la prueba de aceptabilidad en el atributo textura .....	700
Tabla 17. Resultado de la respuesta optimizada para textura .....	711
Tabla 18. Análisis de varianza de la prueba de aceptabilidad en el atributo sabor.....	722
Tabla 19. Resultado de la respuesta optimizada para sabor.....	733
Tabla 20. Efecto combinado: Apariencia- textura- sabor .....	744
Tabla 21. Valores óptimos de los factores analizados .....	755
Tabla 22. Fórmula óptima de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa .....	76

Tabla 23. Parámetros de procesamiento (Temperatura, pH, tiempo, densidad y grado de acidez) de las fórmulas control y óptima.....	77
Tabla 24. Valores del análisis nutricional de las fórmulas control y óptima (100g) .....	78
Tabla 25. Valores del análisis microbiológico de las fórmulas control y óptima.....	79
Tabla 26. Análisis y contraste de la hipótesis general .....	85
Tabla 27. Análisis y contraste de la hipótesis específica 1 .....	86
Tabla 28. Análisis y contraste de la hipótesis específica 2 .....	87
Tabla 29. Análisis y contraste de la hipótesis específica 3 .....	88
Tabla 30. Análisis y contraste de la hipótesis específica 4 .....	89
Tabla 31. Análisis y contraste de la hipótesis específica 5 .....	900
Tabla 32. Resultado de la evaluación sensorial de aceptabilidad .....	11717
Tabla 33. Resultado de la evaluación sensorial de aceptabilidad .....	11818
Tabla 34. Rendimiento de las formulaciones de queso fresco.....	12626

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Queso fresco .....	23
Figura 2. Leche en envases de vidrio.....	26
Figura 3.Árbol de moringa.....	31
Figura 4. Hoja de moringa .....	31
Figura 5. Flores de moringa.....	32
Figura 6. Fruto de moringa .....	32
Figura 7. Semilla de moringa.....	32
Figura 8. Harina de moringa .....	33
Figura 9. Superficie de respuesta tridimensional.....	38
Figura 10. Diagrama de proceso de operaciones para la hidrólisis enzimática de la lactosa .....	51
Figura 11. Tratamiento térmico .....	52
Figura 12. Enfriamiento .....	52
Figura 13. Adición de la enzima.....	53
Figura 14. Incubación de la enzima .....	53
Figura 15. Diagrama de proceso de operaciones de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa .....	54
Figura 16. Leche fresca.....	55
Figura 17. Pasteurización.....	55
Figura 18. Adición del cuajo.....	56
Figura 19. Coagulación de la leche.....	57
Figura 20. Corte de cuajada .....	57
Figura 21. Reposo de la cuajada .....	58

Figura 22. Primera agitación.....	58
Figura 23. Primer desuerado.....	59
Figura 24. Calentamiento de la cuajada.....	59
Figura 25. Segunda agitación.....	60
Figura 26. Segundo desuerado.....	60
Figura 27. Salado.....	61
Figura 28. Moldeado.....	61
Figura 29. Volteo del queso.....	62
Figura 30. Almacenamiento.....	62
Figura 31. Diagrama de Pareto estandarizada para apariencia.....	68
Figura 32. Superficie de respuesta estimada para la Apariencia.....	69
Figura 33. Diagrama de Pareto estandarizada para textura.....	70
Figura 34. Superficie de respuesta estimada para la Textura.....	71
Figura 35. Diagrama de Pareto estandarizada para sabor.....	72
Figura 36. Superficie de respuesta estimada para el Sabor.....	73
Figura 37. Superficie de respuesta global.....	74
Figura 38. Contornos de la superficie de respuesta estimada.....	75
Figura 39. Recepción de leche fresca.....	108
Figura 40. Pasteurización de la leche.....	108
Figura 41. Enfriamiento de la leche.....	108
Figura 42. Adición del cloruro de calcio y cuajo.....	109
Figura 43. Coagulación.....	109
Figura 44. Corte de cuajada.....	109

Figura 45. Reposo de la cuajada .....	110
Figura 46. Primera agitación.....	110
Figura 47. Primer desuerado .....	110
Figura 48. Calentamiento.....	111
Figura 49. Segunda agitación.....	111
Figura 50. Segundo desuerado.....	111
Figura 51. Salado .....	112
Figura 52. Moldeado.....	112
Figura 53. Volteo .....	112
Figura 54. Harina de moringa .....	113
Figura 55. Enzima Ha-Lactase 5200.....	113
Figura 56. Leche deslactosada .....	113
Figura 57. Mezcla de leche fresca y deslactosada .....	114
Figura 58. Incorporación de harina de moringa.....	114
Figura 59. Moldeado.....	114
Figura 60. Muestra 579 y 713 .....	115
Figura 61. Muestra 684 y 239 .....	115
Figura 62. Muestra 921 y 494.....	115
Figura 63. Ficha de análisis sensorial .....	116
Figura 64. Pasteurización de la leche.....	120
Figura 65. Enfriamiento de la leche.....	120
Figura 66. Pesado de la enzima lactasa.....	120
Figura 67. Inoculación .....	121

Figura 68. Incubación .....	121
Figura 69. Leche deslactosada .....	121
Figura 70. Pasteurización de la leche.....	122
Figura 71. Enfriamiento .....	122
Figura 72. Adición de la leche deslactosada.....	122
Figura 73. Coagulación.....	123
Figura 74. Corte y reposo de cuajada.....	123
Figura 75. Primera agitación.....	123
Figura 76. Primer desuerado .....	124
Figura 77. Segunda agitación.....	124
Figura 78. Segundo desuerado .....	124
Figura 79. Adición de harina de moringa y sal .....	125
Figura 80. Moldeado.....	125
Figura 81. Volteo .....	125
Figura 82. Medición de la densidad de la leche.....	127
Figura 83. Medición del pH de la leche .....	127
Figura 84. Medición del grado de acidez de la leche.....	127
Figura 85. Medición de la densidad de la mezcla óptima.....	127
Figura 86. Medición del pH de la mezcla óptima.....	127
Figura 87. Medición del grado de acidez de la mezcla óptima.....	127

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha Técnica de la enzima Ha- Lactase 5200 .....	101
Anexo 2. Cálculo de la cantidad de enzima Ha-Lactase para la hidrólisis enzimática de la lactosa .....	104
Anexo 3. Cálculo aritmético de la densidad y grado de acidez de la leche .....	105
Anexo 4. Procesamiento de queso fresco con la fórmula control.....	108
Anexo 5. Procesamiento de queso fresco con fórmulas de leche deslactosada y moringa.....	113
Anexo 6. Análisis sensorial.....	116
Anexo 7. Formato de diseño experimental generado.....	119
Anexo 8. Elaboración de leche deslactosada .....	120
Anexo 9. Procesamiento de queso fresco con la fórmula óptima .....	122
Anexo 10. Rendimiento de las formulaciones de queso fresco .....	126
Anexo 11. Medición de la densidad, pH y grado de acidez de la leche fresca .....	127
Anexo 12. Medición de la densidad, pH y grado de acidez de la mezcla óptima de leche fresca y deslactosada.....	127

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la incorporación de leche deslactosada y harina de moringa en las características sensoriales y nutricionales del queso fresco. El diseño experimental fue un diseño multinivel factorial, con dos factores, el primer factor: Leche deslactosada con tres niveles (25, 50 y 75%) y el segundo factor: Harina de moringa con dos niveles (0.3 y 0.5%), lo que generó 06 tratamientos y una repetición. La información se obtuvo de las pruebas experimentales, que se realizó en 05 etapas: Se determinó el porcentaje óptimo de leche deslactosada y harina de moringa a incorporar en la elaboración de queso fresco, se determinó los parámetros de procesamiento, la caracterización nutricional, la caracterización sensorial y se determinó los parámetros microbiológicos. Por el método de superficie de respuesta, empleando el paquete estadístico STATGRAPHICS centurión versión 16, se determinó el porcentaje óptimo de leche deslactosada y harina de moringa, siendo 47% de leche deslactosada y 0.3% de harina de moringa que produjo la mayor aceptabilidad sensorial del producto. En cuanto al valor nutricional la fórmula óptima de queso fresco presentó los siguientes resultados: proteínas: 16.7 g, grasas: 17.9 g, carbohidratos: 5.7 g, humedad: 60.3 g, calcio: 980 mg, hierro: 1.91 mg, potasio: 430 mg y calorías: 237 Kcal.

**Palabras clave:** Leche deslactosada, moringa, queso fresco.

## ABSTRACT

The objective of this investigation was to determine the effect of the incorporation of lactose-free milk and moringa flour on the sensory and nutritional characteristics of fresh cheese. The experimental design was a multilevel factorial design, with two factors, the first factor: Lactose-free milk with three levels (25, 50 and 75%) and the second factor: Moringa flour with two levels (0.3 and 0.5%), which generated 06 treatments and one repetition. The information was obtained from the experimental tests, which were carried out in 05 stages: The optimal percentage of lactose-free milk and moringa flour to be incorporated in the production of fresh cheese was determined, the processing parameters, nutritional characterization, sensory characterization and microbiological parameters were determined. By the response surface method, using the statistical package STATGRAPHICS centurion version 16, the optimal percentage of lactose-free milk and moringa flour was determined, being 47% lactose-free milk and 0.3% moringa flour that produced the highest acceptability sensory product. Regarding the nutritional value, the optimal fresh cheese formula presented the following results: proteins: 16.7 g, fats: 17.9 g, carbohydrates: 5.7 g, moisture: 60.3 g, calcium: 980 mg, iron: 1.91 mg, potassium: 430 mg and calories: 237 Kcal.

**Keywords:** Lactose-free milk, moringa, fresh cheese.

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos

**“EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LECHE DESLACTOSADA Y  
MORINGA (*Moringa oleífera*) EN LAS PROPIEDADES SENSORIALES Y  
NUTRICIONALES DEL QUESO FRESCO”**

**Presentado por:**

**Bachiller Raisa Añamaco Abarca**

**Asesora:**

**Dra. Matilde Tenorio Domínguez**

## INTRODUCCIÓN

La intolerancia a la lactosa constituye una de las causas principales del rechazo al consumo de productos lácteos, evitando con ello, el aprovechamiento de proteínas, fósforo y calcio (Deng, Misselwitz, Dai y Fox, 2015). Esto representa un factor de riesgo para la osteoporosis, enfermedad caracterizada por una baja densidad ósea, sus síntomas pueden pasar desapercibidos hasta que ocasionan una fractura (Infante, Peña y Sierra, 2015).

La consecuencia de este paliativo puede resultar peor que esta patología, pues el dejar de consumir lácteos podría entrañar un riesgo para la salud por déficit de calcio, vitamina A y D, ácidos grasos y proteínas, que a su vez puede derivar en falta de masa ósea. (Argüelles, et al., 2015, p. 554-559)

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2010) advierte que la eliminación de productos lácteos de la dieta ocasiona una baja ingesta de calcio, vitamina D y riboflavina.

El objetivo del presente trabajo es determinar el efecto de la incorporación de leche deslactosada y moringa en las propiedades sensoriales y nutricionales del queso fresco.

## **CAPÍTULO I**

### **1 MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 Antecedentes del Problema de Investigación**

##### **1.1.1 Antecedentes a Nivel Internacional**

**DELGADO CASTILLO, RADELIN.** (2018). EFECTO DE LACTASA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE QUESOS FRESCO Y SEMIMADURO. La lactosa es el azúcar predominante en la leche y está presente en quesos y otros productos derivados. El cuerpo para digerir la lactosa necesita producir una enzima especial llamada lactasa, de no producir esta enzima (intolerancia) es recomendable solo consumir productos deslactosados para evitar síntomas de mala digestión. Estos productos sin lactosa son elaborados usando lactasa comercial, lo que presenta una alternativa para personas intolerantes a la lactosa. Para la elaboración de quesos deslactosados se evaluaron dos procesos de hidrólisis en base a concentración de lactasa y tiempo tanto para queso fresco como semimaduro. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones evaluando dos niveles de lactasa (2,000 NLU/L durante 2 h y 4,000 NLU/L durante 1 h) y un control sin deslactosar para cada tipo de queso. Después de deslactosar, se midió como referencia la cantidad de lactosa en la leche de los tratamientos y el control usando HPLC.

Se hicieron análisis de grasa, humedad, textura, color, rendimiento y purga este último solo para quesos frescos. Para queso semimaduro solo hubo correlación entre grasa y dureza. En el análisis de correlación para queso fresco hubo correlación entre los ciclos de dureza con grasa, humedad y rendimiento, de la misma forma entre los dos últimos mencionados. En el queso fresco hubo una disminución significativa de humedad y rendimiento con respecto al control ( $P < 0.05$ ). Para el queso semimaduro hubo un aumento significativo en humedad de los tratamientos con respecto al control ( $P < 0.05$ ).

**QUEZADA OROZCO, MÓNICA ALEJANDRA Y BERNYS KAROLYS, WLADIMIR**

**ANDRÉS.** (2015). EFECTO DE LACTASA Y CLORURO DE CALCIO EN LAS

PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y SENSORIALES DEL QUESO CREMA

DESLACTOSADO ZAMORANO. La intolerancia a la lactosa (principal azúcar de la leche) limita

a las personas a consumir productos lácteos. Se evaluaron los efectos de la adición de lactasa y

cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en la formulación de queso crema deslactosado. Se usó un diseño de

Bloques Completos al Azar con arreglo factorial, con tres niveles de lactasa (1.5, 2.0 y 2.5 mL/L de

leche) y dos niveles de  $\text{CaCl}_2$  (20 y 25 mL/100 L de leche) y se compararon con un control (sin

lactasa con 20 mL de  $\text{CaCl}_2$ ), en medidas repetidas en el tiempo a 0, 10 y 20 días, y tres

repeticiones. Se realizó un perfil de azúcares a leche deslactosada usando HPLC para comprobar la

hidrólisis de la lactosa. Se evaluó color, textura, grasa, pH, ATECAL, purga, rendimiento y

coliformes totales en el queso. Se analizó sensorialmente la aceptación y se buscó diferencia entre

los dos tratamientos mejor evaluados con una prueba de triángulo. La grasa y la acidez aumentaron

a los 10 y 20 días en la mayoría de tratamientos. La aceptación general, textura y pH disminuyeron a

través del tiempo. Existió más purga en los tratamientos con 25 mL de  $\text{CaCl}_2$  a los 20 días. Los

panelistas no detectaron diferencias entre los dos mejores tratamientos (control y queso

deslactosado). El rendimiento del queso deslactosado con mayor aceptación fue de 11.55% y su

costo variable fue de L. 43.46 (USD 1.97) en una presentación de 440 g.

### 1.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional

**ANTEZANA VÁSQUEZ, CINTYA ISABEL.** (2015). EFECTO DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE LA LACTOSA EN EL PERFIL DE TEXTURA DE QUESO FRESCO NORMAL Y BAJO EN GRASA. Las propiedades reológicas constituyen un factor determinante de la calidad y aceptabilidad de los quesos. La tendencia actual hacia el desarrollo de derivados lácteos deslactosados, ha incrementado el interés de la industria por la investigación de dichos parámetros, que ayuden a la caracterización e innovación de nuevos productos. El presente trabajo de investigación evaluó el efecto de la hidrólisis enzimática de la lactosa y la reducción del contenido de grasa en la reología del queso fresco. La primera etapa de esta investigación, consistió en estandarizar la leche en 2 y 3% el contenido de grasa e hidrolizar la lactosa con la enzima HA-LACTASE 3.000 L.A.U. en una dosis de 4 ml/L a 40°C monitoreando el proceso por 100 min. Luego se elaboró queso fresco con leche estandarizada *con* y *sin hidrólisis* de la lactosa. Se evaluó la reología de los quesos frescos elaborados mediante *Texture Profile Analysis* (TPA) en muestras de 15 mm de diámetro por 15 mm de altura, a una compresión del 75% y velocidad constante de 100mm.min<sup>-1</sup> (Tunick y Van Hekken, 2010). La hidrólisis en leche con 3% de grasa, originó un queso fresco con mayor cohesividad, mientras que en leche con 2% de grasa originó un queso fresco con mayor dureza, menor elasticidad y menor cohesividad. Mientras que la reducción del contenido de grasa afectó la reología del queso fresco deslactosado, el cual presentó mayor dureza, gomosidad y masticabilidad.

**QUISPE AROQUIPA, VANESSA MARELIN.** (2018). EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD COAGULANTE DE LA MORINGA OLEÍFERA EN LA REDUCCIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN LACTOSUERO DE LA PLANTA QUESERA LACSUR DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE POSOCONI, REGIÓN PUNO, 2018. Actualmente, se observa que el vertimiento de lactosuero se realiza directamente al drenaje, causando un efecto negativo sobre los ríos y suelos; este problema altera las propiedades fisicoquímicas del agua y en consecuencia la calidad ambiental. En respuesta a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad coagulante de la semilla de Moringa oleífera como coagulante natural en el tratamiento de lactosuero para la reducción de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) de una planta quesera. La muestra de lactosuero se tomó del efluente generado del proceso de obtención del queso, esta muestra fue caracterizada considerando los niveles de DQO, SST y turbidez. La evaluación de la capacidad coagulante se realizó a través del método de coagulación y floculación en la prueba de jarras, bajo un diseño factorial cuyos niveles fueron el pH (10, 11) y concentración del coagulante (5%, 10%). Los resultados mostraron que la mayor remoción se logra aplicando una concentración del 5% un pH de 11 removiendo el 39.59%, de DQO; así mismo a una concentración del 5% y un pH de 10 se removió el 55.99% de SST. En conclusión, la semilla de la Moringa oleífera resulto ser una alternativa eficiente ya que los resultados obtenidos en la reducción de Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales y Turbidez obtuvieron una remoción de 39.59%, 55.99% y 73.27% respectivamente.

## 1.2 Bases Teóricas de la Investigación

### 1.2.1 Queso Fresco

Gonzales (2002) menciona:

Que el queso fresco es el producto obtenido por coagulación de la leche pasteurizada integral o parcialmente descremada, constituido principalmente por la caseína de la leche en forma de gel más o menos deshidratado, el queso no es más que la coagulación de la proteína de la leche.(p.1-16)

Los quesos frescos tienen un alto contenido de humedad (45-80%) por lo que su tiempo de vida útil resulta corto. Es importante que su transporte y conservación se deba hacer a temperaturas de 4-10 °C (Villegas, 2009).

El término fresco se usa para definir un queso que no ha sufrido proceso de maduración. En el Perú, el consumo de este tipo de queso es mayor, debido a su bajo costo, a sus propiedades nutricionales y usos variados (Álvarez, 2011).



*Figura 1. Queso fresco*

### **1.2.1.1 Valor Nutricional del Queso Fresco**

El queso además de su excelente aporte de proteínas, se destaca por ser una fuente importante de calcio y fósforo (Van Hekken y Farkye, 2003).

El agua que queda retenida en el queso determina la velocidad de la maduración, el tiempo de vida útil, la textura y el rendimiento del proceso de elaboración. La grasa influye en la textura, sabor y color. La lactosa interviene en el desuerado y la textura de la cuajada. Las proteínas del suero que quedan en la cuajada contribuyen al valor nutricional del queso. Los minerales intervienen en la coagulación de la leche (Amiot, 1991).

En la tabla 1 se presenta la composición química del queso fresco.

Tabla 1

*Valor nutricional del queso fresco (100g)*

Propiedad	Unidad	Cantidad
Proteínas	g	17.5
Grasas	g	20.1
Carbohidrato	g	3.3
Agua	g	55
Ceniza	g	4.1
Ca	mg	783
P	mg	375
Fe	mg	1.9
Vit. A	mg	78
Vit. B1	mg	0.04
Vit. B2	mg	0.44
Niacina	mg	0.17

Fuente: Álvarez et al. (2009)

### 1.2.2 Leche

La leche posee un color blanco y es ligeramente amarilla por la presencia de carotenoides, vitamina A y lactoferrina (Teniza, 2008).

Por su parte, Goursaud (2000) manifiesta que la leche es el producto íntegro obtenido del ordeño total y continuo de una hembra lactante con buena salud y bien alimentada. Se debe recoger con higiene y no debe contener calostro.



*Figura 2. Leche en envases de vidrio*

### **1.2.2.1 Valor Nutricional de la Leche**

En la leche se distinguen tres fases: a) fase acuosa: constituida por sales, azúcares, proteínas, vitaminas y aminoácidos disueltos, b) fase sólida: formada por proteínas complejas (caseína), fosfatos y otras sales insolubles en calcio y c) fase lipídica: formada por grasas, esteroides y vitaminas liposolubles (Mansson, Fonden y Pettersson, 2003).

#### **1.2.2.1.1 Agua**

Es el componente más abundante y el medio en el que todos los demás componentes de la leche (sólidos totales) están disueltos o suspendidos; las sustancias proteicas se encuentran en forma de coloide, la lactosa y las sales en forma de solución y la materia grasa en forma de emulsión (Chamorro y Losada, 2002).

#### **1.2.2.1.2 Grasa**

Los triglicéridos representan la mayor proporción de los lípidos totales en la leche, están entre 85,4 y 87,7%. Están presentes en glóbulos de 2-3  $\mu\text{m}$  rodeados por una membrana (Fennema, 2000).

### **1.2.2.1.3 Proteínas**

La leche contiene 30-35 g/l de proteína total. En la leche existen dos clases de proteínas: caseínas y proteínas del suero. Todas las caseínas forman un complejo esférico altamente hidratado conteniendo fosfato cálcico, denominado micela. El suero de la leche contiene aproximadamente el 0.6% de proteínas séricas (Fennema, 2000).

### **1.2.2.1.4 Sales minerales**

La leche contiene minerales importantes como el sodio, potasio, magnesio, calcio, manganeso, hierro, cobre, fósforo y fluoruros. El calcio se encuentra en su mayor parte ligado a la caseína (Agudelo y Bedoya, 2005).

### **1.2.2.1.5 Lactosa**

Es el azúcar predominante de la leche, la cual aporta hasta el 25 % de la energía total del producto, pero también contiene otros azúcares en menores porcentajes y otros carbohidratos (Miller, Jarvis y Mcbean, 2000).

Una de las funciones de la lactosa es facilitar la absorción de calcio y el desarrollo de una microbiota intestinal grampositiva tras su fermentación, que impide el crecimiento de gérmenes patógenos (La Orden, Carabaño y Pelayo, 2011).

### **1.2.2.1.6 Enzimas**

Entre las enzimas más importantes en la leche destacan la lipasa, proteasa, fosfatasa alcalina, catalasa y lactoperoxidasa. La fosfatasa alcalina se emplea para determinar la eficiencia de la pasteurización de la leche, y la catalasa para medir la mastitis en las vacas. Las lipasas son responsables de la rancidez hidrolítica (Alais, 2003).

### 1.2.2.1.7 Vitaminas

Las vitaminas hidrosolubles de la leche (vitaminas B y C) se encuentran en el suero, mientras que las liposolubles (A, D, E y K) se hallan en la materia grasa. Es importante mencionar que las leches semidesnatadas y desnatadas tienen disminuida la materia grasa y, como consecuencia, tienen disminuidas las vitaminas liposolubles en la misma proporción (Gil, 2010). En la tabla 2 se presenta la composición química de la leche.

Tabla 2

*Valor nutricional de la leche*

Componente	Cantidad
Sólidos totales (%)	12.9
Proteínas (%)	3.4
Grasa (%)	3.6
Lactosa (%)	4.7
Sodio (%)	1.67
Calcio (%)	1.54
Fosforo (%)	1.68
Magnesio (%)	0.2
Potasio (%)	1.67

Fuente: Boatella (2010)

### 1.2.2.2 Producción de Leche a Nivel Nacional

En el 2019, la producción nacional de leche fresca ascendió a 2.129.366 toneladas, lo que representó un incremento de 3.06% frente a lo alcanzado el 2018 (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2019).

El MINAGRI (2019) informó que el consumo per cápita de la leche en nuestro país llega a los 87 litros / persona al año, cuando la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) recomienda un consumo de 120 litros al año.

Tabla 3

*Producción de leche fresca en el Perú (TN)*

Año	Toneladas
2015	1 903 177
2016	1 954 232
2017	2 012 537
2018	2 067 143
2019	2 129 366

Fuente:MINAGRI-DGESEP-DEA

### 1.2.3 Leche Deslactosada

Para Mendoza y Salazar (2011) las leches deslactosadas muestran más bajos niveles de lactosa. La leche deslactosada es un producto en donde la lactosa ha sido desdoblada por un proceso tecnológico (hidrólisis de la lactosa) en glucosa y galactosa, como máximo en un 85%.

La hidrólisis de la lactosa se puede realizar mediante hidrólisis química o enzimática. La primera se realiza en medio ácido y a altas temperaturas, empleando ácidos inorgánicos (sulfúrico o el clorhídrico) a concentraciones elevadas. La hidrólisis enzimática se realiza con la  $\beta$ -galactosidasa o lactasa (Juca y Pérez, 2010).

### **1.2.3.1 Beneficios a la Salud del Consumo de Leche Deslactosada**

Este tipo de leche se desarrolló para todos aquellos que no toleran la lactosa, o en aquellos casos en que se dejó de consumir leche entera por mucho tiempo, lo que provocó que el organismo dejara de producir lactasa, lo que hace que la lactosa sea de difícil digestión. (<http://vivirsalud.imujer.com> 03/05/2015)

Otro de los beneficios de la leche deslactosada en niños y adolescentes se presenta en la época de crecimiento, ya que ésta aporta mayor cantidad de calcio. Una de las ventajas de la leche deslactosada es su fácil digestión y metabolización. (<http://www.ehowenespanol.com> 21/04/2015)

### **1.2.4 Moringa**

La moringa es una planta proveniente del norte de la India, pertenece a la familia Moringaceae que crece en el trópico y es originaria del sur del Himalaya (Makkar y Becker, 1995).

En la actualidad la moringa oleífera abunda en todo el trópico; esta especie es muy resistente a los periodos largos de sequía y crece aún en suelos pobres (Folkard y Sutherland, 1996).

♣ **Árbol:**

La moringa es un árbol o arbusto pequeño. Su altura es de 5 a 10 metros pudiendo llegar hasta 12 metros en su madurez. Su tronco tiene de 25-30 cm de diámetro(Cáceres, 1996).



*Figura 3.*Árbol de moringa

♣ **Hojas:**

Las hojas (figura 4) son compuestas y están dispuestas en grupos de folíolos. Las hojas son tripinadas con una longitud de 30-70 cm (Liñán, 2010).



*Figura 4.* Hoja de moringa

♣ Flores:

Las flores (figura 5) son bisexuales, con pétalos blancos y estambres amarillos. Son polinizadas por abejas, insectos y algunas aves (Parrota, 1993).



*Figura 5.* Flores de moringa

♣ Fruto y semillas:

Los frutos (figura 6) son vainas de color pardo con surcos longitudinales de 20-45 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de diámetro (Olson y Fahey, 2011).

Las semillas (figura 7) poseen un color pardo oscuro, tienen forma globular de 1 cm de diámetro con tres alas con consistencia papirácea (Parrota, 1993).



*Figura 6.* Fruto de moringa



*Figura 7.* Semilla de moringa

### 1.2.4.1 Harina de Moringa

La harina de moringa aporta a la dieta un alto valor nutritivo y puede ser añadido a diferentes preparaciones alimenticias; puede agregarse como ingrediente en salsas, sopas, tamales, carnes y otras preparaciones (Fuglie, 1999).

El polvo de moringa se puede conservar por meses sin que pierda sus propiedades nutricionales y resulta útil para ser usado como condimento para sopas, caldos y jugos, etc. (Bonal,Rivera y Bolívar, 2012).

En la actualidad la moringa oleífera es procesada en diversas partes del mundo por su alto valor nutricional. La harina de moringa se consume en forma natural o también en cápsulas o comprimidos. (<http://www.agrodesierto.com/> 01/07/2020)



*Figura 8.* Harina de moringa

### 1.2.4.1.1 Valor Nutricional de la Harina de Moringa

Las hojas de moringa poseen una riqueza de nutrientes fundamentales que previenen enfermedades. Contienen todo el aminoácido esencial y grandes cantidades de vitaminas (A, B y C), provitaminas y minerales (en particular calcio y potasio) (Palada y Chang, 2003).

La harina de moringa contiene todos los aminoácidos esenciales para la vida, como la arginina y la histidina que son muy importantes para el desarrollo de los infantes. Por esta razón, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) recomienda su consumo a la población infantil, a las madres gestantes y lactantes (Fuglie, 2001).

Tabla 4

*Contenido de aminoácidos de la harina de moringa (100g)*

Componente	Cantidad
Arginina	1,325 mg
Histidina	613 mg
Isoleucina	825 mg
Leucina	1,950 mg
Lisina	1,325 mg
Metionina	350 mg
Fenilalanina	1,388mg
Treonina	1,188 mg
Tryptophan	425 mg
Valina	1,063 mg

Fuente: Fuglie (2001)

Tabla 5

*Contenido de vitaminas y minerales de la harina de moringa (100g)*

Componente	Cantidad
Beta caroteno (Vit. A)	18.9 mg
Tiamina (B1)	2.64 mg
Riboflavina (B2)	20.5 mg
Niacina (B3)	8.2 mg
Vitamina C	17.3 mg
Calcio	2,003 mg
Calorías	205 cal
Carbohidratos	38.2 g
Cobre	0.57 mg
Grasa	2.3 g
Fibra	19.2 g
Hierro	28.2 mg
Magnesio	368 mg
Fósforo	204 mg
Potasio	1,324 mg
Proteína	27.1g
Zinc	3.29 mg

Fuente: Fuglie (2001)

#### 1.2.4.1.2 Producción de Moringa a Nivel Nacional

Las semillas de moringa oleífera se importaron por primera vez en los años 2007-2008 de México, inicialmente se experimentó en Lima y Huaral en el año 2009. En la actualidad hay

plantaciones experimentales de moringa en Lima Huaral, Ica, Chincha, Chimbote, Trujillo, Chiclayo, Piura, Amazonas, San Martín, Moquegua, Oxapampa y Puno (Murat, 2014).

En el año 2010, el Ministerio de Agricultura comenzó a promover el cultivo de la moringa oleífera en el Perú. Los empresarios e investigadores Jorge Chepote, Óscar Granados e Iván Murat comprobaron la adaptabilidad de esta planta en tierra peruana luego de instalar una planta piloto en el fundo “El Arenal”, en Ica (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú [MINAGRI], 2010).

Esta especie puede adaptarse en la costa y en la selva. En la actualidad, se cultiva en Ica, Lambayeque, Piura, Madre de Dios, etc. (Agencia Agraria de Noticias, 2013).

(<http://agraria.pe/noticias/avanza-la-produccion-demoringa-en-peru-4336> 13/07/2020)

#### **1.2.4.1.3 Beneficios a la Salud del Consumo de Harina de Moringa**

La moringa oleífera está demostrando ser un recurso de primer orden con bajo costo de producción para prevenir la desnutrición y diversas enfermedades relacionadas al déficit de vitaminas y elementos esenciales en la dieta. (<http://www.agrodesierto.com/>)

Las hojas de moringa contienen antioxidantes, destacando los isotiocianatos, que tienen propiedades anticancerígenas, hipoglucemiantes y antibióticas.

(<http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.678>)

Se aconseja el consumo de harina de moringa para personas que deseen bajar de peso, este beneficio se atribuye al contenido de fibra del polvo de moringa (Álvarez y Sánchez, 2006).

### 1.2.5 Metodología de Superficie de Respuesta

Las metodologías de superficie de respuesta (MSR) son un conjunto de herramientas estadísticas usadas para optimizar una variable de respuesta de interés sujeta a variables independientes (Montgomery, 1991).

Estas técnicas se aplican cuando las interacciones entre dos factores (variables) no son entendidas completamente para representarlas de forma directa por medio de un modelo matemático. Generalmente se emplean diseños factoriales fraccionados de resolución III para determinar las regiones predictoras donde se ubiquen los valores óptimos para la variable de respuesta (Piña, Rodríguez y Benavides, 2006).

De acuerdo a estos diseños, la respuesta implicada en el proceso a ser evaluado, depende de las variables independientes o factores ( $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots, \xi_k$ ), donde el modelo a ser optimizado se representa como:

$$Y = f(\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots, \xi_k) + \epsilon_{ij}$$

“Donde la variable respuesta  $Y$  es una función basada en  $\xi_j$ , las cuales son las variables naturales del proceso y el componente  $\epsilon_{ij}$  representa el error aleatorio debido a diferentes fuentes de variabilidad no consideradas en la función  $f$ ” (Montgomery, 1991, p. 458-462; Myers, Montgomery y Anderson-Cook, 2009, p. 165-267).

Los valores reales  $\eta$ , están en función de la combinación de los niveles de  $k$  factores cuantitativos:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$  (Montgomery, 1991).

Así de esta relación, la superficie de respuesta para estas variables está dada por:

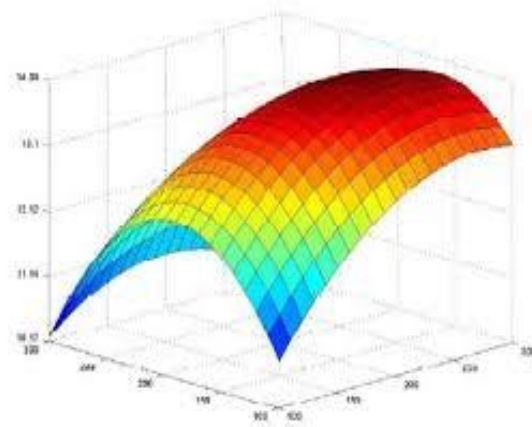
$$\eta = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k)$$

Donde  $\eta$ , es la superficie de respuesta en función de varias variables independientes a optimizar ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ).

Por lo que, de acuerdo a esta relación, la variable respuesta puede expresarse como:

$$Y = \eta + \varepsilon = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k) + \varepsilon$$

Donde Y es la variable respuesta,  $\eta$  indica la relación entre la función y los niveles de k factores y  $\varepsilon$  es el error (Myers, Montgomery y Anderson-Cook, 2009).



*Figura 9.* Superficie de respuesta tridimensional

### 1.3 Marco Conceptual

#### ♣ QUESO FRESCO

Es el producto constituido principalmente por la caseína de la leche, en forma de gel.

Contiene grasas, un poco de lactosa y sustancias

minerales. (<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29722/1/Gonzalez%20Ramirez.pdf>. 14/07/202

0)

#### ♣ CUAJO

Es una solución formada por las enzimas quimosina y pepsina, las cuales son producidas en la cuarta cavidad del estómago de los rumiantes (De Soroa, 1990).

#### ♣ CLORURO DE CALCIO

“El cloruro de calcio es una sal inorgánica de color blanco o incoloro. Es hidrófilo, es decir, capta la humedad del ambiente hasta convertirse del estado sólido al líquido” (Grijalva y Cornejo, 2009).

#### ♣ LECHE DESLACTOSADA

Es un producto en donde la lactosa de la leche ha sido desdoblada en glucosa y galactosa por un proceso industrial (hidrólisis de la lactosa).

(<http://www.guioteca.com/nutricion/cuales-son-los-distintos-tipos-de-leche-y-para-que-sirven/>

15/07/2020)

#### ♣ MORINGA

Es un árbol caduco, originario de la India. Comprende 13 especies de las cuales la más popular es moringa oleífera, conocido comúnmente como moringa. Esta planta se cultiva en los trópicos. ([http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2219.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2219.pdf). 19/07/2020)

#### ♣ SUERO DE LECHE

Es el subproducto líquido obtenido de la elaboración del queso. Se obtiene tras la coagulación, donde las caseínas y grasas se precipitan y se disgregan del resto de la leche (García, 1984).

#### ♣ LECHE

Es el líquido secretado por las glándulas mamarias de una hembra lactante. Contiene agua, grasa, proteínas, lactosa, minerales, vitaminas, enzimas, etc. (Alais, 1971).

#### ♣ HARINA DE MORINGA

Es el producto obtenido del molido de las hojas, que puede ser incluido a todo tipo de bebidas y alimentos, incrementando el contenido nutricional de los alimentos afectados (Contreras, Ochoa y Ramírez, 2009).

## **CAPÍTULO II**

### **2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.1 Situación Problemática**

La intolerancia a la lactosa es una patología que causa malestares gastrointestinales como vómitos, diarrea y dolor abdominal al consumir productos lácteos. Se estima que aproximadamente el 70% de la población del mundo se ve afectada por este problema (De Vrese, Stegelmann y Bernd, 2001).

El interés que recibe esta problemática, es que impide a un porcentaje alto de la población mundial de la ingesta de varios derivados lácteos que son una excelente fuente de calcio, proteínas, minerales y vitaminas (Rodríguez, Cravero y Alonso, 2008).

En el caso del queso, gran parte de lactosa es separada con el suero; sin embargo, no siempre el desuerado es suficiente para contrarrestar los malestares gastrointestinales, ya que aún queda lactosa retenida en la cuajada por su alto contenido de humedad. Vicaria (2002) afirma que la leche con una hidrólisis parcial (30-50%) puede ser utilizada en la elaboración de queso.

#### **2.2 Formulación de Problemas**

##### **2.2.1 Problema General**

¿Cuál es el efecto de la incorporación de leche deslactosada y moringa en las propiedades sensoriales y nutricionales del queso fresco?

##### **2.2.2 Problemas Específicos**

- ♣ ¿Cuál es el porcentaje óptimo de leche deslactosada y moringa?
- ♣ ¿Qué efecto produce la incorporación de leche deslactosada y moringa en los parámetros de procesamiento?
- ♣ ¿Qué efecto produce la incorporación de leche deslactosada y moringa en el valor nutricional?

- ♣ ¿Qué efecto produce la incorporación de leche deslactosada y moringa en la caracterización sensorial?
- ♣ ¿Qué efecto produce la incorporación de leche deslactosada y moringa en la caracterización microbiológica?

## **2.3 Delimitación del Problema**

### **2.3.1 Delimitación Espacial o Geográfica**

Esta investigación se llevó a cabo en el departamento de Ica, provincia de Pisco, en el laboratorio experimental de productos pesqueros y alimentarios de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos.

La leche que se utilizó para las pruebas experimentales fue de un establo ubicado en la ciudad de Pisco y la enzima lactasa para obtener la leche deslactosada fue de la empresa Insumos y Soluciones para la Industria Alimenticia S.A. ubicada en la ciudad de Lima.

### **2.3.2 Delimitación Temporal**

La presente investigación se inició en el año 2019 y tendrá una duración de 12 meses.

### **2.3.3 Delimitación Social**

El queso elaborado en la presente investigación podrá ser consumido por todo los estratos sociales sin distinción alguna, pero está más direccionada para personas intolerantes a la lactosa ya que se trata de un queso deslactosado.

### **2.3.4 Delimitación Conceptual**

En este trabajo de investigación se enfocó, en elaborar un queso fresco en el que se sustituyó parte de la leche por leche deslactosada y además se incorporó moringa para incrementar los niveles de oligoelementos, fundamentalmente calcio y potasio.

## **2.4 Justificación e Importancia de la Investigación**

### **2.4.1 Justificación**

Los principales efectos adversos para la salud de la intolerancia a la lactosa ocurren como resultado de la evitación de la leche y la ingesta reducida de calcio. “Evitar los productos lácteos puede provocar raquitismo nutricional en los niños pequeños” (Fox, Du Toit, Lang y Lack, 2004, p.566-569). “Así como una baja densidad mineral ósea y un mayor riesgo de fractura más adelante en la vida” (Doulgeraki, Manousakis y Papadopoulos, 2017, p.133-139).

Por otra parte, se calcula que un 75% de la población adulta del mundo (60% en Latinoamérica) tiene una capacidad limitada para digerir la lactosa, lo cual provoca molestares gastrointestinales de gravedad variable. De ahí que el proceso de hidrólisis enzimática de la lactosa cobra tanto interés e importancia en la salud de los consumidores (Miller, Jarvis y McBean, 2000).

### **2.4.2 Importancia**

La hidrólisis de la lactosa permite el consumo de leche y otros alimentos lácteos (derivados) a aquellas personas que padecen intolerancia a la lactosa. Por otra parte, la lactosa presente en el suero de la leche, como subproducto en la elaboración de quesos, ocasiona un grave problema de contaminación ambiental, debido a los grandes volúmenes de lactosuero que son vertidos por fábricas de este tipo a los canales de agua (Bylund, 2003).

El elevado poder nutritivo de la moringa oleífera (vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales) le otorga un importante papel en la prevención y lucha de la desnutrición, anemia y otras enfermedades como la ceguera infantil asociada a la carencia de elementos esenciales en la dieta (Alfaro y Martínez, 2008).

## **2.5 Objetivos de Investigación**

### **2.5.1 Objetivo General**

Determinar el efecto de la incorporación de leche deslactosada y moringa en las propiedades sensoriales y nutricionales del queso fresco.

### **2.5.2 Objetivos Específicos**

- ♣ Determinar el porcentaje óptimo de leche deslactosada y moringa en la elaboración del queso fresco.
- ♣ Determinar los parámetros de procesamiento de la formulación del queso fresco con leche deslactosada y moringa.
- ♣ Determinar el valor nutricional del queso fresco con la incorporación de leche deslactosada y moringa.
- ♣ Determinar la caracterización sensorial del queso fresco con la incorporación de leche deslactosada y moringa.
- ♣ Determinar la caracterización microbiológica del queso fresco con la incorporación de leche deslactosada y moringa.

## **2.6 Hipótesis de Investigación**

### **2.6.1 Hipótesis General**

Los efectos de la incorporación de leche deslactosada y moringa, en los niveles de 25, 50 y 75% y 0.3 y 0.5% respectivamente, producen la mayor aceptabilidad sensorial y nutricional.

### **2.6.2 Hipótesis Específicas**

- ♣ Los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos son los óptimos.
- ♣ Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en los parámetros de procesamiento.

- ♣ Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en el valor nutricional.
- ♣ Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en la caracterización sensorial.
- ♣ Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en la caracterización microbiológica.

## **2.7 Variables de Investigación**

### **2.7.1 Identificación de Variables**

#### **2.7.1.1 Variable Independiente (X)**

X=Leche deslactosada y moringa

#### **2.7.1.2 Variable Dependiente (Y)**

Y=Valor nutricional y características sensoriales del queso fresco

### **2.7.2 Operacionalización de Variables**

#### **2.7.2.1 Operacionalización de la Variable Independiente**

##### **2.7.2.1.1 Dimensiones**

XI =Formulaciones de queso fresco con leche deslactosada y moringa, mediante la metodología de superficie de respuesta.

XII =Parámetros de procesamiento.

##### **2.7.2.1.2 Indicadores**

X<sub>1</sub>=%1 de leche deslactosada y moringa, %2 de leche deslactosada y moringa y %3 de leche deslactosada y moringa.

X<sub>2</sub>=Temperatura, pH, tiempo, densidad y grado de acidez.

## **2.7.2.2 Operacionalización de la Variable Dependiente**

### **2.7.2.2.1 Dimensiones**

YI = Valor nutricional del queso fresco.

YII = Caracterización sensorial del queso fresco.

YIII = Caracterización microbiológica del queso fresco.

### **2.7.2.2.2 Indicadores**

Y<sub>1</sub> = Proteínas, grasa, humedad, carbohidratos, calcio, hierro y potasio.

Y<sub>2</sub> = Apariencia, sabor y textura.

Y<sub>3</sub> = *Coliformes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella sp.*

## **CAPÍTULO III**

### **3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA / METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo, Nivel y Diseño de Investigación**

##### **3.1.1 Tipo de Investigación**

La presente investigación de acuerdo al objetivo que persigue es aplicada y de acuerdo a la técnica de contrastación es experimental.

##### **3.1.2 Nivel de Investigación**

Corresponde al nivel explicativo, dirigido a suministrar información cuantitativa de las variables de estudio.

##### **3.1.3 Diseño de Investigación**

El diseño de investigación es el “Diseño Experimental”. En este diseño, la variable independiente (causa) es manipulable, mediante la experimentación para observar si la variable dependiente (efecto) varía o no. Es decir, la variable independiente (leche deslactosada y moringa), se manipula, y la variable dependiente (valor nutricional y características sensoriales del queso fresco), se controla.

El diseño experimental es un diseño multinivel factorial, con dos factores: leche deslactosada y harina de moringa.

#### **3.2 Población y Muestra Materia de Investigación**

##### **3.2.1 Población de Estudio**

Para cada muestra de queso se utilizó 3 litros de leche.

##### **3.2.2 Muestra de Estudio**

Cada muestra de queso tuvo un peso alrededor de 300 gramos.

## **CAPÍTULO IV**

### **4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1 Técnicas de Recolección de Datos**

La información se obtuvo de las pruebas experimentales que se realizó en seis etapas:

- 1.-Se determinó el porcentaje óptimo de leche deslactosada y moringa a incorporar en la elaboración del queso fresco, que produjo la mayor aceptabilidad sensorial del producto mediante el método de superficie de respuesta empleando el paquete estadístico STATGRAPHICS centurión versión 16.
- 2.-Se determinó los parámetros de procesamiento del queso fresco (temperatura, tiempo, pH, densidad y grado de acidez).
- 3.- Se determinó la caracterización nutricional del queso fresco (proteína, grasa, carbohidratos, humedad, calcio, hierro y potasio).
- 4.- Se determinó la caracterización sensorial del queso fresco con leche deslactosada y moringa (apariencia, sabor y textura).
- 5.- Se determinó la caracterización microbiológica del queso fresco con leche deslactosada y moringa (*Coliformes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella sp*), expresados en ufc/g.
- 6.- La recolección de datos se presentó en cuadros de composición.

#### **4.2 Instrumentos de Recolección de Datos**

Para la presente investigación el instrumento de medición de la información fue la observación y el experimento.

La observación se realizó por medio de los sentidos, para la evaluación sensorial de las muestras de queso, con diferentes porcentajes de leche deslactosada y moringa y un control, utilizándose como instrumento de recolección de datos una ficha de evaluación (apariencia, textura y sabor).

### **4.3 Materiales y Métodos**

#### **4.3.1 Materia Prima e Insumos**

##### **4.3.1.1 Materia Prima**

La elaboración del queso fresco se realizó con leche procedente de un establo ubicado en la ciudad de Pisco.

##### **4.3.1.2 Insumos**

- ♣ Harina de moringa
- ♣ Enzima lactasa, marca: HA-LACTASE 5200
- ♣ Cuajo, marca: MARSCHALL
- ♣ Cloruro de calcio
- ♣ Sal, marca: MARINA

#### **4.3.2 Materiales, Equipos y Reactivos**

##### **4.3.2.1 Materiales**

- ♣ Olla de acero inoxidable
- ♣ Depósitos de acero inoxidable
- ♣ Depósitos de plástico
- ♣ Cuchillos de acero inoxidable
- ♣ Colador
- ♣ Batidor
- ♣ Tablas de picar
- ♣ Moldes para queso
- ♣ Probetas graduadas de 1000 ml
- ♣ Matraz Erlenmeyer de 250 ml

- ♣ Pipeta graduada de 10 ml
- ♣ Vaso de precipitado de 100 ml
- ♣ Lactodensímetro
- ♣ Bureta de 50 ml
- ♣ Luna de reloj

#### **4.3.2.2 Equipos e Instrumentos**

- ♣ Cocina, marca: SOLE
- ♣ Balanza electrónica, marca: HENKEL. Rango: 1000g / 0.01g.
- ♣ Potenciómetro, marca: PENTYPE. Rango (0.00- 14 pH, 0 °C- 55°C)
- ♣ Termómetro de mercurio (Rango -10°C a 150°C)
- ♣ Incubadora, marca: BINDER
- ♣ Refrigeradora, marca: SAMSUG
- ♣ Cronómetro digital, marca: LONIX

#### **4.3.2.3 Reactivos**

- ♣ Solución de NaOH 0,1 N
- ♣ Fenolftaleína al 2%
- ♣ Aguadestilada

### 4.3.3 Metodología Experimental

#### 4.3.3.1 Hidrólisis Enzimática de la Lactosa

En la figura 10 se muestra el diagrama de proceso de operaciones para hidrolizar la lactosa de la leche.

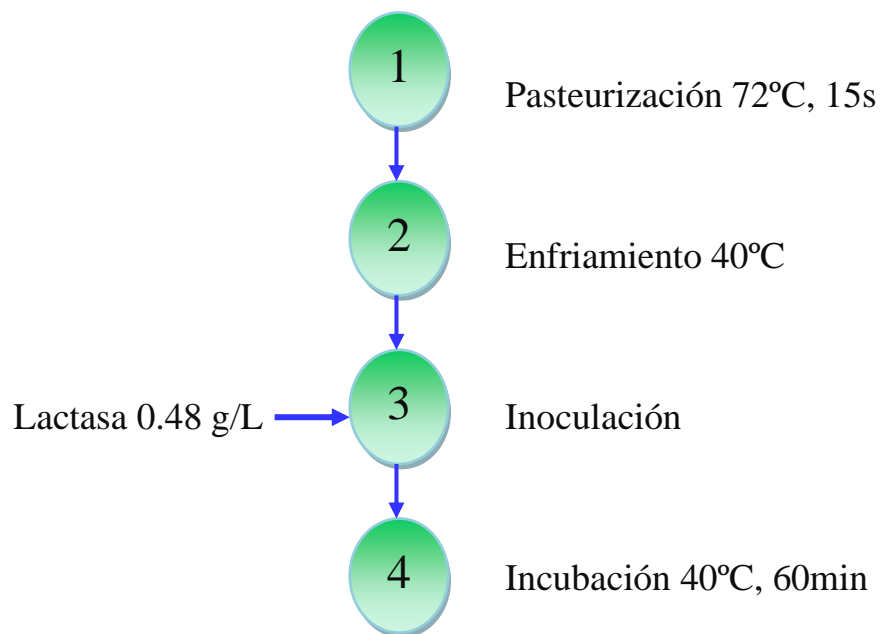


Figura 10. Diagrama de proceso de operaciones para la hidrólisis enzimática de la lactosa

### 4.3.3.2 Descripción del Diagrama de Proceso de Operaciones para la Hidrólisis Enzimática de la Lactosa

#### a) Pasteurización

El tratamiento térmico de la leche fue de 72°C por 15 segundos.



*Figura 11.* Tratamiento térmico

#### b) Enfriamiento

Luego de la pasteurización se enfrió a 40°C, temperatura adecuada para realizar la hidrólisis de la lactosa, según ficha técnica de la enzima.



*Figura 12.* Enfriamiento

### c) Inoculación

Se adicionó la enzima Ha-Lactase 5200 L.A.U. a la leche a una dosis de 0.48 g/L.



*Figura 13.* Adición de la enzima

### d) Incubación

Se dejó actuar la enzima por 60 minutos. Finalizada esta operación se obtuvo muestras de leche deslactosada.



*Figura 14.* Incubación de la enzima

#### 4.3.3.3 Elaboración de Queso Fresco con Leche Deslactosada y Harina de Moringa

El proceso de elaboración que se empleó para este tipo de queso, se muestra en el siguiente diagrama de proceso de operaciones.

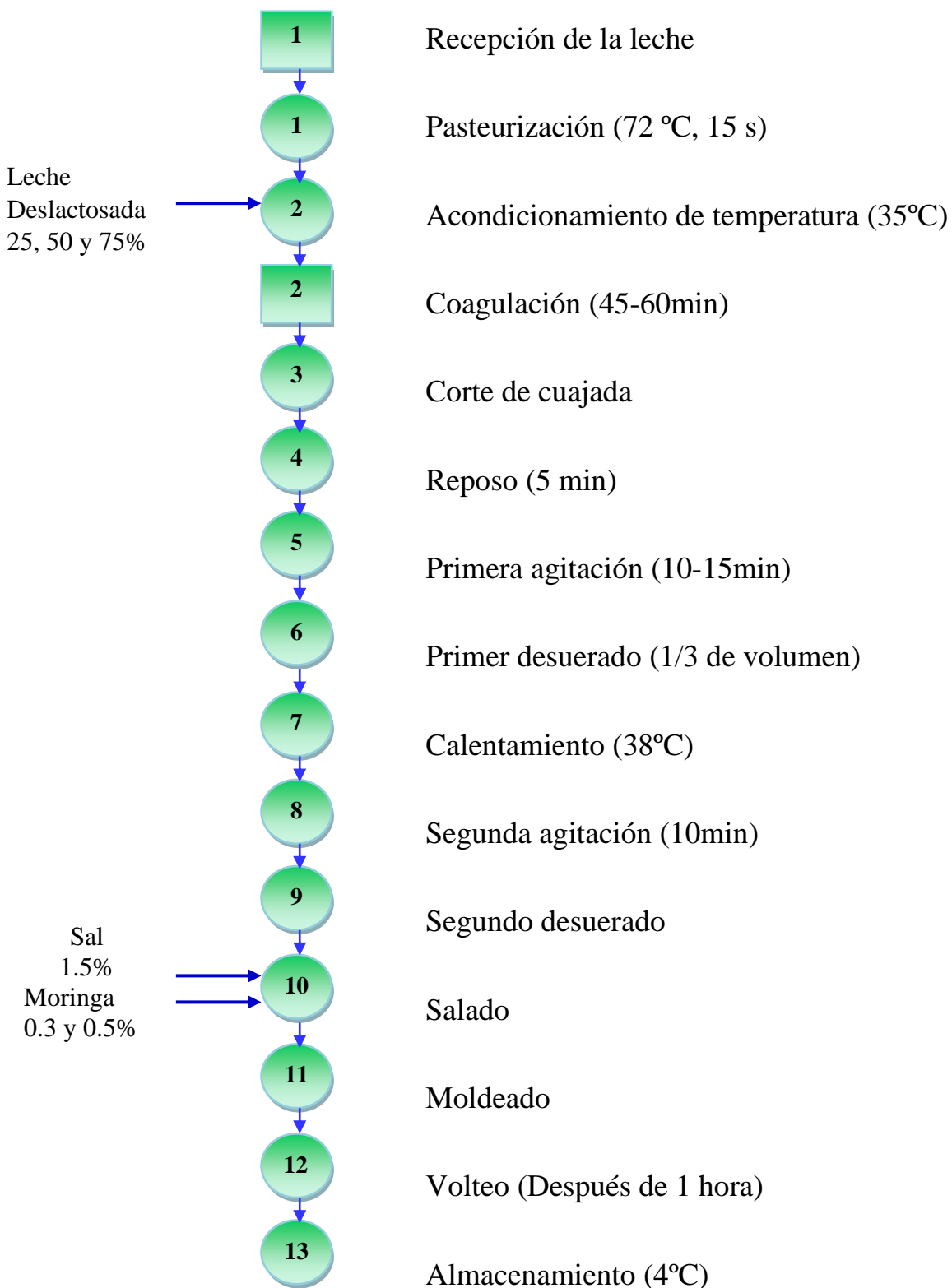


Figura 15. Diagrama de proceso de operaciones de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa

#### 4.3.3.4 Descripción del Diagrama de Proceso de Operaciones de Queso Fresco con Leche Deslactosada y Harina de Moringa

##### a) Recepción de la leche

Para elaborar el queso fresco se dispuso de una leche fresca, con una acidez menor a 18 °D. Si la leche es de mala calidad se obtendrán quesos con muchos defectos y con un periodo muy corto de vida comercial.



*Figura 16.* Leche fresca

##### b) Pasteurización

Se calentó la leche (75, 50 y 25%) hasta la temperatura de 72 °C por 15 segundos, se realizó con la finalidad de destruir todos los gérmenes patógenos, que son los que causan enfermedades, y a la mayoría de otros microorganismos que vienen con la leche ó que puedan haber ingresado por contaminación. Esta operación nos asegura un queso de buena calidad.



*Figura 17.* Pasteurización

### c) Acondicionamiento de temperatura

Se mezcló la leche procedente de la etapa anterior (75, 50 y 25%) previamente enfriada a 40°C con la leche deslactosada (25, 50 y 75%) a 40°C, respectivamente. Luego se acondicionó la temperatura de la leche a 35 °C, que es la temperatura ideal para que se produzca la coagulación. En esta etapa, se adicionó el cloruro de calcio a la leche; el calcio es un elemento fundamental para fortalecer la coagulación, a una dosis de 20 gramos por 100 litros de leche. Finalmente se le adicionó el cuajo previamente diluida en agua hervida fría a una dosis de 0.3 g por 3 litros de leche ( $\frac{1}{4}$  pastilla) agitando por unos 2-3 minutos, luego se dejó en reposo para que se produzca la coagulación.



*Figura 18.* Adición del cuajo

### d) Coagulación

La coagulación es el proceso por el cual la leche pasa del estado líquido al estado de gel. Este proceso dura entre 45 a 60 minutos para el queso fresco. Cuando la leche tomó la firmeza de gel, se realizó la prueba del cuchillo, que consiste en efectuar un corte a la cuajada y levantarla, si el corte

es limpio como una línea recta y se elimina suero inmediatamente, significa que la cuajada esta lista para proceder al corte.



*Figura 19.* Coagulación de la leche

#### **e) Corte de cuajada**

La cuajada se cortó en cubitos uniformes de aproximadamente 1.0 cm de lado. Esto ayudó a salir más rápidamente al suero, dependiendo de esto, se logra la consistencia deseada del queso.



*Figura 20.* Corte de cuajada

**f) Reposo**

Después del corte de la cuajada, éste se encuentra muy frágil, por lo que es conveniente dejarla en reposo 5 minutos, para que luego adquiera consistencia y permita su agitación sin fragmentarse, lo que ocasionaría que las partículas de cuajada fragmentada se pierdan con el suero.



*Figura 21.* Reposo de la cuajada

**g) Primera agitación**

Se realizó al principio muy suavemente para no romper la cuajada, luego paulatinamente se fue aumentando la velocidad de la agitación, se notó que la cuajada iba tomando más consistencia, y ofreciendo cierta resistencia a su rotura cuando se le apretó con los dedos de la mano. Esta primera agitación duró entre 10 a 15 minutos.



*Figura 22.* Primera agitación

### **h) Primer desuerado**

Se separó suero equivalente a un tercio del volumen inicial de la leche. Con esa parte del suero, se eliminó parte del ácido láctico desarrollado en el proceso, y gran proporción de la lactosa del suero.



*Figura 23. Primer desuerado*

### **i) Calentamiento**

Se calentó la cuajada en forma directa, aplicando agua caliente a 70°C, previamente tratada, es decir libre de contaminación. Se adicionó lentamente el agua caliente, para conseguir que el calentamiento sea uniforme. El calentamiento se realizó hasta que la temperatura llegue a 38°C. El calentamiento se realizó con constante agitación.



*Figura 24. Calentamiento de la cuajada*

**j) Segunda agitación**

Se siguió agitando, en forma más energética, durante unos 10 minutos. El tiempo de esta segunda agitación se tomó a partir del momento en que se llegó a 38°C.



*Figura 25. Segunda agitación*

**k) Segundo desuerado**

Se retiró prácticamente todo el suero, hasta el nivel de la cuajada para favorecer la acción del salado.



*Figura 26. Segundo desuerado*

### l) Salado

Es importante que la sal sea de buena calidad, sin impurezas, es recomendable disolverla y colarla antes de adicionar a la cuajada. La cantidad depende de las exigencias del mercado, se empleó 1.5% en relación con la cuajada. Posteriormente se adicionó la harina de moringa en un 0.3 y 0.5 % en relación con la cuajada y se mezcló uniformemente.



*Figura 27. Salado*

### m) Moldeado

Se colocó la cuajada en un recipiente que le proporcione la forma al queso. En este caso para el queso fresco se puede emplear cualquier tipo de molde de uso alimentario. Estos moldes son recipientes rígidos con perforaciones por donde escapará el suero y en su interior retendrá la cuajada formando el queso fresco.



*Figura 28. Moldeado*

**n) Volteo**

Después de la hora de moldeado, se retiró el queso del molde, se le volteó de manera que la parte superior quede en la parte inferior, y se volvió a colocar dentro del molde, de este modo se tuvo ambos lados de forma uniforme.



*Figura 29. Volteo del queso*

**o) Almacenamiento**

Los quesos se almacenaron a una temperatura de refrigeración de 4 °C para el enfriado de la masa interna del queso.



*Figura 30. Almacenamiento*

#### 4.3.3.5 Formulaciones o Tratamientos

Se elaboró siete formulaciones, incluyendo el control, siendo éste una formulación con leche de vaca. Para los otros tratamientos se modificó la fórmula original reemplazando parte de la leche con diferentes porcentajes de leche deslactosada y agregando harina de moringa.

Tabla 6

*Fórmula control de queso fresco*

Ingredientes	Gramos	Porcentaje (%)
Leche	3081	99.77
Cloruro de calcio	0.6	0.02
Cuajo	0.3	0.01
Sal	6.27	0.2
Total	3088.17	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

*Fórmula 1 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa*

Ingredientes	Gramos	Porcentaje (%)
Leche	2310.75	74.72
Leche deslactosada	772.2	24.97
Harina de moringa	1.4	0.05
Cloruro de calcio	0.6	0.02
Cuajo	0.3	0.01
Sal	7.2	0.23
Total	3092.45	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

*Fórmula 2 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa*

Ingredientes	Gramos	Porcentaje (%)
Leche	2310.75	74.75
Leche deslactosada	772.2	24.98
Harina de moringa	1.9	0.06
Cloruro de calcio	0.6	0.02
Cuajo	0.3	0.01
Sal	5.7	0.18
Total	3091.45	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

*Fórmula 3 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa*

Ingredientes	Gramos	Porcentaje (%)
Leche	1540.5	49.81
Leche deslactosada	1544.4	49.94
Harina de moringa	1.1	0.04
Cloruro de calcio	0.6	0.02
Cuajo	0.3	0.01
Sal	5.6	0.18
Total	3092.5	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

*Fórmula 4 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa*

Ingredientes	Gramos	Porcentaje (%)
Leche	1540.5	49.84
Leche deslactosada	1544.4	49.96
Harina de moringa	1.3	0.04
Cloruro de calcio	0.6	0.02
Cuajo	0.3	0.01
Sal	4	0.13
Total	3091.1	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

*Fórmula 5 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa*

Ingredientes	Gramos	Porcentaje (%)
Leche	770.25	24.89
Leche deslactosada	2316.6	74.85
Harina de moringa	1.2	0.04
Cloruro de calcio	0.6	0.02
Cuajo	0.3	0.01
Sal	5.9	0.19
Total	3094.85	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

*Fórmula 6 de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa*

Ingredientes	Gramos	Porcentaje (%)
Leche	770.25	24.88
Leche deslactosada	2316.6	74.83
Harina de moringa	2	0.06
Cloruro de calcio	0.6	0.02
Cuajo	0.3	0.01
Sal	5.9	0.19
Total	3095.65	100

Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.4 Análisis Sensorial**

Para el análisis sensorial se aplicó una evaluación sensorial de aceptabilidad utilizando tres indicadores (textura, apariencia y sabor) con 50 jueces no entrenados, consumidores de queso fresco. El análisis sensorial se realizó a las 8:00 am, las muestras se presentaron en pequeños platos descartables con numeración de tres dígitos al azar. La ficha utilizada para la evaluación se muestra en el ANEXO 6.

#### **4.3.5 Análisis Estadístico**

Para determinar los niveles óptimos de leche deslactosada y moringa se aplicó la metodología de superficie de respuesta empleando el paquete estadístico STATGRAPHICS centurión-versión 16.

## CAPÍTULO V

### 5 PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Presentación e Interpretación de Resultados

##### 5.1.1 Porcentaje Óptimo de Leche Deslactosada y Harina de Moringa en la Formulación de Queso Fresco

Tabla 13

*Resumen de la prueba de aceptabilidad en apariencia, textura y sabor*

Código	Leche deslactosada (%)	Harina de moringa (%)	Indicadores		
			Apariencia	Textura	Sabor
579	25	0,3	412,8	423,1	428,0
684	50	0,3	473,0	483,2	488,0
921	75	0,3	339,5	352,9	358,2
713	25	0,5	255,7	268,2	296,8
239	50	0,5	381,1	387,8	403,2
494	75	0,5	305,0	325,2	310,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

*Análisis de varianza de la prueba de aceptabilidad en el atributo apariencia*

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Leche deslactosada	144,0	1	144,0	28,40	0,1181
B:Harina de moringa	13395,4	1	13395,4	2642,09	0,0124
AA	13015,3	1	13015,3	2567,11	0,0126
AB	3757,69	1	3757,69	741,16	0,0234
Error total	5,07	1	5,07		
Total (corr.)	30317,4	5			

Fuente: Elaboración propia

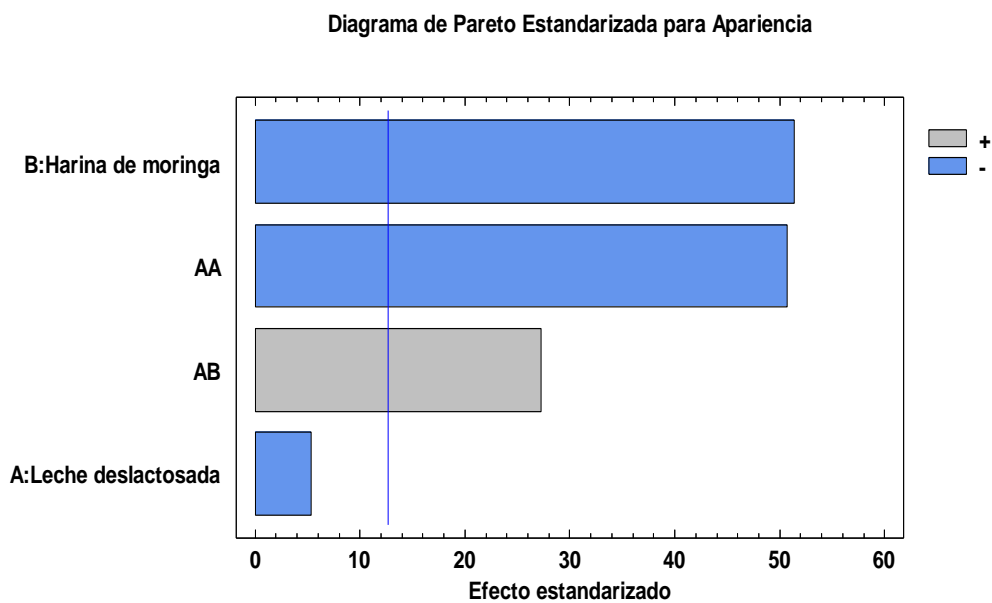


Figura 31. Diagrama de Pareto estandarizada para apariencia

Tabla 15

*Resultado de la respuesta optimizada para apariencia*

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Leche deslactosada	25,0	75,0	45,36
Harina de moringa	0,3	0,5	0,3

Fuente: Elaboración propia

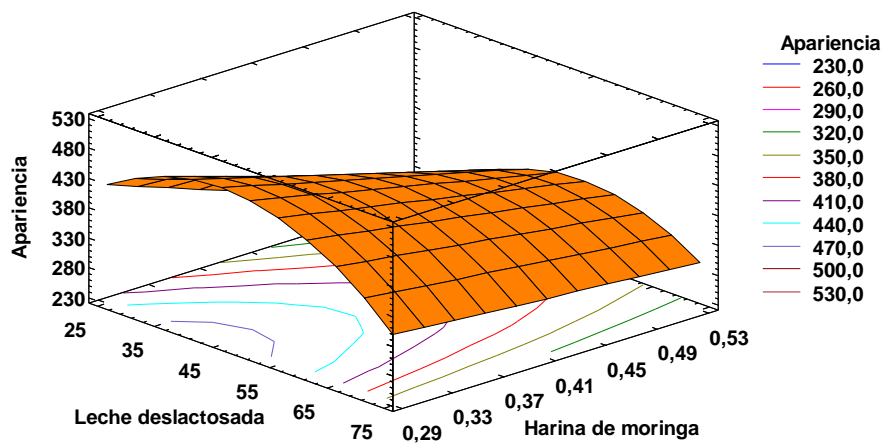


Figura 32. Superficie de respuesta estimada para la Apariencia

Tabla 16

*Análisis de varianza de la prueba de aceptabilidad en el atributo textura*

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Leche deslactosada	43,56	1	43,56	7,77	0,2192
B:Harina de moringa	12880,7	1	12880,7	2298,75	0,0133
AA	11569,2	1	11569,2	2064,70	0,0140
AB	4044,96	1	4044,96	721,88	0,0237
Error total	5,60333	1	5,60333		
Total (corr.)	28544,0	5			

Fuente: Elaboración propia

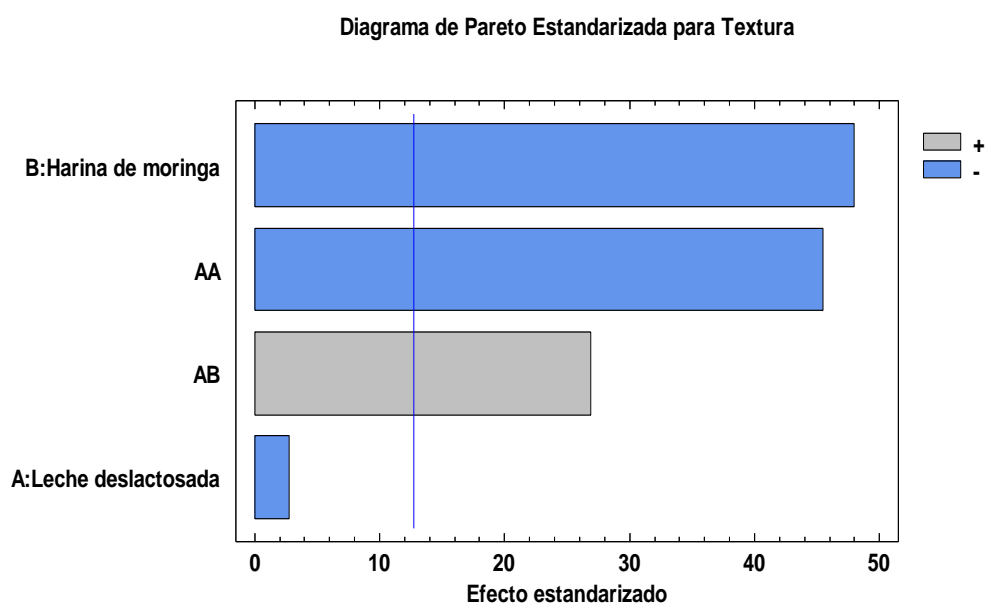


Figura 33. Diagrama de Pareto estandarizada para textura

Tabla 17

*Resultado de la respuesta optimizada para textura*

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Leche deslactosada	25,0	75,0	45,2903
Harina de moringa	0,3	0,5	0,3

Fuente: Elaboración propia

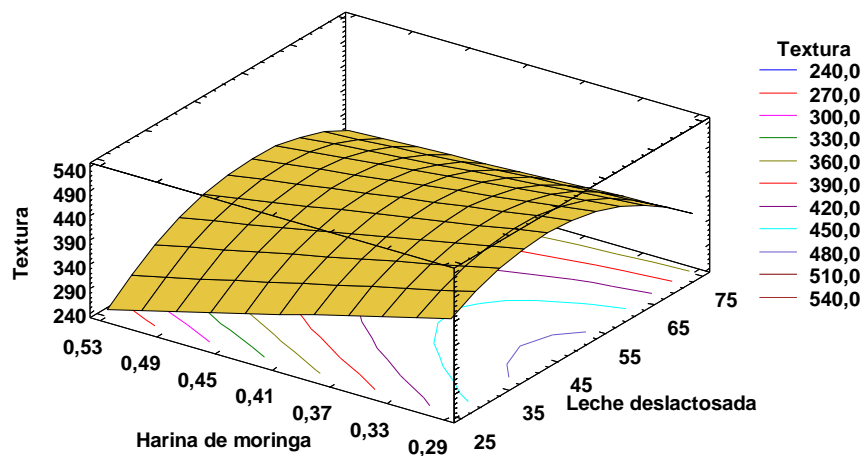


Figura 34. Superficie de respuesta estimada para la Textura

Tabla 18

*Análisis de varianza de la prueba de aceptabilidad en el atributo sabor*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Leche deslactosada	800,89	1	800,89	100,07	0,0634
B:Harina de moringa	11633,6	1	11633,6	1453,60	0,0167
AA	12636,0	1	12636,0	1578,85	0,0160
AB	1722,25	1	1722,25	215,19	0,0433
Error total	8,00333	1	8,00333		
Total (corr.)	26800,8	5			

Fuente: Elaboración propia

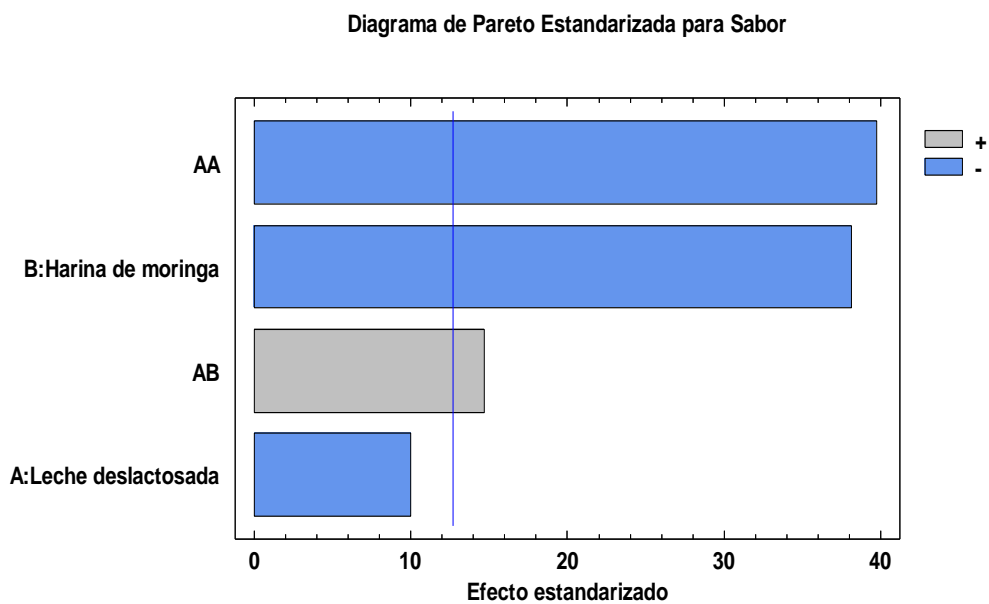


Figura 35. Diagrama de Pareto estandarizada para sabor

Tabla 19

*Resultado de la respuesta optimizada para sabor*

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Leche deslactosada	25,0	75,0	45,5174
Harina de moringa	0,3	0,5	0,3

Fuente: Elaboración propia

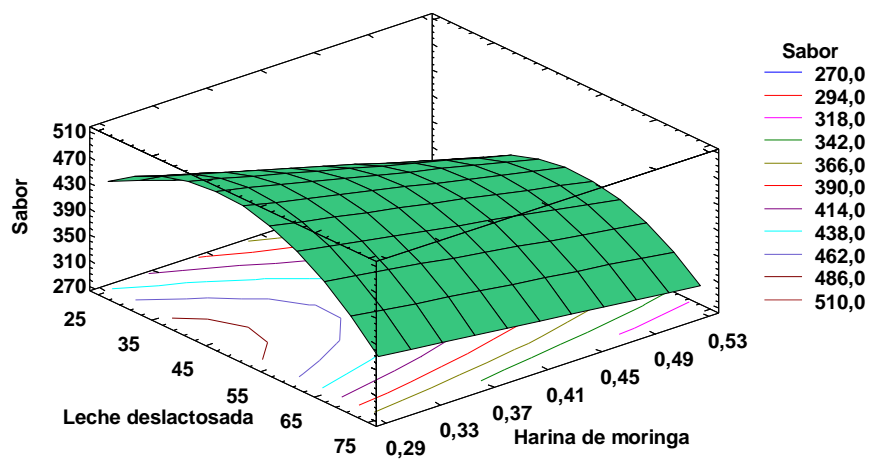


Figura 36. Superficie de respuesta estimada para el Sabor

Tabla 20

*Efecto combinado: Apariencia- textura- sabor*

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Leche deslactosada	25,0	75,0	46,8593
Harina de moringa	0,3	0,5	0,302583

Fuente: Elaboración propia

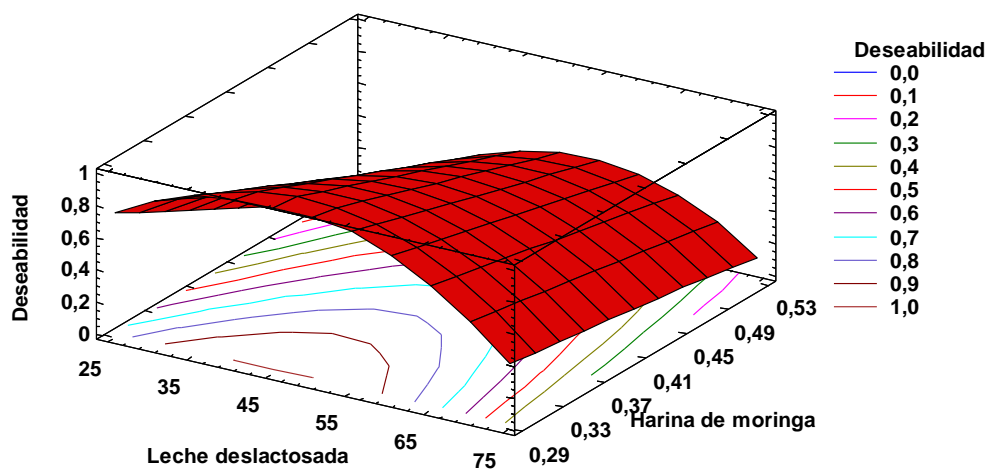


Figura 37. Superficie de respuesta global

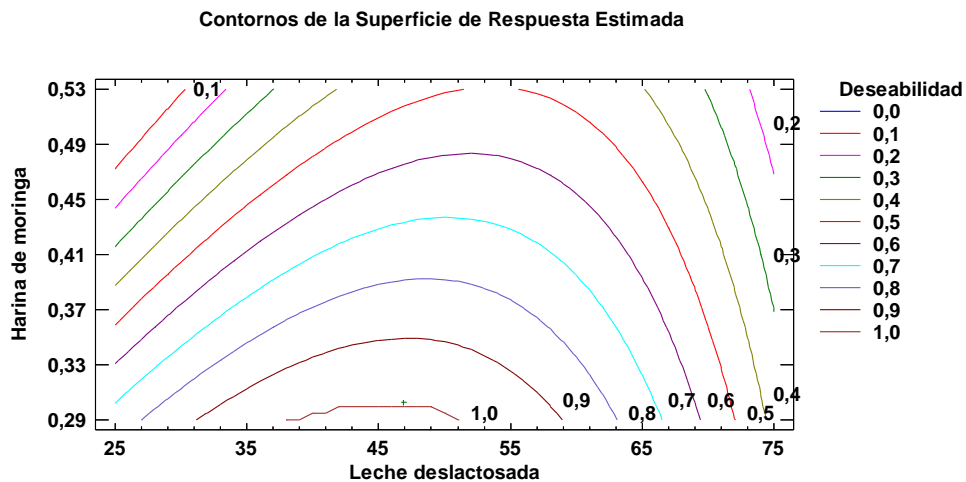


Tabla 21

*Valores óptimos de los factores analizados*

Factores	Indicadores			Global
	Apariencia	Textura	Sabor	
Leche deslactosada (%)	45,4	45,3	45,5	46,9
Harina de moringa (%)	0,3	0,3	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

*Fórmula óptima de queso fresco con leche deslactosada y harina de moringa*

Ingredientes	Gramos	Porcentaje (%)
Leche	1632.93	52.8
Leche deslactosada	1451.736	46.94
Harina de moringa	1.2	0.04
Cloruro de calcio	0.6	0.02
Cuajo	0.3	0.01
Sal	6	0.19
Total	3092.766	100

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Resultados de los Parámetros de Procesamiento de Queso Fresco con Leche Deslactosada y Harina de Moringa

En la tabla 23 se presentan los resultados de los parámetros de procesamiento de las fórmulas control y óptima del queso fresco. Los cálculos respectivos de la densidad y grado de acidez de la leche se encuentran en los anexos 2 y 3.

Tabla 23

*Parámetros de procesamiento (Temperatura, pH, tiempo, densidad y grado de acidez) de las fórmulas control y óptima*

Parámetros	Fórmula control	Fórmula óptima
pH de la leche	6.67	6.59
Densidad de la leche (g/ml)	1.027	1.0314
Acidez de la leche (°D)	14	17
Pasteurización	T=72°C, t=15seg	T=72°C, t=15seg
Acondicionamiento de T°	T=35°C	T=35°C
Coagulación	t=60 min	t=45 min
Calentamiento	T=38°C	T=38°C
Almacenamiento	T=4°C	T=4°C

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 Resultados del Análisis Nutricional

En la tabla 24 se presentan los valores obtenidos del análisis nutricional de las fórmulas control y óptima, realizado en muestras de queso fresco.

Tabla 24

*Valores del análisis nutricional de las fórmulas control y óptima (100g)*

Componentes	Fórmula control	Fórmula óptima
Proteínas	15,6 g	16,7 g
Grasas	17,7 g	17,9 g
Humedad	60,0 g	60,3 g
Carbohidratos	2,1 g	5,7 g
Calcio	674 mg	980 mg
Hierro	1,9 mg	1,91 mg
Potasio	176 mg	430 mg
Retinol	78 mg	79 mg
Tiamina	0,04mg	0,2 mg
Calorías	230 Kcal	237 Kcal

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.4 Resultados del Análisis Microbiológico

En la tabla 25 se presentan los valores obtenidos del análisis microbiológico de las fórmulas control y óptima, realizado en muestras de queso fresco.

Tabla 25

*Valores del análisis microbiológico de las fórmulas control y óptima*

Parámetros	Fórmula control	Fórmula óptima	Referencia (*)
Coliformes (ufc/g)	<10	<10	500-1000 ufc/g
Staphylococcus aureus (ufc/g)	<10	<10	10-100 ufc/g
Escherichia coli (ufc/g)	0	0	3-10 ufc/g
Listeria monocytogenes	Ausencia	Ausencia	Ausencia 25g
Salmonella sp	Ausencia	Ausencia	Ausencia 25g

Fuente: Elaboración propia

(\*) Límite máximo permisible

Ufc= Unidades formadoras de colonia

## 5.2 Discusión de Resultados

### 5.2.1 Discusión de Resultados del Análisis Sensorial

En la tabla 13, se observa el resumen de la prueba de aceptabilidad del queso fresco con leche deslactosada: 25, 50 y 75% y harina de moringa: 0,3 y 0,5% (Anexo 7), por parte de 50 jueces (consumidores potenciales de queso fresco), con lo que se determinó el porcentaje óptimo de leche deslactosada y harina de moringa a incorporar en la elaboración de queso fresco, que produce la mayor aceptabilidad sensorial del producto. Se realizó la optimización de la formulación mediante el método de superficie de respuesta empleando el paquete estadístico STATGRAPHICS CENTURIÓN versión 16.

En la tabla 14, se presentan los resultados estadísticos de la prueba de aceptabilidad en el atributo apariencia por parte de 50 jueces (consumidores potenciales de queso fresco). Del análisis estadístico se puede decir que la leche deslactosada (A) por presentar resultado valor-P de 0,1181 es decir  $P > 0,05$  no tiene influencia significativa en la apariencia del queso fresco, mientras que la harina de moringa (B) por presentar resultado valor-P de 0,0124 es decir  $P < 0,05$  tiene influencia significativa en la apariencia del queso fresco, y según la tabla 15 del resultado de la respuesta optimizada, la fórmula óptima en cuanto al atributo apariencia para la leche deslactosada es 45,36% y harina de moringa 0,3%.

En la tabla 16, se presentan los resultados estadísticos de la prueba de aceptabilidad en el atributo textura por parte de 50 jueces (consumidores potenciales de queso fresco). Del análisis estadístico se puede decir que la leche deslactosada (A) por presentar resultado valor-P de 0,2192 es decir  $P > 0,05$  no tiene influencia significativa en la textura del queso fresco, mientras que la harina de moringa (B) por presentar resultado valor-P de 0,0133 es decir  $P < 0,05$  tiene influencia significativa en la textura del queso fresco, y según la tabla 17 del resultado de la respuesta

optimizada, la fórmula óptima en cuanto al atributo textura para la leche deslactosada es 45,2903% y harina de moringa 0,3%.

En la tabla 18, se presentan los resultados estadísticos de la prueba de aceptabilidad en el atributo sabor por parte de 50 jueces (consumidores potenciales de queso fresco). Del análisis estadístico se puede decir que la leche deslactosada (A) por presentar resultado valor-P de 0,0634 es decir  $P > 0,05$  no tiene influencia significativa en el sabor del queso fresco, mientras que la harina de moringa (B) por presentar resultado valor-P de 0,0167 es decir  $P < 0,05$  tiene influencia significativa en el sabor del queso fresco, y según la tabla 19 del resultado de la respuesta optimizada, la fórmula óptima en cuanto al atributo sabor para la leche deslactosada es 45,5174% y harina de moringa 0.3%.

En la tabla 20, se muestra la combinación de niveles de factores que maximiza la función de “deseabilidad” en la región indicada. También muestra la combinación de factores a la cual se alcanza el óptimo, siendo este valor óptimo para la leche deslactosada 47% y para la harina de moringa 0,3%.

### **5.2.2 Discusión de Resultados de los Parámetros de Procesamiento de Queso Fresco con Leche Deslactosada y Harina de Moringa**

En cuanto al pH, se puede decir que el pH de la leche en la fórmula control fue de 6.67. La leche de vaca recién ordeñada y en buen estado tiene un pH ligeramente ácido, entre 6.5 a 6.8 como resultado de la presencia de caseínas, aniones fosfórico y cítrico. Estos valores de pH se aplican a temperaturas cercanas a 25 °C (Alais, 1985).

El pH de la leche deslactosada en la fórmula óptima fue de 6.59. Este valor alcanzado está dentro del rango especificado (6.5 a 6.8).

En cuanto a la densidad, se puede decir que la densidad de la leche fue de 1.027 g/ml y 1.0314 g/ml en la fórmula control y óptima respectivamente. Para Walstra y Jenness (1987) la densidad en leche normal oscila entre 1.027 a 1.033 g/ml. Este parámetro de la leche disminuye al aumentar la temperatura, debido a la expansión del agua.

La acidez de la leche en la fórmula control y óptima fue de 14 D° y 17 D° respectivamente, cabe resaltar que los resultados enunciados son congruentes y característicos con aquellos citados en las fuentes bibliográficas. El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 2010) y Ramos, Pabón y Carulla (citados por Novoa, 1998) afirman que la leche de buena calidad debe ostentar valores por debajo de 17 D° y por encima de 13 °D.

Respecto al tiempo de coagulación de la leche hubo una pequeña diferencia ya que en la fórmula control fue de 60 minutos, mientras que en la fórmula óptima fue de 45 minutos. Este resultado, en cuanto a la fórmula óptima fue similar a lo publicado por Antezana (2015), quien elaboró quesos frescos deslactosados a dos niveles de contenido graso (2 y 3%) para evaluar sus propiedades reológicas. También concuerda con Ramírez (2015), quien determinó un tiempo de coagulación de 45 minutos a 35 °C en el queso fresco tipo ricotta deslactosado.

### **5.2.3 Discusión de Resultados del Análisis Nutricional**

En cuanto al contenido de proteínas la fórmula óptima presentó un valor de 16.7 g y la fórmula control 15.6 g, es decir, la fórmula óptima presentó 1.1 g más de proteínas, ya que en la fórmula óptima se le incorporó harina de moringa.

Los análisis del contenido proteínico de la harina de moringa demuestran que el 30 % de su peso está formado por proteína y que la mayor parte de ésta es directamente asimilable. Además, el

polvo de hojas de moringa contiene todos los aminoácidos esenciales, entre ellos arginina, histidina, fenilalanina, isoleucina, etc. (Freiberger *et al.*, 1998).

En lo que se refiere al contenido de carbohidratos y calorías (Kcal) la fórmula óptima, presentó mayor contenido de carbohidratos y calorías, 5.7 g y 237 Kcal en comparación con la fórmula control que presentó 2.1g y 230 Kcal, ya que en la fórmula óptima se le incorporó harina de moringa. En una investigación realizada sobre el valor nutricional de la harina de moringa se obtuvo como resultado 50.81 g de carbohidratos totales / 100 g, e incluye a la fibra alimentaria, azúcares y almidones (Burlingame y Monro, 1996).

El incremento del contenido de carbohidratos en la fórmula óptima se debió además a la incorporación de leche deslactosada. La hidrólisis de la lactosa produce glucosa y galactosa, siendo la mezcla de ambos azúcares más dulce que la lactosa (Adhikari, Dooley, Chambers y Bhumiratana, 2010). La fórmula óptima presentó mayor contenido de calorías debido a los carbohidratos aportados por la leche deslactosada y harina de moringa.

En lo que respecta al contenido de calcio hubo una considerable diferencia ya que la fórmula control presentó 674 mg mientras que la fórmula óptima 980 mg. La moringa tiene un alto contenido de calcio, una parte importante está en forma de oxalato de calcio (38%) y que el organismo no puede absorber (Olson y Carlquist, 2001). Esta cantidad de oxalato podría parecer elevada pero también Radek y Savage (2008) demostraron que la moringa tiene cantidades notables de calcio (>20mg/g de hoja seca).

Por otro lado en lo que se refiere al contenido de potasio la fórmula óptima tuvo 430 mg a diferencia de la fórmula control que obtuvo 176 mg, es decir, la fórmula óptima presentó 254 mg más de potasio, ya que en la fórmula óptima se le incorporó harina de moringa. Según un estudio de la FAO, las hojas de esta especie tienen cantidades significativas de potasio. El contenido de potasio

en 100 g de porción comestible es de 1324 mg (tres veces superior al contenido en los plátanos) (Pérez, 2012).

#### **5.2.4 Discusión de Resultados del Análisis Microbiológico**

Del análisis microbiológico podemos decir que las muestras tanto de la fórmula control y óptima de queso fresco, se encuentran aptas para el consumo humano, ya que, de acuerdo a los resultados del análisis, éstos presentan resultados cero, ausencia o menor a la referencia (\*).

## 6 COMPROBACION DE HIPOTESIS

### 6.1 Contrastación de hipótesis general

El análisis y contrastación de la hipótesis general que compete a la presente investigación, permitió determinar lo siguiente:

Tabla 26

*Análisis y contraste de la hipótesis general*

	Hipótesis	Análisis	Decisión
<b>Alternativa</b>	Los efectos de la incorporación de leche deslactosada y moringa, en los niveles de 25, 50 y 75% y 0.3 y 0.5% respectivamente, producen la mayor aceptabilidad sensorial y nutricional.	Según la figura 37, los porcentajes óptimos obtenidos difieren de los valores propuestos en la hipótesis alternativa, por lo tanto, la leche deslactosada en los niveles de 25, 50 y 75% y moringa en los niveles de 0.3 y 0.5%, no produjeron la mayor aceptabilidad sensorial y nutricional.	Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa
<b>Nula</b>	Los efectos de la incorporación de leche deslactosada y moringa, en los niveles de 25, 50 y 75% y 0.3 y 0.5% respectivamente, no producen la mayor aceptabilidad sensorial y nutricional.		

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Contrastación de hipótesis específicas

El análisis y contrastación de las hipótesis específicas que compete a la presente investigación, permitió determinar lo siguiente:

Tabla 27

*Análisis y contraste de la hipótesis específica 1*

	Hipótesis	Análisis	Decisión
<b>Alternativa</b>	Los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos son los óptimos.	Según la figura 37, los porcentajes óptimos obtenidos difieren de los valores propuestos en la hipótesis general.	Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa
<b>Nula</b>	Los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos no son los óptimos.		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28

*Análisis y contraste de la hipótesis específica 2*

	Hipótesis	Análisis	Decisión
<b>Alternativa</b>	Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en los parámetros de procesamiento.	Según la Figura 37, los porcentajes óptimos de leche deslactosada y moringa obtenidos, difieren de los valores propuestos en la hipótesis general, tuvieron un efecto favorable en los parámetros de procesamiento.	Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa
<b>Nula</b>	Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos no son los óptimos, entonces no tendrá un efecto favorable en los parámetros de procesamiento.		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29

*Análisis y contraste de la hipótesis específica 3*

	Hipótesis	Análisis	Decisión
<b>Alternativa</b>	Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en el valor nutricional.	Según la figura 37, los porcentajes óptimos de leche deslactosada y moringa obtenidos, difieren de los valores propuestos en la hipótesis	Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.
<b>Nula</b>	Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos no son los óptimos, entonces no tendrá un efecto favorable en el valor nutricional.	general, tuvieron un efecto favorable en el valor nutricional.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

*Análisis y contraste de la hipótesis específica 4*

	Hipótesis	Análisis	Decisión
<b>Alternativa</b>	Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en la caracterización sensorial.	Según la figura 37, los porcentajes óptimos de leche deslactosada y moringa obtenidos, difieren de los valores propuestos en la hipótesis general,	Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa
<b>Nula</b>	Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos no son los óptimos, entonces no tendrá un efecto favorable en la caracterización sensorial.	tuvieron un efecto favorable en la caracterización sensorial.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

*Análisis y contraste de la hipótesis específica 5*

	Hipótesis	Análisis	Decisión
<b>Alternativa</b>	Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos son los óptimos, entonces tendrá un efecto favorable en la caracterización microbiológica.	Según la figura 37, los porcentajes óptimos de leche deslactosada y moringa obtenidos, difieren de los valores propuestos en la hipótesis general,	Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa
<b>Nula</b>	Si los porcentajes de leche deslactosada y moringa propuestos no son los óptimos, entonces no tendrá un efecto favorable en la caracterización microbiológica.	tuvieron un efecto favorable en la caracterización microbiológica.	

Fuente: Elaboración propia

## 7 CONCLUSIONES

- ♣ El porcentaje óptimo de leche deslactosada y harina de moringa a incorporar en la elaboración de queso fresco fue de 47% y 0.3% respectivamente.
- ♣ Los parámetros de procesamiento de la fórmula óptima de queso fresco, fueron: pH de la leche: 6.59, densidad de la leche: 1.0314 g/ml, acidez de la leche: 17 °D, temperatura de pasteurización: 72 °C, acondicionamiento de temperatura: 35 °C, tiempo de coagulación: 45 min, temperatura de calentamiento: 38 °C y temperatura de almacenamiento de queso: 4 °C.
- ♣ En cuanto a la caracterización nutricional la fórmula óptima de queso fresco elaborado con leche deslactosada y harina de moringa presentó los siguientes resultados: proteínas: 16.7g, grasas: 17.9g, carbohidratos: 5.7g, humedad: 60.3g, calcio: 980mg, hierro: 1.91mg, potasio: 430mg y calorías: 237 Kcal.
- ♣ De la prueba de aceptabilidad en los atributos apariencia, textura y sabor realizada por parte de 50 jueces dio como resultados de la respuesta optimizada: La fórmula óptima en cuanto al atributo apariencia para la leche deslactosada fue 45,36% y harina de moringa 0,3%, en cuanto al atributo textura para la leche deslactosada fue 45,2903% y harina de moringa 0,3% y en cuanto al atributo sabor para la leche deslactosada fue 45,5174% y harina de moringa 0,3%.
- ♣ En cuanto a la caracterización microbiológica la fórmula óptima de queso fresco elaborado con leche deslactosada y moringa presentó los siguientes resultados: Coliformes: <10, Staphylococcus aureus: <10, Escherichia coli: 0, Listeria monocytogenes: ausencia y Salmonella sp: ausencia.

## **8 RECOMENDACIONES**

- ♣ Utilizar leche deslactosada para elaborar quesos madurados, ya que la hidrólisis enzimática de la lactosa acelera su proceso de maduración.
- ♣ Investigar métodos de conservación para este tipo de queso como el uso de conservantes, envasado al vacío, etc.
- ♣ Por su alto contenido de calcio, utilizar la harina de moringa como fortificante en la elaboración de yogurt.

## 9 FUENTES DE INFORMACION

- Adhikari, K., Dooley, L., Chambers, E. y Bhumiratana, N. (2010). *Sensory characteristics of commercial lactose-free milks manufactured in the United States*. LWT-Food Science and Technology 43:113-118.
- Agencia Agraria de Noticias. (2013). *Avanza la producción de moringa en Perú*. Recuperado de <http://agraria.pe/noticias/avanza-la-produccion-demoringa-en-peru-4336>
- Agrodesierto. (2006). *Moringa (Moringa oleífera)*. Programas Agroforestales. Recuperado de <http://www.agrodesierto.com/>
- Agudelo, D. y Bedoya, O. (2005). *Composición nutricional de la leche de ganado vacuno*. Revista Lasallista de Investigación 2(1): 38-42
- Alais, C. (1971). *Ciencia de la leche*. Ed. Continental, 1ra edición, Barcelona, España.
- Alais, C. (1985). *Ciencia de la leche: principios de técnica lechera*. 1 ed. Barcelona, España. Reverte. 873 p.
- Alais, C. (2003). *Ciencia de la Leche: Principios de Técnica Lechera*. 4 ed. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España. 873 p
- Alfaro, N. C., y Martínez, W. (2008). *Uso Potencial de la Moringa (Moringa oleífera Lam) para la Producción de Alimentos Nutricionales Mejorados*. Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONCYT), 156, 47-52.
- Alfonso, A. (2015). *Leche descremada, deslactosada o entera: ¿Cómo elegir la adecuada?* Recuperado de <http://vivirsalud.imujer.com>
- Álvarez, E., y Sánchez, G. (2006). *La fibra dietética*. Nutrición Hospitalaria, 21(2), 61-72.
- Álvarez, P., Anaya, E., Belleza, R., Burstein, Z., Curioso, W., González, J., Guillén, A., Gutiérrez, C., Lanata, C., Mayta, P., Mendocilla, S., Rengifo, G., Solari, L., Soto, A., Vargas, J y Villegas, J.

(2009). *Tablas peruanas de composición de los alimentos (8va ed.)*. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Humana. Lima, Perú. Recuperado de

<http://www.rvcta.org/Imagenes/TablasPeruanasDeComposicionDealimentos.pdf>

Álvarez, E. (2011). *Efectos del Lactobacillus casei ATCC 393TM sobre el Escherichia coli durante la vida comercial del queso fresco*. Tesis para optar el título de Ingeniero de Alimentos.

Universidad Nacional del Callao. Perú. 169 p.

Amiot, J. (1991). *Ciencia y Tecnología de la Leche*. Editorial Acribia Pg. 263-278, 364.

Antezana, C. (2015). *Efecto de la hidrólisis enzimática de la lactosa en el perfil de textura de queso fresco normal y bajo en grasa*. Tesis para optar el título de Ingeniera de Industrias Alimentarias.

Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 48 p.

Argüelles-Arias, F., Rodríguez Ledo, P., Tenias, J. M., Otero, M., Casellas, F., Blay Cortés, G.,

Lucendo, A., Domínguez- Jiménez, J. L., Carballo, F. (2015). *Manejo de la intolerancia a la lactosa entre los médicos de atención primaria y su correlación con las de los especialistas en trastorno digestivo: encuesta nacional SEPD-SEMG*. Revista Española de Enfermedades Digestivas (Madrid), Vol. 107, Nº 9, pp. 554-559.

Boatella, J. (2010). *Estrategias, tipos y composición de los primeros preparados destinados a la alimentación infantil*, Vol. 16. Núm. 04, Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona, España. Recuperado de <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-nutricion-comunitaria-299articulo-estrategias-tipos-composicion>

Bonal, R., Rivera, R. y Bolívar, M. (2012). *Moringa (Moringa oleífera) una opción saludable para el bienestar*. Rev. MEDISAN. 16: 1596-1599.

- Burlingame, B. y Monro, J. (1996). *Carbohidratos y Componentes Alimentarios Relacionados: Identificadores de Infoods, Significados y Usos*. Journal of Food Composition and Analysis, 9, 100-118.
- Bylund, G. (2003). *Manual de industriaslácteas*. Mundi- Prensa. Madrid (España).436 p.
- Cáceres, A. (1993). *Actividad antiinflamatoria de plantas medicinales de uso popular en Guatemala (I)*. Guatemala: DIGI, USAC, 61 p.
- Contreras, F., Ochoa, H. y Ramírez, M. (2009). *Estudios de factibilidad técnico económico para la agroindustrialización de los productos derivados del árbol de taberinto (Moringa oleífera)* [Tesis para la obtención de grado de Ingeniero Industrial, inédita]. Universidad de El Salvador, 16 p.
- Chamorro, M. y Losada, M. (2002). *El análisis Sensorial de los Quesos*. MundiPrensa. Madrid, España. 235 p.
- Deng, Y., Misselwitz, B., Dai, N. y Fox, M. (2015). *Lactose Intolerance in Adults: Biological Mechanism and Dietary Management*. Nutrients.7:8020-8035
- De Soroa, J. (1990). “*Industrias lácteas*”. Editorial Editex, S.A
- De Vrese, M., Stegelmann, A. y Bernd, R. (2001). *Probiotics- compensation for lactase insufficiency*. The American Journal of Clinical Nutrition. 73(2): 421-429.
- Doulgeraki, A. E., Manousakis, E. M. y Papadopoulos, N. G. (2017). *Bone health assessment of food allergic children on restrictive diets: a practical guide*. Pediatr EndocrinolMetab. 30:133-9.
- EFSA, J. (2010). *Scientific Opinion on lactose thresholds in lactose intolerance and galactosaemia*. 8(9): 1777
- Fennema, O. (2000). *Química de los Alimentos*. 2Da Edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España). 1258 p.

- Folkard, G. y Sutherland, J. (1996). *Moringa oleífera un árbol con enormes potencialidades*. Ariadne, 8(3), 5–8. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-57>
- Freiberger, C. E., Vanderjagt, D. J., Pastuszyn, A., Glew, R. S., Mounkaila, G., Millson, M. y Glew, R. H. (1998). *Nutrient content of the edible leaves of seven wild plants from Niger*. Plant Foods for Human Nutrition 53:57-69.
- Fox, A. T., Du Toit, G., Lang, A. y Lack, G. (2004). *Food allergy as a risk factor for nutritional rickets*. Pediatr Allergy Immunol. 15:566-9.
- Fuglie, L. (1999). *The Miracle Tree Moringa oleifera Natural Nutrition for the tropics*. Regional Representative. Senegal, Church World Service. Dakar. pp 1-31
- Fuglie, L.J. (2001). *Combating malnutrition with Moringa*. In: The miracle tree: the multiple attributes of Moringa. (Ed. L.J. Fuglie). CTA Publication. Wageningen, The Netherlands. p.117
- García Garibay, M. (1984). *Alternativas de utilización de suero de leche*. Información Científica y Tecnológica, 6, 35-41.
- Gil, A. (2010). *Tratado de Nutrición*. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. 2da. Edición. Editorial médica PANAMERICANA. Madrid (España). 786 p.
- Gonzales, V. M. (2002). “*Tecnología para la Elaboración de Queso Blanco, Amarillo y Yogurt*.” República de Panamá, pág. 1–16.
- González, C. (2010). *Caracterización de la composición físico química del queso fresco elaborado artesanalmente en Sehualaca, municipio de Minatitlán, Veracruz*. Tesis para obtener el título de médico veterinario zootecnista. Veracruz, México. Recuperado de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29722/1/Gonzalez%20Ramirez.pdf>.

- Goursaud, J. (2000). *Composición y propiedades físico-químicas*. En Leche y Productos Lácteos. Société Scientifique D'Hygi ne Alimentaire. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. Vol1 pag.2-92.
- Grijalva, G.O. y Cornejo, Z. F. (2009). *Análisis del efecto de impregnación de cloruro de calcio con Deshidratación Osmótica por vacío en rebanadas de pimientos para conservas*, Guayaquil-Ecuador.
- INDECOPI. NTP 2003. 002. (2010). *Leche y productos lácteos*. Leche cruda. Requisitos. Lima-Perú.
- Infante, P., Peña, Q. y Sierra, S. (2015). *Intolerancia a la lactosa*. Act Pediatr Esp. 73(10):249-258
- Juca, C. y Pérez, D. (2010). *Determinación de lactosa en leche deslactosada y su comparación con la fórmula aplicada en la empresa de Lácteos San Antonio*. Tesis para obtener el grado académico en Bioquímica Farmac tica. Universidad de Cuenca.146 p.
- La orden, E., Carabaño, I. y Pelayo, F. (2011). *Situación actual de la intolerancia a la lactosa en la infancia*. Revista Pediatría Atención Primaria. 13(50):271-278
- Liñan, L. (2010). *Moringa oleífera, El  rbol de la Nutrición*. Ciencia y Salud Virtual, Colombia. Volumen 2 Numero 1, 5p.
- Makkar, H. y Becker, K. (1995). *Studies on utilization of Moringa oleifera leaves as animal feed* Institute for Animal Production in the tropics and Subtropics. University of Hohehheim, Germany, 60p.
- Mansson H; Fonden, R. y Pettersson, H. (2003). *Composition of Swedish dairy milk*. Journal Dairy International. 13:409-425
- Mendoza, M y Salazar, M. (2011). *La lactulosa, indicador de tratamiento térmico en leches enriquecidas comerciales colombianas*. Cauca CO. Revista Bio.Agro vol.9 N .2, p. 74

- Miller, G. D., Jarvis, J. K. y Mcbean, L. D. (2000). *Handbook of dairy foods and nutrition*. 2 ed. CRC Press LLC, Rosemont.
- Miller, G.; Jarvis, J. y Mcbean, L. (2000). *Handbook of Dairy Foods and Nutrition*. 3 ed. Estados Unidos. 407 p.
- Minagri. (2019). *Ministerio de agricultura y riego*. Lima, Perú. Recuperado de:  
<https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-leche-fresca-alcanzo-las-2-129-366-to-21655>
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, Programa de Desarrollo Productivo Agro Rural. (2010). *El cultivo de la moringa "El árbol de la vida" – Minag - Agrorural*. Recuperado de  
<https://www.youtube.com/watch?v=T9vxrgBhoGE>
- Montgomery, D. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. 2 ed. 12:458-462
- Murat, I. A. (2014). *Temas Agropecuarios (Primera edición ed.)*. Lima, Perú: Ediciones Nova Print S.A.C
- Myers, R.; Montgomery, D. y Anderson-Cook, C. (2009). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization using design experiments*. Third Edition. New Jersey. Editorial Wiley 1:165-267.
- Novoa, C. (1998). *Consideraciones sobre calidad de la leche*. En: Seminario sobre farmacoterapia de la vaca lactante, mastitis y calidad de leche. Memoria. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Olson, M. E. y Carlquist, S. (2001). *Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematics in Moringa (Moringaceae)*. Botanical Journal of the Linnean Society 135:315-348.
- Olson, M. E. y Fahey, J. W. (2011). *Moringa Oleífera: Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82: 1071-1082.  
[doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.678](https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.678)

- Olson, M. y Fahey, J. (2011). *Moringa oleífera: Un árbol multiusos para zonas secas*, Revista Mexicana de Biodiversidad 82. México. 10 p.
- Palada, M.C. y Chang, L.C. (2003). *Suggested cultural practices for moringa*. AVRDC International Cooperators' Guide. AVRDC Pub. 03-545. Shanhua, Taiwan.
- Parrotta, J. (1993). *Resedá, Árbol del Rábano*. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 366-370p
- Pérez, C. (2012). *Trabajo de Fin de Carrera: Moringa oleífera Lam., especie forestal de usos múltiples*. Revisión bibliográfica. EUIT Forestal (UPM) Madrid.
- Piña, M.C.M.R.; Rodríguez, M.A. y Benavides, E.M. (2006). *Metodología robusta para superficies de respuestas*. Cultura Científica y Tecnológica 12:32–45.
- Radek, M. y Savage, G. P. (2008). *Oxalates in some Indian green leafy vegetables*. International Journal of Food Sciences and Nutrition 59:246-260.
- Ramírez, N. (2015). *Diseño y desarrollo en una industria artesanal de un queso fresco tipo Ricotta deslactosado y con especias naturales: ajo y albahaca*. Guayaquil, Ecuador. 58 p.
- Rodríguez, V. A., Cravero, B. F. y Alonso, A. (2008). *Proceso de elaboración de yogurt deslactosado de leche de cabra*. Ciencia en Tecnología de Alimentos, Campinas 28: 109-115.
- Rogers, T. (2015). *Leche contra leche deslactosada*. Recuperado de <http://www.ehowenespanol.com>
- Sanchinelli, K. (2004). *Contenido de proteína y aminoácidos y generación de descriptores sensoriales de tallos, hojas y flores de Moringa Oleífera cultivada en Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2219.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2219.pdf).
- Teniza, O. (2008). *Estudio del suero de queso de leche de vaca y propuesta para el rehúso del mismo*. Tesis para obtener el grado de maestro en tecnología avanzada. Instituto Politécnico Nacional-Centro de Investigación en biotecnología Aplicada. México. 139 p

- Tunick, M. y Van Hekken, D. (2010). *Rheology and texture of commercial queso fresco cheeses made from raw and pasteurized milk*. Journal of Food Quality 33:204-215.
- Van Hekken, D. y Farkye, N. (2003). *Hispanic cheeses: The quest for queso*. Food Technology 57:32-38
- Vásquez, N., Duran, L., Sánchez, C. y Acevedo, L. (2012). *Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del queso blanco a nivel de distribuidores*. Lara, Venezuela. Recuperado de <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798--72692012000300001&script>
- Vicaria, J. (2002). *Estudio cinético de la hidrólisis de lactosa mediante un reactor de fibra hueca*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Universidad de Granada. 262 p.
- Villegas, A. (2009). *Tecnología de alimentos de origen animal: manual de prácticas*. Editorial Trillas. México. 184 p
- Walstra, P. y Jenness, P. (1987). *Química y Física lactológica*. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 423p.

## 10 ANEXOS

### Anexo 1. Ficha Técnica de la enzima Ha- Lactase 5200



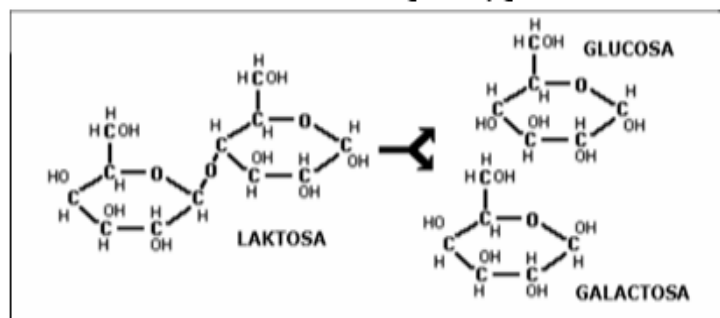
## Ha-Lactase 5200

Información de Producto

Versión: 2 PI-GLOB-ES 13-08-2013

### Descripción

Ha-Lactase 5200 es una  $\beta$ -galactosidasa (lactasa) altamente purificada y estandarizada y neutra, en forma líquida. Es producida por fermentación sumergida sobre un sustrato vegetal utilizando una cepa seleccionada de la levadura *Kluyveromyces lactis* mantenida bajo condiciones controladas y que no está presente en el producto final. El producto hidroliza la lactosa dando una mezcla de glucosa y galactosa.



No Material: 450805

Tamaño 20 L

Tipo Envase

Temp. de almacenamiento: 0 - 8 °C / 32 - 46 °F

Condiciones: Fresco. Mantener cerrado en el envase original.

### Vida útil

24 meses de caducidad desde la liberación de calidad, cuando se almacena en las condiciones recomendadas.

### Transporte

El producto debe ser transportado entre -5 y 20 °C con un tiempo de tránsito máximo de 4 días fuera de este intervalo. Una exposición prolongada a un calor excesivo puede influir en la actividad del producto.



## Ha-Lactase 5200

Información de Producto

Versión: 2 PI-GLOB-ES 13-08-2013

Ha-Lactase 5200 puede ser utilizada en varios productos lácteos como leche, nata, productos fermentados, queso, bebidas de suero, suero/permeato de suero, dulce de leche, helados y otros postres. El producto es adecuado para

- Productos bajos en lactosa/sin lactosa (intolerancia o mala absorción de lactosa);
- Mayor dulzor sin aumentar el contenido calórico;
- Reducción de azúcares, aromas añadidos;
- Mejorada apariencia/estabilidad para evitar la cristalización de lactosa;
- Características de producto mejoradas (p.ej. consistencia mejorada en helados);

Están disponibles bajo petición las hojas de aplicación individual para leche, productos lácteos fermentados, helados y dulce de leche.

	Leche	Productos fermentados	Dulce de leche	Leche condensada	Probióticos	Helado
Eliminación de lactosa	x	x	x	x	x	x
Disminución de azúcar añadida		x	x	x	x	x
Aumenta el dulzor	x	x	x	x	x	x
Disminución tiempo de fermentación		x			x	
Mayor recuento celular					x	
Evita la cristalización de la lactosa			x	x		x
Aumenta el efecto de Maillard			x	x		
Menos calorías	x	x	x	x	x	x

### Dosis

500-4000 NLU/ L leche

La composición de la leche/sustrato y el tratamiento previo influirán en la actividad de la lactasa durante la hidrólisis. La dosis depende de la concentración inicial de lactosa. Como los iones calcio y sodio pueden inhibir la enzima, se recomienda tratar los productos como la leche condensada y el dulce de leche con lactosa antes de la evaporación. En la producción de leche fermentada, la temperatura de pasteurización afectará a la actividad enzimática durante la posterior fermentación con alta temperatura de pasteurización (95°C/203°F) proporcionando el sustrato más adecuado.

### Modo de empleo

El modo de utilización dependen de la aplicación. Existen a su disposición hojas de aplicación.

### Composición

glicerol (E422), agua, beta-galactosidasa

**CHR HANSEN***Improving food & health*

## HA Lactase reaction time estimator

milk

Enter the specific activity of the enzyme  
 Enter the density of the enzyme solution  
 Enter the total volume of the milk to treat  
 Enter the desired treatment time

5200 NLU/g
1.175 g/mL
100 L
1 h

Enter the starting lactose level

%
4.5 (v/w)
%
0.45 (v/w)

Enter the desired residual lactose level

Corresponding to  
the enzyme solution  
volume of:

Final volumetric activity required to  
reach the desired conversion rate  
within 1.00 h

at 5 °C	13188 NLU/L	0.216 L	= 216 mL
at 10 °C	5443 NLU/L	0.089 L	= 89 mL
at 20 °C	4807 NLU/L	0.079 L	= 79 mL
at 30 °C	2734 NLU/L	0.045 L	= 45 mL
at 40 °C	2502 NLU/L	0.041 L	= 41 mL

Corresponding to  
the enzyme solution  
weight of:

0.254 kg	= 254 g
0.105 kg	= 105 g
0.092 kg	= 92 g
0.053 kg	= 53 g
0.048 kg	= 48 g

## **Anexo 2. Cálculo de la cantidad de enzima Ha-Lactase para la hidrólisis enzimática de la lactosa**

Según ficha técnica de la enzima Ha-Lactase: 48g enzima lactasa /100L leche

### **a) Leche fresca (25%)**

$$V \text{ leche} = 3 \text{ L}(0.25) = 0.75 \text{ L}$$

W enzima =?

$$W \text{ enzima} = \frac{0.75 \text{ L} \times 48 \text{ g}}{100 \text{ L}} = 0.36 \text{ g} \approx 0.4 \text{ g lactasa}$$

### **b) Leche fresca (50%)**

$$V \text{ leche} = 3 \text{ L}(0.5) = 1.5 \text{ L}$$

W enzima =?

$$W \text{ enzima} = \frac{1.5 \text{ L} \times 48 \text{ g}}{100 \text{ L}} = 0.72 \text{ g} \approx 0.7 \text{ g lactasa}$$

### **c) Leche fresca (75%)**

$$V \text{ leche} = 3 \text{ L}(0.75) = 2.25 \text{ L}$$

W enzima =?

$$W \text{ enzima} = \frac{2.25 \text{ L} \times 48 \text{ g}}{100 \text{ L}} = 1.08 \text{ g} \approx 1.1 \text{ g lactasa}$$

### Anexo 3. Cálculo aritmético de la densidad y grado de acidez de la leche

#### a) Leche fresca

Datos:

$$T_{\text{leche}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{termometro}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lactodensimetro = Lact = 1,026 \text{ g/ml}$$

$$Gasto = V = 1,4 \text{ ml}$$

$$Normal = N = 0,1$$

Resolviendo:

#### ♣ Densidad

$$T_{\text{leche}} - T_{\text{termometro}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} - 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$1 \text{ }^{\circ}\text{C} = 0,0002(5) = 0,001$$

$$\delta_{\text{densidad}} = 1,026 + 0,001$$

$$\delta_{\text{densidad}} = 1,027 \text{ g/ml}$$

#### ♣ Grado de acidez

$$^{\circ}D = N \times V \times 100$$

$$^{\circ}D = 0,1 \times 1,4 \times 100 = 14 \text{ }^{\circ}\text{Dornic}$$

**b) Leche deslactosada**

Datos:

$$T_{\text{leche}} = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{termometro}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Lactodensimetro} = \text{Lacto} = 1,028 \text{ g/ml}$$

$$\text{Gasto} = V = 1,7 \text{ ml}$$

$$\text{Normal} = N = 0,1$$

Resolviendo:

**♣ Densidad**

$$T_{\text{leche}} - T_{\text{termometro}} = 28 \text{ }^{\circ}\text{C} - 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$1 \text{ }^{\circ}\text{C} = 0,0002(8) = 0,0016$$

$$\delta_{\text{densidad}} = 1,028 + 0,0016$$

$$\delta_{\text{densidad}} = 1,0296 \text{ g/ml}$$

**♣ Grado de acidez**

$$^{\circ}\text{D} = N \times V \times 100$$

$$^{\circ}\text{D} = 0,1 \times 1,7 \times 100 = 17 \text{ }^{\circ}\text{Dornic}$$

**c) Mezcla óptima de leche fresca y deslactosada**

Datos:

$$T_{leche} = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{termometro} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lactodensimetro = Lacto = 1,03\text{ g/ml}$$

$$Gasto = V = 1,7\text{ ml}$$

$$Normal = N = 0,1$$

Resolviendo:

♣ **Densidad**

$$T_{leche} - T_{termometro} = 27\text{ }^{\circ}\text{C} - 20\text{ }^{\circ}\text{C} = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$1\text{ }^{\circ}\text{C} = 0,0002(7) = 0,0014$$

$$\delta_{densidad} = 1,03 + 0,0014$$

$$\delta_{densidad} = 1,0314\text{ g/ml}$$

♣ **Grado de acidez**

$$^{\circ}\text{D} = N \times V \times 100$$

$$^{\circ}\text{D} = 0,1 \times 1,7 \times 100 = 17\text{ }^{\circ}\text{Dornic}$$

#### Anexo 4. Procesamiento de queso fresco con la fórmula control



*Figura 39.* Recepción de leche fresca



*Figura 40.* Pasteurización de la leche



*Figura 41.* Enfriamiento de la leche



*Figura 42.* Adición del cloruro de Calcio y cuajo



*Figura 43.* Coagulación



*Figura 44.* Corte de cuajada



*Figura 45.* Reposo de la cuajada



*Figura 46.* Primera agitación



*Figura 47.* Primer desuerado



*Figura 48. Calentamiento*



*Figura 49. Segunda agitación*



*Figura 50. Segundo desuerado*



*Figura 51. Salado*



*Figura 52. Moldeado*



*Figura 53. Volteo*

## Anexo 5. Procesamiento de queso fresco con fórmulas de leche deslactosada y moringa



*Figura 54.* Harina de moringa



*Figura 55.* Enzima Ha-Lactase 5200



*Figura 56.* Leche deslactosada



*Figura 57. Mezcla de leche fresca y deslactosada*



*Figura 58. Incorporación de harina de moringa*



*Figura 59. Moldeado*



Figura 60. Muestra 579 y 713



Figura 61. Muestra 684 y 239



Figura 62. Muestra 921 y 494

## Anexo 6. Análisis sensorial

NOMBRE: \_\_\_\_\_ CÓDIGO 

--	--	--

  
 EDAD: \_\_\_\_\_ SEXO: (M) (F) FECHA: \_\_\_\_\_  
 HORA: \_\_\_\_\_

FRENTE A USTED SE ENCUENTRA UNA MUESTRA DE QUESO REDUCIDO EN LACTOSA. POR FAVOR, DEGÚSTELO Y MARQUE CON UN ASPA "X" SOBRE LA LÍNEA SEGÚN SU APRECIACIÓN EN CUANTO A:

**APARIENCIA**

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Me desagrada mucho      Ni me agrada ni me desagrada      Me agrada mucho

**TEXTURA**

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Me desagrada mucho      Ni me agrada ni me desagrada      Me agrada mucho

**SABOR**

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Me desagrada mucho      Ni me agrada ni me desagrada      Me agrada mucho

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Gracias por su colaboración



Figura 63. Ficha de análisis sensorial

Tabla 32

*Resultado de la evaluación sensorial de aceptabilidad*

Jueces	579			713			684		
	Apariencia	Textura	Sabor	Apariencia	Textura	Sabor	Apariencia	Textura	Sabor
1	8.2	8.6	8.4	4.9	5.3	5.7	9.2	9.5	9.7
2	7.8	8.6	8.5	5.2	5	6.1	9.6	9.6	9.7
3	8.4	7.9	8.8	4.8	5.5	6	9.4	9.7	9.8
4	7.9	8.3	8.6	5.2	5.1	5.9	9.5	9.7	9.8
5	8.3	7.9	8.8	5	5.4	6.2	9.2	9.8	9.9
6	7.9	8.6	8.7	5.3	5.6	6	9.5	9.5	9.7
7	7.8	8.4	8.7	5.3	5.2	6.2	9.2	9.8	9.7
8	8.3	7.9	8.8	5.3	5.3	6	9.5	9.7	9.8
9	7.9	8.7	7.9	4.9	5.4	5.9	9.7	9.5	9.8
10	7.8	8.5	8.3	4.8	5.5	5.6	9.3	9.5	9.7
11	8.5	8.5	8.7	5.2	5.1	5.6	9.5	9.7	9.8
12	8.3	8.4	8.4	5.4	5.3	5.9	9.6	9.6	9.7
13	7.9	8.7	8.7	5	5.4	6.1	9.3	9.6	9.8
14	8.2	8.5	8.6	5.2	5.1	5.6	9.7	9.7	9.8
15	8.6	8.5	8.5	4.9	5.5	5.7	9.5	9.5	9.7
16	8.2	8.5	8.7	4.7	5.1	6.2	9.3	9.8	9.8
17	8.1	8.4	8.6	5.4	5.6	6.2	9.2	9.6	9.7
18	8.5	8.7	8.6	5.1	5.3	5.8	9.5	9.5	9.8
19	8.4	8.4	8.4	5.2	5.3	5.8	9.7	9.8	9.7
20	7.9	8.8	8.5	5.4	5.7	5.6	9.4	9.7	9.8
21	8.3	8.5	8.6	4.9	5.1	6.2	9.5	9.8	9.7
22	8.4	8.4	8.5	5.3	5.4	6.1	9.7	9.6	9.8
23	8.2	8.3	8.7	5.1	5	5.7	9.2	9.8	9.8
24	8.5	8.4	8.8	5	5.3	6.2	9.5	9.6	9.7
25	8.5	8.5	8.5	5.1	5.5	5.6	9.6	9.7	9.8
26	8.4	8.4	8.4	5.3	5.2	5.8	9.4	9.8	9.7
27	8.3	8.3	8.6	5.1	5.7	5.5	9.6	9.8	9.7
28	8.1	8.4	8.7	5.1	5.4	6.1	9.5	9.6	9.8
29	8.4	8.7	8.6	5.4	5.6	6	9.4	9.8	9.8
30	8.6	8.4	8.3	5.2	5.4	5.7	9.2	9.8	9.8
31	8.4	8.6	8.6	4.9	5.7	6	9.7	9.6	9.7
32	8.4	8.3	8.7	5.3	5.3	5.9	9.6	9.5	9.7
33	8.6	8.2	8.4	5.3	5.1	5.8	9.4	9.7	9.8
34	7.8	8.7	8.5	5.1	5.4	6.2	9.3	9.7	9.8
35	8.2	8.4	8.6	5.3	5.5	5.6	9.5	9.5	9.7
36	8.3	8.7	8.5	5	5.6	5.9	9.7	9.8	9.8
37	8.3	8.5	8.7	5.1	5.2	6	9.4	9.6	9.8
38	8.6	8.4	8.6	4.9	5.4	6.2	9.2	9.7	9.8
39	8.2	8.5	8.3	5.3	5.4	6	9.7	9.7	9.7
40	8.4	8.3	8.5	5	5.5	6.2	9.4	9.8	9.7
41	8.4	8.3	8.4	5.1	5.3	5.9	9.3	9.6	9.8
42	7.8	8.6	8.5	4.9	5.7	6	9.5	9.7	9.8
43	8.3	8.5	8.7	5.1	5.2	5.8	9.7	9.5	9.9
44	8.3	8.4	8.8	4.9	5.4	6.1	9.5	9.7	9.7
45	8.4	8.7	8.6	5.3	5.3	5.9	9.6	9.7	9.8
46	8.6	8.5	8.5	5.1	5.4	6.2	9.4	9.6	9.8
47	8.1	8.8	8.4	5.3	5.4	6	9.2	9.8	9.7
48	8.3	8.4	8.6	5	5.2	6.1	9.7	9.4	9.7
49	8.3	8.7	8.8	5	5.3	6.2	9.5	9.7	9.8
50	8.5	8.5	8.4	5.1	5.6	5.8	9.3	9.8	9.7
Total	412.8	423.1	428.0	255.7	268.2	296.8	473.0	483.2	488.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

*Resultado de la evaluación sensorial de aceptabilidad*

Jueces	<b>239</b>			<b>921</b>			<b>494</b>		
	Apariencia	Textura	Sabor	Apariencia	Textura	Sabor	Apariencia	Textura	Sabor
1	7.4	7.6	8	6.7	7	7.1	6	6.3	6.3
2	7.3	7.9	8.1	6.6	6.9	7	6.2	6.5	6
3	7.7	8	8.3	6.8	7.1	7.3	6.1	6.4	6.4
4	7.6	7.6	7.9	7	6.9	7	5.9	6.6	6.1
5	7.8	7.9	7.9	6.7	7.2	7.3	6.3	6.3	6.4
6	7.5	7.6	8	6.7	7	7.1	6	6.5	6
7	7.8	7.8	8.1	6.8	7.2	7.4	6.2	6.6	6.3
8	7.3	7.7	8.3	6.8	6.9	7.2	5.9	6.3	6.2
9	7.5	7.6	8.1	6.7	7.1	7.3	6.1	6.5	5.9
10	7.5	7.5	8.2	6.8	7.1	7.1	6.3	6.4	6.1
11	7.6	7.8	7.9	7	7	7.3	6.1	6.7	6.5
12	7.7	7.6	7.9	6.6	7.2	7.2	5.9	6.6	6
13	7.8	7.8	8	6.7	6.9	7.4	6	6.3	6.3
14	7.8	7.6	8.1	6.9	7.1	7.1	6.3	6.3	6.2
15	7.6	7.7	7.9	7	7	6.9	5.9	6.7	6
16	7.7	7.6	8.3	6.8	7.2	7.2	6.1	6.5	6
17	7.6	8	8.2	6.9	6.9	7.1	6	6.7	6.1
18	7.8	7.8	8	6.7	7.3	7.3	6.1	6.4	6.3
19	7.6	7.5	8.2	6.5	7.1	7	5.9	6.5	6.1
20	7.8	8	7.9	6.9	7.2	7.1	6.1	6.7	6.4
21	7.6	7.8	7.9	6.8	7	7.2	6	6.4	6.3
22	7.6	7.7	8	7	7.2	7.4	5.9	6.5	6.2
23	7.7	7.9	8.2	6.7	6.9	7.3	6	6.7	6.2
24	7.5	8	8.2	6.8	7	7.3	5.9	6.4	6.4
25	7.6	7.9	7.9	6.8	7.1	7	6.2	6.7	6.3
26	7.7	7.7	8.2	6.7	7	7.1	6	6.3	6.4
27	7.5	7.8	8.1	6.9	6.9	7.2	6.3	6.5	6.3
28	7.6	7.8	8.1	6.7	7	7.2	6.1	6.6	6.1
29	7.6	7.7	7.9	6.6	7.1	7	6	6.3	6.1
30	7.8	7.6	7.9	6.7	7.2	7	6.2	6.6	6.4
31	7.5	7.8	8.1	6.6	6.9	7.2	5.9	6.3	6.2
32	7.7	7.7	7.9	7.1	6.9	7.3	6.2	6.4	6.1
33	7.8	8	8.1	7	7.2	7	6.3	6.7	6.2
34	7.6	8	7.9	6.7	7	7.2	6	6.4	6.3
35	7.5	7.9	8.3	6.7	7.1	7.3	6.1	6.3	5.9
36	7.4	7.7	8.3	7	7.2	7.1	6.3	6.6	6.4
37	7.7	7.9	7.9	6.8	7.2	7	6	6.7	6.3
38	7.8	7.6	8	6.7	6.9	7.2	6.2	6.5	6.1
39	7.4	7.5	8	6.6	7.2	7.3	6.2	6.5	6.3
40	7.5	7.9	8.3	6.8	6.9	7.3	6.1	6.6	6.4
41	7.7	7.6	8	6.7	7.1	7	6.3	6.7	6.2
42	7.8	7.8	7.9	7	7	7.1	6.2	6.4	6.4
43	7.6	7.9	8.1	6.5	6.9	7.3	5.9	6.7	6.1
44	7.6	7.5	8.2	7	7.1	6.9	6	6.5	6.2
45	7.7	7.8	8.3	6.8	7.1	7	5.9	6.7	6
46	7.6	7.6	7.9	6.6	7	7.2	7.1	6.4	6.1
47	7.6	7.9	8.1	6.9	7.2	7.2	6.3	6.6	6.1
48	7.5	7.6	8.2	7	7.1	7	5.9	6.3	6.3
49	7.8	8	8.1	6.7	7.3	7.2	5.8	6.4	6.1
50	7.7	7.6	7.9	7	6.9	7.3	6.3	6.7	6
Total	381.1	387.8	403.2	339.5	352.9	358.2	305.0	325.2	310.0

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 7. Formato de diseño experimental generado

Tratamiento	Factores (variable independiente)		Variable dependiente		
	Código	Leche deslactosada (%)	Harina de moringa (%)	Apariencia	Textura
579	25	0,3			
684	50	0,3			
921	75	0,3			
713	25	0,5			
239	50	0,5			
494	75	0,5			

## Anexo 8. Elaboración de leche deslactosada



*Figura 64. Pasteurización de la leche*



*Figura 65. Enfriamiento de la leche*



*Figura 66. Pesado de la enzima lactasa*



*Figura 67. Inoculación*



*Figura 68. Incubación*



*Figura 69. Leche deslactosada*

## Anexo 9. Procesamiento de queso fresco con la fórmula óptima



*Figura 70.* Pasteurización de la leche



*Figura 71.* Enfriamiento



*Figura 72.* Adición de la leche deslactosada



*Figura 73. Coagulación*



*Figura 74. Corte y reposo de cuajada*



*Figura 75. Primera agitación*



*Figura 76. Primer desuerado*



*Figura 77. Segunda agitación*



*Figura 78. Segundo desuerado*



*Figura 79.* Adición de harina de moringa y sal



*Figura 80.* Moldeado



*Figura 81.* Volteo

### Anexo 10. Rendimiento de las formulaciones de queso fresco

Se determinó el rendimiento para cada tipo de queso fresco mediante la siguiente fórmula (Vásquez, Durán, Sánchez y Acevedo 2012).

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left[ \frac{\text{Queso (g)}}{\text{Leche utilizada (g)}} \right] \times 100\%$$

Tabla 34

*Rendimiento de las formulaciones de queso fresco*

Formulaciones	Queso	Rendimiento (%)
Fórmula patrón	403,4 g	13.09
Fórmula 1	468 g	15.18
Fórmula 2	360 g	11.68
Fórmula 3	343 g	11.12
Fórmula 4	249,3 g	8.08
Fórmula 5	380,6g	12.33
Fórmula 6	378,8g	12.27
Fórmula óptima	372,2g	12.07

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 11. Medición de la densidad, pH y grado de acidez de la leche fresca



*Figura 82. Medición de la densidad de la leche*



*Figura 83. Medición del pH de la leche*



*Figura 84. Medición del grado de acidez de la leche*

## Anexo 12. Medición de la densidad, pH y grado de acidez de la mezcla óptima de leche fresca y deslactosada



*Figura 85.* Medición de la densidad de la mezcla óptima



*Figura 86.* Medición del pH de la mezcla óptima



*Figura 87.* Medición del grado de acidez de la mezcla óptima