

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

ELABORACIÓN DE LECHE DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*, Willd)

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

SEBASTIÁN ALEJANDRO PEREIRA ORDÓÑEZ
sebper@hotmail.com

DIRECTORA: Dra. JENNY RUALES
jruales@pi.pro.ec

Quito, Diciembre 2011

©Escuela Politécnica Nacional (2011)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Sebastián Alejandro Pereira Ordóñez, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Sebastián Alejandro Pereira Ordóñez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Sebastián Alejandro Pereira Ordóñez, bajo mi supervisión.

Dra. Jenny Ruales
DIRECTORA DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi creador, quien me ha dado todo en esta vida y por quien hoy vivo.

A mi padre y a mi madre, que con su amor, apoyo y su ejemplo de esfuerzo y sacrificio me han permitido culminar el primer peldaño de mi vida profesional.

A Gabyta, mi hermana, que con su guía y consejo supo darme aliento para finalizar este estudio.

A Mateito y Renatita, por ser quienes dieron luz, alegría y momentos alegres cuando se presentaron problemas en el desarrollo de esta tesis.

A mis amigos Pablo y Pato, por ser quienes que con su ejemplo han influido en mi carrera profesional.

A la Dra. Jenny Ruales, por brindarme sus conocimientos profesionales, su apoyo incondicional y sus consejos para la culminación de este proyecto.

A todo el personal del DECAB, Ing. Jorge Dávila, Ing. Cecilia Carpio, Dr. Juan Bravo, Ing. Pablo Pólit, Ing. Cecilia Carpio, Dra. Silvia Valencia, Ing. Bolívar Izurieta, Ing. Elenita Coyago, Dra. Irma Paredes, Don Héctor y Don Germán que sin su ayuda y colaboración no se habrían alcanzado los resultados obtenidos.

A Josethe, Andrés, Stalin, César, Dalton, por compartirme su sincera amistad durante 5 años de vida universitaria.

Y a todos las personas que no se han mencionado, mil disculpas, pero de corazón. Gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

ÍNDICE DE CONTENIDOS	i
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	xiii
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. LA QUINUA, ASPECTOS GENERALES	1
1.1.1. ORIGEN	1
1.1.2. UBICACIÓN	1
1.1.3. PRODUCCIÓN DE QUINUA EN EL ECUADOR.....	1
1.1.3.1. Zonas productoras	3
1.1.3.2. Comercio exterior.....	4
1.1.4. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS	4
1.1.4.1. Clasificación taxonómica	4
1.1.4.2. Sistema de raíces	5
1.1.4.3. Tallos	5
1.1.4.4. Hojas.....	5
1.1.4.5. Flores	6
1.1.4.6. Fruto	6
1.1.5. EXIGENCIAS DEL CULTIVO	6
1.1.6. VARIEDADES DE QUINUA.....	7
1.1.7. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	7
1.1.7.1. Proteína.....	8
1.1.7.2. Carbohidratos	8
1.1.7.3. Grasa.....	9
1.1.7.4. Vitaminas y minerales	10
1.1.8. USOS DE LA QUINUA.....	10
1.1.8.1. En la alimentación	11
1.1.8.2. En la alimentación de animales	12
1.2. FACTORES ANTINUTRICIONALES DE LA QUINUA	12
1.2.1. SAPONINAS	13
1.2.1.1. Métodos de desaponificación	14
1.2.1.2. Usos de la saponina	14
1.2.2. FITATOS	15
1.3. HIDRÓLISIS DE PROTEÍNAS	17
1.3.1. TIPOS DE HIDRÓLISIS.....	18
1.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS HIDROLIZADOS DE PROTEÍNAS.....	18
1.3.3. HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA	19
1.3.4. ENZIMAS.....	21
1.3.4.1. Enzimas proteolíticas	21
1.3.4.2. Papaína	22
1.4. SUSTITUTOS DE LA LECHE	22
1.4.1. LECHE DE SOYA	23
1.4.1.1. Beneficios de la leche de soya.....	23

1.4.1.2. Procesamiento de la leche de soya	24
1.4.2. LECHE DE MANÍ	25
1.4.2.1. Beneficios de la leche de maní	27
1.4.2.2. Procesamiento de la leche de maní.....	27
2. MATERIALES Y MÉTODOS	29
2.1. MATERIALES	29
2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	29
2.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA.....	31
2.2.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA.....	32
2.3. PROCESO DE REMOJO	32
2.3.1. REMOJO DE LA HARINA DE QUINUA.....	32
2.3.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FITATOS	33
2.4. HIDRÓLISIS DE PROTEÍNA DE QUINUA	33
2.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA HIDRÓLISIS DE PROTEÍNA DE QUINUA.....	33
2.4.2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	35
2.4.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA SOLUBLE.....	36
2.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
2.5. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO	37
2.5.1. PRODUCCIÓN A ESCALA DE PLANTA PILOTO	37
2.5.2. FILTRACIÓN.....	37
2.5.3. HOMOGENIZACIÓN	37
2.5.4. ADICIÓN DE ESTABILIZANTE EN LA LECHE DE QUINUA	37
2.5.5. ADICIÓN DE SABORIZANTE EN LA LECHE DE QUINUA.....	38
2.5.6. ADICIÓN DE AZÚCAR EN LA LECHE DE QUINUA.....	39
2.5.7. PASTEURIZACIÓN EN BOTELLAS DE VIDRIO Y PET.....	39
2.5.8. ESTERILIZACIÓN EN BOTELLAS DE VIDRIO Y LATAS.....	39
2.6. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y NUTRICIONAL DEL PRODUCTO FINAL	40
2.6.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	40
2.6.2. ANÁLISIS QUÍMICO	41
2.6.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	42
2.6.4. CARATERIZACIÓN DE LA TORTA DE QUINUA (SUBPRODUCTO)....	42
2.7. ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD	43
2.8. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL PRODUCTO FINAL.....	43
2.8.1. PARÁMETROS DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD.....	43
2.8.2. VARIABLES DE CONTROL.....	44
2.8.2.1. Análisis físico-químico.....	44
2.8.2.2. Análisis sensorial.....	44
2.8.2.3. Análisis microbiológico	45
2.8.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	45
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	46
3.1.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA.....	46
3.1.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA.....	46
3.2. PROCESO DE REMOJO BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	47
3.3. SOLUBILIZACIÓN DE PROTEÍNA DE LA HARINA DE QUINUA.....	48

3.3.1. CURVA DE CALIBRACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA SOLUBLE	48
3.3.2. CUANTIFICACIÓN DE PROTEÍNA SOLUBLE	50
3.3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
3.4. EFECTO DEL ESTABILIZANTE EN LA LECHE DE QUINUA	55
3.5. ADICIÓN DE AZÚCAR EN LA LECHE DE QUINUA	56
3.6. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE PASTEURIZACIÓN Y ESTERILIZACIÓN	56
3.6.1. PASTEURIZACIÓN	56
3.6.2. ESTERILIZACIÓN	57
3.7. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DESARROLLADA PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE QUINUA	58
3.8. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL.....	59
3.9. ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD	60
3.10. ESTUDIO DE ESTABILIDAD.....	62
3.10.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	62
3.10.1.1. pH.....	62
3.10.1.2. Acidez titulable	63
3.10.1.3. Sólidos Solubles.....	65
3.10.1.4. Color	67
3.10.1.5. Porcentaje de sedimentación.....	71
3.10.2. ANÁLISIS SENSORIAL.....	73
3.10.2.1. Atributo color.....	73
3.10.2.2. Atributo aroma	75
3.10.2.3. Atributo amargor.....	76
3.10.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	77
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
4.1. CONCLUSIONES	79
4.2. RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Superficie, producción y rendimiento de la quinua 1995-2006.....	2
Tabla 2. Superficie y producción de quinua a nivel provincial Ene-Dic 2006.....	4
Tabla 3. Clasificación taxonómica de la quinua.....	5
Tabla 4. Composición química de la quinua y otros cereales (g/100 g peso seco)	8
Tabla 5. Contenido aminoácidos esenciales en la quinua (g/100 g proteína).....	9
Tabla 6. Porcentaje de grasa de algunos alimentos	9
Tabla 7. Contenido de minerales en la quinua y algunos cereales (mg/kg peso seco).....	10
Tabla 8. Composición de la leche de soya de acuerdo con una proporción	24
Tabla 9. Especificaciones microbiológicas de la leche de soya pasteurizada	25
Tabla 10. Condiciones óptimas para la mayor extracción de proteína soluble en el proceso de elaboración de leche de maní.....	27
Tabla 11. Variables de proceso y sus correspondientes niveles	34
Tabla 12. Experimentos para la hidrólisis de proteína de quinua.....	34
Tabla 13. Pruebas de cantidad de estabilizante	38
Tabla 14. Escala hedónica utilizada en el análisis de aceptabilidad de leche de quinua.....	43
Tabla 15. Composición química de la harina de quinua.....	47
Tabla 16. Contenido de fitatos (mg/g), con respecto al tiempo de remojo.....	47
Tabla 17. Datos de concentración de BSA (mg/g) y su absorbancia	49
Tabla 18. Cantidad de proteína obtenida en cada experimento de la hidrólisis realizada.....	50
Tabla 19. Análisis de varianza de los valores obtenidos de proteína soluble de los 32 experimentos realizados.....	52
Tabla 20. Condiciones óptimas para la mayor extracción de proteína soluble	54

Tabla 21. Porcentajes de sedimentación de las pruebas realizadas con tres cantidades de estabilizante OBSICREAM LC-4® en la leche de quinua.....	55
Tabla 22. Caracterización de la leche de quinua	59
Tabla 23. Caracterización de la torta de quinua	60
Tabla 24. Porcentajes del grado de aceptación en la escala hedónica aplicada en el test de aceptación sensorial.	61
Tabla 25. Valores de pH a las diferentes temperaturas de almacenamiento	62
Tabla 26. Valores de acidez titulable en porcentajes, a las diferentes temperaturas de almacenamiento	64
Tabla 27. Valores de sólidos solubles en grados Brix a las diferentes temperaturas de almacenamiento	65
Tabla 28. Luminosidad del color en las diferentes temperaturas de almacenamiento	67
Tabla 29. Saturación del color en las diferentes temperaturas de almacenamiento	68
Tabla 30. Matiz del color en las diferentes temperaturas de almacenamiento	70
Tabla 31. Valores de porcentaje de sedimentación a las diferentes	71
Tabla 32. Calificación al color en las diferentes temperaturas de almacenamiento.....	73
Tabla 33. Calificación al aroma en las diferentes temperaturas de almacenamiento	75
Tabla 34. Calificación al amargor en las diferentes temperaturas de almacenamiento.....	76
Tabla 35. Contaje total de aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras	77
Tabla 36. Diseño de bloques completos equilibrados	97
Tabla 37. Perfil granulométrico de la harina de quinua.....	98
Tabla 39. Valores para el cálculo de proteína soluble	99
Tabla 40. Variación de la temperatura del autoclave y de las latas y del factor de letalidad con respecto al tiempo.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Superficie, producción y rendimientos de la quinua 1995-2006	2
Figura 2. Zonas productoras de quinua	3
Figura 3. Estructura de los fitatos (ácido fítico)	16
Figura 4. Acción de la enzima fitasa	17
Figura 5. Semillas de soya.....	23
Figura 6. Diagrama esquemático del proceso para la obtención de leche de soya.....	26
Figura 7. Diagrama esquemático del proceso para la obtención de leche de maní	28
Figura 8. Semillas de quinua	30
Figura 9. Lavado de semillas de quinua	30
Figura 10. Secado de semillas de quinua.....	31
Figura 11. Harina de quinua	31
Figura 12. Homogenización de la leche de quinua.....	38
Figura 13. Envasado y sellado de la leche de quinua	40
Figura 14. Tamaño de partícula de la harina de quinua	46
Figura 15. Disminución del contenido de fitatos en la harina de quinua	48
Figura 16. Curva de calibración con BSA para la determinación de la concentración de proteína soluble.....	50
Figura 17. Efecto significativo de la relación sólido:agua en el proceso de solubilización de proteína	53
Figura 18. Gráfico de Pareto del efecto de las variables del proceso en la solubilización de proteína.	53

Figura 19. Condiciones óptimas para la mayor extracción de proteína soluble.....	54
Figura 20. Variación de la temperatura del autoclave y de las latas y del factor de letalidad con respecto al tiempo.	57
Figura 21. Diagrama de flujo del proceso de producción de leche de quinua.....	58
Figura 22. Medida de pH respecto a la temperatura.....	63
Figura 23. Medida de pH respecto al tiempo de almacenamiento	63
Figura 24. Medida de acidez titulable respecto a la temperatura de almacenamiento	64
Figura 25. Medida de acidez titulable respecto al tiempo de almacenamiento	65
Figura 26. Medida de sólidos solubles en grados Brix respecto a la temperatura de almacenamiento	66
Figura 27. Medida de sólidos solubles en grados Brix respecto al tiempo de almacenamiento	66
Figura 28. Luminosidad del color respecto a la temperatura de almacenamiento	68
Figura 29. Luminosidad del color respecto al tiempo de almacenamiento	68
Figura 30. Saturación del color respecto a la temperatura de almacenamiento	69
Figura 31. Saturación del color respecto al tiempo de almacenamiento	69
Figura 32. Matiz del color respecto a la temperatura de almacenamiento	70
Figura 33. Matiz del color respecto al tiempo de almacenamiento.....	71
Figura 34. Medida del porcentaje de sedimentación respecto a la temperatura de almacenamiento	72
Figura 35. Medida del porcentaje de sedimentación respecto al tiempo de almacenamiento.....	72
Figura 36. Atributo color de la leche de quinua respecto a la temperatura de almacenamiento	74
Figura 37. Atributo color de la leche de quinua respecto al tiempo de almacenamiento.....	74
Figura 38. Atributo aroma de la leche de quinua respecto al tiempo de almacenamiento	75

Figura 39. Atributo amargor de la leche de quinua respecto al tiempo de almacenamiento...	76
Figura 40. Atributo amargor de la leche de quinua respecto a la temperatura de almacenamiento.	77
Figura 41. Remojo de la harina de quinua en baño termostático	122
Figura 42. Muestras congeladas de la mezcla de harina de quinua.....	122
Figura 43. Proceso para la cuantificación de fitatos.....	122
Figura 44. Hidrólisis de proteína de quinua	123
Figura 45. Proceso de remojo de harina de quinua en planta piloto.....	123
Figura 46. Leche de quinua y centrifuga Westfalia.....	123
Figura 47. Torta de quinua	124
Figura 48. Esterilización de la leche de quinua en botellas de vidrio	124
Figura 49. Esterilización del producto envasado.....	124

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	91
Método de determinación de fitatos por intercambio aniónico (AOAC OFFICIAL METHOD 986.11.2007).	
ANEXO II	95
Encuesta de evaluación sensorial de la leche de quinua.	
ANEXO III	95
Test de aceptación sensorial de la leche de quinua.	
ANEXO IV	96
Diseño de bloques incompletos equilibrados.	
ANEXO V	98
Perfil granulométrico de la harina de quinua.	
ANEXO VI	99
Valores para el cálculo de proteína soluble.	
ANEXO VII	100
Variación de la temperatura del autoclave y de las latas y del factor de letalidad con respecto al tiempo.	
ANEXO VIII	101
Análisis de varianza del pH de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	
ANEXO IX	102
Análisis de varianza del pH de la leche de quinua con respecto al tiempo de almacenamiento.	
ANEXO X	103
Análisis de varianza de la acidez titulable de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	

ANEXO XI	104
Análisis de varianza de la acidez titulable de la leche de quinua con respecto al tiempo de almacenamiento.	
ANEXO XII	105
Análisis de varianza de los sólidos solubles de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	
ANEXO XIII	106
Análisis de varianza de los sólidos solubles de la leche de quinua con respecto al tiempo de almacenamiento.	
ANEXO XIV	107
Análisis de varianza de la luminosidad del color de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	
ANEXO XV	108
Análisis de varianza de la luminosidad del color de la leche de quinua con respecto al tiempo de almacenamiento.	
ANEXO XVI	109
Análisis de varianza de la saturación del color de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	
ANEXO XVII	110
Análisis de varianza de la saturación del color de la leche de quinua con respecto al tiempo de almacenamiento.	
ANEXO XVIII	111
Análisis de varianza del matiz del color de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	
ANEXO XIX	112
Análisis de varianza del matiz del color de la leche de quinua con respecto al tiempo de almacenamiento.	
ANEXO XX	113
Análisis de varianza del porcentaje de sedimentación de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	
ANEXO XXI	114

Análisis de varianza del porcentaje de sedimentación de la leche de quinua con respecto al tiempo de almacenamiento.	
ANEXO XXII	115
Análisis de varianza del atributo color de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	
ANEXO XXIII	116
Análisis de varianza del atributo color de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	
ANEXO XXIV	117
Análisis de varianza del atributo aroma de la leche de quinua con respecto al tiempo de almacenamiento.	
ANEXO XXV	118
Análisis de varianza del atributo aroma de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	
ANEXO XXVI	119
Análisis de varianza del atributo amargor de la leche de quinua con respecto al tiempo de almacenamiento.	
ANEXO XXVII	120
Análisis de varianza del atributo amargor de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento.	
ANEXO XXVIII	121
Fotografías de la parte experimental	

RESUMEN

La finalidad de este proyecto fue desarrollar una tecnología para obtener leche de origen vegetal a partir de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd).

Para ello se tuvo que disminuir sus factores antinutricionales (fitatos), a través de la aplicación de bio-tratamientos, para la activación de la fitasa endógena. El estudio de los efectos de los bio-tratamientos se realizó en función de la cinética de degradación del contenido de fitatos presentes en las semillas de quinua. Se determinó el bio-tratamiento con las variables adecuadas de pH, tiempo y temperatura, el cual consiste en someter a la harina de quinua a un pH igual a 5, durante 1 hora y a una temperatura de 55 °C, con lo cual se obtuvo una disminución aproximadamente del 64.29% del contenido de fitatos.

Para la obtención de leche, con la mayor cantidad de proteína, se realizó un diseño experimental para su solubilización a través de hidrólisis, en el cual se analizaron variables como el pH, tiempo de extracción, uso de la enzima papaína y relación sólido:agua. Se determinó que las condiciones óptimas de extracción consisten en la aplicación de un pH igual a 5, relación sólido:agua de 1:4 respectivamente, tiempo de extracción de 40 minutos y no fue necesario el uso de la enzima papaína.

A la leche obtenida se agregó estabilizante OBSICREAM LC-4® y saborizante de vainilla Florarom®, con el fin de mejorar sus características organolépticas. El producto final fue envasado en latas y sometido a un proceso de esterilización para su conservación.

Se realizó un análisis de aceptabilidad de la leche de quinua, en el cual se determinó que de 60 personas encuestadas, a 37 (61.67%) les agrada el producto, de las cuales, 35 (58.33%) lo comprarían.

Se estudió la estabilidad del producto final en función de la temperatura y el tiempo de almacenamiento, a los 0, 15, 30 y 45 días a la temperatura de 8 °C, 20 °C y 35 °C. A través de un análisis estadístico, se determinó que en el rango de estudio, la temperatura de almacenamiento es una variable que no afecta a las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales de la leche de quinua; mientras que, el

tiempo de almacenamiento produce cambios significativos en variables como la acidez titulable, color, aroma y porcentaje de sedimentación, de manera que, la leche de quinua elaborada es susceptible a cambios en sus características físico-químicas y organolépticas, que pueden ser percibidos por sus potenciales consumidores.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la intolerancia o sensibilidad a la lactosa es un problema que se presenta en un gran número de personas alrededor del mundo, especialmente en países del hemisferio sur (Miquel y Álvarez, 2007); lo que conlleva a que disminuyan o eliminen de su dieta alimenticia el consumo de leche de origen animal y a la vez, busquen otros tipos de productos, con los cuales puedan suplir las necesidades nutricionales de su organismo.

Las personas alérgicas al gluten, también, se incluyen en el grupo de aquellas que buscan productos alternativos con el fin de proteger su salud y mantener una dieta adecuada (Vargas, 2002).

Una respuesta a estos problemas constituyen las bebidas de origen vegetal, que son elaboradas a partir de cereales, que presentan un alto contenido de proteínas y carbohidratos; sin embargo, algunas de estas no poseen características sensoriales que satisfagan el gusto de los consumidores.

La quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd) se presenta como una alternativa de solución, rica en minerales, vitaminas y proteínas (Nieto y Soria, 1990); se considera como un pseudocereal, libre de gluten; sin embargo posee factores antinutricionales (fitatos) que no permiten al organismo humano asimilar ciertos minerales como en este caso, el hierro. Una solución a este problema es la aplicación de bio-tratamientos para la disminución del contenido de fitatos.

Los bio-tratamientos mediante la activación y acción enzimática de la fitasa endógena contenida en las semillas de cereales y leguminosas, es una de las principales alternativas en la disminución del contenido de fitatos para incrementar su valor nutricional y la bio-disponibilidad de minerales (Chichester, 1982).

El proceso de hidrólisis permite el aprovechamiento de las proteínas a través de su solubilización, en condiciones adecuadas de pH y temperatura (Clemente, 1997). Como resultado de este proceso se obtiene un hidrolizado proteico que es aprovechado en la elaboración de una bebida con adecuadas propiedades nutricionales y funcionales.

En el campo del desarrollo de nuevos productos es indispensable el estudio de aceptabilidad y el de estabilidad. El estudio de aceptabilidad identifica el grado de aceptación de la leche de quinua de la población consultada, a través de la aplicación de una encuesta que incluye una escala hedónica; mientras que, el estudio de estabilidad determina las variables que afectan a las características físico-químicas y sensoriales del producto desarrollado a lo largo del tiempo.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. LA QUINUA, ASPECTOS GENERALES

1.1.1. ORIGEN

La quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd) es un pseudocereal originario de los países andinos, específicamente de la región del lago Titicaca; su consumo es ancestral (3000-5000 años AC) y constituye, históricamente, uno de los principales alimentos en la dieta de los pobladores andinos (Mujica *et al.*, 2006).

Con la introducción del trigo, la quinua fue desplazada hacia tierras más altas y desde entonces ha disminuido su producción y consumo (SICA, 2001).

1.1.2. UBICACIÓN

El cultivo de la quinua se extiende desde el norte de América del Sur, comienza en Colombia y llega a Chile, incluyendo los Andes argentinos. En la actualidad, en Ecuador, Perú y Bolivia, se ha visto un considerable crecimiento de este cultivo debido al conocimiento de sus bondades nutricionales, lo que ha generado mayor interés por parte de mercados locales e internacionales (Mujica *et al.*, 2004).

1.1.3. PRODUCCIÓN DE QUINUA EN EL ECUADOR

En el período 1995 - 2006, en promedio, se estima que en el Ecuador, de quinua se han sembrado 718.75 ha/año, con una producción de 373 TM y un rendimiento de 0.45 TM/ha, promedios considerados bajos, que reflejan que el cultivo en el país sigue siendo de subsistencia, con una tecnología tradicional, cultivada en suelos marginales y en manos de pequeños agricultores, principalmente (FAO, 2005). Durante este período, como se puede observar en la Tabla 1 y en la Figura 1, en los años 2000 y 2001, existe un decrecimiento significativo de la producción debido a la ausencia de lluvias y malas condiciones climáticas en general, por

esta razón, se los considera como los peores años de la historia de la producción de quinua en el Ecuador.

Tabla 1. Superficie, producción y rendimiento de la quinua 1995-2006

AÑOS	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	PRODUCCIÓN (TM)	PROMEDIO TM/ha BAJO SISTEMA TRADICIONAL
1995	1210	408	0.34
1996	736	272	0.37
1997	704	268	0.38
1998	690	255	0.37
1999	693	249	0.36
2000	636	226	0.36
2001	638	236	0.37
2002	630	286	0.45
2003	750	375	0.5
2004	918	581	0.63
2005	915	600	0.66
2006	1020	721	0.71

SICA, 2008

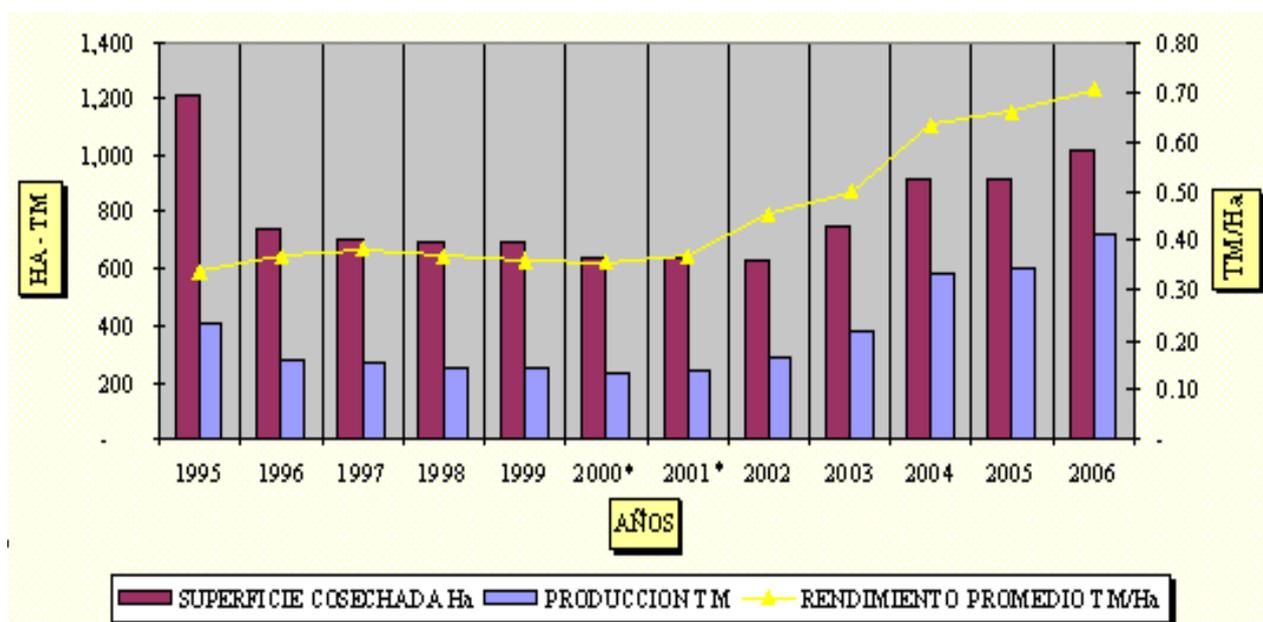


Figura 1. Superficie, producción y rendimientos de la quinua 1995-2006 (SICA, 2008)

1.1.3.1. Zonas productoras

Según el III Censo Nacional Agropecuario (CNA) del 2002, en el Ecuador se registraron cerca de 900 ha sembradas con quinua, de las cuales fueron cosechadas 636 ha, con una producción total de 226 toneladas.

En la Figura 2, se señalan las provincias donde se localizó la producción de quinua, que corresponden a la región Sierra: Cotopaxi, Chimborazo, Imbabura, Pichincha y Tungurahua (CRS, 2003). En las provincias, antes mencionadas, las que tienen mayor número de hectáreas sembradas con quinua, son: Chimborazo, Cotopaxi e Imbabura. La principal provincia productora es Chimborazo, donde se obtuvo durante el período de referencia censal cerca del 80% de la producción total y es allí donde se encuentra casi el 70% de la superficie sembrada con quinua (CRS, 2003).

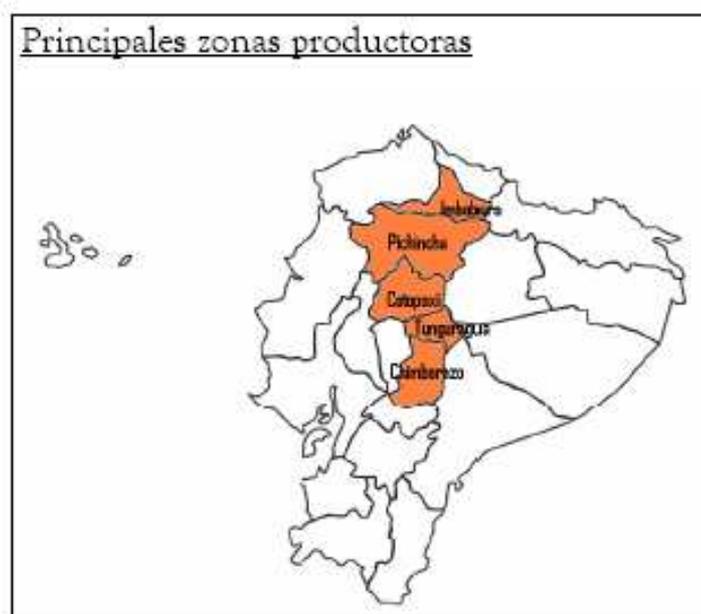


Figura 2. Zonas productoras de quinua
(CRS, 2003)

En la Tabla 2, se muestran datos de la superficie y producción de quinua a nivel provincial.

Tabla 2. Superficie y producción de quinua a nivel provincial Ene-Dic 2006

PROVINCIA	PRODUCCIÓN TM	SUPERFICIE COSECHADA ha
CARCHI	91.00	125.00
COTOPAXI	206.00	259.00
CHIMBORAZO	321.00	498.00
IMBABURA	66.00	88.00
PICHINCHA	37.00	50.00

*SICA, 2008

1.1.3.2. Comercio exterior

Formalmente, la quinua tiene libre tránsito entre los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones (CAN); es decir, no paga arancel de importación; mientras que, si se comercializa con países no miembros de la CAN, el arancel corresponde al 15%. En cuanto a los productos elaborados de quinua, se importan grañones, sémolas y harina, con una tendencia creciente debido al incremento de la demanda de esta clase de productos.

Para la exportación, el Ecuador destina quinua orgánica, en grano y desaponificada hacia los Estados Unidos, Inglaterra y Francia con una tendencia creciente, puesto que de 26.6 TM exportadas en el año 1995, en el 2005 se exportaron 280.58 TM. Estas cifras indican buenas perspectivas para la venta de quinua ecuatoriana en el mercado internacional. En cuanto a los productos elaborados de quinua, los rubros exportados son los mismos que se importan, con una tendencia creciente que beneficia al país (SICA, 2008).

1.1.4. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS**1.1.4.1. Clasificación taxonómica**

En la Tabla 3 se presenta la clasificación taxonómica de la quinua.

Tabla 3. Clasificación taxonómica de la quinua

Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Subclase	Arquiclamideae
Orden	Centrospermales
Familia	Chenopodiaceae
Género	<i>Chenopodium</i>
Especie	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd

*Giusti, 1970

1.1.4.2. Sistema de raíces

La germinación de las semillas de quinua comienza pocas horas después de ser expuestas a la humedad. La radícula crece y da lugar a una raíz principal de la cual, las raíces secundarias y terciarias se desarrollan. La profundidad de la raíz está relacionada con la altura de la planta y puede alcanzar una profundidad de 30 cm (Ruales, 1992).

1.1.4.3. Tallos

El tallo es cilíndrico, se convierte en angular debido a las hojas y ramas. La corteza del tallo es resistente y suave, cuando las plantas son jóvenes; y, seco y esponjoso, cuando son maduras. El color cambia de amarillo pálido a rojo en algunas variedades (Gandarillas, 1979).

1.1.4.4. Hojas

Las hojas tienen peciolo y láminas. Los peciolo son largos, estrechos y acanalados en su parte superior. La lámina tiene tres venas principales, que se originan en el peciolo. Las hojas de las plantas jóvenes son verdes, pero cuando maduran, se vuelven de color amarillo o rojo (Gandarillas, 1979).

Las hojas son grandes en la parte inferior y pequeñas en la parte superior. Son dentadas, presentan de 3 – 20 dientes, según la variedad (Tapia, 1979).

1.1.4.5. Flores

Las flores son claramente diferenciadas en la planta. Son incompletas, ya que no tienen pétalos. La quinua tiene flores femeninas y hermafroditas (Rea, 1969). Las flores hermafroditas están localizadas en el extremo distal y las femeninas en el extremo proximal (Gandarillas, 1979).

1.1.4.6. Fruto

El fruto de la quinua es un aquenio, cubierto por un perigonio, el cual es fácilmente removido por medio de fricción en seco (Ruales, 1992).

La capa externa es el pericarpio, donde se encuentra la saponina, la cual es la causante del sabor amargo que tiene la quinua.

El epispermo es transparente, blanco, naranja, rojo, café o algunas veces negro. El embrión presenta el 60% del volumen del epispermo, y el endospermo el 40%. El alto porcentaje del embrión es la razón del elevado contenido de proteína en comparación con los cereales (Ruales, 1992).

1.1.5. EXIGENCIAS DEL CULTIVO

El cultivo de la quinua es un cultivo de altura; crece entre los 1000 – 3000 metros sobre el nivel del mar. La temperatura adecuada es de los 12 °C a los 18 °C; por lo que el clima puede ser templado o frío.

Se requiere un suelo franco o franco arenoso, con un pH de 5.5 a 8.0, que sea profundo y que posea buen drenaje (SICA 2001).

Las precipitaciones anuales de 600 a 2600 mm son las más apropiadas y la mínima no debe ser menor a 400 mm. La planta puede soportar la sequía, pero no en exceso.

La buena iluminación solar favorece a este cultivo, puesto que estimula la fotosíntesis. Los sectores excesivamente ventosos pueden producir una rápida desecación de las plantas (Mazón *et al.*, 2005).

1.1.6. VARIEDADES DE QUINUA

La quinua se puede clasificar, según su concentración de saponinas, en dulce (sin saponina o con menos del 0.11% con base en el peso en fresco) o en amarga (con un nivel mayor al 0.11% de saponinas). Algunos autores también mencionan de la variedad semidulce o semiamarga (SICA 2001).

Actualmente, en el mercado ecuatoriano se encuentran tres variedades de quinua: una quinua, grande, blanca, perlada y libre de impurezas proveniente de Bolivia y Perú (variedad Real); una quinua mediana, parcialmente limpia, proveniente de Perú (variedad Ingapirca) y una quinua nacional, que es pequeña y dulce (variedad INIAP - Tunkahuan).

Estas tres variedades de quinua se comercializan en el país, a diferentes precios y presentaciones. La quinua de variedad Real es la más apreciada por el consumidor debido, principalmente, a su aspecto (CRS, 2003).

1.1.7. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

En la Tabla 4, se presenta la composición química de la quinua y de otros cereales.

La quinua contiene proteínas, carbohidratos, grasa, vitaminas y minerales. La composición química de la quinua depende de la variedad y las condiciones de su cultivo.

Tabla 4. Composición química de la quinua y otros cereales (g/100 g peso seco)

	Quinua	Trigo	Cebada	Arroz	Maíz
Carbohidratos	69.0	78.4	80.7	80.4	81.1
Proteína	16.5	14.3	10.8	7.6	10.2
Grasa	6.9	2.3	1.9	2.2	4.7
Fibra	3.8	2.8	4.4	6.4	2.3
Ceniza	3.8	2.2	2.2	3.4	1.7

*Koziol, 1992

1.1.7.1. Proteína

La quinua constituye una fuente natural de proteína vegetal de alto valor nutritivo, ya que presenta una mayor proporción de aminoácidos esenciales, que otros cereales.

El contenido de proteína, en la quinua, varía desde el 8 al 22% (Risi y Galwey, 1984). La mayor parte de la proteína está localizada en el embrión de la semilla.

Las fracciones proteicas de la quinua, de acuerdo con su solubilidad, son: 45% glubulinas y albúminas, 23% prolaminas y 32% glutelinas (Scarpatti, 2980).

La proteína de quinua contiene altas proporciones de lisina, en contraste con la proteína de los cereales que son deficientes en este aminoácido (Mahoney *et al.*, 1975; Risi y Galwey, 1984). También es rica en isoleucina, metionina y cisteína (Ruales, 1992).

En la Tabla 5, se muestra el contenido de aminoácidos esenciales presentes en la proteína de quinua.

1.1.7.2. Carbohidratos

De Bruin, 1964, indica que el contenido total de carbohidratos, en la quinua, se sitúa entre el 67 y 74% de la materia seca, el mayor componente, donde los almidones comprenden alrededor del 60%.

Tabla 5. Contenido aminoácidos esenciales en la quinua (g/100 g proteína)

Histidina	3.2
Isoleucina	4.9
Leucina	6.6
Lisina	6.0
Metionina + cistina	5.3
Fenilalanina + tirosina	6.9
Treonina	3.7
Triptófano	0.9
Valina	4.5
Arginina	8.5

*Koziol, 1992

El contenido de fibra cruda está entre el 2.5 al 3.9% y los pentosanos entre el 2.9 y el 3.6%. Los monosacáridos y disacáridos se presentan en una porción del 2.0% y 2.3%, respectivamente.

Los almidones pueden presentarse como unidades simples o como agregados. Como en los cereales, los almidones en la quinua son insolubles en agua fría y gelatinizados, cuando se calientan en agua. La temperatura de gelatinización oscila entre los 57 y 64 °C (Atwell *et al.*, 1983). El contenido de amilosa es de alrededor del 11%, el cual es un valor bajo comparado con el contenido que presentan los cereales (Ruales, 1992).

1.1.7.3. Grasa

En la Tabla 6, se presenta el contenido de grasa de algunos alimentos de mayor consumo.

Tabla 6. Porcentaje de grasa de algunos alimentos

Alimento	%Grasa
Quinua	8.2
Carne	28.6
Huevo	10.4
Trigo	1.5
Maíz	4.5
Soja	18.9

*Arapa, 2007

El contenido de grasa en la quinua varía entre el 1.8 y el 8.2%. La quinua es una fuente rica en ácidos grasos esenciales. Los contenidos son los siguientes: ácido oleico 48.0%, ácido linoleico 50.7%, ácido linolénico 0.8% y ácidos grasos saturados 0.4% (De Bruin, 1964).

1.1.7.4. Vitaminas y minerales

El contenido de riboflavina, ácido ascórbico, α -tocoferol y minerales como el hierro, el magnesio y el calcio es más alto en la quinua que en los cereales comunes como el trigo, el arroz y la cebada (De Bruin, 1964; Coulter y Lorenz, 1990). En la Tabla 7, se muestra el contenido de minerales en la quinua y algunos cereales.

Tabla 7. Contenido de minerales en la quinua y algunos cereales (mg/kg peso seco)

	Quinua ¹	Trigo ¹	Arroz ¹	Cebada ¹	Maíz ¹	Avena ²	Centeno ²
Ca	1487	503	69	430	171	940	490
Mg	2496	1694	735	1291	1371	1380	1380
K	9267	5783	1183	5028	3771	4500	5240
P	3837	4677	1378	3873	2926	3850	4280
Fe	132	38	7	32	21	62	44
Cu	51	7	2	3	-	5	7
Zn	44	47	6	35	29	51	20

¹Koziol, 1992; ²Kent, 1983

Como se observa en la Tabla 7, el contenido de hierro, potasio, magnesio, calcio y cobre, en la quinua, es superior comparado con otros cereales.

1.1.8. USOS DE LA QUINUA

Respecto al proceso de industrialización de la quinua, en nuestro país, la gama de productos elaborados se basa en la quinua desaponificada en grano, entre ellos se encuentran los alimentos intermedios como hojuelas, harinas de quinua y papillas para niños (CRS, 2003).

1.1.8.1. En la alimentación

Las semillas de quinua se utilizan previa eliminación del amargo (saponinas del epispermo) en forma de ensaladas, entradas, guisos, sopas, postres, bebidas, pan, galletas y tortas (Ortega, 1992). A continuación se detallan algunas de las presentaciones bajo las cuales se consume este pseudocereal:

Harina de quinua

Es el producto resultante de la molienda de la quinua desaponificada. El tamaño de partícula depende del número de zaranda o malla utilizada en la molienda. Se emplea en panificación, fidelería, galletería y repostería (Andean Products, 2003).

Harina instantánea de quinua

Es la harina de quinua precocida (gelatinizada), reducida a polvo y que se dispersa rápidamente en líquidos. Sus cualidades la ponen en ventaja sobre la harina cruda para ciertos usos como en la preparación de bebidas instantáneas, postres, cremas como suplemento nutritivo en cocoa y leches malteadas (CRS, 2003).

Hojuelas de quinua

Para la obtención de hojuelas, los granos de quinua desaponificada (crudos) son sometidos a un proceso de laminado a presión por dos rodillos lisos. Posteriormente son secados, envasados y almacenados. Este producto puede ser consumido directamente o mezclado con leche en el desayuno (Andean Products, 2003).

Expandido de quinua

Se obtiene a partir de la quinua desaponificada o de la quinua natural. Este producto es el resultado de la expansión brusca de los granos obtenidos al someterlos a una temperatura alta y descompresión violenta. El extruído de quinua se realiza a partir de la mezcla de harina de quinua y de trigo, que se somete a altas temperaturas para cocinarlas y aumentar su digestibilidad. Se obtiene un producto ligero que puede ser saborizado o endulzado. Por sus características organolépticas y de alto valor nutritivo es ideal para los niños (CRS, 2003).

Productos para regímenes dietarios especiales

Son productos para personas con requerimientos especiales en su alimentación. Por ejemplo, las fórmulas para el destete y crecimiento para bebés, personas con alergias alimentarias y/o intolerancias, personas que requieren rotación en sus dietas o, simplemente, personas con interés en incorporar a su dieta alimentos especiales por una variedad de razones nutricionales y la aventura gourmet. Se debe tomar en cuenta que si una persona tiene restricciones en su dieta, puede ser un problema conseguir alimentos adecuados (CRS, 2003).

1.1.8.2. En la alimentación de animales

La planta completa, en estado fresco, se utiliza como forraje verde para los animales (Álvarez *et al.*, 2002). Las partes de la planta que quedan después de la cosecha pueden ser picadas o molidas, a fin de elaborar concentrados y suplementos alimenticios.

1.2. FACTORES ANTINUTRICIONALES DE LA QUINUA

Los factores antinutricionales son sustancias naturales no fibrosas, generadas por el metabolismo secundario de las plantas, que afectan el valor nutricional de

algunos alimentos, especialmente semillas, pues dificultan o inhiben la asimilación de nutrientes que provienen de alimentos generalmente de origen vegetal. Desde el punto de vista bioquímico estos factores son de naturaleza variada y pueden llegar a ser tóxicos o causar efectos fisiológicos poco deseables como la flatulencia; distensión estomacal, afectaciones pancreáticas, aglutinación de glóbulos, disminución en la asimilación de nutrientes, entre otros.

Los factores antinutricionales constituyen un mecanismo de defensa ante el ataque de mohos, bacterias, insectos y animales. En algunos casos, son productos del metabolismo de las plantas sometidas a condiciones de estrés, los cuales al estar presentes en los alimentos ejercen una reducción en el consumo, digestión, absorción y la utilización de nutrientes (D´mello, 2000).

En la semilla de quinua, los factores antinutricionales presentes son las saponinas y los fitatos (ácido fítico).

1.2.1. SAPONINAS

Las saponinas están localizadas en el pericarpio de las semillas de la quinua. Dan el sabor amargo y su contenido oscila en el rango del 0.1 al 5.0%.

Las saponinas son solubles en metanol y agua, consisten de una a seis unidades de hexosas o pentosas, unidas a una sapogenina aglicona. Las saponinas pueden tener agliconas esteroidales o triterpenoidales. Estas son capaces de producir espuma estable en soluciones acuosas, bajar el nivel del colesterol y producir hemólisis en las células sanguíneas (Oakenfull,1981; Birk *et al.*, 1980; Price *et al.*,1989; Ruiz *et al.*, 1979).

A más del sabor amargo que proveen a la quinua, las saponinas pueden formar complejos insolubles con minerales, como el zinc y el hierro, lo cual no permite que los minerales sean absorbidos por el organismo (West *et al.*, 1978; Price *et al.*, 1989).

Aunque se sabe que la saponina es altamente tóxica, para el ser humano, cuando se administra por vía endovenosa, queda en duda su efecto por vía oral. Se afirma que los medicamentos con base en saponina pueden ser administrados en grandes dosis, por vía oral, ya que no son absorbidos por las mucosas intestinales y además se desdoblán, bajo la acción de los álcalis y fermentos intestinales (CRS, 2003).

1.2.1.1. Métodos de desaponificación

Los métodos de desaponificación que se conocen son por vía húmeda, seca y combinada.

El proceso húmedo es el que tradicionalmente utilizan los campesinos y las amas de casa. Consiste en lavados sucesivos del grano con agua, hasta que la espuma desaparezca. A nivel industrial se realiza con agitación mecánica y turbulencia. Luego de lavada, la quinua es secada.

El proceso seco utiliza escarificadores, pulido en seco de la semilla que permite la eliminación de las capas externas del grano en las que se localizan las saponinas.

El método combinado utiliza ambos procesos en serie, seguidos por un proceso de secado (Nieto y Soria, 1990).

1.2.1.2. Usos de la saponina

Existen algunos usos de las saponinas en la industria farmacéutica, de cosméticos, de alimentos, en detergentes y en la industria minera.

Concentraciones de saponinas entre 5 y 6% son, frecuentemente, empleadas en formulaciones de jabones, shampoos y sales de baño. Por la característica espumante, las saponinas se emplean en la fabricación de cerveza, en la

preparación de compuestos para extinguidores de incendios y en la industria fotográfica.

Igualmente es aprovechada por los campesinos andinos, especialmente las mujeres, quienes enjuagan sus cabellos o lavan tejidos con el agua que queda del lavado de la quinua. Adicionalmente, se mencionan las propiedades de la saponina como antibiótico y para el control de hongos (CRS, 2003).

Las saponinas que se extraen de la quinua amarga se pueden utilizar en la industria farmacéutica, cuyo interés se basa en el efecto de inducir cambios en la permeabilidad intestinal, lo que puede colaborar en la absorción de medicinas particulares y en los efectos hipocolesterolémicos. Igualmente, se conoce que por hidrólisis de las saponinas se obtienen las sapogeninas esteroideas, también de gran interés para la industria farmacéutica por ser precursores en la síntesis de hormonas y corticoides (Lacaille y Wagner, 1996).

1.2.2. FITATOS

Los fitatos son ésteres hexafosfóricos del ciclohexano (ácido inositol hexafosfórico IP6). Se encuentran en elevadas concentraciones en las semillas de cereales, leguminosas, oleaginosas y en menor cantidad en los tubérculos y las hortalizas (Febles, 1998). Su contenido varía del 1 al 3%, en base seca, contiene entre el 60 al 90% del fósforo total de la semilla (Graf, 1986). En la quinua, el contenido de fitatos es de alrededor del 1%, en base seca (Ruales, 1992).

Los fitatos se localizan en la capa externa de las semillas monocotiledóneas, llamada aureola. En las semillas dicotiledóneas, se ubican en sus células globoides, dentro de los cotiledones (Chichester, 1982).

Los fitatos están ubicados en las capas externas y también en el endospermo de la semilla de quinua (Ruales y Nair, 1993).

La estructura de los fitatos se muestra en la Figura 3.

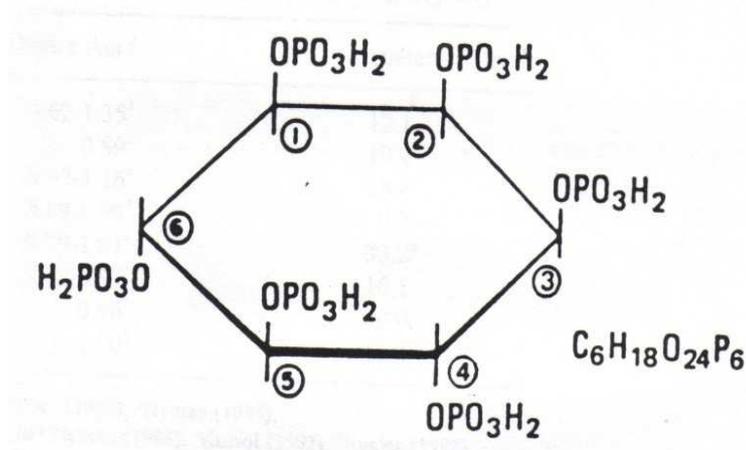


Figura 3. Estructura de los fitatos (ácido fítico)
(Valencia, 1994)

Desde el punto de vista nutricional, el interés de los fitatos se debe principalmente a su capacidad de formar complejos con minerales esenciales (Cu, Zn, Fe, K, Mg y Ca), lo que disminuye la absorción intestinal y la biodisponibilidad de estos minerales para el consumidor, debido a que no están provistos de suficiente actividad de fosfatasas endógenas (fitasas), que sean capaces de liberar los minerales en la estructura del fitato.

Se les atribuyen tres roles fisiológicos importantes a los fitatos en las semillas: el almacenamiento de fósforo, el almacenamiento de energía y el inicio de la dormancia (Chichester, 1982).

Fitasa

La fitasa (mioinositol hexafosfato fosfohidrolasa) libera fosfato inorgánico de los compuestos orgánicos de fósforo. y está ampliamente distribuida en los tejidos vegetales y animales, en numerosas especies de hongos y en ciertas bacterias. Los fitatos pueden ser hidrolizados por la enzima fitasa (Irving, 1980; Niyini y Markakis, 1986). Como producto de este proceso se obtiene inositol y ortofosfato libre (Febles, 1998).

La hidrólisis enzimática de los fitatos es un proceso gradual, en el que cada éster fosfórico formado se convierte en el sustrato del siguiente proceso de hidrólisis (Nayini y Markakis, 1986).

Existen algunos tratamientos para la reducción de los fitatos, como por ejemplo los bioprocesos, donde el remojo como tal, influye en la hidrólisis de los fitatos. A través de la humedad y con ajustes de temperatura se logra una serie de cambios metabólicos, producto de la germinación del grano y la activación de algunas enzimas (Chavan y Kadam, 1989), entre las que se destaca la fitasa que provoca la hidrólisis de los fitatos (Sandberg, 1991).

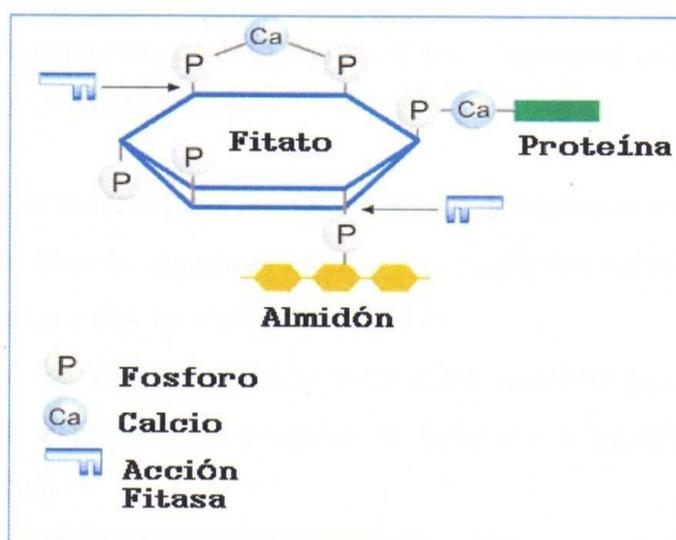


Figura 4. Acción de la enzima fitasa
(Enzymeindia, 2007)

Las condiciones óptimas para la actividad de la fitasa se encuentran en un pH entre 5.0 y 5.5 a una temperatura de 55 °C (Fretzdorff y Brümmer, 1992).

1.3. HIDRÓLISIS DE PROTEÍNAS

La hidrólisis de una proteína da lugar a la ruptura de los enlaces peptídicos. Los productos resultantes se conocen como hidrolizados proteicos, que se encuentran formados por polipéptidos más pequeños, que la proteína original o por

aminoácidos. Este proceso dependerá del método de hidrólisis utilizado (Mahmoud *et al.*, 1992).

Una de las aplicaciones más importantes de los hidrolizados de proteínas es su utilización como fuente de nitrógeno en la formulación de dietas enterales, con destino a la alimentación infantil y/o de adultos enfermos. Estas dietas entéricas se diseñan para ser absorbidas en el intestino, sin una digestión previa en el estómago y son esenciales en el tratamiento de pacientes con desórdenes estomacales o problemas de la mucosa intestinal, así como en los lactantes, con síndromes de malabsorción-malnutrición, con cuadros alérgicos, en la mayoría de los casos (Lebenthal *et al.*, 1983).

1.3.1. TIPOS DE HIDRÓLISIS

Existen tres tipos de hidrólisis:

- a) Hidrólisis en medio ácido: consiste en la ebullición prolongada de la proteína con soluciones de ácidos fuertes, como el HCl.
- b) Hidrólisis en medio básico: la hidrólisis de las uniones peptídicas se da en presencia de bases fuertes, como el NaOH.
- c) Hidrólisis enzimática: el proceso de hidrólisis se realiza en presencia de enzimas proteolíticas, conocidas como proteasas, por ejemplo la papaína.

1.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS HIDROLIZADOS DE PROTEÍNAS

Los hidrolizados de proteína, elaborados con fines nutricionales, deben poseer ciertas características:

- Equilibrio osmótico.
- Hipoalergenicidad.
- Alto valor nutritivo.
- Sabor agradable.

Para ello, la hidrólisis enzimática presenta indudables ventajas frente a la tradicional hidrólisis ácida o alcalina (Guadix, 2000).

1.3.3. HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA

La hidrólisis enzimática, realizada en condiciones moderadas de pH y temperatura, garantiza una mayor pureza de los péptidos o aminoácidos (Clemente, 1997).

La hidrólisis proteica se realiza normalmente en un reactor, con control de agitación, pH, temperatura y tiempo del proceso. El sustrato se disuelve o resuspende en agua, hasta que el pH y la temperatura se estabilizan; a continuación, se agrega la proteasa para dar inicio a la hidrólisis. A medida que progresa, se produce una disminución del pH, debido a la rotura de los enlaces peptídicos. En los casos de hidrólisis enzimática el pH debe ser mantenido en el óptimo de la enzima mediante la adición de base o ácido diluido, según el caso. Para finalizar la hidrólisis proteica, la enzima puede ser inactivada con calor, mediante una disminución del pH o con una combinación de ambos. También puede ser retirada del medio, mediante filtración, y la proteína no soluble, finalmente precipitada (Benítez *et al.*, 2008).

El tratamiento térmico constituye el método de inactivación enzimática irreversible más utilizado a escala industrial. Debe realizarse con precaución, ya que el excesivo calentamiento puede conducir a la destrucción de compuestos nutricionales, provocar reacciones no deseadas, tales como las de Maillard o, incluso, dar lugar a la formación de compuestos tóxicos, que estarían presentes en el hidrolizado final (Lahl y Braun, 1994).

La hidrólisis enzimática presenta las siguientes ventajas:

- **Selectividad.** Las enzimas son específicas para un tipo determinado de enlace y, por tanto, no es frecuente la aparición de productos de degradación. En cambio, la poca selectividad de los ataques ácido y básico y su difícil

control conducen, inevitablemente, a la aparición de productos de degradación, que pueden llegar a ser tóxicos.

- **Condiciones de temperatura y pH.** La hidrólisis enzimática transcurre, generalmente, en el intervalo de 40 a 60 °C y pH comprendido entre 4 y 8, según el tipo de enzima.
- **No se añaden sustancias extrañas.** Evidentemente no es así en los procesos de hidrólisis química, ya que la necesaria neutralización posterior, eleva considerablemente el contenido de sales.
- **Se mantiene el valor nutritivo,** ya que no se produce degradación de los componentes separados; mientras que, la hidrólisis alcalina destruye los aminoácidos como arginina y cisteína y la hidrólisis ácida elimina el triptófano y desamina los aminoácidos, como serina y treonina.

No obstante, en la hidrólisis enzimática de proteínas, es necesario separar o desnaturalizar la enzima y trabajar en condiciones asépticas, ya que por ser un proceso relativamente lento, puede producirse contaminación microbiana de la mezcla reaccionante. Sin embargo, la desnaturalización térmica de las enzimas o su separación por procesos de membrana son temas resueltos por la tecnología actual y la necesidad de asepsia es una característica general de la industria alimentaria. (Guadix, 2000).

Como efectos de la hidrólisis se tiene la reducción del tamaño molecular de la proteína, así como también cambios estructurales y de polaridad. Se incrementa el carácter hidrofílico por el aumento de la exposición de grupos carboxílicos libres y el carácter hidrófobo por la exposición de restos de aminoácidos apolares. La solubilidad de las proteínas, parcialmente hidrolizadas, mejora en todo el rango de pH (Fleming, 1989).

1.3.4. ENZIMAS

Las enzimas son proteínas complejas que producen un cambio químico específico en otras sustancias, sin que exista un cambio en ellas mismas.

Debido a su naturaleza proteica, a las enzimas les afectan los mismos factores que a las proteínas: temperatura, solventes, sales, pH, etc., que modifican la estructura química y provocan una pérdida de su actividad catalítica (Novozymes, 1999; Belitz y Grosh, 1992).

1.3.4.1. Enzimas proteolíticas

También conocidas como proteasas o peptidasas, pueden romper ya sea enlaces o uniones peptídicas específicas o pueden reducir un péptido completo a aminoácidos.

Las proteasas pueden clasificarse según:

- Su origen: animal, vegetal, bacteriano o fúngico.
- Su acción catalítica: en endopeptidasas o proteinasas, si rompen al azar el interior de las cadenas peptídicas, y exopeptidasas o peptidasas, si separan aminoácidos y dipéptidos de los extremos de las cadenas polipeptídicas.
- La naturaleza del sitio catalítico: las endopeptidasas pueden ser serina-, cisteína-, metalo-, o aspartato-proteinasas y las exopeptidasas amino-, carboxi- o dipeptidasas.

Las primeras enzimas proteolíticas utilizadas en la industria alimentaria fueron proteasas pancreáticas de origen animal. En la última década han adquirido mayor importancia las proteasas de origen bacteriano o fúngico (Guadix, 2000).

1.3.4.2. Papaína

La papaína es una enzima que se extrae de la papaya. Es una enzima similar a la pepsina humana; se consigue por la extracción del látex, que es un líquido blanco obtenido mediante cortes en los frutos inmaduros (Benítez *et al.*, 2008).

Es una endopeptidasa; su estabilidad y actividad en solución cubre un amplio rango de condiciones: pH 4 a 10 y temperatura de los 40 a 75 °C. El pH óptimo de la papaína varía con la naturaleza y concentración del sustrato. En general, el rango de pH óptimo para la papaína es un pH de 5.0 a 7.0. Posee una amplia especificidad de sustratos, hidroliza tanto las proteínas como los péptidos de pequeño tamaño, amidas y ésteres. Preferentemente actúa sobre los aminoácidos básicos, leucina y glicina, así como también sobre la arginina, lisina y fenilalanina (Benítez *et al.*, 2008; Fellows, 1994).

1.4. SUSTITUTOS DE LA LECHE

La intolerancia o sensibilidad a la lactosa es un problema que se presenta en un gran número de personas alrededor del mundo, especialmente en países del hemisferio sur (Miquel y Álvarez, 2007); lo que conlleva a que disminuyan o eliminen de su dieta alimenticia el consumo de leche de origen animal y, a la vez, busquen otros tipos de productos, con los cuales puedan suplir las necesidades nutricionales de su organismo.

Las personas alérgicas al gluten, también, se incluyen en el grupo de quienes buscan productos alternativos, con el fin de proteger su salud y mantener una dieta adecuada con productos libres de gluten (Vargas, 2002).

Una respuesta a estos problemas constituye una bebida de origen vegetal, que sea elaborada a partir de cereales y oleaginosas, que presente un alto contenido de proteínas y carbohidratos, que satisfaga el gusto de los consumidores.

1.4.1. LECHE DE SOYA

La leche de soya es una bebida extraída del grano de soya, con algunos aditivos como azúcar, dextrina y sal para mejorar sus características organolépticas (Dávila *et al.*, 2003).



Figura 5. Semillas de soya

La leche de soya es conocida a nivel mundial como uno de los alimentos que posee la mayor fuente de nutrientes, como las proteínas, debido a que su composición de aminoácidos es completa comparada con otros cereales (Chavarría, 2010).

1.4.1.1. Beneficios de la leche de soya

La leche de soya posee varias propiedades, entre ellas la más importante es que contiene lecitina, sustancia que evita problemas cardíacos y ayuda a mantener las arterias limpias.

En lo que se refiere a la osteoporosis, las proteínas provenientes de la soya ayudan a conservar el calcio corporal y son capaces de ayudar en el proceso de reducción del colesterol y los triglicéridos.

La leche de soya contiene ácidos grasos esenciales como el omega-3, que no tiene colesterol y cuyo déficit retrasa el crecimiento y produce enfermedades de la piel y alteraciones nerviosas (Pérez, 2008).

1.4.1.2. Procesamiento de la leche de soya

En la literatura científica, son innumerables las publicaciones que tratan sobre diversas tecnologías para la producción de leches de soya, las mismas que pueden ser empleadas para consumo directo o como extensores de la leche de vaca (Noyes, 1969; Bourne, 1971; IIT, 1977).

Si bien las materias primas son las mismas, su diferencia sustancial reside en los procesos de tratamiento de la soya, previa a la formulación final. Unas formulaciones emplean solamente el extracto soluble de los granos de soya preacondicionados de diversas formas, con lo cual se obtienen soluciones más estables; pero, se produce el desecho de un alto porcentaje del grano. Otras procesos parten de la harina de soya desengrasada, producto resultante de la industria aceitera. En tanto que otras parten de la harina integral de soya, tratada adecuadamente para eliminar malos sabores y los factores antinutricionales relacionados con la misma (Checchi *et al.*, 1986).

En la Tabla 8, se observa la composición de la leche de soya determinada por Tanteeratarm, 1994.

Tabla 8. Composición de la leche de soya de acuerdo con una proporción cotiledón / agua = 1/5

Analito	Unidades	Resultados
Sólidos	%	9.2
Proteína	%	4.5
Extracto etéreo	%	2.4
Carbohidratos	%	1.8
Ceniza	%	0.48

* Tanteeratarm, 2003

El contenido de patógenos, como en toda bebida, es importante al momento de determinar la inocuidad para el consumidor. En la Tabla 9, según la norma técnica guatemalteca, se detallan las especificaciones microbiológicas para leche de soya pasteurizada.

Tabla 9. Especificaciones microbiológicas de la leche de soya pasteurizada

Microorganismos	N	c	m	M
Recuento total de bacterias no patógenas por mililitro máximo (UFC/mL)	5	2	1000	5000
Coliformes totales por mililitro máximo (UFC/mL)	5	2	<10	<10
Contenido de mohos y levaduras por mililitro máximo (UFC/mL)	5	2	100	1000

* COGUANOR, 2005

n : Número de muestras que deben analizarse

c : Número de muestras que se permite que tenga un recuento mayor que m, pero no mayor que M

m: Recuento aceptable

M: Recuento máximo permitido

En la Figura 6, se muestra el diagrama esquemático para la obtención de leche de soya.

1.4.2. LECHE DE MANÍ

La composición proteica y de grasas del maní es muy favorable para la alimentación humana y por lo tanto es un alimento de alto valor nutritivo.

En la actualidad, el principal uso del maní es la producción de aceite comestible; la torta residual, tras la extracción del aceite, se utiliza generalmente como alimento. Sin embargo, el desarrollo de la harina de maní desengrasada, el concentrado de proteínas y aislados, han dado lugar a una utilización más eficaz del maní en una diversidad de productos comerciales de alimentos tales como en

las formulaciones de carne, sopas, productos de panadería, postres y aperitivos (Rustom, 1995).

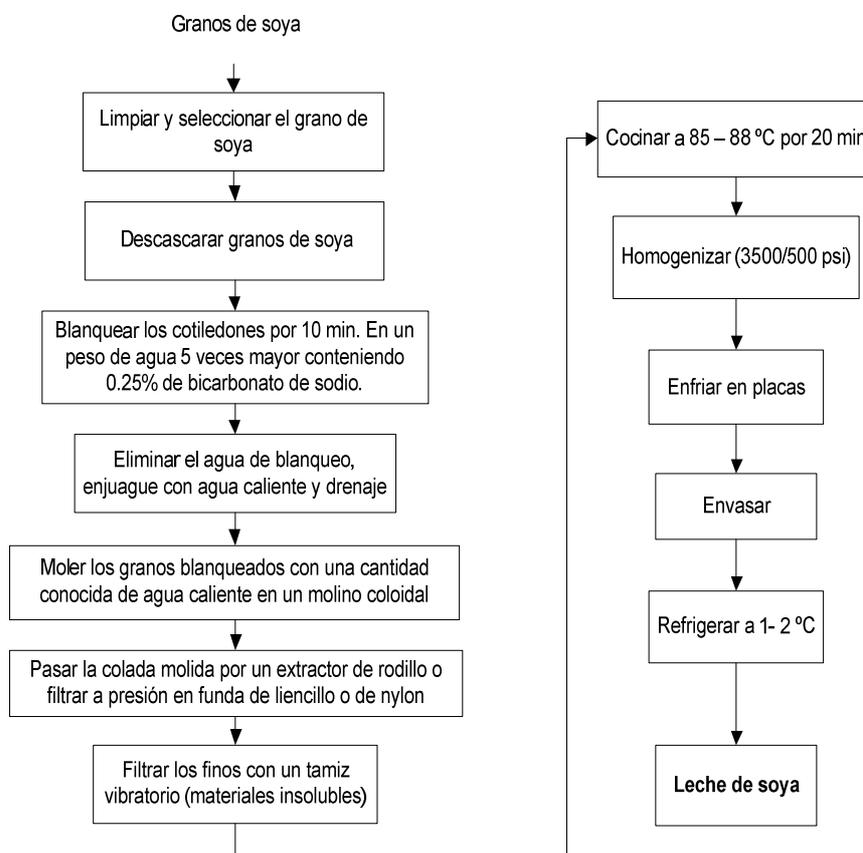


Figura 6. Diagrama esquemático del proceso para la obtención de leche de soya (Dávila, 2003)

La leche de maní es una bebida extraída de los granos de maní, a la cual, en similar forma que a otras leches, se agregan aditivos como saborizantes, colorantes y edulcorantes para mejorar su aceptabilidad en el consumidor.

Al igual que la leche de soya, la leche de maní está destinada a personas que poseen intolerancia a la lactosa o restricciones dietéticas, inclusive para aquellas que no consumen productos de origen animal.

1.4.2.1. Beneficios de la leche de maní

La leche de maní constituye una fuente importante de energía y nutrición para el cuerpo humano, además de ser altamente rica en antioxidantes necesarios para proteger al organismo de radicales libres. Los investigadores han encontrado que el maní, cuando se incluye en la dieta incrementa los valores de magnesio, fibra, cobre, vitamina E y arginina, todos los cuales ayudan a prevenir las enfermedades del corazón (Reardon, 2009).

El maní posee fitonutrientes como el fitosterol, el cual, según últimos estudios, protege de cánceres al colon, seno y próstata. Además, es una rica fuente de ácido oleico, el mismo tipo de grasa presente en el aceite de oliva, que ayuda a la salud cardiovascular y al hígado (Reardon, 2009).

1.4.2.2. Procesamiento de la leche de maní

Para la elaboración de leche de maní, Rustom, 2005., aplica un proceso de extracción de proteína, para el cual define 4 variables que se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10. Condiciones óptimas para la mayor extracción de proteína soluble en el proceso de elaboración de leche de maní

Variable de Proceso	
Relación sólido:agua	1:8
Tiempo de extracción	30 min
Uso de enzima papaína	Sí
pH	8

*Rustom, 2005

En la Figura 7, se indica el diagrama esquemático del proceso para la obtención de leche de maní.

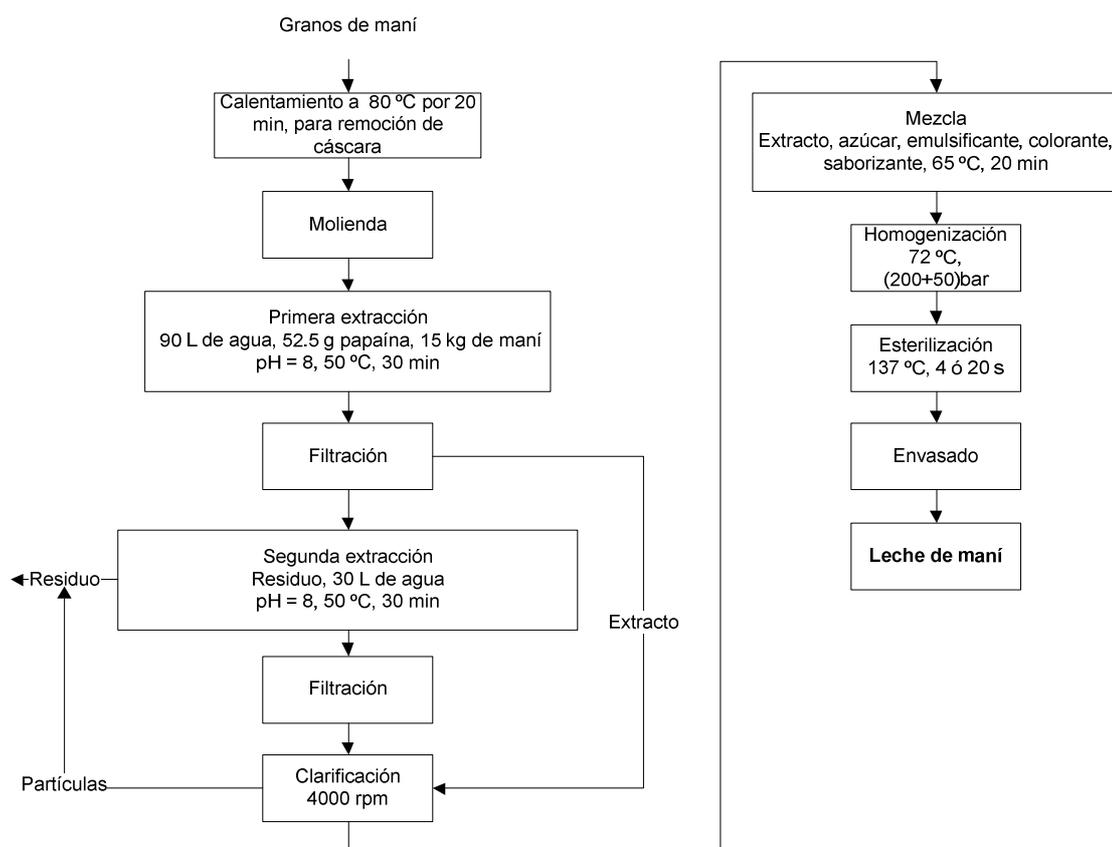


Figura 7. Diagrama esquemático del proceso para la obtención de leche de maní (Rustom, 1995)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

- Quinoa de variedad Real
- Agua potable
- Agua desionizada
- Ácido cítrico 0.1 M
- Ácido clorhídrico al 2.4%
- Cloruro de sodio 0.1 M y 0.7 M
- Fosfato de potasio
- Ácido sulfúrico 10 N
- Solución EDTA
- Hidróxido de sodio 0.75 M
- Molibdato de amonio
- Ácido nítrico
- Papaína de grado alimenticio procedente de SIGMA, con una actividad específica de 1.5 U/mg
- Hidróxido de sodio 0.1 M
- Ácido tricloroacético (TCA) al 5%
- Albúmina de suero bovino (BSA) 98% de pureza
- Estabilizante OBSICREAM LC-4
- Saborizante líquido artificial de vainilla, marca Florarom
- Azúcar

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La bebida se elaboró con quinoa de variedad Real, obtenida en uno de los locales de expendio del Mercado Mayorista de la Ciudad de Quito.



Figura 8. Semillas de quinua

La quinua se lavó con agua potable, en una marmita de acero inoxidable, con agua a presión, para eliminar el contenido de saponinas, como se indica en la Figura 9. Se consideró que las saponinas fueron eliminadas cuando ya no apareció espuma en el agua de lavado.



Figura 9. Lavado de semillas de quinua

Posteriormente al lavado, la quinua se colocó en una estufa, a 50 °C, durante 5 horas, para su secado.

La quinua seca fue sometida a molienda, con el fin de obtener un material fino para facilitar la activación de las fitasas y la extracción de la proteína soluble. La molienda se realizó en un molino de disco, marca Alpine, modelo 160 UPZ.



Figura 10. Secado de semillas de quinua

Se tomó una muestra de la harina de quinua para cuantificar el contenido de proteína, humedad, extracto etéreo, cenizas y fibra dietética total.



Figura 11. Harina de quinua

2.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Para caracterizar físicamente a la harina de quinua se realizó un análisis granulométrico, para el cual, el tamaño de partícula se determinó por tamizado, a través de una serie de tamices, de marca U.S.A Standard Test Sieve, números 40, 50, 70, 80 y 100, los mismos que fueron colocados en un tamizador de marca Portable Sieve Shaker Model RX-24, por el lapso de 10 minutos.

2.2.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

Se realizó el análisis para determinar el contenido de: proteína, humedad, extracto etéreo, cenizas, fibra dietética total y carbohidratos, con los siguientes métodos:

- Proteína: Método AOAC 2001.11, 2005
- Humedad: Método AOAC 925.10, 2005
- Extracto etéreo: Método AOAC 920.85, 2005
- Cenizas: Método AOAC 923.03, 2005
- Fibra dietética total: Método descrito por Asp *et al.*, 1983. Journal of Agriculture and Food Chemical
- Carbohidratos: Método FAO, Food Energy Methods of Analysis and Conversion Factors. FAO AND NUTRITION PAPER Vol. 77.2003.

2.3. PROCESO DE REMOJO

2.3.1. REMOJO DE LA HARINA DE QUINUA

Con el fin de disminuir el contenido de fitatos en la quinua, se siguió el procedimiento descrito por Cisneros, 1995.

Se tomó una muestra de 200 g de harina de quinua, que se acondicionó bajo remojo con agua desionizada, en una relación (p:v) de 1:4, respectivamente.

La mezcla se ajustó a pH 5, con la utilización de ácido cítrico de concentración 0.1 M y posteriormente fue colocada en un baño termostático, de marca GLF, a 55 °C, durante 24 horas; se tomaron muestras a las 0, 1, 2, 3, 4, 6 y 24 horas, que posteriormente se congelaron.

Las muestras congeladas fueron deshidratadas, por liofilización, hasta obtener una humedad del 10%, en un liofilizador Stokes Freeze Dryer. Posteriormente se determinó el contenido de fitatos.

2.3.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FITATOS

El contenido de fitatos de las muestras liofilizadas, se realizó de acuerdo con el método descrito por la AOAC 986.11.2007.

Los fitatos fueron extraídos con HCl. El extracto se mezcló con una solución EDTA-NaOH y luego se hizo pasar a través de una resina de intercambio aniónico. Los fitatos fueron extraídos de la resina con una solución de NaCl, de concentración 0.7 M y llevados a una digestión ácida, con la adición de HNO₃-H₂SO₄ para la liberación del fósforo. El contenido de fitatos se calculó como hexafosfato equivalente. En el ANEXO I se describe el método.

2.4. HIDRÓLISIS DE PROTEÍNA DE QUINUA

Definido el tiempo de remojo necesario para la reducción del contenido de fitatos en la harina de quinua, se procedió a la solubilización de su proteína, por lo que fue sometida a un proceso de hidrólisis, el mismo que se detalla a continuación.

2.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA HIDRÓLISIS DE PROTEÍNA DE QUINUA

Para la hidrólisis de proteína de quinua, se aplicó un diseño factorial 2⁴, es decir, se consideraron cuatro variables de proceso o factores, de dos niveles cada uno. Los factores, con sus correspondientes niveles, se muestran en la Tabla 11.

Se realizaron 16 experimentos con su respectiva réplica, en total, 32 experimentos de acuerdo con el diseño aplicado.

La variable de control fue la cantidad de proteína soluble. Los experimentos fueron llevados a cabo en orden el aleatorio, que se indican en la Tabla 12.

Tabla 11. Variables de proceso y sus correspondientes niveles

Variable de Proceso	Niveles	
	Bajo (-1)	Alto (+1)
Relación sólido:agua	1:4	1:8
Tiempo de extracción	20 min	40 min
Uso de enzima	No	Sí
pH	5	7

Tabla 12. Experimentos para la hidrólisis de proteína de quinua

Número de Experimento	Relación sólido:agua	Tiempo de extracción	Uso de Enzima	pH
1	-1	-1	-1	-1
2	-1	1	1	-1
3	-1	1	-1	1
4	1	1	-1	1
5	-1	-1	1	-1
6	-1	1	1	1
7	-1	-1	-1	1
8	-1	-1	1	1
9	1	-1	-1	-1
10	1	-1	-1	1
11	-1	1	-1	-1
12	1	1	-1	-1
13	1	-1	1	-1
14	1	-1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	-1
17	-1	1	1	1
18	1	-1	-1	-1
19	-1	1	1	-1
20	-1	1	-1	1
21	1	1	-1	-1
22	1	-1	1	-1
23	1	1	1	-1

Tabla 9. Experimentos de la hidrólisis de proteína de quinua (**continuación...**)

Número de Experimento	Relación sólido:agua	Tiempo de extracción	Uso de Enzima	pH
24	1	-1	-1	1
25	-1	-1	-1	-1
26	1	1	1	1
27	-1	-1	1	1
28	-1	-1	-1	1
29	1	1	-1	1
30	-1	-1	1	-1
31	-1	1	-1	-1
32	1	-1	1	1

En los experimentos que incluían el uso de enzima, se utilizó la papaína (EC. 3.4.22.2) procedente de SIGMA, con una actividad específica de 1.5 U/mg.

2.4.2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Para cada uno de los 32 experimentos se realizó el siguiente procedimiento: se tomaron 25 g de harina de quinua, a los cuales se adicionaron 100 mL de agua destilada, en un erlenmeyer de 250 mL; el pH de la mezcla se ajustó a 5, con ácido cítrico 0.1 M y luego se colocó en un baño termostático de marca Precision Scientific, a 55 °C, durante 2 horas.

Posteriormente, se retiró la mezcla del baño termostático y se la sometió a las condiciones mencionadas en la Tabla 9, de acuerdo con el diseño experimental planteado.

Para aquellas muestras que necesitaban ser ajustadas a un pH igual a 7 se utilizó NaOH, de concentración 1 N.

En los experimentos en los que se usó papaína, esta se añadió en la solución, en una proporción de 1 mg papaína / 50 mg proteína de quinua, como lo menciona Rustom, 1995.

La relación sólido:agua se ajustó con la adición de agua destilada.

Posteriormente, cada muestra acondicionada se llevó nuevamente al baño termostático, donde se mantuvo controlada la temperatura a 55 °C y una velocidad de agitación de 130 rpm; cumplido el tiempo de extracción, se retiró la muestra del baño termostático y se llevó a refrigeración.

2.4.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA SOLUBLE

Se tomaron alícuotas de 500 µl de muestra que se mezclaron con 500 µl de ácido tricloroacético (TCA) al 5%; la mezcla se agitó durante 10 min y se centrifugó por 10 min a 12600 rpm en la centrífuga Eppendorf, modelo 5415D. Se desechó el precipitado y en el sobrenadante se determinó la proteína soluble, mediante cuantificación espectrofotométrica a la longitud de onda de 280 nm (Chang, 1998), con ayuda de un espectrofotómetro UV-VIS Shimadzu UV-240. Se realizó una curva de calibración con albúmina de suero bovino (BSA), en función de su concentración y los valores de absorbancia; de esta curva se obtuvo la ecuación para determinar el contenido de proteína soluble.

2.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de las variables del diseño factorial 2^4 , mencionado en el apartado 2.3.1, y los resultados obtenidos de proteína soluble, fueron ingresados en el programa estadístico STATGRAPHICS Plus Version 5.1 para Windows y sometidos a un análisis de varianza ANOVA. Mediante el uso de las herramientas de este programa, como, el gráfico de Pareto y la Respuesta Optimizada, se determinó el efecto (significancia) y los niveles adecuados, de las variables del proceso para la obtención de la mayor cantidad de proteína soluble.

2.5. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO

2.5.1. PRODUCCIÓN A ESCALA DE PLANTA PILOTO

El producto se elaboró a escala de planta piloto en el Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología, DECAB, de la Escuela Politécnica Nacional, por medio de la aplicación de las condiciones de procesamiento que dieron los mejores resultados de los apartados 2.3 y 2.4, como son menor cantidad de fitatos y mayor cantidad de proteína soluble, respectivamente.

Para el proceso de remojo se utilizó una marmita de acero inoxidable, de 10 L de capacidad, y para la agitación, durante el proceso de hidrólisis, se usó un agitador mecánico de hélice Fisher Scientific.

2.5.2. FILTRACIÓN

Concluido el proceso de remojo e hidrólisis de proteína de quinua, a escala de planta piloto, se agregó agua destilada a la solución obtenida, en una proporción de 1:1; es decir, por cada litro de solución, se agregó 1 L de agua.

Posteriormente, se filtró el producto en una centrífuga Westfalia tipo LWA 205 y se obtuvo la leche y un producto residual, identificado como torta de quinua.

2.5.3. HOMOGENIZACIÓN

Para la homogenización, la leche de quinua obtenida del proceso de filtración se hizo pasar por un molino coloidal por tres veces, como se indica en la Figura 12.

2.5.4. ADICIÓN DE ESTABILIZANTE EN LA LECHE DE QUINUA

Se utilizó el producto estabilizante para leches pasteurizadas OBSICREAM LC-4®, que se aplicó a la leche de quinua a una temperatura de 85 °C, con agitación

constante durante 20 minutos.



Figura 12. Homogenización de la leche de quinua

Se realizaron tres pruebas para determinar la cantidad adecuada de estabilizante. En la Tabla 13, se indica la cantidad de estabilizante utilizada para cada prueba.

Se escogió la cantidad que produce menor porcentaje de sedimentación.

Tabla 13. Pruebas de cantidad de estabilizante

Prueba	Cantidad Estabilizante (% en peso)
A	0.0
B	0.3
C	0.6

2.5.5. ADICIÓN DE SABORIZANTE EN LA LECHE DE QUINUA

La leche de quinua fue preparada con saborizante líquido artificial de vainilla, marca Florarom®, en una cantidad del 0.08%, en volumen, como indica su hoja técnica.

2.5.6. ADICIÓN DE AZÚCAR EN LA LECHE DE QUINUA

La adición o no, de azúcar en la leche de quinua se definió con base en las características finales de la leche obtenida.

2.5.7. PASTEURIZACIÓN EN BOTELLAS DE VIDRIO Y PET

La leche de quinua se pasteurizó durante 10 min, a una temperatura de 85 °C, con la ayuda de una marmita de acero inoxidable de 10 l de capacidad. Posteriormente, se enfrió y se envasó en botellas de vidrio con tapa hermética y en botellas PET.

2.5.8. ESTERILIZACIÓN EN BOTELLAS DE VIDRIO Y LATAS

Para someter a la leche de quinua al proceso de esterilización, fue necesario envasar y sellar el producto en botellas de vidrio y latas de 400 mL de capacidad, posteriormente, se llevó a un autoclave New Brunswick Scientific AE 1510 para su esterilización.

Para determinar las condiciones de este proceso se colocaron, en el autoclave, 2 latas con sensores, por medio de los cuales se monitorizó, cada minuto, la temperatura del autoclave y la temperatura del producto envasado, como también el factor de letalidad. Estos datos se generaron a través de un instrumento que permite medir la penetración del calor en productos envasados y, a la vez, indica el factor de letalidad en función del avance del tiempo de esterilización, de marca Ellab AS, modelo DK-2610.

Se tomó como tiempo necesario del proceso aquel que mostró un factor de letalidad mayor a 2.5 que es el que corresponde al *Clostridium botulinum*, para alimentos de baja acidez (Sgromo, 2004).



Figura 13. Envasado y sellado de la leche de quinua

2.6. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y NUTRICIONAL DEL PRODUCTO FINAL

2.6.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Medición de pH

El pH de la leche de quinua fue medido a través de un pH metro electrónico, marca ORION 210A.

Acidez titulable

El análisis de acidez titulable se realizó de acuerdo con el método AOAC 950.15.2005.

Porcentaje de sedimentación

Para determinar el porcentaje de sedimentación, se tomaron 100 ml de leche de quinua y se colocaron en una probeta graduada; se dejó en reposo, durante 24 horas, se tomó la lectura del volumen de equilibrio del sedimento y se aplicó la ecuación [1] para calcular el porcentaje de sedimento:

$$F = \frac{V_u}{V_o} \times 100 \quad [1]$$

Donde:

- F = % de sedimento
Vu = Volumen de equilibrio del sedimento
Vo = Volumen total de la solución

Color

La determinación del color fue realizada a través de un colorímetro Minolta, modelo CR-200, con el cual se tuvieron las lecturas de la luminosidad del color L, y las coordenadas a y b, de la esfera cromatográfica, que corresponden a la saturación y al matiz, respectivamente.

Sólidos solubles

Los sólidos solubles fueron cuantificados a través de grados Brix, con la ayuda de un brixómetro, marca HandHeld Atago.

2.6.2. ANÁLISIS QUÍMICO

Se realizó la determinación del contenido de proteína, humedad, extracto etéreo, cenizas, fibra, betacarotenos, carbohidratos, energía, calcio y hierro con los siguientes métodos:

- Proteína: Método AOAC 2001.11.2005
- Humedad: Método AOAC 925.10.2005
- Extracto etéreo: Método AOAC 945.38.2005
- Cenizas: Método AOAC 923.03.2005
- Fibra: Método AOAC 985.29.2000
- Betacarotenos: Método AOAC 2001.13

- Carbohidratos: Método FAO, Food Energy Methods of Analysis and Conversion Factors. FAO AND NUTRITION PAPER Vol. 77.2003.
- Energía: Método NORMA INEN 1 334-2:2000
- Calcio: Método AOAC 927.02.2000
- Hierro: Método AOAC 999.11.2005

2.6.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se determinó el contaje total de aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras con los siguientes métodos:

- Aerobios mesófilos: Método INEN 1529-5
- Coliformes totales: Método INEN 1529-7
- Mohos y Levaduras: Método INEN 1529-10

2.6.4. CARATERIZACIÓN DE LA TORTA DE QUINUA (SUBPRODUCTO)

Se determinó el contenido de proteína, humedad, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda y carbohidratos de la torta de quinua, con los siguientes métodos:

- Proteína: Método AOAC 2001.11.2005
- Humedad: Método AOAC 934.01.2005
- Extracto etéreo: Método AOAC 920.85, AOAC 920.39.2005
- Cenizas: Método AOAC 923.03.2005
- Fibra cruda: Según el Método I.C.C. ESTÁNDAR # 113 Ed. 2001
- Carbohidratos: Método FAO, Food Energy Methods of Analysis and Conversion Factors. FAO AND NUTRITION PAPER Vol. 77.2003.

2.7. ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD

Para el análisis de aceptabilidad se realizó una prueba de degustación de la leche de quinua. Se consultó el grado de aceptación del producto, por medio de la aplicación de una escala hedónica de 7 niveles, que se detalla en la Tabla 14. También se indagó acerca del consumo o no, de bebidas de origen vegetal y sobre el interés de comprar el producto.

Tabla 14. Escala hedónica utilizada en el análisis de aceptabilidad de leche de quinua

Me gusta mucho	
Me gusta	
Me gusta poco	
Ni me gusta ni me disgusta	
Me disgusta poco	
Me disgusta	
Me disgusta mucho	

Se realizó un total de 60 encuestas, a personas mayores de 15 años, tanto a hombres, como a mujeres.

El modelo de la encuesta de aceptabilidad se encuentra en el ANEXO II.

2.8. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL PRODUCTO FINAL

2.8.1. PARÁMETROS DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD

El estudio de estabilidad se realizó sobre el producto final (leche de quinua) envasado y sellado en latas; el mismo que fue sometido a tres condiciones de temperatura: 8 °C (temperatura de refrigeración), 20 °C (temperatura ambiente) y 35 °C, durante 45 días.

Las muestras, almacenadas a 8 °C, fueron colocadas en los cuartos fríos de la Planta Piloto del DECAB; mientras que, las que debían permanecer a temperatura ambiente (20 °C) fueron almacenadas en los laboratorios del DECAB.

Para la muestras almacenadas a 35 °C, se utilizó una cámara de almacenamiento de marca SEMATEC, a 90 % de humedad relativa

2.8.2. VARIABLES DE CONTROL

Se tomaron muestras de las diferentes condiciones de almacenamiento a los 0, 15, 30 y 45 días, a las cuales se realizaron los siguientes análisis:

2.8.2.1. Análisis físico-químico

Se realizaron análisis de color, pH, acidez titulable, sólidos solubles y sedimentación, con los métodos mencionados en el apartado 2.6.1.

2.8.2.2. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó a través de la comparación de las muestras almacenadas a las diferentes temperaturas con una muestra de referencia, que en este estudio correspondió a aquella que fue almacenada en la cámara de refrigeración a 8 °C.

La metodología aplicada fue la siguiente:

Las muestras de las diferentes condiciones de almacenamiento fueron colocadas en vasos transparentes, en iguales cantidades, y entregadas a los doce panelistas, junto con la muestra de referencia, para que realicen la comparación.

La diferencia entre las muestras a analizar respecto a la muestra de referencia se cuantificó mediante un porcentaje señalado por el panelista en una línea de 10

cm; la referencia (R) se ubicó en la mitad (Witting, 1998). Los atributos analizados fueron: color, aroma y amargor. El formulario utilizado en estas pruebas se indica en el ANEXO III.

Debido a que cada panelista tuvo que analizar tres muestras, en la misma sesión, se aplicó un diseño de bloques completos equilibrados (Costell y Duran, 1981), el mismo que se indica en el ANEXO IV.

2.8.2.3. Análisis microbiológico

Se llevaron a cabo contajes de aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras en cada una de las latas sometidas a las diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento; es decir, a los 8, 20 y 35°C; y, a los 0, 15, 30 y 45 días, con la aplicación de los métodos mencionados en el apartado 2.6.3.

2.8.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de las variables del estudio de estabilidad (variables del proceso), como son las temperaturas y tiempos de almacenamiento; así como, los resultados obtenidos (variables de control) de pH, acidez titulable, sólidos solubles, color, porcentaje de sedimentación; y, aquellos obtenidos del análisis sensorial (atributo color, atributo aroma, atributo amargor) de las diferentes condiciones de almacenamiento, fueron ingresados en el programa estadístico STATGRAPHICS Plus Versión 5.1 para Windows y sometidos a un análisis de varianza ANOVA. Se determinó el efecto (significancia) que tienen las variables del proceso sobre cada una de las variables de control. Los gráficos del análisis estadístico reflejaron los promedios de los datos obtenidos de las variables de proceso en las diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento, como también la desviación estándar existente entre los promedios mencionados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

3.1.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Los resultados del análisis granulométrico de la harina de quinua se muestran en la Figura 14, el cual indica que el 91.98% de la harina posee un tamaño de partícula menor a 212 μm , y el 8.02% restante, un tamaño mayor a 212 μm ; con lo que se obtuvo un porcentaje mayoritario de harina fina, según la clasificación de harinas expuesta por Sandoval, 2005, que cataloga como harina fina, aquella que tiene partículas de tamaño menor a 212 μm y como harina gruesa, la que tiene partículas de tamaño mayor a 212 μm . En el Anexo V, se muestran los resultados del perfil granulométrico obtenido.

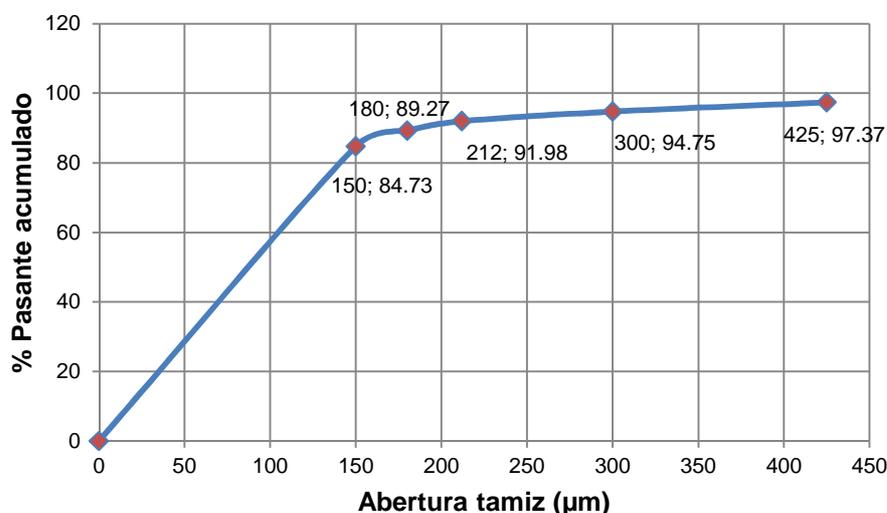


Figura 14. Tamaño de partícula de la harina de quinua

3.1.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

Los resultados del análisis proximal realizado en la harina de quinua se detallan en la Tabla 15, en la cual se puede determinar como componentes mayoritarios al contenido de carbohidratos, seguido por el de proteína y de humedad.

Tabla 15. Composición química de la harina de quinua

Analito	Unidades	Resultados
Humedad	%	14.15 ± 0.01
Proteína	%	10.66 ± 0.22
Extracto etéreo	%	4.69 ± 0.06
Cenizas	%	2.00 ± 0.07
Fibra dietética total	%	7.35 ± 0.36
Carbohidratos	%	68.50 ± 0.00

*Media ± DS ; n=2

El contenido de proteína se encuentra dentro de los parámetros mencionados por Risi y Galwey (1984), que indican que varía desde el 8 al 22%; mientras que, el alto contenido de carbohidratos también se confirma con los resultados de De Bruin (1964), que lo ubican entre el 67 y 74%.

3.2. PROCESO DE REMOJO BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Los resultados obtenidos del proceso de remojo para la disminución del contenido de fitatos en las semillas de quinua se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Contenido de fitatos (mg/g), con respecto al tiempo de remojo

Tiempo de remojo (horas)	Contenido de fitatos (mg/g)
0	8.85 ± 0.19
1	3.45 ± 0.24
2	3.19 ± 0.02
3	3.16 ± 0.22
4	3.51 ± 0.13
6	3.40 ± 0.04
24	3.40 ± 0.26

*Media ± DS ; n=2

En la Figura 15, se observa que el contenido de fitatos en el transcurso de la primera hora de remojo disminuye rápidamente en un 61,02%; dato que es similar

a lo expuesto por Cisneros, 1995, que establece que en la primera hora de remojo existe una disminución del 60%.

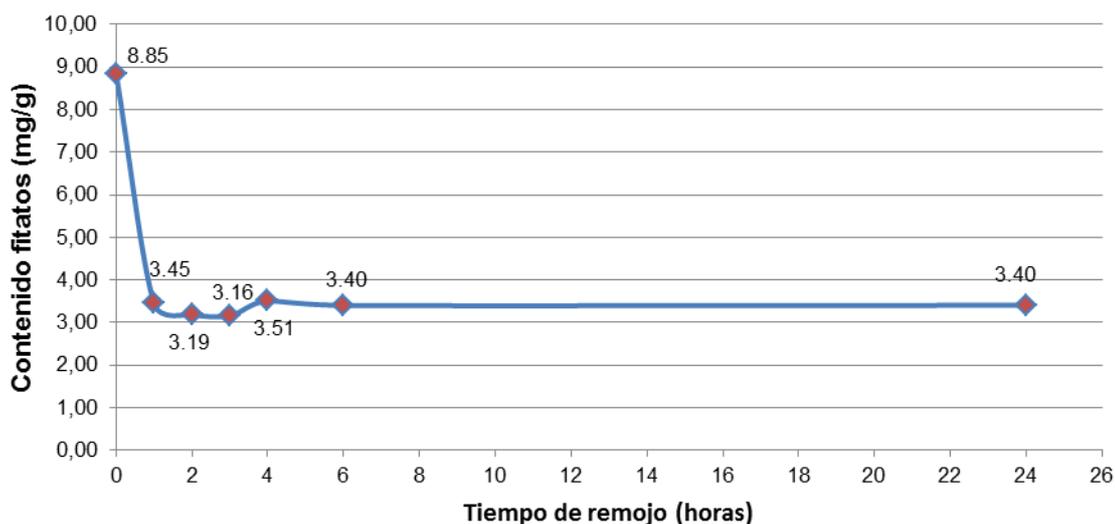


Figura 15. Disminución del contenido de fitatos en la harina de quinua

A partir de la primera hora, en adelante, se determinó que estadísticamente no hubo variación significativa en el contenido de fitatos; lo que también se demuestra en el gráfico, con la formación de una curva asintótica hasta finalizar las 24 horas de tratamiento, donde se obtuvo una reducción del contenido de fitatos del 61.58%.

Se estableció que el tiempo necesario para la reducción significativa del contenido de fitatos es de 1 hora, bajo remojo, a un pH igual a 5 y a 55 °C.

3.3. SOLUBILIZACIÓN DE PROTEÍNA DE LA HARINA DE QUINUA

3.3.1. CURVA DE CALIBRACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA SOLUBLE

En la Tabla 17, se presentan los valores de la concentración de albúmina de suero bovino y sus respectivas lecturas de absorbancia a 280 nm, que se

utilizaron para construir la curva de calibración, necesaria para determinar la concentración de proteína soluble.

Tabla 17. Datos de concentración de BSA (mg/g) y su absorbancia

Concentración BSA mg/g	Absorbancia 280 nm
0.000	0.000
0.150	0.068
0.304	0.150
0.456	0.232
0.756	0.414
1.498	0.823

La Figura 16 muestra los valores obtenidos de la absorbancia a 280 nm en función de la concentración de albúmina de suero bovino. A través de la linealización de estos valores (curva de calibración), se obtiene la ecuación 2:

$$y = 0.5565x - 0.0125 \quad [2]$$

Donde:

y: valores de absorbancia a 280 nm

x: valores de concentración de BSA (mg/g)

Debido a que se desea determinar la concentración de proteína soluble (mg/g), de la ecuación 2 se despeja x, y se tiene:

$$x = 1.7969y + 0.0225 \quad [3]$$

Por lo tanto, la ecuación [3] se aplicará en la cuantificación espectrofotométrica de proteína soluble.

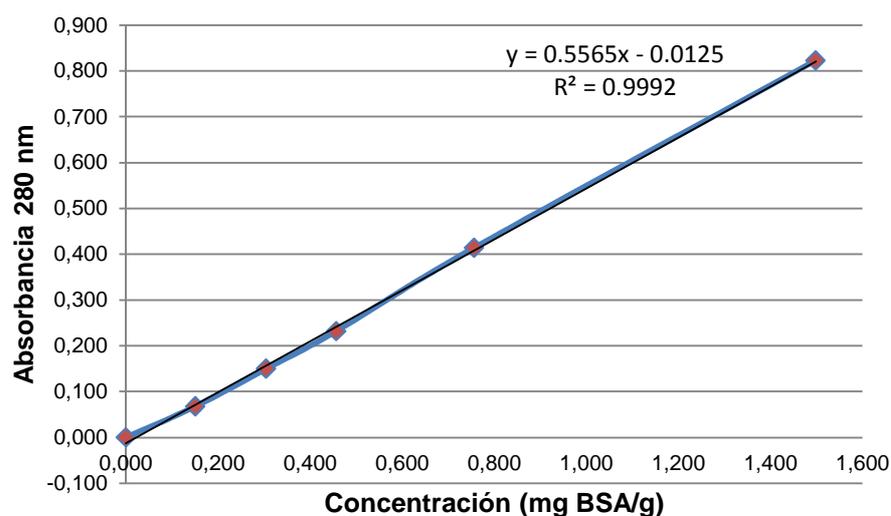


Figura 16. Curva de calibración con BSA para la determinación de la concentración de proteína soluble.

3.3.2. CUANTIFICACIÓN DE PROTEÍNA SOLUBLE

De los 32 experimentos que se corrieron aleatoriamente en el proceso de hidrólisis se obtuvieron los resultados de proteína indicados en la Tabla 18. En el Anexo VI se detallan los valores para el cálculo de proteína soluble.

Tabla 18. Cantidad de proteína obtenida en cada experimento de la hidrólisis realizada

Numero de Experimento	Proteína (mg/mL)
1	96.65
2	98.63
3	86.20
4	62.72
5	102.55
6	87.47
7	111.42
8	103.60
9	68.46
10	40.62

Tabla 18. Cantidad de proteína obtenida en cada experimento de la hidrólisis realizada (**continuación...**)

Número de Experimento	Proteína (mg/mL)
11	100.15
12	67.30
13	41.49
14	42.02
15	62.87
16	62.49
17	86.12
18	69.70
19	93.64
20	86.95
21	63.00
22	41.11
23	61.58
24	42.95
25	95.28
26	62.66
27	99.45
28	108.04
29	67.10
30	102.33
31	95.64
32	39.70

3.3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de proteína indicados en la Tabla 18, fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA por medio del programa estadístico STATGRAPHICS Plus Version 5.1, para Windows, como se indicó en el numeral 2.4.4. Los resultados obtenidos se indican en la Tabla 19.

Tabla 19. Análisis de varianza de los valores obtenidos de proteína soluble de los 32 experimentos realizados

Variable	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A: Relación sólido : agua	13544,0	1	13544.0	132.38	0.0000
B: Tiempo extracción	47.9025	1	47.9025	0.47	0.4999
C: Uso de enzima	173.341	1	173.341	1.69	0.2045
D: pH	153.677	1	153.677	1.50	0.2313
Bloques	11,7586	1	11,7586	0,11	0,7373
Error total	2660,15	26	102,313		

El ANOVA estudia el efecto de las 4 variables de proceso en la obtención de proteína soluble; es decir divide la variabilidad de las cantidades de proteína soluble en distintos segmentos separados para cada uno de los efectos.

Se puede observar en la Tabla 19, que el p-valor de los datos de la variable relación sólido:agua, es inferior a 0.05, es decir existe diferencia significativa al 95% de nivel de confianza, entre los datos obtenidos de concentración de proteína soluble, tanto de la aplicación de la relación sólido:agua de 1:4, como de la relación sólido:agua de 1:8. Se determinó que esta variable influye directamente en el proceso de solubilización de proteína.

Por lo tanto, este análisis indica que si la relación sólido:agua aumenta, la cantidad de proteína soluble obtenida disminuye (Figura 17), lo cual difiere con lo establecido por Rhee *et al.*, 1972, que indica que en la extracción de proteína soluble de maní, al aumentar la relación sólido:agua, la cantidad de proteína soluble aumenta.

En la Figura 18, se muestra un diagrama de Pareto, que indica el efecto de las 4 variables del proceso. Se observa que, el uso de enzima, pH y tiempo de extracción, según el ANOVA realizado, son variables que no afectan en el proceso de solubilización de proteína, por tener p-valores superiores a 0.05, es

decir, los resultados obtenidos por la aplicación de los diferentes niveles de estas variables, no son significativos estadísticamente.

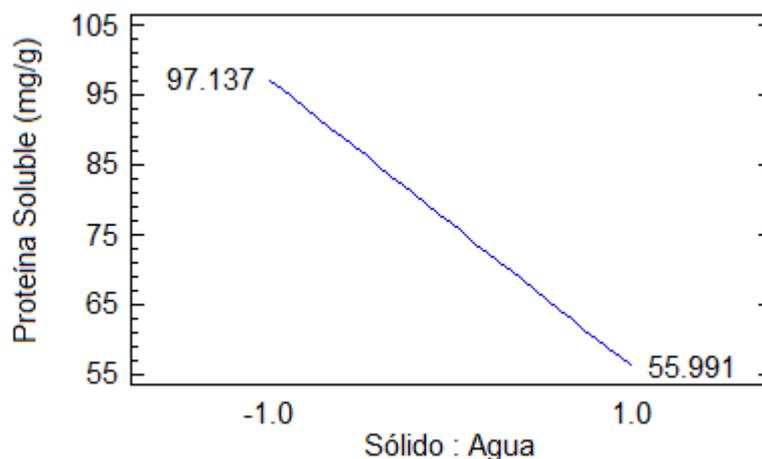


Figura 17. Efecto significativo de la relación sólido:agua en el proceso de solubilización de proteína

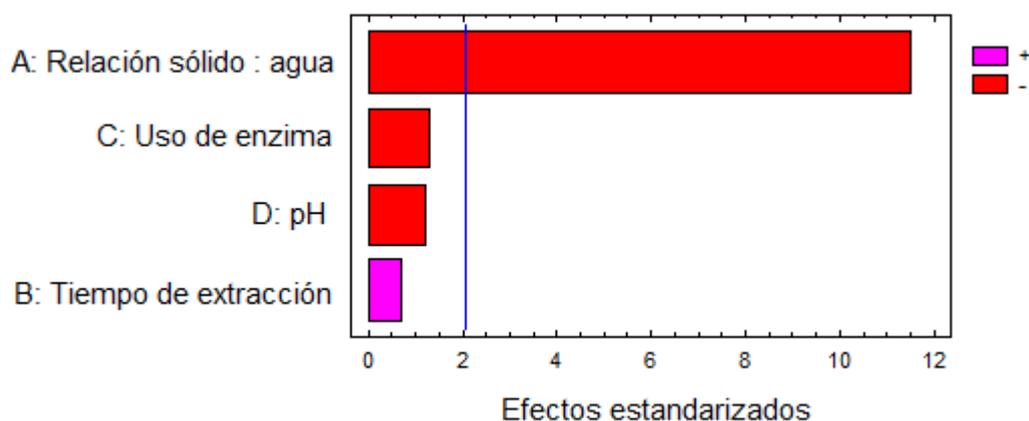


Figura 18. Gráfico de Pareto del efecto de las variables del proceso en la solubilización de proteína.

Condiciones para la mayor extracción de proteína soluble

Las condiciones para la mayor extracción de proteína soluble fueron determinadas a través de la opción de Respuesta Optimizada del programa STATGRAPHICS Plus Version 5.1, para Windows, por medio de la cual se determinó que para obtener la mayor cantidad de proteína soluble (102.87 mg/mL), se deben aplicar las condiciones mostradas en la Figura 19.

Respuesta Optimizada			

Meta: maximizar Proteína Soluble			
Valor Optimo = 102.879			
Factor	Inferior	Mayor	Optimo

Sólido : Agua	-1.0	1.0	-1.0
Tiempo Extraccion	-1.0	1.0	1.0
Hidrólisis Enzimático	-1.0	1.0	-1.0
pH	-1.0	1.0	-1.0

Figura 19. Condiciones óptimas para la mayor extracción de proteína soluble (Statgraphics Plus Version 5.1)

Los valores mostrados en la Figura 19 se traducen en la Tabla 20.

Tabla 20. Condiciones óptimas para la mayor extracción de proteína soluble

Variable de Proceso	Niveles	
	Bajo (-1)	Alto (+1)
Relación sólido:agua	1:4	-
Tiempo de extracción	-	40 min
Uso de enzima	No	-
pH	5	-

Los valores de las condiciones óptimas detalladas en la Tabla 20, difieren de las condiciones establecidas por Rustom, 2005 (Tabla 10), esto se justificaría por el tipo de proteína, en cuanto se refiere a solubilidad, que posee la quinua y el maní.

Rhee *et al.*, 1972, manifiestaron que, la extracción de proteína de maní podría aumentar si la relación sólido:agua se incrementa a 1:20. Rustom, 2005, utiliza una relación de 1:8. De acuerdo con los datos obtenidos, este argumento no aplica para la solubilización de la proteína de quinua, la cual disminuye en función del aumento de la cantidad de agua en la relación.

Existe diferencia en el pH aplicado, debido que, el 90% de la proteína de maní, son globulinas y 10% albúminas (Mc Watters *et al.*, 1976): mientras que, la

proteína de quinua presenta 45% de globulinas y albúminas, 23% de prolaminas y 32% de glutelinas (Scarpati, 1980). La solubilidad de las globulinas aumenta cuando el pH del medio de extracción es alcalino (Rustom, 1995), esto podría justificar que, en la solubilización de proteína de maní, se use un pH igual a 8.

Por ser el contenido de globulinas en la quinua, menor al del maní, por la presencia de glutelinas, las cuales son solubles en soluciones ácidas y, de acuerdo con los datos obtenidos del análisis estadístico realizado, el pH óptimo para la solubilización de proteína de quinua es igual a 5.

A pesar de que el tiempo de extracción obtenido, difiere del establecido por Rustom, 2005, el efecto de esta variable tanto para el caso de la solubilización de proteína de quinua como la de maní, no es significativa.

3.4. EFECTO DEL ESTABILIZANTE EN LA LECHE DE QUINUA

Los resultados de las tres pruebas realizadas, que muestran el efecto del estabilizante OBSICREAM LC-4® en la leche de quinua se indican en la Tabla 18. Se puede observar que, la prueba A, presenta el menor porcentaje de sedimentación. Se evidenció la existencia de precipitación de proteínas y sólidos de la leche de quinua (separación de fases), debido a la ausencia de estabilizante.

Tabla 21. Porcentajes de sedimentación de las pruebas realizadas con tres cantidades de estabilizante OBSICREAM LC-4® en la leche de quinua

Prueba	Cantidad de estabilizante (% en peso)	Porcentaje de sedimentación (%)
A	0.0%	82.5 ± 2.1
B	0.3%	98.5 ± 0.7
C	0.6%	96.0 ± 1.4

*Media ± DS ; n=2

Las pruebas B y C presentan los mayores porcentajes de sedimentación, debido a la presencia del estabilizante OBSICREAM LC-4.

Debido a que el porcentaje de sedimentación de la prueba B fue el mayor comparado con la prueba A y prueba C, se seleccionó esta cantidad como la apropiada para la formulación de la leche de quinua. Además, la cantidad de estabilizante seleccionada (0.3%) está dentro del rango recomendado de dosificación, el mismo que va del 0.2 al 0.3% en peso.

A pesar que la prueba C tuvo la mayor cantidad de estabilizante de las 3 pruebas realizadas, el resultado indicó un menor porcentaje de sedimentación comparado con la prueba B y mayor a la Prueba A, esto se debería al hecho de que la cantidad de estabilizante (0.6%) está fuera del rango de dosificación recomendada para la acción efectiva del estabilizante.

3.5. ADICIÓN DE AZÚCAR EN LA LECHE DE QUINUA

No fue necesaria la adición de azúcar, ya que para enmascarar el amargo, característico de la quinua, fue suficiente la utilización del saborizante mencionado en el apartado 2.5.5.

3.6. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE PASTEURIZACIÓN Y ESTERILIZACIÓN

3.6.1. PASTEURIZACIÓN

El proceso de pasteurización para la obtención de leche de quinua en botellas de vidrio y PET, no fue el adecuado, ya que existió una descomposición química del producto a los 2 días de haber sido pasteurizado; por lo que se optó por el proceso de esterilización.

3.6.2. ESTERILIZACIÓN

En el proceso de esterilización, la utilización de botellas de vidrio mostró problemas en el empaque de las tapas de sellado, por ello se produjo fallas en la hermeticidad y el ingreso del agua del autoclave a las botellas. Por este motivo, se optó por el uso de latas cuyas propiedades mecánicas eran las adecuadas para el proceso de esterilización.

En la Figura 20, se puede observar la gráfica de la temperatura (°C) vs el tiempo (min) del proceso de esterilización. En él también se observa la curva del factor de letalidad, la misma que indica el tiempo en el cual se llega al factor de 2.5 que es el que corresponde al *Clostridium botulinum* (Sgromo, 2004). Para la leche de quinua se tomó el valor de 3.0, ya que factores de letalidad más altos afectarían las características organolépticas del producto, como el color y el amargor.

Se ha considerado como tiempo inicial del proceso, al tiempo en el cual el autoclave aproximadamente marca 121 °C (10 min), y como tiempo final del proceso, el tiempo al cual el factor de letalidad llega a 3.0 (30 min); por lo tanto el tiempo total del proceso determinado fue de 20 minutos (ANEXO VII).

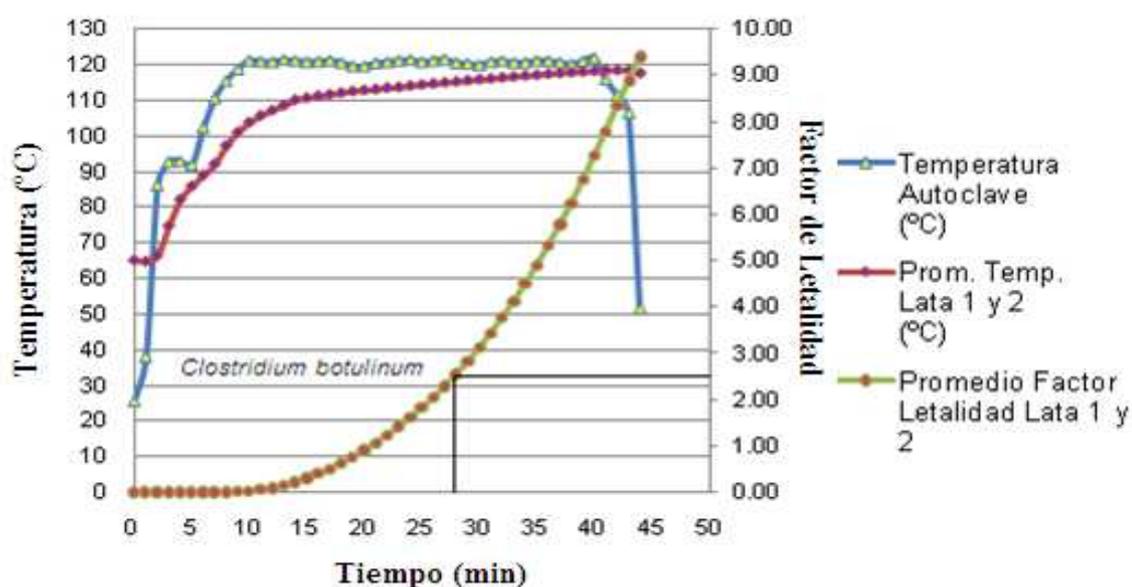


Figura 20. Variación de la temperatura del autoclave y de las latas y del factor de letalidad con respecto al tiempo.

3.7. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DESARROLLADA PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE QUINUA

La tecnología aplicada para la producción de leche de quinua se muestra en la Figura 21.

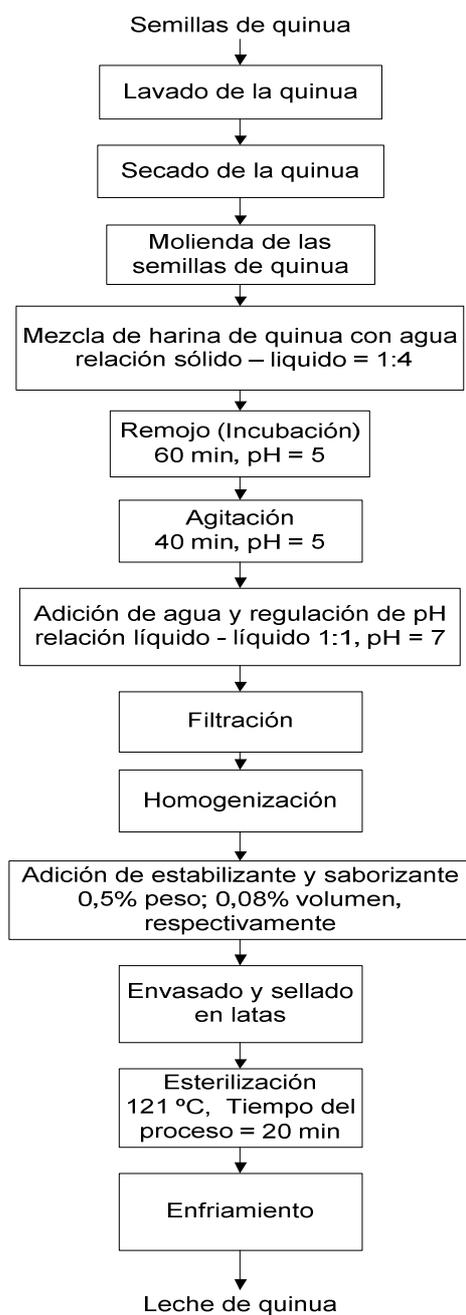


Figura 21. Diagrama de flujo del proceso de producción de leche de quinua

3.8. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

De los análisis realizados a la leche de quinua se obtuvieron las características mostradas en la Tabla 22.

Tabla 22. Caracterización de la leche de quinua

Analito	Unidades	Resultados
Humedad	%	90.96 ± 4.55
Proteína	%	1.16 ± 0.06
Extracto etéreo	%	0.49 ± 0.02
Cenizas	%	0.26 ± 0.01
Fibra	%	0.42 ± 0.02
Carbohidratos	%	7.13 ± 0.36
Energía	kcal/100 g	159.00 ± 7.95
Betacarotenos	µg/100 g	14.70 ± 0.74
Calcio	%	0.01 ± 0.00
Hierro	mg/100 g	0.69 ± 0.03

*Media ± DS ; n=2

Como se observa en la Tabla 22, la cantidad de proteína y extracto etéreo de la leche de quinua comparada con la mencionada por Tanteeratarm, 1994, (Tabla 8) en la leche de soya, es menor, debido a que la soya como materia prima posee aproximadamente 38% de proteínas y 18% de extracto etéreo (Wagner, 2008); mientras que, la harina de quinua utilizada como materia prima presenta 10.66% de proteína y 4.69% de grasa, cantidades que son menores a las de la soya.

En cuanto a la cantidad de carbohidratos, el porcentaje es mayor, debido a que la harina de quinua utilizada en el proceso posee 68.5% de carbohidratos, cantidad que comparada con la de Wagner, 2008, en el grano de soya (28% de carbohidratos) es mayor.

Caracterización de la torta de quinua (subproducto)

Dentro del proceso de producción de la leche de quinua, se tiene el proceso de filtración, el cual se realizó a través de una centrífuga Westfalia tipo LWA 205, como resultado de este proceso se tuvo un subproducto, definido en este estudio como torta de quinua; de los análisis realizados de esta torta se obtuvieron los resultados que se indican en la Tabla 23.

Los datos allí mostrados, comparados con los datos de la composición de la harina de quinua en la Tabla 15, muestran un subproducto con un porcentaje mucho menor de proteína, extracto etéreo y carbohidratos, lo que indica que el proceso aplicado a la producción de leche de quinua causó una disminución en los mencionados analitos en el subproducto.

Tabla 23. Caracterización de la torta de quinua

Analito	Unidades	Resultados
Humedad	%	76.87 ± 3.84
Proteína	%	3.37 ± 0.16
Extracto etéreo	%	1.47 ± 0.07
Cenizas	%	0.53 ± 0.02
Fibra cruda	%	1.67 ± 0.08
Carbohidratos	%	17.76 ± 0.00

*Media ± DS ; n=2

3.9. ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD

Los resultados obtenidos en el test de aceptación sensorial de la leche de quinua se muestran en la Tabla 24; que indican que, en función de la escala hedónica aplicada, al 8.33% de las personas les gusta mucho el producto, al 29.33 % le gusta, al 25.00 % le gusta poco, al 13.33 % ni le gusta ni le disgusta, al 5.00 % le disgusta poco, al 15.00% le disgusta, al 5.00% le disgusta mucho. Lo que quiere decir, que de las 60 personas encuestadas, 37 están en el rango de agrado del producto, 15 en el de desagrado y para 8 les es indiferente.

En cuanto a los resultados obtenidos en la consulta acerca de si existe el consumo o no de bebidas de origen vegetal en los encuestados (Figura 32), se

tiene que el 46.67 % (28 personas) las consumen, mientras que el 53.33 % (32 personas) no.

Tabla 24. Porcentajes del grado de aceptación en la escala hedónica aplicada en el test de aceptación sensorial.

Escala	Número de personas	Porcentaje %
Me gusta mucho	5	8.33
Me gusta	17	29.33
Me gusta poco	15	25.00
Ni me gusta ni me disgusta	8	13.33
Me disgusta poco	3	5.00
Me disgusta	9	15.00
Me disgusta mucho	3	5.00
TOTAL	60	100.00

De acuerdo con el test de aceptación sensorial de la leche de quinua, se tiene que 35 personas comprarían este producto, número que representa el 58.33 % del total de encuestados; mientras que, 25 personas, es decir el 41.67 %, no lo harían.

Las principales observaciones, hechas en el test de aceptación sensorial de la leche de quinua, expuestas por los encuestados se relacionan principalmente con el sabor y el olor del producto; sugieren que sería más aceptable si la leche tendría otro sabor y olor con lo cual se podría eliminar los de la quinua; mientras que, por otro lado, los encuestados manifiestan que es una buena alternativa para sustituir a los productos tradicionales como la leche de vaca.

Con los resultados obtenidos, se determina que la leche de quinua elaborada, es un producto con buena probabilidad de aceptación en el mercado. Sin embargo, no existe una cultura definida de consumo de bebidas de origen vegetal, lo cual constituye uno de los inconvenientes para el éxito de este producto.

3.10. ESTUDIO DE ESTABILIDAD

3.10.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

3.10.1.1. pH

En la Tabla 25, se indican los valores de pH obtenidos en la leche de quinua, durante los 45 días de estudio, en las diferentes temperaturas de almacenamiento.

Tabla 25. Valores de pH a las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperatura de almacenamiento		
	8 °C	20 °C	35 °C
0	6.72 ± 0.00	6.72 ± 0.00	6.72 ± 0.00
15	6.72 ± 0.00	6.68 ± 0.00	6.65 ± 0.00
30	6.71 ± 0.00	6.67 ± 0.00	6.66 ± 0.00
45	6.69 ± 0.00	6.67 ± 0.00	6.65 ± 0.00

*Media ± DS ; n=2

Como se observa en la Figura 22, el pH de la leche de quinua disminuye levemente, en función del aumento de la temperatura de almacenamiento. Sin embargo, esta variación no es importante, ya que, del análisis estadístico realizado, se obtiene que la temperatura de almacenamiento no influye significativamente en el pH de la leche de quinua durante los 45 días de estudio, debido que presenta un p-valor mayor a 0.05, lo cual indica que esta variable, no es significativa al 95% de nivel de confianza. Los resultados del análisis estadístico se detallan en el ANEXO VIII.

De acuerdo con el análisis de varianza, el tiempo de almacenamiento, al igual que la temperatura de almacenamiento, no influye significativamente en el pH de la leche de quinua. El análisis estadístico, para el tiempo de almacenamiento, muestra un p-valor mayor a 0.05; es decir, esta variable no es estadísticamente

significativa al 95% de nivel de confianza (ANEXO IX). La variación del pH respecto al tiempo de almacenamiento se muestra en la Figura 23.

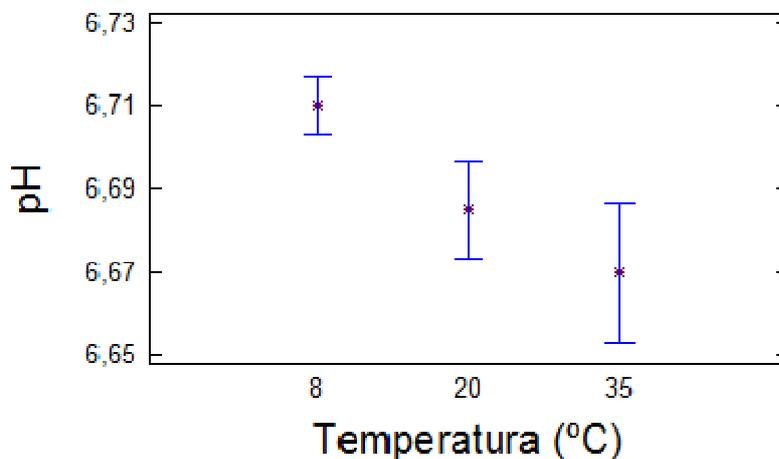


Figura 22. Medida de pH respecto a la temperatura

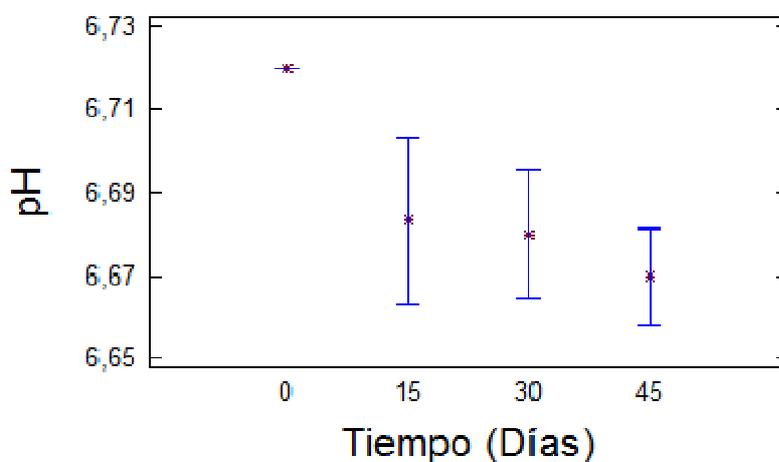


Figura 23. Medida de pH respecto al tiempo de almacenamiento

3.10.1.2. Acidez titulable

En la Tabla 26, se muestran los resultados obtenidos de acidez titulable de la leche de quinua, en las diferentes temperaturas de almacenamiento.

El análisis de varianza indica que la temperatura de almacenamiento no tiene influencia sobre el parámetro de acidez titulable, ya que muestra un p-valor

superior a 0.05, por lo que esta variable no es estadísticamente significativa, con un nivel de confianza del 95%. Los resultados de este análisis se detallan en el ANEXO X.

Tabla 26. Valores de acidez titulable en porcentajes, a las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperatura de almacenamiento		
	8 °C	20 °C	35 °C
0	0.050 ± 0.002	0.050 ± 0.002	0.050 ± 0.002
15	0.060 ± 0.003	0.060 ± 0.003	0.060 ± 0.003
30	0.060 ± 0.003	0.060 ± 0.003	0.060 ± 0.003
45	0.060 ± 0.003	0.060 ± 0.003	0.060 ± 0.003

*Media ± DS ; n=2

La Figura 24, indica la variación del porcentaje de acidez titulable de la leche de quinua, en función de la temperatura de almacenamiento.

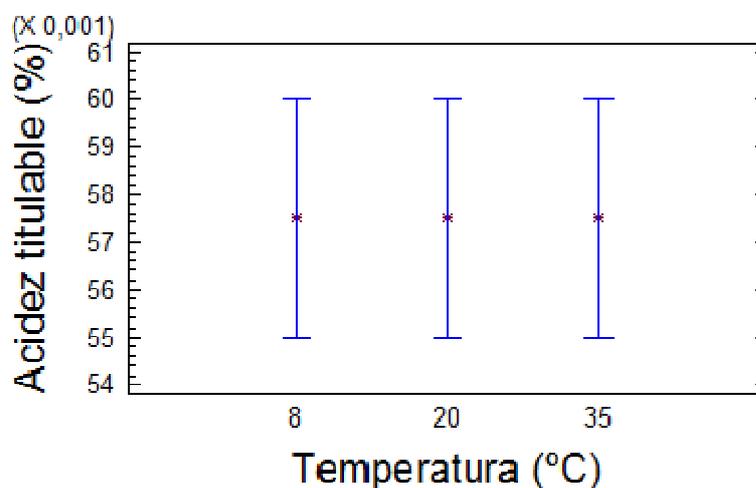


Figura 24. Medida de acidez titulable respecto a la temperatura de almacenamiento

En cuanto al tiempo de almacenamiento, de acuerdo con el análisis de varianza, esta variable presenta un p-valor menor a 0.05, lo cual indica que es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%; es decir, el

tiempo de almacenamiento influye en la acidez de la leche de quinua, lo cual responde a la formación de ácido láctico durante el tiempo de almacenamiento.

Se observa en la Figura 25, que la variación del porcentaje de acidez titulable, del día 0 al día 15, es del 0.01%; posteriormente, el porcentaje permanece sin variación.

Los detalles del análisis estadístico realizado sobre esta variable, se muestran en el ANEXO XI.

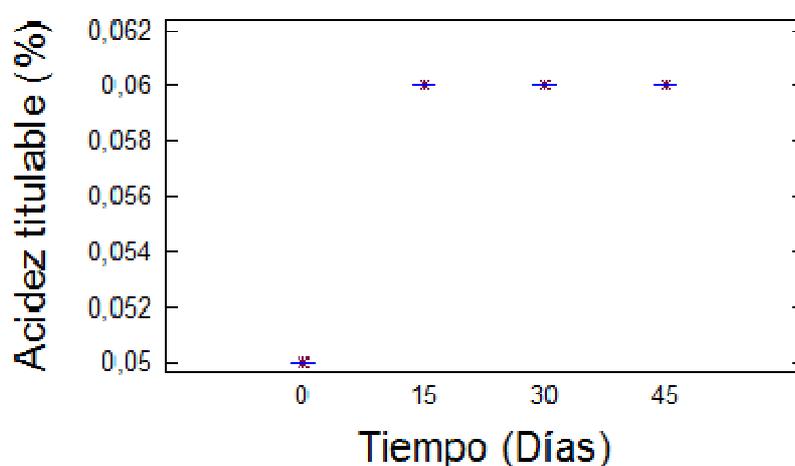


Figura 25. Medida de acidez titulable respecto al tiempo de almacenamiento

3.10.1.3. Sólidos Solubles

Los valores obtenidos de sólidos solubles, en grados Brix, a los 0, 15, 30 y 45 días de la leche de quinua, en las diferentes temperaturas de almacenamiento se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Valores de sólidos solubles en grados Brix a las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperatura de almacenamiento		
	8 °C	20 °C	35 °C
0	7.5 ± 0.0	7.5 ± 0.0	7.5 ± 0.0
15	7.0 ± 0.0	7.0 ± 0.0	7.5 ± 0.0
30	7.0 ± 0.0	7.0 ± 0.0	7.0 ± 0.0
45	7.5 ± 0.0	7.0 ± 0.0	7.5 ± 0.0

*Media ± DS ; n=2

Del análisis estadístico realizado, se obtuvo que las dos variables: temperatura y tiempo de almacenamiento, poseen un p-valor mayor a 0.05, lo que indica que no son significativas al 95% de nivel de confianza, es decir la temperatura y el tiempo de almacenamiento no influyen en el cambio del valor de grados Brix en la leche de quinua durante los 45 días de estudio.

En las Figuras 26 y 27, se indica la variación del contenido de sólidos solubles en grados Brix con respecto a la temperatura y tiempo de almacenamiento respectivamente.

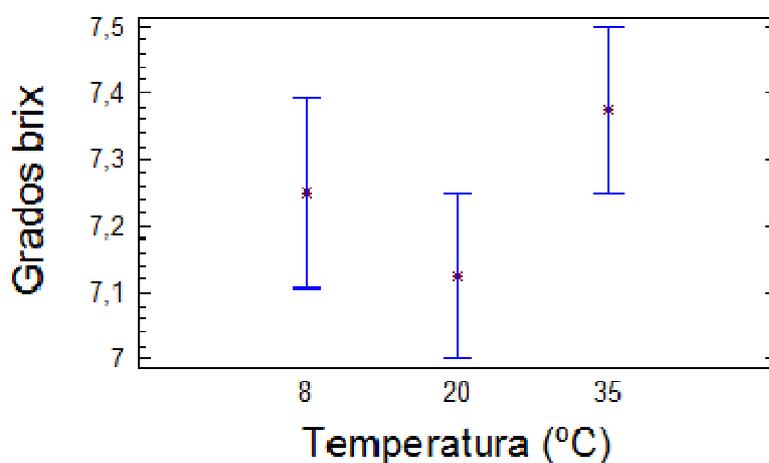


Figura 26. Medida de sólidos solubles en grados Brix respecto a la temperatura de almacenamiento

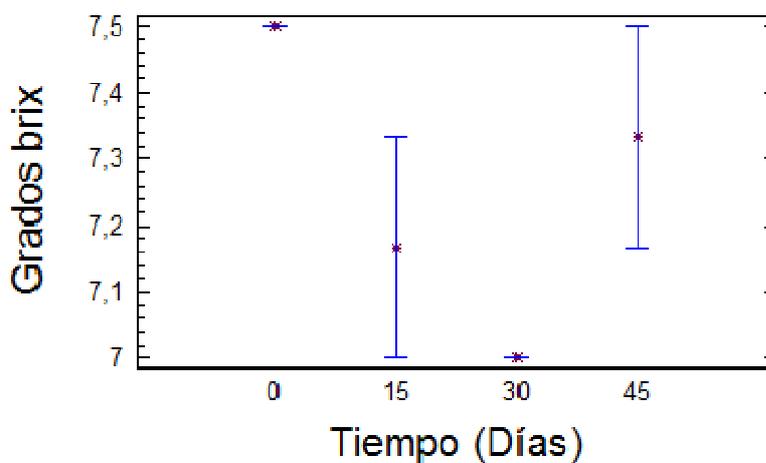


Figura 27. Medida de sólidos solubles en grados Brix respecto al tiempo de almacenamiento

El análisis estadístico de los resultados del contenido de sólidos solubles en función de la temperatura y del tiempo de almacenamiento, se lo detalla en el ANEXO XII y ANEXO XIII, respectivamente.

3.10.1.4. Color

En la Tabla 28, se muestran los valores de la coordenada “L” (luminosidad), correspondiente a la esfera cromatográfica, obtenidos en la leche de quinua a los 0, 15, 30 y 45 días de estudio en las diferentes temperaturas de almacenamiento.

Tabla 28. Luminosidad del color en las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperatura de almacenamiento		
	8 °C	20 °C	35 °C
0	58.76 ± 0.01	58.76 ± 0.01	58.76 ± 0.01
15	57.60 ± 0.13	57.71 ± 0.04	56.58 ± 0.03
30	69.49 ± 0.26	71.56 ± 0.49	74.07 ± 0.08
45	97.10 ± 0.28	96.66 ± 0.01	99.21 ± 0.01

*Media ± DS ; n=2

El análisis de varianza muestra que la temperatura de almacenamiento no tiene influencia sobre la luminosidad del color de la leche de quinua, ya que, indica un p-valor superior a 0.05, por lo que no es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%. En la figura 28, se puede observar que la luminosidad de la leche de quinua no varía significativamente a las diferentes temperaturas de almacenamiento. El análisis estadístico de la luminosidad de la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento se muestra en el ANEXO XIV.

El tiempo de almacenamiento, de acuerdo con el análisis de varianza, influye significativamente en la luminosidad de la leche de quinua, ya que, presenta un p-valor menor a 0.05, con un nivel de confianza del 95% (ANEXO XV). Conforme a los datos obtenidos, esta variable aumenta a medida que avanza el tiempo de almacenamiento (Figura 29), es decir, existe aclaramiento en el color de la bebida.

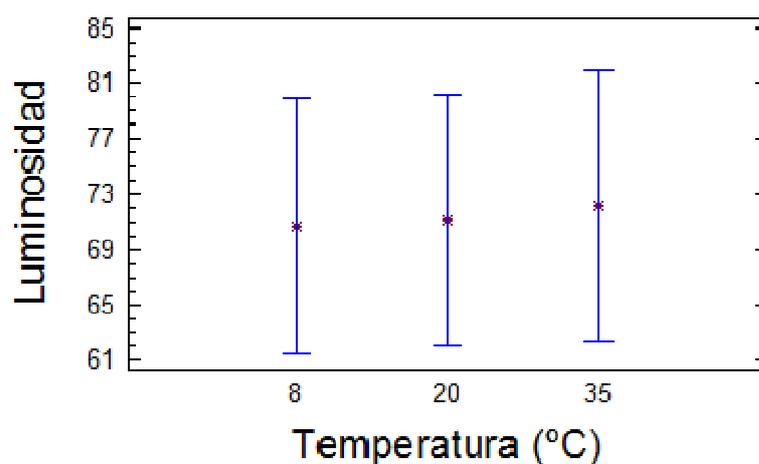


Figura 28. Luminosidad del color respecto a la temperatura de almacenamiento

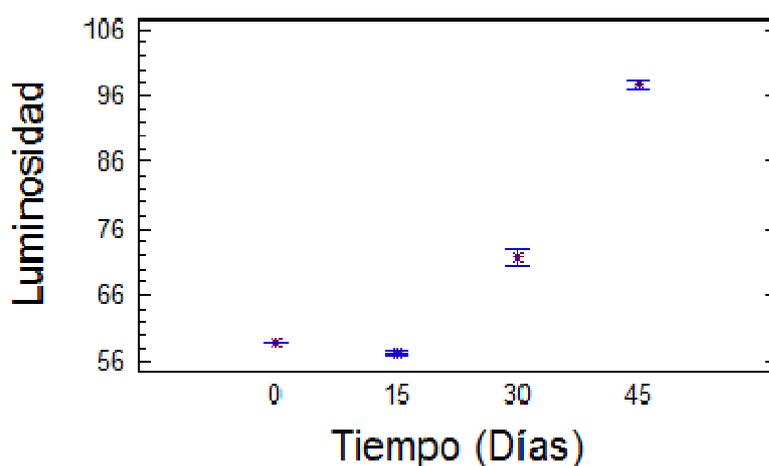


Figura 29. Luminosidad del color respecto al tiempo de almacenamiento

En la Tabla 29 se muestran los valores de la coordenada “a” (saturación) correspondiente a la esfera cromatográfica obtenidos en la leche de quinua a los 0, 15, 30 y 45 días de estudio en las diferentes temperaturas de almacenamiento.

Tabla 29. Saturación del color en las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperatura de almacenamiento		
	8°C	20°C	35°C
0	-1.82 ± 0.03	-1.82 ± 0.03	-1.82 ± 0.03
15	-1.35 ± 0.07	-1.40 ± 0.03	-1.52 ± 0.01
30	-0.59 ± 0.02	-0.54 ± 0.04	-0.61 ± 0.04
45	-0.03 ± 0.03	-0.26 ± 0.03	-0.46 ± 0.04

*Media ± DS ; n=2

Del análisis estadístico realizado, se obtiene que la temperatura de almacenamiento no influye en cambios de la saturación del color de la leche de quinua, ya que, presenta un p-valor mayor a 0.05, lo que indica que esta variable no es significativa al 95% de nivel de confianza (ANEXO XVI). La variación de la saturación del color en la leche de quinua con respecto a la temperatura de almacenamiento se muestra en la Figura 30.

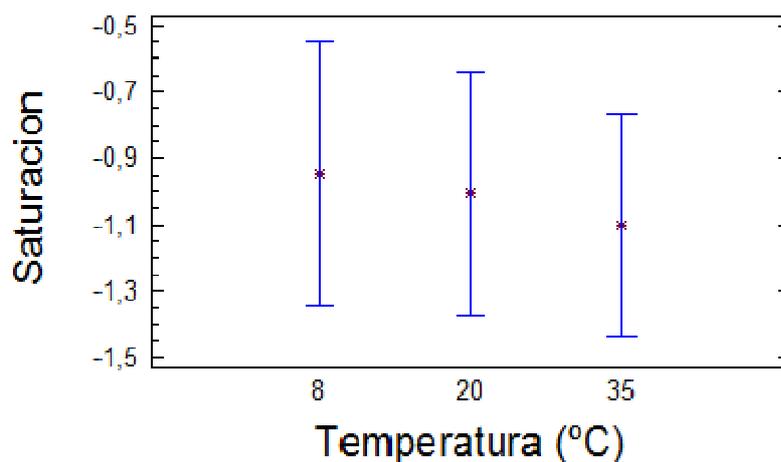


Figura 30. Saturación del color respecto a la temperatura de almacenamiento

En cuanto al tiempo de almacenamiento, de acuerdo con el análisis de varianza, el efecto de esta variable presenta un p-valor menor a 0.05, lo cual indica que es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%, es decir influye en la saturación del color de la leche de quinua. El análisis estadístico, se detalla en el ANEXO XVII. La Figura 31, muestra la variación de la saturación del color respecto al avance del tiempo de almacenamiento.

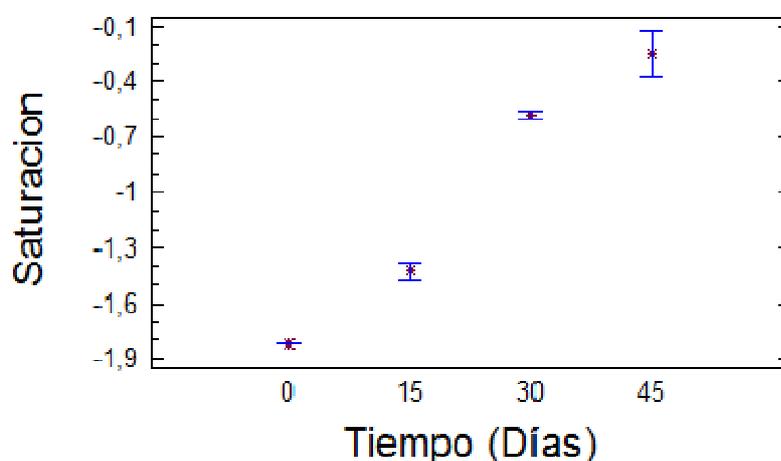


Figura 31. Saturación del color respecto al tiempo de almacenamiento

En la Tabla 30, se muestran los valores de la coordenada “b” (matiz) correspondiente a la esfera cromatográfica obtenidos en la leche de quinua a los 0, 15, 30 y 45 días de estudio a las diferentes temperaturas de almacenamiento.

Tabla 30. Matiz del color en las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperatura de almacenamiento		
	8°C	20°C	35°C
0	6.98 ± 0.00	6.98 ± 0.00	6.98 ± 0.00
15	7.89 ± 0.05	7.85 ± 0.03	8.67 ± 0.01
30	4.95 ± 0.03	4.11 ± 0.01	7.57 ± 0.01
45	1.95 ± 0.01	2.97 ± 0.01	6.50 ± 0.00

*Media ± DS ; n=2

Del análisis estadístico realizado, se obtuvo que el tiempo de almacenamiento posee un p-valor menor a 0.05, lo que indica que esta variable es estadísticamente significativa al 95% de nivel de confianza, mientras que la temperatura de almacenamiento no influye en cambios del matiz del color de la leche de quinua durante los 45 días de estudio.

En las Figuras 32 y 33, se muestra los valores del matiz del color con respecto a la temperatura y tiempo de almacenamiento.

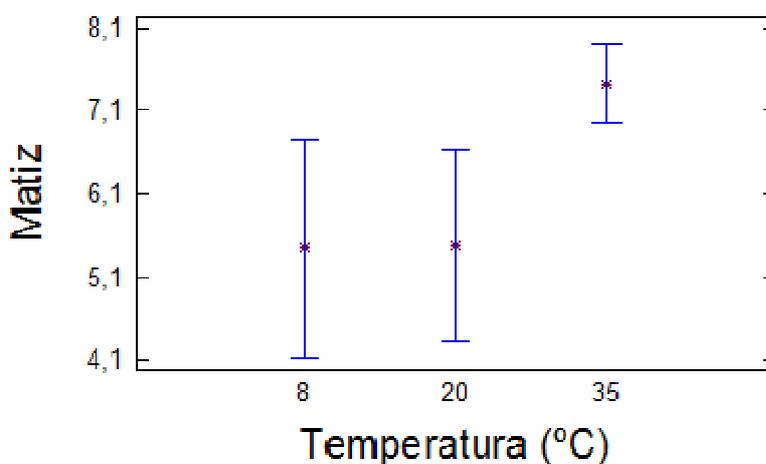


Figura 32. Matiz del color respecto a la temperatura de almacenamiento

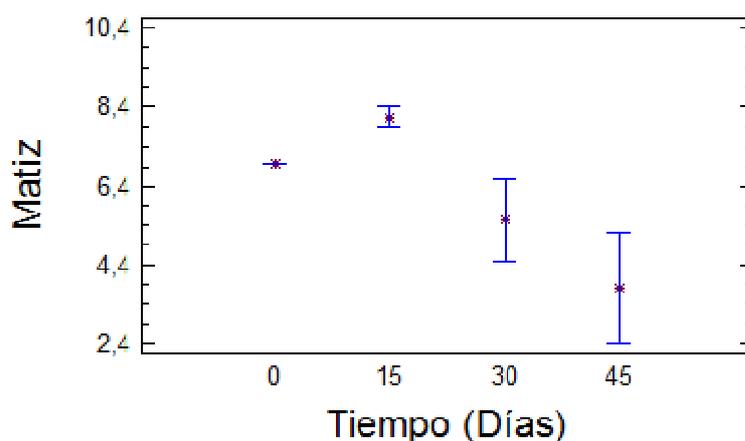


Figura 33. Matiz del color respecto al tiempo de almacenamiento

El análisis estadístico de los resultados del matiz del color de la leche de quinua en función de la temperatura y tiempo de almacenamiento, se detalla en el ANEXO XVIII y ANEXO XIX, respectivamente.

3.10.1.5. Porcentaje de sedimentación

En la Tabla 31, se muestran los diferentes valores de porcentaje de sedimentación en la leche de quinua, obtenidos a las diferentes temperaturas de almacenamiento durante los 45 días de estudio.

Tabla 31. Valores de porcentaje de sedimentación a las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperatura de almacenamiento		
	8 °C	20 °C	35 °C
0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0
15	99 ± 0.0	98 ± 0.0	99 ± 0.0
30	97 ± 0.0	97 ± 0.0	97 ± 0.0
45	97 ± 0.0	96 ± 0.0	98 ± 0.0

*Media ± DS; n=2

El análisis de varianza muestra que la temperatura de almacenamiento no tiene influencia sobre el porcentaje de sedimentación, ya que, muestra un p-valor superior a 0.05, lo cual indica que no es estadísticamente significativa con un nivel

de confianza del 95% (ANEXO XX). En la Figura 34, se observa una pequeña variación en el porcentaje de sedimentación, sin embargo, esta no es significativa, tal como lo indica el ANOVA realizado.

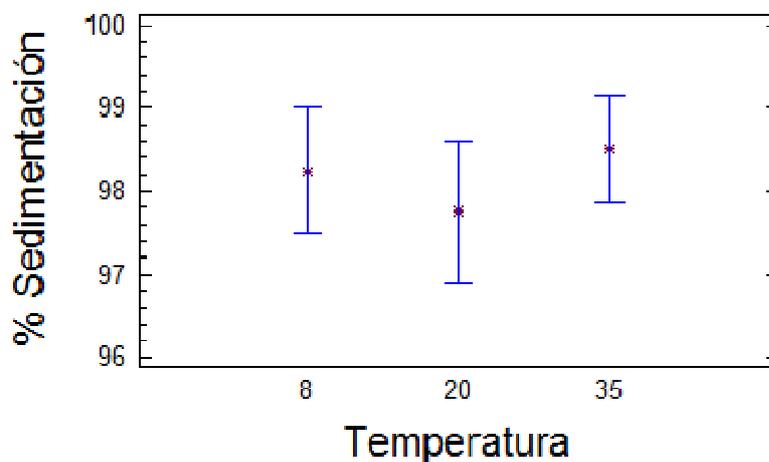


Figura 34. Medida del porcentaje de sedimentación respecto a la temperatura de almacenamiento

En cuanto al tiempo de almacenamiento, de acuerdo con el análisis de varianza, esta variable influye en el porcentaje de sedimentación de la leche de quinua, ya que, presenta un p-valor menor a 0.05, lo cual indica que es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%. El análisis estadístico de esta variable se detalla en el ANEXO XXI. La medida del porcentaje de sedimentación en la leche de quinua con respecto al tiempo de almacenamiento se observa en la Figura 35.

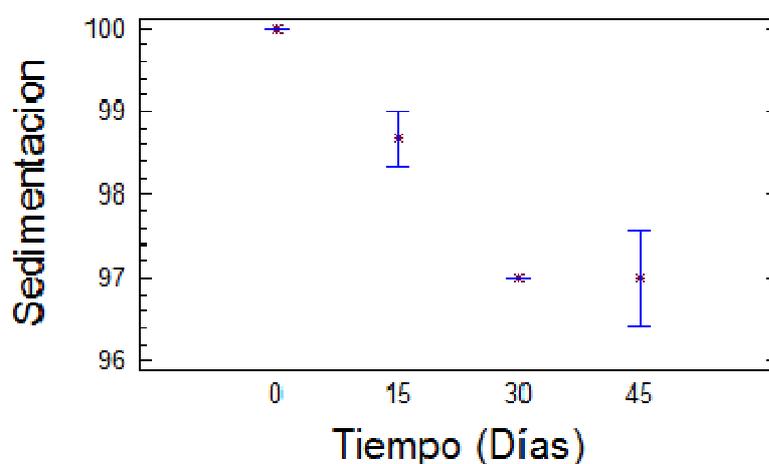


Figura 35. Medida del porcentaje de sedimentación respecto al tiempo de almacenamiento

Con los resultados obtenidos se puede determinar que, a pesar de la presencia del estabilizante OBSICREAM LC4®, existe precipitación de los sólidos de la bebida, como consecuencia de la disminución del efecto emulsificante y estabilizante conforme al avance del tiempo de almacenamiento. El mismo efecto se justifica también, por la presencia de cantidades porcentuales mayoritarias de carbohidratos (7.13%) y proteína (1.16%) en la leche de quinua.

3.10.2. ANÁLISIS SENSORIAL

Los atributos analizados en cuanto se refiere a análisis sensorial son: color, aroma y amargor; estos fueron evaluados a los 0, 15, 30 y 45 días obteniendo los resultados detallados a continuación.

3.10.2.1. Atributo color

En la Tabla 32 se muestran las calificaciones dadas por los panelistas al color de la leche de quinua.

Tabla 32. Calificación al color en las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperatura de almacenamiento		
	8 °C	20 °C	35 °C
0	5.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0
15	4.6 ± 0.4	4.7 ± 0.6	4.3 ± 0.3
30	3.9 ± 0.6	3.4 ± 0.6	4.1 ± 0.4
45	4.0 ± 0.3	3.9 ± 0.4	2.8 ± 0.6

*Media ± DS ; n=12

El análisis de varianza muestra que la temperatura de almacenamiento no tiene influencia sobre la el color de la leche de quinua, ya que, indica un p-valor superior a 0.05, lo que conlleva a decir que no es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95% (ANEXO XXII). En la Figura 36, se observa las medias de las calificaciones dadas por los panelistas, al atributo color, en las diferentes temperaturas de almacenamiento.

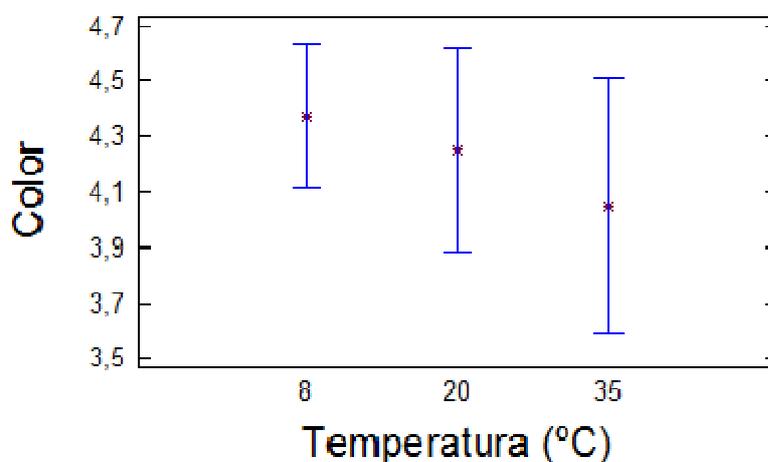


Figura 36. Atributo color de la leche de quinua respecto a la temperatura de almacenamiento

En cuanto al tiempo de almacenamiento, de acuerdo al análisis de varianza, esta variable presenta un p-valor menor a 0.05, lo cual indica que es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%, es decir, el tiempo influye en cambios del color de la leche de quinua. Como se observa en la Figura 37, las medias de las calificaciones de los panelistas, van disminuyendo conforme el tiempo de almacenamiento avanza, en este caso, se advierte que el producto se vuelve más claro. El análisis estadístico de este atributo con respecto al tiempo de almacenamiento se lo detalla en el ANEXO XXIII.

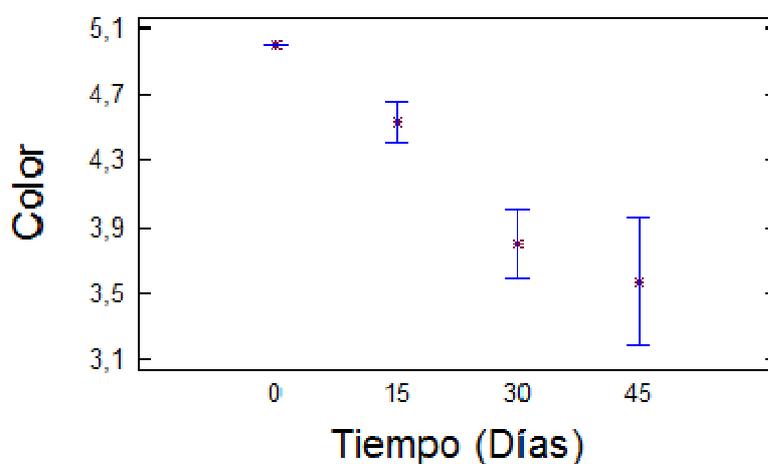


Figura 37. Atributo color de la leche de quinua respecto al tiempo de almacenamiento

3.10.2.2. Atributo aroma

Los datos obtenidos por la evaluación sensorial de este atributo se muestran en la Tabla 33.

Tabla 33. Calificación al aroma en las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperatura de almacenamiento		
	8 °C	20 °C	35 °C
0	5.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0
15	4.1 ± 0.8	4.2 ± 0.4	4.4 ± 0.4
30	3.6 ± 0.7	4.2 ± 0.3	4.2 ± 0.6
45	4.3 ± 0.6	4.1 ± 0.4	4.2 ± 0.9

*Media ± DS ; n=12

El análisis de varianza detallado en el ANEXO XXIV, muestra que el tiempo de almacenamiento interfiere en la conservación del aroma del producto tal como se indica en la Figura 38, es decir la leche de quinua con el tiempo adquiere un aroma más acentuado de quinua; no así la temperatura de almacenamiento, que muestra un p-valor mayor a 0.05, lo que indica que no es estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95% (ANEXO XXV).

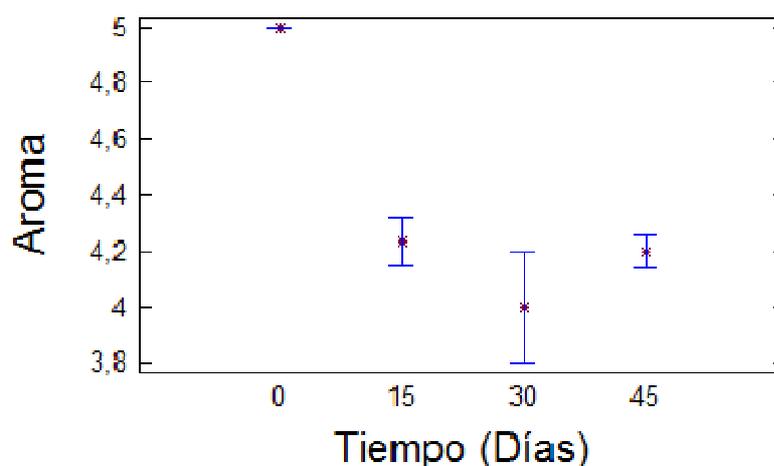


Figura 38. Atributo aroma de la leche de quinua respecto al tiempo de almacenamiento

3.10.2.3. Atributo amargor

En la Tabla 34 se muestra la calificación del amargor en los 45 días de estudio y a las diferentes temperaturas de almacenamiento.

Tabla 34. Calificación al amargor en las diferentes temperaturas de almacenamiento

Tiempo (días)	Temperatura de almacenamiento		
	8 °C	20 °C	35 °C
0	5.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0
15	4.6 ± 0.8	4.4 ± 0.3	4.9 ± 0.6
30	4.1 ± 0.8	6.3 ± 0.8	7.0 ± 0.0
45	3.9 ± 1.2	6.4 ± 0.6	6.9 ± 1.2

*Media ± DS ; n=12

El análisis de varianza realizado sobre los datos obtenidos, muestra que, el tiempo y la temperatura de almacenamiento no interfieren en el amargor del producto, debido a que ambos factores muestran un p-valor mayor a 0.05, lo cual indica que no influyen significativamente en el amargor de la leche, con el 95% de nivel de confianza. El efecto del tiempo y la temperatura de almacenamiento en el atributo amargor de la leche de quinua se muestran en las Figuras 39 y 40 respectivamente. El análisis estadístico de los datos del atributo amargor con respecto al tiempo de almacenamiento se lo muestra en el ANEXO XXVI y, con respecto a la temperatura de almacenamiento, en el ANEXO XXVII.

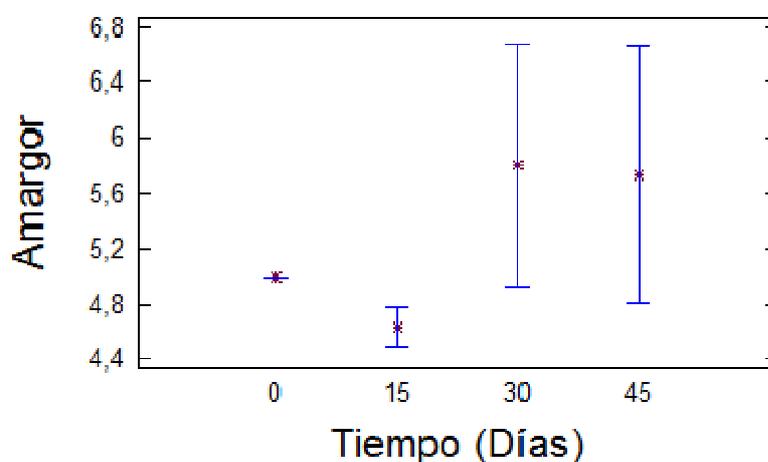


Figura 39. Atributo amargor de la leche de quinua respecto al tiempo de almacenamiento

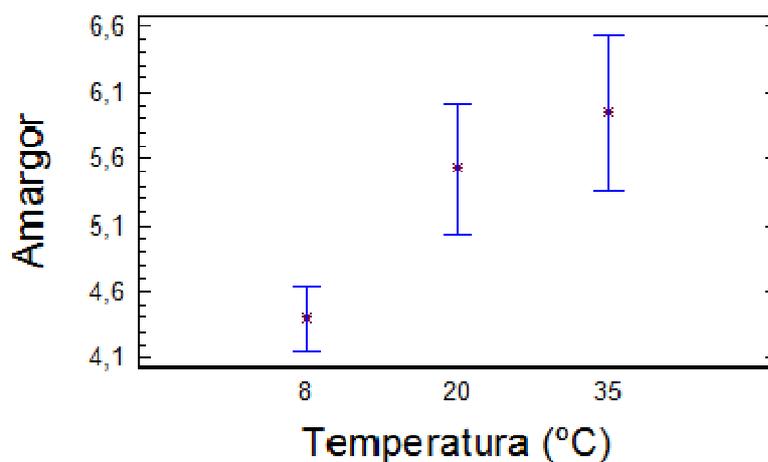


Figura 40. Atributo amargor de la leche de quinua respecto a la temperatura de almacenamiento.

3.10.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El conteo total de aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras en los 0, 15, 30 y 45 días se indican en la Tabla 33. La cuantificación de estos microorganismos representa un parámetro de control crítico en la calidad y durabilidad del producto.

Tabla 35. Contaje total de aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras

Tiempo (días)	Ensayo Microbiológico		Temperatura de Almacenamiento		
		Unidad	8 °C	20 °C	35 °C
0	Aerobios Mesófilos	UFC/g	< 10	< 10	< 10
	Coliformes Totales	UFC/g	< 10	< 10	< 10
	Mohos y Levaduras	UPM/g	< 10	< 10	< 10
15	Aerobios Mesófilos	UFC/g	200	< 10	30
	Coliformes Totales	NMP/g	< 3	< 3	< 3
	Mohos y Levaduras	UPM/g	< 10	< 10	< 10
30	Aerobios Mesófilos	UFC/g	< 10	< 10	< 10
	Coliformes Totales	UFC/g	< 10	< 10	< 10
	Mohos y Levaduras	UPM/g	< 10	< 10	< 10
45	Aerobios Mesófilos	UFC/g	< 10	< 10	< 10
	Coliformes Totales	UFC/g	< 10	< 10	< 10
	Mohos y Levaduras	UPM/g	< 10	< 10	< 10

Como se puede observar en la Tabla 33, el producto no presenta desarrollo de aerobios mesófilos, coliformes, mohos y levaduras durante los 45 días del estudio,

a excepción del día 15, en el cual las latas muestran un desarrollo de aerobios mesófilos tanto a los 8 °C como a los 35 °C; sin embargo los análisis realizados posteriormente a los 30 y 45 días en las latas almacenadas a esas temperaturas, muestran datos de aerobios mesófilos menores a 10, de lo que se puede inferir que hubo contaminación en las latas almacenadas a 8 °C y 35 °C del día 15.

Los resultados obtenidos de los ensayos microbiológicos son inferiores, comparados con los niveles establecidos por la norma técnica guatemalteca para la leche de soya pasteurizada, detallados en la Tabla 9. Sin embargo, se recalca que las condiciones en las cuales se elaboró la leche de quinua no fueron totalmente asépticas, por la antigüedad de los equipos y por su exposición al aire del medio externo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- ❖ Para la elaboración de la leche de quinua se utilizó materia prima cuya composición química se puede observar en la Tabla 12, lo cual dio como resultado un producto final con 1.16% de proteína, 0.49% de extracto etéreo, 7.13% de carbohidratos, 0.26% de cenizas y un 90.96% de humedad.
- ❖ El bioproceso aplicado para la disminución de factores antinutricionales, dio como resultado una reducción del 61.02% de fitatos a la primera hora y del 61.58% al finalizar las 24 horas. El tratamiento consistió en someter a remojo a la harina de quinua en agua con un pH igual a 5, durante 1 hora y a una temperatura de 55 °C.
- ❖ Las condiciones adecuadas de extracción para la obtención de mayor cantidad de proteína soluble (102,87 mg/mL), consisten en la aplicación de una relación sólido:agua de 1:4, un tiempo de extracción de 40 minutos, sin el uso de la enzima papaína, a un pH igual a 5.
- ❖ En la formulación de la leche de quinua se añadió estabilizante de marca OBSICREAM LC-4® en una proporción del 0.3% en peso, con el cual se obtuvo un alto porcentaje de sedimentación que equivale al 98.5%; también se añadió saborizante de vainilla de marca Florarom® en una cantidad del 0.08% en volumen. En cuanto a la adición de azúcar, no fue necesario hacerlo ya que para enmascarar el amargo, característico de la quinua, fue suficiente con la utilización del saborizante.
- ❖ En el análisis de aceptabilidad aplicado con la leche de quinua, se establece que existe una mayoritaria parte de la población (58.33%) que si compraría dicho producto; mientras que, el porcentaje restante que equivale al 41.67% no lo haría. Entre los argumentos mencionados para no adquirirlo está el escaso agrado por la quinua y sus características organolépticas naturales; sin

embargo, se reconoce el aporte nutritivo de este pseudocereal. En función de la escala hedónica aplicada, al 62.66% de la población encuestada le gusta mucho, le gusta y le gusta poco la leche de quinua. También hay que considerar que entre los hábitos de consumo de bebidas de la población, solo el 46.67% consume bebidas de origen vegetal.

- ❖ En el estudio de estabilidad se determinó que la temperatura de almacenamiento es una variable que no afecta a las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales de la leche de quinua; mientras que, el tiempo de almacenamiento tiene su influencia en variables como la acidez titulable, color, aroma y porcentaje de sedimentación.

- ❖ Se cumplió con todos los objetivos específicos y por lo tanto también con el objetivo general planteado, que consistía en desarrollar una tecnología para la elaboración de leche de quinua. Se probaron diferentes tratamientos y se realizaron diferentes pruebas físico-químicas para determinar el más adecuado y obtener un producto final de calidad. La tecnología obtenida para la elaboración de leche de quinua se plantea en la Figura 21.

4.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Como resultado del análisis del test de aceptación, la leche de quinua puede constituirse como una bebida base para mezclarla ya sea con pulpa o concentrados de frutas a fin de incrementar el grado de aceptación del producto, lo que podría respaldarse en la realización de un estudio de marketing de la bebida para determinar los factores que mejoren su aceptabilidad.
- ❖ Realizar un estudio de otro proceso térmico para la conservación de la leche de quinua, que puede direccionarse a la utilización de la tecnología UHT.
- ❖ Para la elaboración de leche de quinua a escala industrial, previa mejora de su aceptabilidad en la población, es necesario el estudio de prefactibilidad técnica-económica del proceso de producción establecido en este estudio.
- ❖ Realizar el estudio para la elaboración de leche de quinua en polvo con el objetivo de diversificar la presentación del producto y acoplarlo a las nuevas tendencias de consumo de bebidas instantáneas.
- ❖ Como resultado de la elaboración de leche de quinua, se tiene un subproducto que en este estudio se ha denominado torta de quinua, el cual posee una composición química del 3.37 % de proteína, 1.47% de extracto etéreo, 0.53% de cenizas y 17.76% de carbohidratos, que se debería estudiar con el fin de procesarlo para la elaboración de balanceados, extruidos, etc.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, M.; Pavón, J.; Von Rutte, S., 2002, "Caracterización", La quinua hacia un cultivo comercial (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), 1 disco compacto.
2. Andean Products, 2003, "Estudio del arte de la quinua en el Ecuador", Informe, El futuro de los productos andinos en la región alta y los valles centrales de los Andes/Plantas medicinales, (Diciembre, 2009).
3. Arapa, P., 2007, "Composición química de la quinua", http://www.wikilearning.com/monografia/valor_nutricional_de_la_quinua-composicion_quimica_de_la_quinua/24014-4, (Diciembre, 2009).
4. Atwell, W., Patrick, B., Johnson, L. y Glass, R., 1983, "Characterization of quinoa starch", *Cereal Chemistry*, 60 (1), 9-11.
5. Belitz, H. y Grosch, W., 1992, "Química de los Alimentos", 2da. edición, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España, p. 68.
6. Benítez, R., Ibarz, A. y Pagan, J., 2008, "Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones", *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 42 (2), 227.
7. Birk, T. y Peri, I., 1980, "Saponin", en "Toxic Const. Plant Foodstuff, I.E. Liener", 2da. edición, Academic Press, New York, pp. 161-182.
8. Bourne, M., 1971, "Production, acceptability and nutrition aspects of soy beverages in the Philippines", U.P. College of Agriculture, Philippines, p. 9.
9. Catholic Relief Services (CRS), 2003, "Estudio de quinua", www.infoagro.net, Quito, Ecuador, (Diciembre, 2009).

10. Chang, S., 1998, "Protein Analysis", Chapter 15, In: "Food Analysis", editor Nielsen, S., second edition, Aspen Publishers, Inc., Maryland, USA, pp. 243, 244.
11. Chavan, J., y Kadam, S., 1989, "Nutritional Improvement of Cereals by Sprouting", Department of Food Science and Technology and Department of Biochemistry, Rahury, India, 28, 401-436.
12. Chavarría, L., 2010, "Determinación del tiempo de vida útil de la leche de soya mediante un estudio de tiempo real", Seminario de graduación previo a la obtención del título de Tecnólogo en Alimentos, ESPOL, Guayaquil, Ecuador, p. 6
13. Checchi and Company, Community Systems Foundation, Escuela Politécnica Nacional, 1986, "Estudio de Factibilidad Alimentos Infantiles", Informe Fase II, Tarea 7, pp. 9-11.
14. Chichester, C., 1982, "Phytates in legumes and cereals", Academic Press, New York, USA, pp. 1-75.
15. Cisneros, I., 1995, "Efecto de los diversos procesos sobre el contenido de fitatos en semillas de quinoa", Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Químico, EPN, Quito, Ecuador, pp. 1-33.
16. Clemente, A., 1997, "Hidrolizados de proteína de Garbanzo", Instituto de la Grasa, Sevilla, España, pp. 155, 159.
17. COGUANOR (Comisión guatemalteca de normas), 2006, "Leche de Soya Natural Fluida", www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/gtm60_t.pdf, (Octubre 2010).

18. Costell, E., y Duran, L., 1981, "Análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. Planificación, selección de jueces y diseño estadístico", pp. 464-465.
19. Coulter, L. y Lorenz, K., 1990, "Quinoa-Composition, Nutritional value, Food applications, Lebensmittel - Wissenschaft und – Technologie - Food Science and Technology, 23, 203-207.
20. Dímello, J., 2000, "Anti-nutritional Factors and Mycotoxins", en "Farm Animal Metabolism and Nutrition", CABI Publishing, Wallingford, Inglaterra, pp. 383-403.
21. Dávila, J., Acuña, O., Lupera, G., Ramos, M., Ruiz, A., Ruiz, C. y Villacís, P., 2003, "Tecnología de alimentos de Soya", Gráficas Guimar, Quito, Ecuador, pp. 11-13.
22. De Bruin, A., 1964, "Investigation of the food value of quinoa and cañihua seeds", Journal of Food Science, 26, 872-876.
23. Enzymeindia, 2007, "Advance Enzymes", www.enzymeindia.com, (Abril, 2009).
24. FAO, 2005, "Caracterización del Mercado de la Quinoa en el Ecuador", www.fao.org. Quito, Ecuador, (Enero 2009).
25. Febles, C., 1998, "Estudio del contenido de fitatos en derivados de cereales de consumo en Canarias", Proyecto de titulación previo la obtención del título de Doctora en Farmacia, Universidad de La Laguna, Tenerife, España, p. 1.
26. Fellows, P., 1994, "Tecnología del procesado de los alimentos", Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España, p. 98.

27. Fleming, M., 1989, "Enzyme technology versus engineering technology in the food industry", *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 11, 249-265.
28. Fretzdorff, B. y Brümmer, J., 1992, "Reduction of Phytic Acid during Breadmaking of Whole-Meal Breads", *Cereal Chemistry*, 69 (3), 266-270.
29. Gandarillas, H., 1979, "Botánica. En: Quinoa Kañiwa. Cultivos Andinos", Serie: Libros y materiales educativos N° 49, Bogotá, Colombia, pp. 20-44.
30. Giusti, K., 1970, "El género chenopodium en la Argentina. I. Numero de cromosomas. *Darwiniana* 16: pp, 98-105.
31. Graf, E., 1986, "Chemistry and application of phytic acid: An Overview", en Graf, E., "Phytic Acid: Chemistry and Applications", Pilatus Press, Minneapolis, pp.1-21.
32. Guadix, A., 2000, "Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas", <http://www.ugr.es/~ars/abstract/41-79-00.pdf>, (Enero, 2010).
33. IIT, 1977, "Informe sobre el estudio de producción de leche de soya", p. 9.
34. Irving, G., 1980, "Phytase", Chapter 10, en Cosgrove, D., "Inositol Phosphates their Chemistry, Biochemistry and Physiology", Elsevier, Amsterdam, pp. 85-98.
35. Kent, N., 1983, "Chemical Composition of Cereals", en "Technology of Cereals", 3ra. edición, Pergamon Press, Oxford, pp. 27-48.
36. Koziol, M., 1992, "Chemical Composition of Cereals and Nutritional Evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)", *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 35-68.

37. Lacaille, M. y Wagner, H., 1996, "A review of the biological and pharmacological activities of saponins", *Phytomedicine*, Vol.2, 363-386.
38. Lahl, W. y Braun, S., 1994, "Enzymatic production of protein hydrolysates for food use", *Journal of Food Technology*, 48, 68-71.
39. Lebenthal, E., Lee, P. y Heitinger, L., 1983, "Impacto of development of the gastrointestinal tract on infant feeding", *Journal of Pediatrics*, 102, 1-9.
40. Mahmoud, M., Malone, W. y Cordle, C., 1992, "Enzymatic hydrolysis of casein: effect of degree of hydrolysis on antigenicity and physical properties", *Journal of Food Science*, 57 (5), 1 223-1 229.
41. Mahoney, A., López, J. y Hendricks, D., 1975, "An evaluation of protein quality of quinoa", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23 (2), 190-193.
42. Mazón, N., Peralta, E., Monar, C., Subía, C. y Rivera, M., 2005, "Programa Nacional de Leguminosas: Nueva variedad de quinua, precoz y de grano dulce", Quito, Ecuador, Plegable N° 2.
43. Mc Watters, K., Cherry, J. y Holmes, M., 1976, "Influence of suspension medium and pH on functional and protein properties of defatted peanut meal", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24(3), 517
44. Miquel, J. y Álvarez, M., 2007, "Intolerancia a la Lactosa", <http://www.intestino.cl/intolerancia-lactosa.htm>, (Noviembre, 2008).
45. Mujica, A., Izquierdo, J., Jacobsen, S. y Marathee, J., 2004. "Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino: Alimento del presente y el futuro". FAO, UNA-PUNO, CIP, Puno, Perú, www.fao.org, (Diciembre, 2009).

46. Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia, R., Corredor, G., Romero, A., Jacobsen, S., 2006, "Agroindustria de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)", Editorial Altiplano, Puno, Perú, pp. 9-15.
47. Nieto, C. y Soria, M., 1990, "Procesamiento de Quinoa en Ecuador", Quito, Ecuador, pp. 22-63.
48. Niyini, N., y Markakis, P., 1986, "Phytases", en Graf, E., "Phytic Acid: Chemistry and Applications", Pilatus Press, Minneapolis, pp. 101-117.
49. Novozymes, Information Sheet, Special Food, 1999, "Introduction to proteins and protein hydrolysis".
50. Noyes R., 1969, "Protein Food Supplements", Noyes Dev. Corp. Park Ridge, New Jersey, pp. 9-11.
51. Oakenfull, D., 1981, "Saponins in Food. A review", Food Chemistry, 6, 19-40.
52. Ortega, L., 1992, "Usos y valor nutritivo de los cultivos andinos", INIA, PICA, Puno, Perú, pp. 23-120.
53. Pérez, C., 2008, "Leche de soya, nutritiva y beneficiosa para nuestra salud", <http://www.natursan.net>, (Enero, 2010).
54. Price, K., Southon, S. y Fenwick, G., 1989, "The effect of saponins on iron and zinc availability", en "Nutrient Availability: Chemical and Biological Aspects", AFRC Institute of Food Research, Norwich Royal Society of Chemistry, pp. 155-157.
55. Rea, J., 1969, "Biología floral de la quinoa", Turrialba, 19, pp. 91-96.
56. Reardon, J., 1998, "Maní", <http://www.agr.state.nc.us/FOODDRUG/espanol/documents/Mani.pdf>, (Enero, 2010).

57. Rhee, K., Cater, C. y Mattil, K., 1972, "Simultaneous recovery of protein and oil from raw peanuts in an aqueous system", *Journal of Food Science*, 37(1), 90-93.
58. Risi, J. y Galwey, N., 1984, "The Chenopodium Grains of the Andes. In: Inca crops for Modern Agriculture", *Advances in Applied Biology*, Vol. 10, 145-216.
59. Ruales, J. y Nair, B., 1993, "Saponins, phytic acid, and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds", *Food Chemistry*, 48, 137-143.
60. Ruales, J., 1992, "Development of an infant food from quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd)", University of Lund, Lund, Suecia, pp. 3-5.
61. Ruiz, W. y Amaya, J., 1979, "Métodos cuantitativos para determinar saponinas en quinua", *Boletín de la Sociedad Química del Perú*, Perú, 45(4), 387-394.
62. Rustom, I., 1995, "Development of a process for production of a beverage based on peanuts", University of Lund, Lund, Sweden, p. 156.
63. Sandberg, A., 1991, "The effect of Food Processing on Phytate Hydrolysis and Availability of Iron and Zinc", en "Nutritional and Toxicological consequences of Food Processing", New York, USA, pp. 499-507.
64. Sandoval, E., Quintero A. y Ayala, A., 2005, "Reología y textura de masas: Aplicaciones en trigo y maíz". *Ingeniería e Investigación*. 25 (1), 72.
65. Scarpati, Z., 1979, "Aislamiento y caracterización de almidón de quinua (*Chenopodium quinoa*) y canihua (*Chenopodium pallidicaule*)". Universidad Nacional Agraria, Lima, Perú, p.30.
66. Sgromo, V., 2004, "Diseño de Procesos térmicos en conservas de alimentos de origen marino, <http://blog.ms.gba.gov.ar/CalidadAlimentaria/Ciclo3/conferen>

- cia6.htm, (Marzo, 2010).
67. SICA, 2001, "Quinoa/Cañihua", www.sica.gov.ec, Quito, Ecuador, (Noviembre, 2008).
68. SICA, 2008, "Quinoa", www.sica.gov.ec, Quito, Ecuador, (Enero, 2010).
69. Tanteerataarm, K., 1994, "Soybean processing for food uses". International soybean program (INT-SOY). College of Agriculture. University of Illinois. Illinois, Estados Unidos, p.17.
70. Tapia, M., 1979, "Industrialización. En: Quinoa y Kañiwa Cultivos Andinos", Serie: libros y materiales educativos N° 40, Editorial IICA, Bogotá, Colombia, pp. 198-201.
71. Valencia, S., 1994, "Effect of food processing on the *in vitro* availability of quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd)", Quito, Ecuador, p. 11.
72. Vargas, M., 2002, "La quinoa Cereal Madre", <http://www.revistalaguia.com/articulo.php?id=1492&edicion=101>, (Noviembre, 2008).
73. Wagner, J., 2008, "La utilización de soja en la alimentación humana" <http://www.ms.gba.gov.ar/CalidadAlimentaria/Ciclo1/4conf.htm>, (Diciembre, 2009).
74. West, L., Greger, J., White, A. y Nonnamaker, B., 1978, "In vitro studies on saponin-mineral complexation", *Journal of Food Science*, 43, 1342-43.
75. Witting, E., 1998, "Evaluación sensorial, Una metodología actual para Tecnología de Alimentos", Ed. USACH, p. 73.

ANEXOS

ANEXO I
MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE FITATOS POR INTERCAMBIO ANIÓNICO (AOAC
OFFICIAL METHOD 986.11.2007)

Reactivos y Materiales

Materiales

- a) Columnas: 0.7 x 15.0 cm con llave
- b) Resina de intercambio aniónico DOWEX1 (* AGI-X4)(100-200 mesh)
- c) Micro-Kjeldahl de 100 mL *o tubos de digestión de 25 x 200 mm
- d) Bloque de digestión micro-Kjeldahl
- e) Espectrofotómetro (640 nm)

Soluciones

- a) HCl 2.4%: Añadir 54 mL de HCl y diluir a 1 L
- b) Solución de NaCl 0.1 y 0.7 M.
- c) Solución estándar de fosfato (80 µg/mL). Se pesa 0.350 g fosfato de potasio en 500 mL de agua y 10 mL de H₂SO₄ 10 N y se afora hasta 1 L con agua destilada.
- d) Solución de molibdato: 2.5 % de (NH₄)₃(MoO₄) en H₂SO₄ de concentración 0.5 M. Disolver 12.5 g de (NH₄)₃(MoO₄) en 200 mL de agua. Esta solución se transfiere a un matraz de 500 mL. Añadir 50 mL de H₂SO₄ y aforar.
- e) Reagente de ácido sulfónico (Ácido 1 amino, 2 naftol, 4 ácido sulfónico): Disolver 0.16 g de reagente ácido sulfónico, 1.92 g de Na₂SO₃ y 9.60 g de NaHSO₃ en 90 mL de agua, calentar si es necesario, aforar a 100 mL y almacenar en botella oscura en refrigeración. "Preparación semanal".
- f) Na₂EDTA-NaOH reagente: En un matraz de 250 mL poner 10.23 g de Na₂EDTA (0.11 M.) y 7.5 g de NaOH (0.75 M) y aforar con agua destilada.

Ajustar el espectrofotómetro a 640 nm, y equilibrarlo por más de quince minutos. Pipetear 1.0, 1.3 y 5.0 mL de solución estándar y en un matraz de 50 mL. Añadir lentamente 20 mL de agua, mezclar, luego 2 mL de solución de molibdato, mezclar bien. Esperar 15 minutos y leer en el espectrofotómetro a 640 nm.

Curva típica:

mL. Std.	$\mu\text{g P}$	A	Conc/A (K)
1	80	0.1805	443.21
3	240	0.516	465.125
5	400	0.852	469.49
“K media”			459.27

Método

Pesaje de Muestras

Se pesaron 2.0 g de muestras y colocaron en un erlenmeyer de 125 mL, se adicionaron 40 mL de HCl (2.4 %), se tapó y agitó por tres horas (Agitador magnético, KAMAG REC6).

Extracción

Extraer el fitato con HCl diluido. El extracto es mezclado con EDTA/NaOH en solución y colocado en una columna. El fitato es eluído con NaCl 0.7 M y digerido en húmedo con una mezcla de HNO_3 y H_2SO_4 para reducir el fósforo, el cual se mide colorimétricamente.

Preparación de columnas

Se añadieron 3 mL de agua en una columna vacía para luego verter una suspensión acuosa de 0.5 g de resina en la columna. Después de que el lecho de resina se ha formado, se lavó la columna con 15 mL de NaCl (0.7 M) y con 15 ml de agua.

Filtrado

Se removió la muestra del agitador, se dejó decantar durante una hora, para luego filtrar la muestra, (Filtros milipore FSLW 02500 tipo FS tamaño 0.8 micras). La muestra extraída es estable hasta 1 semana en refrigeración.

Preparación del blanco:

Se preparó el blanco mezclando 1 mL de HCl (2.4 %) con 1 mL de la solución de EDTA, se llevó a 25 mL y se vertió la mezcla en la columna.

Separación por intercambio aniónico

Se tomó 1 mL de filtrado, se añadió 1 mL de Na_2EDTA y se aforó a 25 mL, se mezcló y valoró. Se transfirió a la columna, se descargó el eluido, se eluyó con 15 ml de agua, y se descarga. Se eluyó con 15 mL de NaCl 0.1 M, y nuevamente se descargó. Se eluyó con 15 mL de NaCl 0.7 M. Se colectó esta fracción en un tubo de digestión. Antes de añadir una nueva muestra se hizo un lavado de la columna con 15 mL de agua. (Cambiar la resina en una semana o cada tres muestras)

Digestión Ácida:

Se añadieron 0.5 mL de H_2SO_4 y 3 mL de HNO_3 en el tubo. Se añadieron 3 núcleos de ebullición. Se hizo la digestión (micro Kjeltec, Tecator, Digestion System 6, 1007 Digester) a calor medio *($t= 250\text{ }^\circ\text{C}$) hasta que cese la ebullición activa (35 minutos) y la nube de vapor espeso amarillo desaparezca del cuello del tubo, se dejaron cinco minutos más y se apagó el quemador.

En el frasco frío se añadió 10 mL de agua, se agitó y se calentó a baja temperatura para disolver la sal. Se continua calentando a baja temperatura durante 10 minutos más. Se sacó la solución y se enfrió.

Cuantificación por espectrofotometría:

Se transfirió la solución a un matraz de 50 mL. Se añadió 2 mL de solución de molibdato, se mezcló bien; se añadió 1 mL de reagente de ácido sulfónico, se mezcló y se aforó, se dejó en reposo 15 minutos y se leyó a 640 nm. (Espectrofotómetro UV-visible, Shimadzu, UV-160A). Se calculó el contenido de fitatos en el alimento, de acuerdo con la ecuación 3:

Cálculos:

$$\text{Fitato (mg/g muestra)} = (K \times A \times 20) / (0.282 \times 1000) \quad [3]$$

Donde:

A = Absorbancia

K = Std P (μg) / A/n (stdas)

Fitato = 28.2 % de P

TEST DE ACEPTACIÓN SENSORIAL DE LA LECHE DE QUINUA

NOMBRE:.....FECHA:.....

EDAD: 15-20 21-25 26-30 31-35 36-40 41-45 46-50 >51

SEXO: Hombre: Mujer:

Usted está recibiendo leche de quinua con excelente valor nutritivo. Por favor deguste y conteste las siguientes preguntas:

Cómo calificaría su preferencia por este producto?

Marque un solo casillero

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| Me gusta mucho | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta | <input type="checkbox"/> |
| Me gusta poco | <input type="checkbox"/> |
| Ni me gusta ni me disgusta | <input type="checkbox"/> |
| Me disgusta poco | <input type="checkbox"/> |
| Me disgusta | <input type="checkbox"/> |
| Me disgusta mucho | <input type="checkbox"/> |

Si:

Consumo regularmente bebidas de origen vegetal?

No:

Con que frecuencia?

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1 día a la semana | <input type="checkbox"/> |
| 2 días a la semana | <input type="checkbox"/> |
| Mas de 3 días a la semana | <input type="checkbox"/> |

Otro (especifique)

Compraría este producto?

Si:

No:

Comentarios:

.....

ANEXO IV

DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS EQUILIBRADOS

Los diseños de bloques completos equilibrados son aquellos en los que cada juez prueba en la misma sesión todas las muestras que se analizan. Pueden ser simples o incluir repeticiones y suelen aplicarse cuando el número de muestras a analizar es inferior a cinco (Costell y Duran, 1981).

En este estudio, se tienen tres muestras que fueron analizadas sensorialmente; por la permutación del número de muestras y debido a que los panelistas son semi-entrenados, se contó con la participación de 12 degustadores con lo cual se obtuvo 12 evaluaciones para cada muestra. A continuación se presenta una tabla del diseño aplicado.

Tabla 36. Diseño de bloques completos equilibrados

Panelista	Temp. Almacenamiento		
	8°C	20°C	35°C
1	X	X	X
2	X	X	X
3	X	X	X
4	X	X	X
5	X	X	X
6	X	X	X
7	X	X	X
8	X	X	X
9	X	X	X
10	X	X	X
11	X	X	X
12	X	X	X

ANEXO V

Tabla 37. Perfil granulométrico de la harina de quinua

Malla ASTM N°.	Abertura Tamiz (um)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
40	425	2,63	2,63	97,37
50	300	2,62	5,25	94,75
70	212	2,77	8,02	91,98
80	180	2,71	10,73	89,27
100	150	4,54	15,27	84,73
FONDO	-	84,73	100	0

ANEXO VI

Tabla 38. Valores para el cálculo de proteína soluble

Muestra	Absorbancia	Concentrac. (mg BSA/mL)	Factor de dilución	Peso TCA (gr)	Peso Alicuota (gr)	Factor corrección	Conc. final (mg Prot/mL)
1	0.282	0.5295	100	0.5286	0.6404	1.8254	96.6556
2	0.255	0.4810	100	0.5344	0.5086	2.0507	98.6367
3	0.232	0.4397	100	0.4925	0.5126	1.9608	86.2075
4	0.166	0.3211	100	0.5378	0.5639	1.9537	62.7277
5	0.263	0.4954	100	0.5376	0.5023	2.0703	102.5529
6	0.215	0.4091	100	0.5728	0.5033	2.1381	87.4718
7	0.325	0.6068	100	0.5485	0.6558	1.8364	111.4244
8	0.269	0.5061	100	0.5730	0.5473	2.0470	103.6046
9	0.178	0.3426	100	0.5333	0.5343	1.9981	68.4620
10	0.095	0.1935	100	0.6120	0.5566	2.0995	40.6251
11	0.248	0.4684	100	0.6118	0.5375	2.1382	100.1562
12	0.158	0.3067	100	0.5744	0.4797	2.1974	67.3935
13	0.094	0.1917	100	0.5754	0.4940	2.1648	41.4986
14	0.095	0.1935	100	0.5783	0.4935	2.1718	42.0241
15	0.155	0.3013	100	0.5660	0.5208	2.0868	62.8758
16	0.156	0.3031	100	0.5712	0.5379	2.0619	62.4966
17	0.216	0.4109	100	0.5744	0.5241	2.0960	86.1254
18	0.187	0.3588	100	0.5322	0.5645	1.9428	69.7073
19	0.220	0.4181	100	0.5363	0.4326	2.2397	93.6415
20	0.258	0.4864	100	0.5984	0.7596	1.7878	86.9532
21	0.153	0.2977	100	0.5877	0.5265	2.1162	63.0026
22	0.096	0.1953	100	0.5794	0.5242	2.1053	41.1151
23	0.156	0.3031	100	0.5654	0.5479	2.0319	61.5883
24	0.098	0.1989	100	0.5336	0.4601	2.1597	42.9544
25	0.249	0.4702	100	0.5258	0.5122	2.0266	95.2891
26	0.159	0.3085	100	0.5719	0.5546	2.0312	62.6605
27	0.256	0.4828	100	0.5745	0.5420	2.0600	99.4511
28	0.330	0.6157	100	0.5275	0.6990	1.7546	108.0415
29	0.172	0.3318	100	0.5563	0.5442	2.0222	67.1078
30	0.263	0.4954	100	0.5289	0.4962	2.0659	102.3361
31	0.237	0.4486	100	0.5716	0.5050	2.1319	95.6451
32	0.097	0.1971	100	0.5755	0.5672	2.0146	39.7063

ANEXO VII

Tabla 39. Variación de la temperatura del autoclave y de las latas y del factor de letalidad con respecto al tiempo

Tiempo (min)	Temperatura autoclave (°C)	Temperatura lata 1 (°C)	Temperatura lata 2 ° (°C)	Prom. temp. lata 1 y 2 (°C)	Factor de letalidad lata 1	Factor de letalidad lata 2	Promedio factor letalidad lata 1 y 2
0	25.6	63.6	66.3	64.95	0.000	0.000	0.000
1	38.1	63.3	65.9	64.60	0.000	0.000	0.000
2	86.4	65.4	67.1	66.25	0.000	0.000	0.000
3	92.9	74.6	74.6	74.60	0.000	0.000	0.000
4	93	82.3	81.8	82.05	0.000	0.000	0.000
5	92	86.1	85.5	85.80	0.000	0.000	0.000
6	102.5	89.2	88.6	88.90	0.000	0.000	0.000
7	110.8	92.4	91.7	92.05	0.001	0.001	0.001
8	115.7	97.8	96.7	97.25	0.004	0.004	0.004
9	119	101.5	100.6	101.05	0.013	0.010	0.012
10	121.4	104.1	103.5	103.80	0.029	0.024	0.027
11	121.1	105.9	105.6	105.75	0.055	0.048	0.052
12	121	107.4	107	107.20	0.093	0.083	0.088
13	121.6	108.5	108.7	108.60	0.143	0.133	0.138
14	121.3	110	110.3	110.15	0.212	0.208	0.210
15	121	110.6	110.8	110.70	0.297	0.296	0.297
16	121.1	111.2	111.3	111.25	0.395	0.398	0.397
17	121.4	111.7	111.7	111.70	0.505	0.509	0.507
18	120.8	112.2	112.1	112.15	0.629	0.631	0.630
19	119.8	112.7	112.5	112.60	0.768	0.764	0.766
20	119.8	113	112.8	112.90	0.918	0.909	0.914
21	120.7	113.2	113.1	113.15	1.078	1.063	1.071
22	120.9	113.6	113.5	113.55	1.250	1.231	1.241
23	121.4	113.8	113.7	113.75	1.433	1.410	1.422
24	121.6	114.2	114.1	114.15	1.630	1.603	1.617
25	121	114.5	114.4	114.45	1.842	1.811	1.827
26	121.4	114.8	114.7	114.75	2.069	2.034	2.052

Tabla 40. Variación de la temperatura del autoclave y de las latas y del factor de letalidad con respecto al tiempo continuación...

Tiempo (min)	Temperatura autoclave (°C)	Temperatura lata 1 (°C)	Temperatura lata 2 ° (°C)	Prom. temp. lata 1 y 2 (°C)	Factor de letalidad lata 1	Factor de letalidad lata 2	Promedio factor letalidad lata 1 y 2
27	121.7	115.1	115	115.05	2.315	2.272	2.294
28	120.7	115.4	115.2	115.30	2.576	2.525	2.551
29	120.5	115.7	115.5	115.60	2.858	2.794	2.826
30	120.1	116	115.8	115.90	3.162	3.081	3.122
31	121	116.3	116	116.15	3.486	3.383	3.435
32	121.3	116.6	116.3	116.45	3.833	3.705	3.769
33	120.8	116.9	116.5	116.70	4.204	4.045	4.125
34	120.8	117.2	116.8	117.00	4.600	4.409	4.505
35	121.3	117.4	117	117.20	5.017	4.789	4.903
36	121.3	117.7	117.3	117.50	5.464	5.194	5.329
37	120.8	117.9	117.5	117.70	5.931	5.621	5.776
38	120.3	118.1	117.7	117.90	6.424	6.067	6.246
39	121.2	118.3	117.9	118.10	6.943	6.535	6.739
40	122.1	118.5	118.1	118.30	7.486	7.025	7.256
41	116.1	118.7	118.3	118.50	8.055	7.538	7.797
42	111.7	118.7	118.3	118.50	8.631	8.063	8.347
43	106.7	118.6	118.3	118.45	9.196	8.587	8.892
44	51.7	117.9	117.4	117.65	9.728	9.091	9.410

ANEXO VIII

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PH DE LA LECHE DE QUINUA CON RESPECTO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO

Analysis Summary

Dependent variable: pH

Factors:

Temperatura

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for pH. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on pH. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for pH - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	0.00326667	2	0.00163333	2.58	0.1302
RESIDUAL	0.0057	9	0.000633333		

TOTAL (CORRECTED)	0.00896667	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of pH into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values Multifactor ANOVA - pH are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on pH at the 95.0% confidence level.

ANEXO IX

**ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PH DE LA LECHE DE QUINUA CON RESPECTO AL
TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: pH

Factors:

Tiempo

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for pH. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on pH. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for pH - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Tiempo	0.0043	3	0.00143333	2.46	0.1376
RESIDUAL	0.00466667	8	0.000583333		

TOTAL (CORRECTED)	0.00896667	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of pH into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on pH at the 95.0% confidence level.

ANEXO X

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ACIDEZ TITULABLE DE LA LECHE DE QUINUA CON RESPECTO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO

Analysis Summary

Dependent variable: Acidez Titulable

Factors:

Temperatura

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Acidez Titulable. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Acidez Titulable. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Acidez Titulable - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	0.0	2	0.0	0.00	1.0000
RESIDUAL	0.000225	9	0.000025		

TOTAL (CORRECTED)	0.000225	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Acidez Titulable into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on Acidez Titulable at the 95.0% confidence level.

ANEXO XI

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ACIDEZ TITULABLE DE LA LECHE DE QUINUA CON RESPECTO AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

Analysis Summary

Dependent variable: Acidez Titulable

Factors:

Tiempo

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a one-way analysis of variance for acidez. It constructs various tests and graphs to compare the mean values of acidez for the 4 different levels of tiempo. The F-test in the ANOVA table will test whether there are any significant differences amongst the means. If there are, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. If you are worried about the presence of outliers, choose the Kruskal-Wallis Test which compares medians instead of means. The various plots will help you judge the practical significance of the results, as well as allow you to look for possible violations of the assumptions underlying the analysis of variance.

Analysis of Variance for Acidez Titulable

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0.000225	3	0.000075*****		0.0000
Within groups	0.0	8	0.0		
Total (Corr.)	0.000225	11			

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variance of acidez into two components: a between-group component and a within-group component. The F-ratio, which in this case equals 4.15384E30, is a ratio of the between-group estimate to the within-group estimate. Since the P-value of the F-test is less than 0.05, there is a statistically significant difference between the mean acidez from one level of tiempo to another at the 95.0% confidence level. To determine which means are significantly different from which others, select Multiple Range Tests from the list of Tabular Options.

ANEXO XII

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES DE LA LECHE DE QUINUA CON
RESPECTO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Grados Brix

Factors:

Temperatura

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Grados Brix. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Grados Brix. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Grados Brix - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	0.125	2	0.0625	0.90	0.4402
RESIDUAL	0.625	9	0.0694444		

TOTAL (CORRECTED)	0.75	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Grados Brix into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on Grados Brix at the 95.0% confidence level.

ANEXO XIII

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES DE LA LECHE DE QUINUA CON
RESPECTO AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Grados Brix

Factors:

Tiempo

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Grados Brix. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Grados Brix. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Grados Brix - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Tiempo	0.416667	3	0.138889	3.33	0.0770
RESIDUAL	0.333333	8	0.0416667		

TOTAL (CORRECTED)	0.75	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Grados Brix into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on Grados Brix at the 95.0% confidence level.

ANEXO XIV

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA LUMINOSIDAD DEL COLOR DE LA LECHE DE QUINUA CON RESPECTO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO

Analysis Summary

Dependent variable: Luminosidad

Factors:

Temperatura

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Luminosidad. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Luminosidad. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Luminosidad - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	4.21845	2	2.10922	0.01	0.9940
RESIDUAL	3155.31	9	350.59		

TOTAL (CORRECTED)	3159.53	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Luminosidad into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on Luminosidad at the 95.0% confidence level.

ANEXO XV

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA LUMINOSIDAD DEL COLOR DE LA LECHE DE
QUINUA CON RESPECTO AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Luminosidad

Factors:

Tiempo

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Luminosidad. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Luminosidad. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Luminosidad - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Tiempo	3144.52	3	1048.17	558.54	0.0000
RESIDUAL	15.013	8	1.87662		

TOTAL (CORRECTED)	3159.53	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Luminosidad into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0.05, this factor has a statistically significant effect on Luminosidad at the 95.0% confidence level.

ANEXO XVI

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA SATURACIÓN DEL COLOR DE LA LECHE DE QUINUA CON RESPECTO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO

Analysis Summary

Dependent variable: Saturacion

Factors:

Temperatura

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Saturacion. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Saturacion. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Saturacion - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	0.0491167	2	0.0245583	0.05	0.9555
RESIDUAL	4.82885	9	0.536539		

TOTAL (CORRECTED)	4.87797	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Saturacion into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on Saturacion at the 95.0% confidence level.

ANEXO XVII

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA SATURACIÓN DEL COLOR DE LA LECHE DE QUINUA
CON RESPECTO AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Saturacion

Factors:

Tiempo

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Saturacion. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Saturacion. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Saturacion - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Tiempo	4.7675	3	1.58917	115.09	0.0000
RESIDUAL	0.110467	8	0.0138083		

TOTAL (CORRECTED)	4.87797	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Saturacion into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0.05, this factor has a statistically significant effect on Saturacion at the 95.0% confidence level.

ANEXO XVIII

**ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MATIZ DEL COLOR DE LA LECHE DE QUINUA CON
RESPECTO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Matiz

Factors:

Temperatura

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Matiz. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Matiz. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Matiz - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	21.3677	2	10.6839	3.38	0.0804
RESIDUAL	28.4466	9	3.16073		

TOTAL (CORRECTED)	49.8143	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Matiz into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on Matiz at the 95.0% confidence level.

ANEXO XIX

**ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MATIZ DEL COLOR DE LA LECHE DE QUINUA CON
RESPECTO AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Matiz

Factors:

Tiempo

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a one-way analysis of variance for Matiz. It constructs various tests and graphs to compare the mean values of Matiz for the 4 different levels of Tiempo. The F-test in the ANOVA table will test whether there are any significant differences amongst the means. If there are, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. If you are worried about the presence of outliers, choose the Kruskal-Wallis Test which compares medians instead of means. The various plots will help you judge the practical significance of the results, as well as allow you to look for possible violations of the assumptions underlying the analysis of variance.

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	31,4717	3	10,4906	4,58	0,0380
Within groups	18,3426	8	2,29283		
Total (Corr.)	49,8143	11			

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variance of Matiz into two components: a between-group component and a within-group component. The F-ratio, which in this case equals 4,57538, is a ratio of the between-group estimate to the within-group estimate. Since the P-value of the F-test is less than 0,05, there is a statistically significant difference between the mean Matiz from one level of Tiempo to another at the 95,0% confidence level. To determine which means are significantly different from which others, select Multiple Range Tests from the list of Tabular Options.

ANEXO XX

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE SEDIMENTACIÓN DE LA LECHE DE QUINUA CON RESPECTO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO

Analysis Summary

Dependent variable: % Sedimentación

Factors:

Temperatura

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Sedimentación. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on % Sedimentación. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for % Sedimentación - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	1.16667	2	0.583333	0.26	0.7795
RESIDUAL	20.5	9	2.27778		

TOTAL (CORRECTED)	21.6667	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of % Sedimentación into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on % Sedimentación at the 95.0% confidence level.

ANEXO XXI

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE SEDIMENTACIÓN DE LA LECHE DE QUINUA CON RESPECTO AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

Analysis Summary

Dependent variable: % Sedimentación

Factors:

Tiempo

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for % Sedimentación. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on % Sedimentación. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for % Sedimentación - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Tiempo	19.0	3	6.33333	19.00	0.0005
RESIDUAL	2.66667	8	0.333333		

TOTAL (CORRECTED)	21.6667	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of % Sedimentación into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0.05, this factor has a statistically significant effect on % Sedimentación at the 95.0% confidence level.

ANEXO XXII

**ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR DE LA LECHE DE QUINUA CON
RESPECTO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Color

Factors:

Temperatura

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Color. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Color. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Color - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	0.215	2	0.1075	0.20	0.8258
RESIDUAL	4.9475	9	0.549722		

TOTAL (CORRECTED)	5.1625	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Color into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on Color at the 95.0% confidence level.

ANEXO XXIII

**ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO COLOR DE LA LECHE DE QUINUA CON
RESPECTO AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Color

Factors:

Tiempo

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Color. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Color. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Color - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Tiempo	3.92917	3	1.30972	8.50	0.0072
RESIDUAL	1.23333	8	0.154167		

TOTAL (CORRECTED)	5.1625	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Color into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0.05, this factor has a statistically significant effect on Color at the 95.0% confidence level.

ANEXO XXIV

**ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO AROMA DE LA LECHE DE QUINUA CON
RESPECTO AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Aroma

Factors:

Tiempo

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Aroma. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Aroma. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Aroma - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Tiempo	1.7425	3	0.580833	15.15	0.0012
RESIDUAL	0.306667	8	0.0383333		

TOTAL (CORRECTED)	2.04917	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Aroma into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0.05, this factor has a statistically significant effect on Aroma at the 95.0% confidence level.

ANEXO XXV

**ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO AROMA DE LA LECHE DE QUINUA CON
RESPECTO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Aroma

Factors:

Temperatura

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Aroma. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Aroma. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Aroma - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	0.0816667	2	0.0408333	0.19	0.8328
RESIDUAL	1.9675	9	0.218611		

TOTAL (CORRECTED)	2.04917	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Aroma into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on Aroma at the 95.0% confidence level.

ANEXO XXVI

**ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO AMARGOR DE LA LECHE DE QUINUA CON
RESPECTO AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Amargor

Factors:

Tiempo

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Amargor. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Amargor. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Amargor - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Tiempo	2.91583	3	0.971944	0.79	0.5338
RESIDUAL	9.87333	8	1.23417		

TOTAL (CORRECTED)	12.7892	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Amargor into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on Amargor at the 95.0% confidence level.

ANEXO XXVII

**ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ATRIBUTO AMARGOR DE LA LECHE DE QUINUA CON
RESPECTO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO**

Analysis Summary

Dependent variable: Amargor

Factors:

Temperatura

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Amargor. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Amargor. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for Amargor - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	5.13167	2	2.56583	3.02	0.0994
RESIDUAL	7.6575	9	0.850833		

TOTAL (CORRECTED)	12.7892	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Amargor into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0.05, none of the factors have a statistically significant effect on Amargor at the 95.0% confidence level.

ANEXO XXVIII**FOTOGRAFÍAS DE LA PARTE EXPERIMENTAL**



Figura 41. Remojo de la harina de quinua en baño termostático



Figura 42. Muestras congeladas de la mezcla de harina de quinua y agua desionizada después de la incubación.



Figura 43. Proceso para la cuantificación de fitatos



Figura 44. Hidrólisis de proteína de quinua



Figura 45. Proceso de remojo de harina de quinua en planta piloto



Figura 46. Leche de quinua y centrífuga Westfalia



Figura 47. Torta de quinua



Figura 48. Esterilización de la leche de quinua en botellas de vidrio



Figura 49. Esterilización del producto envasado