



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

**TEXTURA Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LECHE
FERMENTADA CON QUINUA TOSTADA (*Chenopodium
quinoa* Wild) VARIEDAD INIAP Tunkahuan.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA DE ALIMENTOS**

ESTEFANÍA ALEXANDRA CARRERA GARCÍA

DIRECTOR: ING. JUAN EDUARDO BRAVO VÁSQUEZ, PhD.

Quito, Abril 2017



FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO
PROYECTO DE TITULACIÓN

| DATOS DE CONTACTO | |
|---------------------|-----------------------------------------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD | 1712187544 |
| APELLIDO Y NOMBRES | Carrera García Estefanía Alexandra |
| DIRECCIÓN | Av. Los Hornos, Sector 2da. Unidad de la Cruz |
| EMAIL | estefy093@hotmail.com |
| TELÉFONO FIJO | 02257 711 |
| TELÉFONO MÓVIL | 0996584925 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TÍTULO | TEXTURA Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LECHE FERMENTADA CON CUNILA TOSTADA (Chenopodium quinoa Willd) VARIEDAD INAP |
| AUTOR O AUTORA | García Estefanía Alexandra 07 de abril de 2017 |
| DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN | Ing. Juan Eduardo Bravo Vásquez, PhD |
| PROGRAMA | PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/> |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA | INGENIERA DE ALIMENTOS |
| RESUMEN | El objetivo del presente estudio fue determinar la textura y perfil de ácidos grasos en leche fermentada con cunila tostada (Chenopodium quinoa Willd) variedad INAP. Para ello se realizaron tres fermentaciones de leche fermentada con cunila tostada en dosis de 0, 2 y 4 g/L. Se evaluó la influencia de la cantidad de cunila tostada en la fermentación y en el perfil de ácidos grasos. |

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2017

Reservados todos los derechos de reproducción



FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO
PROYECTO DE TITULACIÓN

| DATOS DE CONTACTO | |
|----------------------|--------------------------------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 172149766-5 |
| APELLIDO Y NOMBRES: | Carrera García Estefanía Alexandra |
| DIRECCIÓN: | Amaguaña, Barrio San Juan de la Cruz |
| EMAIL: | estefy093-@hotmail.com |
| TELÉFONO FIJO: | 022877-977 |
| TELÉFONO MOVIL: | 0998584925 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TÍTULO: | TEXTURA Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LECHE FERMENTADA CON QUINUA TOSTADA (<i>Chenopodium quinoa</i> Wild) VARIEDAD INIAP Tunkahuan. |
| AUTOR O AUTORES: | Estefanía Alexandra Carrera García |
| DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN: | 07 de abril de 2017 Ing. Juan Eduardo Bravo Vásquez, PhD <small>Lleche fermentada, quinua tostada, textura, perfil de</small> |
| PROGRAMA | PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/> |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | INGENIERA DE ALIMENTOS |
| RESUMEN: | El objetivo del presente estudio fue determinar la textura y perfil de ácidos grasos en leche fermentada con harina de quinua tostada, para ello se realizaron tres formulaciones de leche fermentada con adición de 2.5, 5 y 7.5 % harina de quinua tostada. Se evaluó el efecto que presentó en la viscosidad aparente tanto en el proceso de fermentación como en el transcurso |



de 21 días de almacenamiento. El perfil de ácidos grasos se estableció mediante cromatografía de gases para materia prima, así como para cada una de las formulaciones, los ácidos grasos que se determinaron fueron los que tienen mayor prioridad en la salud (esteárico, palmítico, oleico, linoleico y linolénico), donde se conoció que el comportamiento de los ácidos grasos es similar, el contenido de ácidos grasos aumenta acorde al porcentaje de harina añadido, pero no existe una diferencia significativa en el aumento de los mismos. La viscosidad aparente durante la fermentación aumenta hasta llegar a pH óptimo, presentó mayor diferencia significativa la formulación de 7.5 %, comprobando que, a mayor cantidad de harina de quinua adiciona, mayor será la viscosidad aparente.

PALABRAS CLAVES:

Leche fermentada, quinua tostada, textura, perfil de ácidos grasos.

ABSTRACT:

The aim of the present study was to determinate the texture and fatty acids profile of fermented milk with toasted quinoa flour. Three formulations of fermented milk were added with 2.5, 5 and 7.5 % toasted quinoa flour. The effect of the apparent viscosity was evaluated in both the fermentation process and the 21 day storage period. The fatty acid profile was established by gas chromatography for



raw material, as well as for each of the formulations, the fatty acids that were determined were the ones with the highest priority in the health (stearic, palmitic, oleic, linoleic and linolenic). It was found that the behavior of the fatty acids is similar, since its content increases according to the percentage of added flour, but there is no significant difference in the increase of the same. The apparent viscosity during fermentation increases until reaching optimum pH, and among the three formulations the one with the greatest significant difference was the formulation of 7.5 %, proving that, the greater quantity of quinoa flour added, the greater the apparent viscosity.

KEYWORDS

Fermented milk, toasted quinoa, texture, fatty acid profile.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

ESTEFANÍA ALEXANDRA CARRERA GARCÍA
1721497665



AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

A Dios, por ayudarme a superar todos los obstáculos, ser mi fortaleza y guía.
A mis padres, Richard y Zoily, que son el pilar esencial de mi vida, brindándome su apoyo en cada paso que doy, su esfuerzo, dedicación y sacrificio se ve reflejado en todas las metas que poco a poco voy cumpliendo. Este logro, no es solo mío, sino NUESTRO.

A mi mamá Zoily, mi mejor amiga y consejera, por estar siempre para mí con los brazos abiertos, apoyándome incondicionalmente, y por enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa y que no hay nada mejor que dejar los problemas en manos de Dios. Todo lo que soy, es gracias a ustedes dos.

A mi ñaño, Sebas, eres la luz y alegría de mi vida, por brindarme tu amor todos los días, tu vida le da sentido a la mía.

A mi abuelito Miguel, que estoy segura todos los días me cuida desde el cielo, un pilar indispensable para mí, y jamás encontraré las palabras para expresar todo lo que significas.

A mi Ing. Juanito Bravo y Manuel Coronel, por toda su confianza, por tenerme paciencia, brindarme sus conocimientos y tiempo durante la realización de este trabajo.

A Michelle, por llegar a mi vida y regalarme toda su luz y ocurrencias, tú sabes cuánto te quiero amiga, no hay mejores palabras y compañía que la tuya, estoy segura que aunque pasen los años, aun podré sentarme contigo y no necesitar nada más.

A Nikó, por ser alguien muy importante en mi vida, por todos los momentos tristes y alegres que compartimos, por brindarme su amistad incondicional y enseñarme que la distancia no daña una amistad.

A Silv, por estar desde el primero hasta el último día literalmente junto a mí, gracias por tu gran amistad. A Alexito, por ser realmente un gran amigo, personas como tú no se encuentran fácilmente. Gracias a los dos por siempre estar pendientes, apoyarme y salvarme de todo.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ayudarme a superar todos los obstáculos, ser mi fortaleza y guía.

A mi papi Richard, por todo su esfuerzo y amor, la paciencia y dedicación que desde pequeña me inculcó, se encuentra plasmado en todos los logros de mi vida, a mi mami Zoily, mi mejor amiga y consejera, por estar siempre para mí con los brazos abiertos, apoyándome incondicionalmente, y por enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa y que no hay nada mejor que dejar los problemas en manos de Dios. Todo lo que soy, es gracias a ustedes dos.

A mi ñañoito, Sebas, eres la luz y alegría de mi vida, por brindarme tu amor todos los días, tu vida le da sentido a la mía.

A mi abuelito Miguel, que estoy segura todos los días me cuida desde el cielo, un pilar indispensable para mí, y jamás encontraré las palabras para expresar todo lo que significas.

A mi Ing. Juanito Bravo y Manuel Coronel, por toda su confianza, por tenerme paciencia, brindarme sus conocimientos y tiempo durante la realización de este trabajo.

A Michelle, por llegar a mi vida y regalarme toda su luz y ocurrencias, tú sabes cuánto te quiero amiga, no hay mejores palabras y compañía que la tuya, estoy segura que aunque pasen los años, aun podré sentarme contigo y no necesitar nada más.

A Niki, por ser alguien muy importante en mi vida, por todos los momentos tristes y alegres que compartimos, por brindarme su amistad incondicional y enseñarme que la distancia no daña una amistad.

A Silvi, por estar desde el primero hasta el último día literalmente junto a mí, gracias por tu gran amistad. A Alexito, por ser realmente un gran amigo, personas como tú no se encuentran fácilmente. Gracias a los dos por siempre estar pendientes, apoyarme y salvarme de todo.



A Mabe y Mich, solo nosotras sabemos todo el esfuerzo que invertimos para que podamos culminar nuestros proyectos, creo que todo ese esfuerzo, me enseñó que el trabajo en equipo puede fortalecer mucho más una amistad.

A Fernanda, un ser lleno de luz, que me enseñó a jamás perder mis valores y confiar siempre en que Dios sabe cómo hace las cosas.

Y a todas las personas que estuvieron junto a mí, para brindarme una palabra de aliento, y no dejarme caer.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 07 de abril del 2017.

ESTEFANÍA ALEXANDRA CARRERA GARCÍA

172149766-5



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **CARRERA GARCÍA ESTEFANÍA ALEXANDRA**, CI. 172149766-5 autora del proyecto titulado **Textura y perfil de ácidos grasos en leche fermentada con quinua tostada (*Chenopodium quinoa* Wild) VARIEDAD INIAP Tunkahuan**, previo a la obtención del título de **INGENIERA DE ALIMENTOS** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 07 de abril del 2017.

Estefanía Alexandra Carrera García

C.I. 172149766-5

ESTEFANÍA ALEXANDRA CARRERA GARCÍA

172149766-5



DECLARACIÓN CERTIFICACIÓN

Yo **ESTEFANÍA ALEXANDRA CARRERA GARCÍA**, 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 incluye en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial 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.

Estefanía Alexandra Carrera García

C.I. 172149766-5

C.I. 1001367414



INDICE DE CONTENIDOS CERTIFICACIÓN

PÁGINA

Certifico que el presente trabajo que lleva por título "Textura y perfil de ácidos grasos en leche fermentada con quinua tostada (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad INIAP Tunkahuan", que, para aspirar al título de Ingeniero de Alimentos fue desarrollado por Estefanía Alexandra Carrera García, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.

| | |
|----------------------------------------------|----|
| 2.2. LECHE FERMENTADA | 4 |
| 2.2.1. FERMENTACIÓN LÁCTICA | 6 |
| 2.2.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL | 7 |
| 2.2.3. CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL | 7 |
| 2.3. QUINUA | 8 |
| 2.3.1. QUINUA VARIEDAD INIAP TUNKAHUAN | 9 |
| 2.3.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL | 10 |
| 2.3.2.1. Proteínas | 10 |
| 2.3.2.2. Grasas | 11 |
| 2.3.2.3. Carbohidratos | 11 |
| 2.3.2.4. Minerales | 12 |
| 2.4. ÁCIDOS GRASOS | 12 |
| 2.4.1. ÁCIDOS GRASOS | 14 |
| 2.4.2. ÁCIDOS GRASOS | 14 |
| 2.4.3. ÁCIDOS GRASOS | 15 |
| 2.5. REOLOGÍA EN ALIMENTOS | 15 |
| 2.5.1. VISCOSIDAD | 16 |
| 2.6. CLASIFICACIÓN REOLÓGICA DE FLUIDOS | 16 |
| 2.6.1. FLUIDOS DEPENDIENTES DEL TIEMPO | 16 |
| 2.6.2. FLUIDOS INDEPENDIENTES DEL TIEMPO | 17 |
| 2.6.2.1. Fluidos Newtonianos | 18 |

Ing. Juan Bravo, PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I 1001367414



ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | PÁGINA |
|----------------------------------------------|--------|
| 2.6.2.2. Fluidos No Newtonianos | |
| 3. METODOLOGÍA | 20 |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 3 |
| 2.1. LECHE | 3 |
| 2.2. LECHE FERMENTADA | 4 |
| 2.2.1. FERMENTACIÓN LÁCTICA | 6 |
| 2.2.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL | 7 |
| 2.2.3. CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL | 7 |
| 2.3. QUINUA | 8 |
| 2.3.1. QUINUA VARIEDAD INIAP TUNKAHUAN | 9 |
| 2.3.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL | 10 |
| 2.3.2.1. Proteínas | 10 |
| 2.3.2.2. Grasas | 11 |
| 2.3.2.3. Carbohidratos | 11 |
| 2.3.2.4. Minerales | 12 |
| 2.4. ÁCIDOS GRASOS EN ALIMENTOS | 12 |
| 2.4.1. ÁCIDOS GRASOS SATURADOS | 14 |
| 2.4.2. ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS | 14 |
| 2.4.3. ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS | 15 |
| 2.5. REOLOGÍA EN ALIMENTOS | 15 |
| 2.5.1. VISCOSIDAD | 16 |
| 2.6. CLASIFICACIÓN REOLÓGICA DE FLUIDOS | 16 |
| 2.6.1. FLUIDOS DEPENDIENTES DEL TIEMPO | 16 |
| 2.6.2. FLUIDOS INDEPENDIENTES DEL TIEMPO | 17 |
| 2.6.2.1. Fluidos Newtonianos | 18 |



| | PÁGINA |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 2.6.2.2. Fluidos No Newtonianos | 18 |
| 3. METODOLOGÍA | 20 |
| 3.1. ELABORACIÓN DE HARINA DE QUINUA TOSTADA | 20 |
| 3.2. ELABORACIÓN DE LECHE FERMENTADA CON ADICIÓN DE HARINA DE QUINUA TOSTADA | 20 |
| 3.3. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS | 21 |
| 3.3.1. EXTRACCIÓN DE GRASA DE HARINA DE QUINUA TOSTADA | 21 |
| 3.3.2. EXTRACCIÓN DE GRASA DE LECHE FERMENTADA Y LECHE SEMIDESCREMADA | 21 |
| 3.3.3. CROMATOGRAFIA DE GASES | 22 |
| 3.4. DETERMINACION DE TEXTURA | 22 |
| 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 23 |
| 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS | 24 |
| 4.1. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS | 24 |
| 4.1.1. MATERIA PRIMA | 24 |
| 4.1.2. LECHE FERMENTADA | 26 |
| 4.1.3. ALMACENAMIENTO | 28 |
| 4.2. TEXTURA | 32 |
| 4.2.1. LECHE FERMANTADA | 33 |
| 4.2.1.1. Fermentación | 33 |
| 4.2.1.2. Almacenamiento | 39 |
| 4.2.2. VISCOSIDAD APARENTE EN LA FERMENTACIÓN | 44 |
| 4.2.3. VISCOSIDAD APARENTE EN EL ALMACENAMIENTO | 46 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 48 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 48 |



INDICE DE TABLAS

| | PÁGINA |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 5.2. RECOMENDACIONES | 50 |
| BIBLIOGRAFIA | 51 |
| Tabla 1. Composición general de leche de vaca en 100 gr. | 4 |
| ANEXOS | 56 |
| Tabla 2. Tipos de Leche Fermentada según el cultivo utilizado | 5 |
| Tabla 3. Contenido de aminoácidos esenciales en quinua | 11 |
| Tabla 4. Contenido de minerales | 12 |
| Tabla 5. Porcentaje de ácidos grasos en harina de quinua tostada y Leche | 24 |
| Tabla 6. Perfil de ácidos grasos leche y tres formulaciones de leche fermentada | 26 |
| Tabla 7. Perfil de ácidos grasos (%) de leche fermentada durante el Almacenamiento | 29 |
| Tabla 8. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 0 % de harina de quinua tostada durante la fermentación | 34 |
| Tabla 9. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 2.5 % de harina de quinua tostada durante la fermentación | 35 |
| Tabla 10. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 5 % de harina de quinua tostada durante la fermentación | 36 |
| Tabla 11. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 7.5 % de harina de quinua tostada durante la fermentación | 37 |
| Tabla 12. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 0 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento | 39 |
| Tabla 13. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 2.5 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento | 40 |
| Tabla 14. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 5 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento | 41 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | PÁGINA |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Tabla 1. Composición general de leche de vaca en 100 gr. | 4 |
| Tabla 2. Tipos de Leche Fermentada según el cultivo utilizado | 5 |
| Tabla 3. Contenido de aminoácidos esenciales en quinua | 11 |
| Tabla 4. Contenido de minerales | 12 |
| Tabla 5. Porcentaje de ácidos grasos en harina de quinua tostada y Leche | 24 |
| Tabla 6. Perfil de ácidos grasos leche y tres formulaciones de leche fermentada | 26 |
| Tabla 7. Perfil de ácidos grasos (%) de leche fermentada durante el Almacenamiento | 29 |
| Tabla 8. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 0 % de harina de quinua tostada durante la fermentación | 34 |
| Tabla 9. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 2.5 % de harina de quinua tostada durante la fermentación | 35 |
| Tabla 10. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 5 % de harina de quinua tostada durante la fermentación | 36 |
| Tabla 11. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 7.5 % de harina de quinua tostada durante la fermentación | 37 |
| Tabla 12. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 0 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento | 39 |
| Tabla 13. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 2.5 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento | 40 |
| Tabla 14. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 5 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento | 41 |



ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Tabla 15. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 7.5 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento | PÁGINA 42 |
| Tabla 16. Viscosidad aparente en la fermentación para leche fermentada control, 2.5, 5 y 7.5 % de harina de quinua Tostada | 6 44 |
| Tabla 17. Viscosidad aparente durante la etapa de almacenamiento para leche fermentada control, 2.5, 5 y 7.5 % de harina de quinua tostada | 9 10 18 46 |
| Figura 5. Comportamiento de fluidos no newtonianos | 19 |
| Figura 6. Perfil de ácidos grasos materia prima | 25 |
| Figura 7. Incremento de ácido linoleico | 27 |
| Figura 8. Comportamiento de ácido palmítico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento | 30 |
| Figura 9. Comportamiento de ácido esteárico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento. | 30 |
| Figura 10. Comportamiento de ácido oleico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento | 31 |
| Figura 11. Comportamiento de ácido linoleico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento | 31 |
| Figura 12. Comportamiento de ácido linolénico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento | 32 |
| Figura 13. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para la muestra control (0 % de quinua tostada) en la Fermentación | 34 |
| Figura 14. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 2.5 % en la fermentación | 36 |
| Figura 15. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 5 % en la fermentación | 37 |

ÍNDICE DE FIGURAS



| | PÁGINA |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figura 1. Fermentación ácido láctica | 6 |
| Figura 2. Producción de Quinua por provincias en el Ecuador año 2015 | 9 |
| Figura 3. Estructura de Ácidos Grasos | 10 |
| Figura 4. Gráfica del comportamiento de un fluido Newtoniano | 18 |
| Figura 5. Comportamiento de fluidos no newtonianos | 19 |
| Figura 6. Perfil de ácidos grasos materia prima | 25 |
| Figura 7. Incremento de ácido linoleico | 27 |
| Figura 8. Comportamiento de ácido palmítico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento | 30 |
| Figura 9. Comportamiento de ácido esteárico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento. | 30 |
| Figura 10. Comportamiento de ácido oleico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento | 31 |
| Figura 11. Comportamiento de ácido linoleico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento | 31 |
| Figura 12. Comportamiento de ácido linolénico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento | 32 |
| Figura 13. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para la muestra control (0 % de quinua tostada) en la Fermentación | 34 |
| Figura 14. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 2.5 % en la fermentación | 36 |
| Figura 15. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 5 % en la fermentación | 37 |



PÁGINA

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 16. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 7.5 % en la fermentación | 38 |
| Figura 17. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 0 % en el almacenamiento | 40 |
| Figura 18. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 2.5 % en el almacenamiento | 41 |
| Figura 19. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 5 % en el almacenamiento | 42 |
| Figura 20. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 7.5 % en el almacenamiento | 43 |
| Figura 21. Curvas de viscosidad aparente durante la fermentación | 45 |
| Figura 22. Análisis de varianza de la viscosidad aparente durante la Fermentación | 45 |
| Figura 23. Curvas de viscosidad aparente durante el Almacenamiento | 47 |



RESUMEN

ÍNDICE DE ANEXOS

| | PÁGINA |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Anexo I. Elaboración de leche fermentada | 56 |
| Anexo II. Extracción de grasa para harina de quinua tostada (Método Soxhlet) | 58 |
| Anexo III. Extracción de grasa para leche semidescremada y leche fermentada con quinua tostada (método por detergentes) | 59 |
| Anexo IV. Método de ésteres metílicos de ácidos por cromatografía de gases para aceites y grasas | 62 |
| Anexo V. Análisis de Textura | 63 |
| Anexo VI. Perfil de ácidos grasos para leche fermentada, harina de quinua tostada y leche semidescremada | 64 |
| Anexo VII. Cromatogramas de harina de quinua tostada, leche y leche fermentada con quinua | 65 |



RESUMEN

Determinar la textura y perfil de ácidos grasos en leche fermentada con harina de quinua tostada fue el objetivo de este trabajo, para ello se realizaron tres formulaciones de leche fermentada con adición de 2.5, 5 y 7.5 % harina de quinua tostada. Se evaluó el efecto que presentó en la viscosidad aparente tanto en el proceso de fermentación como en el transcurso de 21 días de almacenamiento. El perfil de ácidos grasos se determinó mediante cromatografía de gases para materia prima, así como para cada una de las formulaciones, los ácidos grasos que se determinaron fueron los que tienen mayor influencia en la salud (esteárico, palmítico, oleico, linoleico y linolénico), donde se conoció que el comportamiento de los ácidos grasos es similar, ya que su contenido aumenta acorde al porcentaje de harina añadido, pero no existe una diferencia significativa en el aumento de los mismos. La viscosidad aparente durante la fermentación aumenta hasta llegar a pH óptimo. Entre las tres formulaciones la que presentó mayor diferencia significativa fue la formulación de 7.5 %, comprobando que, a mayor cantidad de harina de quinua adicionada, mayor será la viscosidad aparente.



ABSTRACT

To determinate the texture and fatty acids profile of fermented milk with toasted quinoa flour was the objective of this work. Three formulations of fermented milk were added with 2.5, 5 and 7.5 % toasted quinoa flour. The effect of the apparent viscosity was evaluated in both the fermentation process and the 21 day storage period. The fatty acid profile was established by gas chromatography for raw material, as well as for each of the formulations, the fatty acids that were determined were the ones with the highest priority in the health (stearic, palmitic, oleic, linoleic and linolenic). It was found that the behavior of the fatty acids is similar, since its content increases according to the percentage of added flour, but there is no significant difference in the increase of the same. The apparent viscosity during fermentation increases until reaching optimum pH, and among the three formulations the one with the greatest significant difference was the formulation of 7.5 %, proving that, the greater quantity of quinoa flour added to the fermented milk, the greater the apparent viscosity.



1. INTRODUCCIÓN

Desde hace miles de años, la región andina de América del Sur ha sobresalido por su capacidad de cultivar gran cantidad de alimentos, los Incas consideraban a la quinua como un alimento sagrado, convirtiéndose en un producto muy apreciado no solo por ellos, sino por todos los pueblos aborígenes, todo esto mucho tiempo antes de la llegada de los españoles (Escuela, 2008).

La quinua es un alimento de gran valor nutricional, existe un conocimiento muy amplio de las propiedades nutricionales del mismo, especialmente de su contenido proteico, mientras que no se tiene un conocimiento muy generalizado sobre los demás componentes, es por eso, que se da la necesidad de investigar sobre el perfil lipídico del grano, tanto en su estado natural, así como después de haber sido procesado.

1. INTRODUCCIÓN

Es considerado saludable y beneficioso, dependiendo del perfil lipídico que éste posea, ya que, de esta manera, se conoce el tipo de ácidos grasos que están siendo aportados por el alimento (Ortega, 2010).

Según la norma del Codex Alimentarius para leche fermentada (2012), la leche como un producto lácteo que han sido obtenidos mediante fermentación, la cual puede o no contar con una modificación en la composición, siempre y cuando exista una reducción del pH debido a la acción de microorganismos.

Las nuevas tendencias y hábitos de los consumidores, han llevado a las empresas a generar nuevos productos en base a leches fermentadas, enfocándose en mejorar su composición nutricional, es así como las industrias han encontrado ingredientes para incorporar en la leche fermentada y mejorar sus propiedades nutricionales (Rivero, 2013).

La leche fermentada elaborada a base de leche semidescremada y harina de quinua tostada, viene a ser una alternativa de estudio, considerando las



1. INTRODUCCIÓN

Desde hace miles de años, la región andina de América del Sur ha sobresalido por su capacidad de cultivar gran cantidad de alimentos, los Incas consideraban a la quinua como un alimento sagrado, convirtiéndose en un producto muy apreciado no solo por ellos, sino por todos los pueblos aborígenes, todo esto mucho tiempo antes de la llegada de los españoles (Estrella, 2008).

La quinua es un alimento de gran valor nutricional, existe un conocimiento muy amplio de las propiedades nutricionales del mismo, especialmente de su contenido proteico, mientras que no se tiene un conocimiento muy generalizado sobre los demás componentes, es por eso, que se da la necesidad de investigar sobre el perfil lipídico del grano, tanto en su estado natural, así como después de haber sido procesado. Un alimento puede ser considerado saludable y beneficioso, dependiendo del perfil lipídico que éste posea, ya que, de esta manera, se conoce el tipo de ácidos grasos que están siendo aportados por el alimento (Ortega, 2010).

Según la norma del Codex Alimentarius para leche fermentada (2012), la define como un producto lácteo que han sido obtenidos mediante fermentación, la cual puede o no contar con una modificación en la composición, siempre y cuando exista una reducción del pH debido a la adición de microorganismos.

Las nuevas tendencias y hábitos de los consumidores, han llevado a las empresas a generar nuevos productos en base a leches fermentadas, enfocándose en mejorar su composición nutricional, es así como las industrias han encontrado ingredientes para incorporar en la leche fermentada y mejorar las propiedades nutricionales (Rivero, 2013).

La leche fermentada elaborada a base de leche semidescremada y harina de quinua tostada, viene a ser una alternativa de estudio, considerando las

propiedades de la quinua, así como el consumo de leche fermentada, dando a conocer cuáles son los ácidos grasos que posee, así como la influencia que tiene la adición de harina de quinua tostada (Arenas, Zapata, & Gutiérrez, 2012).

Este trabajo tuvo como objetivo general determinar la textura y el perfil de ácidos grasos en leches fermentadas elaboradas a partir de la mezcla de leche semidescremada comercial y harina de quinua tostada (*Chenopodium quinoa* Wild) variedad INIAP Tunkahuan; y los objetivos específicos fueron:

- Establecer el perfil de ácidos grasos de leche semidescremada y de harina de quinua tostada.
- Determinar el perfil de ácidos grasos presentes en tres formulaciones con diferentes porcentajes de harina de quinua tostada.
- Determinar la viscosidad aparente de la leche fermentada con harina de quinua tostada durante la fermentación y el almacenamiento, para las tres formulaciones.

2. MARCO TEÓRICO



2. MARCO TEÓRICO

2.1 LECHE

Uno de los alimentos de primera necesidad debido a su alto valor nutricional, es el líquido secretado por las glándulas mamarias de los mamíferos denominado leche. Su color blanco opaco característico, así como su olor lácteo y sabor dulce, lo hacen un alimento completo, considerado en la dieta alimentaria como básico (Agudelo & Bedoya, 2006).

La leche es un alimento que aporta considerablemente a la dieta alimentaria debido a la gran cantidad de nutrientes que aporta, en cuanto al contenido graso contribuye de 3 a 4 % de los sólidos totales, mientras que las proteínas se encuentran en un porcentaje aproximado de 3.5 %, siendo el componente predominante en un 5 %, tomando siempre en cuenta que el agua es el componente principal y que toda la composición nutricional de la leche se ve afectada y depende de la raza animal, así como la calidad de alimentación mismo (FAO, 2013).

2. MARCO TEÓRICO

Durante los primeros años de vida de los mamíferos es de gran importancia el consumo de este líquido para la absorción de los nutrientes, al ser una compleja mezcla de sustancias que se encuentran en suspensión, las proteínas, como la caseína que contiene aminoácidos esenciales y se encuentra presente en mayor cantidad, seguido de la albúmina y globulina denominadas proteínas séricas (Alais & Godina, 2003).

En cuanto al contenido graso lácteo, este se encuentra disperso en forma de microscópicos glóbulos, formando una emulsión que, de acuerdo a García, Montiel & Borderas (2014), el 70 % corresponde a ácidos grasos saturados, el 26 % a ácidos grasos insaturados y el 4 % restante a ácidos grasos polinsaturados. En la Tabla 1 se describe el contenido nutricional de la leche de vaca por cada 100 g.



2. MARCO TEÓRICO

2.1 LECHE

| Composición general de leche de vaca en 100 g | |
|-----------------------------------------------|-----|
| Agua | 88 |
| Proteína | 3.2 |
| Grasa | 3.4 |
| Lactosa | 4.7 |

Uno de los alimentos de primera necesidad debido a su alto valor nutricional, es el líquido secretado por las glándulas mamarias de los mamíferos denominado leche. Su color blanco opaco característico, así como su olor lácteo y sabor dulce, lo hacen un alimento completo, considerado en la dieta alimentaria como básico (Agudelo & Bedoya, 2005).

La leche es un alimento que aporta considerablemente a la dieta alimentaria debido a la gran cantidad de nutrientes que aporta, en cuanto al contenido graso contribuye de 3 a 4 % de los sólidos totales, mientras que las proteínas se encuentran en un porcentaje aproximado de 3.5 y la lactosa como glúcido predominante en un 5 %, tomando siempre en cuenta que el agua es el componente principal y que toda la composición nutricional de la leche se ve afectada y depende de la raza animal, así como la calidad de alimentación mismo (FAO, 2013).

Durante los primeros años de vida de los mamíferos es de gran importancia el consumo de este líquido para la absorción de los nutrientes, al ser una compleja mezcla de sustancias que se encuentran en suspensión, las proteínas, como la caseína que contiene aminoácidos esenciales y se encuentra presente en mayor cantidad, seguido de la albúmina y globulina denominadas proteínas séricas (Alais & Godina, 2003).

En cuanto al contenido graso lácteo, este se encuentra disperso en forma de microscópicos glóbulos, formando una emulsión que, de acuerdo a García, Montiel & Borderas (2014), el 70 % corresponde a ácidos grasos saturados, el 26 % a ácidos grasos insaturados y el 4 % restante a ácidos grasos polinsaturados. En la Tabla 1 se describe el contenido nutricional de la leche de vaca por cada 100 g.



Tabla 1. Composición general de leche de vaca en 100 g. según la norma para leches fermentadas (CODEX STAN 243, 2003).

| Nutrientes (%) | Leche Vaca |
|----------------|------------|
| Agua | 88 |
| Proteína | 3.2 |
| Grasa | 3.4 |
| Lactosa | 4.7 |
| Minerales | 0.72 |

(Agudelo & Bedoya, 2005)

Según la norma técnica ecuatoriana para leche pasteurizada INEN 10 (2012) se establecen tres tipos de leche según su contenido graso: leche entera, semidescremada o parcialmente descremada y descremada o desnatada.

Leche entera, es aquella que no ha sido alterada en cuanto a su contenido graso, mantiene su composición nutricional y solo ha sido influenciada en cuanto al tratamiento térmico aplicado. La leche semidescremada se caracteriza porque en ella se ha eliminado parcialmente el contenido graso, según la INEN 10 (2012) puede contener mínimo 1 % de material graso para ser considerada como leche semidescremada. La leche, donde su contenido graso ha sido eliminado completamente o contiene como máximo 1 %, se denomina leche descremada (INEN, 2012).

2.2 LECHE FERMENTADA

Como establece la norma INEN 2608 (2012), la leche que ha sido sometida a un proceso de fermentación con la finalidad de reducir el pH, mediante la aplicación de microorganismos viables se define como leche fermentada.

Existe un grupo muy amplio en cuanto a los tipos de leche fermentada que existen, dependiendo del microorganismo que se utilice para la fermentación, los tratamientos térmicos que se aplican, el tipo de leche que se use y el

proceso de elaboración, da origen a un tipo de leche fermentada diferente, según la norma para leches fermentadas (CODEX STAN 243, 2003).

Entre los productos más conocidos y consumidos cuando se habla de leche fermentada está el yogur, pero con el paso del tiempo ha venido tomando fuerza en el mercado el consumo de kéfir y kumys. En la Tabla 2 se puede visualizar los diferentes tipos de leches fermentadas y el medio de cultivo que se aplica para cada uno de los casos.

Tabla 2. Tipos de leche fermentada según el cultivo utilizado

| Leche Fermentada | Medio de cultivo aplicado |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leche Fermentada Natural | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>, • <i>Streptococcus thermophilus</i> |
| Yogur | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus</i> • <i>Streptococcus thermophilus</i> |
| Kefir | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lactobacillus kefir</i> • Levaduras fermentadoras de lactosa (<i>Kluyveromyces marxianus</i>) • Levaduras fermentadoras sin lactosa (<i>Saccharomyces unisporus</i>, <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y <i>Saccharomyces exiguus</i>) |
| Kumys | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lactobacillus delbrueckii</i> |

(CODEX STAN 243, 2003)

(INEN, 2012)

La norma INEN 2608 (2012) especifica que, una leche fermentada que contiene como máximo un 30 % de ingredientes no lácteos como: edulcorantes, pastas, purés, frutas, verduras, cereales y otros alimentos inocuos y sean adicionados antes o después del proceso de fermentación, se considera una leche fermentada con ingredientes, por lo que la leche fermentada con harina de quinua tostada se encuentra bajo los requisitos de dicha norma.

2.2.1 FERMENTACIÓN LÁCTICA

El proceso catabólico de fermentación tiene como objetivo el cambio de sabor, textura y aroma, así como la conservación de los alimentos por la modificación del sustrato mediante reacciones bioquímicas y microbiológicas que se producen (Serrano, 2011).

El consumo de leche fermentada, especialmente el yogur por ser el más dentro de la industria alimentaria, muchos de los alimentos lácteos como el yogur y diversas leches fermentadas, es el resultado de un tipo de fermentación, denominado fermentación láctica como se describe en la Figura 1, donde la lactosa (disacárido formado por glucosa y galactosa), es utilizado como fuente de energía por bacterias ácido lácticas homofermentativas produciendo ácido láctico, lo que provoca un descenso de la acidez que hace a su vez, que la proteína de la leche (caseína) precipite formando un gel (Ramos, Bucio, Bautista, Aranda, & Izquierdo, 2009).

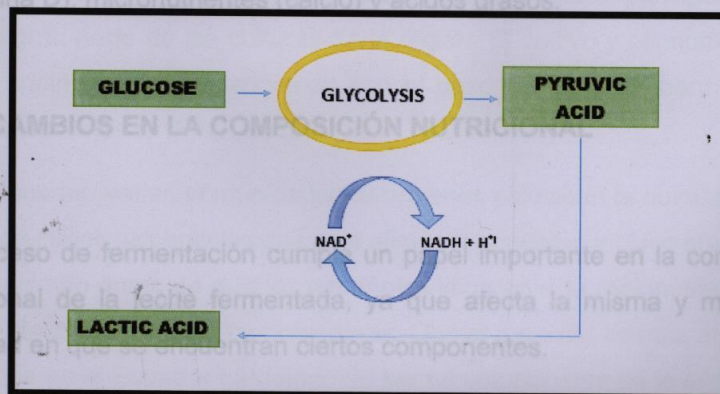


Figura 1. Fermentación ácido láctica
(Ramos, 2012)

La caseína de la leche está conformada por partículas esféricas denominadas micelas, durante la fermentación láctica dichas micelas debido al descenso de medio ácido, lo que provoca que ciertos micronutrientes como el calcio y

pH, empiezan a desestabilizarse, cuando pierde por completo su integridad, se produce la formación de geles (Morales, 2016).

En cuanto al contenido lipídico según García, Montiel & Borderas (2014) los ácidos grasos saturados en la leche entera corresponden a un 70 % y por acción del cultivo iniciador aplicado, puede hidrolizar una pequeña cantidad de lípidos dando como resultado ácidos grasos libres.

2.2.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El consumo de leche fermentada, especialmente el yogur por ser el más conocido está ampliamente ligado como un producto de alto valor nutricional y saludable. La leche es uno de los principales referentes en cuanto a la composición nutricional de la leche fermentada por ser la principal materia prima, por lo que su valor nutricional es similar, y la adición de diferentes ingredientes sean o no lácteos influyen en el mismo, así como la suma de aditivos y el tipo de cultivo iniciador que se utilice (Serrano, 2011).

Según Segundo (2014) la leche fermentada es considerada un alimento que conserva una fuente de proteína de alta calidad, así como de vitaminas (Vitamina D), micronutrientes (calcio) y ácidos grasos.

2.2.3 CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

En el Ecuador, varias comunidades aborígenes utilizaban la quinua debido a sus propiedades alimenticias que este alimento aporta a incluir en su dieta. El proceso de fermentación cumple un papel importante en la composición nutricional de la leche fermentada, ya que afecta la misma y modifica la cantidad en que se encuentran ciertos componentes.

Muchos de los macronutrientes y micronutrientes de la leche fermentada, debido al proceso de fermentación, han hecho que sean más fáciles de asimilar y mejoren la digestibilidad en el organismo de los seres humanos, siendo mejor que la leche entera.

La lactosa se hidroliza por acción de fermentos lácticos obteniendo como resultado el consumo de glucosa, produciendo así ácido láctico y creando un medio ácido, lo que provoca que ciertos micronutrientes como el calcio y

fosforo se formen sales y se vuelvan parcialmente solubles, disminuyendo el contenido de los mismos (Segundo, 2014)

En cuanto al contenido lipídico según García, Montiel & Borderas (2014) los ácidos grasos saturados en la leche entera corresponden a un 70 % y por acción del cultivo iniciador aplicado, puede hidrolizar una pequeña cantidad de lípidos dando como resultado ácidos grasos libres.

Y el contenido vitamínico, no solo dependerá de proceso de fermentación donde también se verá afectada la cantidad de vitaminas, sino que también dependerá de tratamiento tecnológico al que fue sometida la leche antes para la elaboración de leche fermentada (Rivero, 2012).

2.3 QUINUA

La quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) es uno de los alimentos que ha tenido origen en la región de los Andes, ha sido considerada el principal alimento para la gran parte de las culturas de la región. El cultivo y consumo de esta planta andina se fue expandiendo con el paso de los años para todos los pueblos de América (FAO, 2013)

En el Ecuador, varias comunidades aborígenes utilizaban la quinua debido a las propiedades alimenticias que este alimento brindaba, incluso era cultivado mucho tiempo antes de que los españoles llegaran a la región, siendo parte de la dieta alimenticia de los pobladores. Con el paso del tiempo, el consumo de quinua en el Ecuador ha dejado de ser un componente de la alimentación fundamental, es por ello que en la actualidad se ha incentivado al aprovechamiento de esta planta andina (Peralta, 2009).

Tradicionalmente el cultivo de quinua debido a las condiciones agroecológicas se encuentra concentrada con la región Sierra del Ecuador, siendo la provincia de Carchi la que tiene una mayor producción (MAGAP, 2015). En la Figura 2 se puede observar la producción de quinua en el Ecuador de acuerdo a las provincias y el porcentaje que cada una aporta.

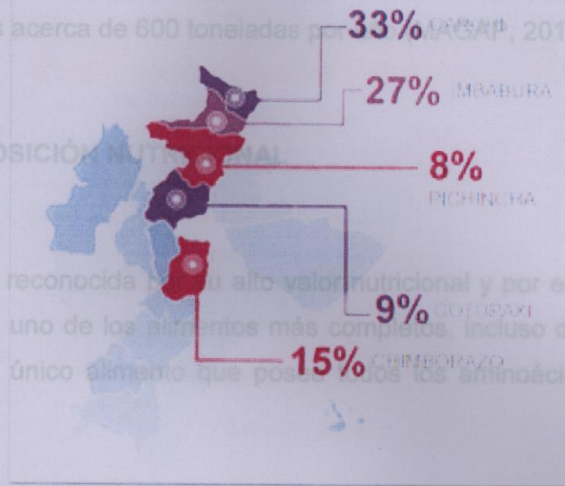


Figura 2. Producción de quinua por provincias en el Ecuador año 2015.

(MAGAP, 2015).

2.3.1 QUINUA VARIEDAD INIAP TUNKAHUAN

La quinua es considerada un pseudocereal valorada como el único alimento que contiene todos los aminoácidos esenciales, así como oligoelementos y vitaminas, por lo que es un alimento con un alto valor nutricional y dependiendo de la variedad su contenido puede verse afectado (Díaz, 2013).

La mayoría de la producción de quinua en el Ecuador corresponde la variedad INIAP Tunkahuan. El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias inició sus investigaciones desde 1983, pero no es hasta el año 1992, que se libera ésta variedad, la cual se caracteriza por su bajo contenido de saponina, que es el glucósido responsable del sabor amargo en la quinua. El cultivo de la misma ha sido adaptado para que se produzca en áreas comprendidas entre 2400 y 3200 metros de altura (INIAP, 2012).

Para el año 2010 se estimaba que el Ecuador sembraba alrededor de 2000 hectáreas de quinua, donde el 70 % de dichas hectáreas correspondían

aproximadamente a la variedad INIAP Tunkahuan. El consumo de quinua en el Ecuador es acerca de 600 toneladas por año (MAGAP, 2012).

2.3.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

| Aminoácido | Contenido (%) |
|--------------|---------------|
| Fenilalanina | 4.70 |
| Metionina | 3.50 |
| Metionina | 6.40 |
| Leucina | 8.90 |
| Lisina | 7.10 |
| Treonina | 5.00 |

La quinua es reconocida por su alto valor nutricional y por esta razón se lo conoce como uno de los alimentos más completos, incluso dentro del reino vegetal es el único alimento que posee todos los aminoácidos esenciales (FAO, 2013).

(Gallardo, 2013)

2.3.2.1 Proteínas

Entre el 13.81 % y 21.9 % es el contenido de proteína de la quinua, posee todos los aminoácidos esenciales por lo que es considerada una proteína de gran valor biológico superando a la de arroz y trigo (Abu, 2013).

La lisina es uno de los principales aminoácidos esenciales que se encuentra presente en la quinua como se puede evidenciar en la Tabla 3, es fundamental en la alimentación, ya que al no ser sintetizado en el organismo es necesario obtenerlo a través de alimentos, garantizando así la absorción de calcio en el organismo (Pold, 2012).

Se debe tomar en cuenta que algunos de los pre-tratamientos con calor, a los que es sometido el grano como el proceso de tostado puede afectar su valor nutricional (FAO, 2011; Díaz, 2013).

(Reyes, Ávila, & Guevara, 2006).

Los polisacáridos que son diferentes al almidón sean solubles o insolubles junto con la lignina, es conocido desde el punto de vista nutricional como fibra alimentaria y en la quinua se encuentra alrededor de un 7 % y es la



Tabla 3. Contenido de aminoácidos esenciales en quinua

| Aminoácido Esencial | % por g de proteína |
|---------------------|---------------------|
| Fenilalanina | 4.70 |
| Histidina | 3.50 |
| Isoleucina | 6.40 |
| Leucina | 6.90 |
| Lisina | 7.10 |
| Metionina | 3.40 |
| Treonina | 5.00 |
| Triptófano | 1.00 |
| Valina | 4.10 |

(Gallardo, 2013)

2.3.2.2 Grasas

El contenido de grasa en la quinua se encuentra entre 4 y 9.43 %, a pesar de ser uno de los aspectos muy poco estudiados de la quinua, sin tomar en cuenta que es uno de los más importantes, debido a que muchos de los ácidos grasos de la quinua y que se encuentran en mayor cantidad son insaturados, es el caso del ácido linoleico (Omega 6) que se encuentra presente en mayor porcentaje superando el 50 % (Villacrés, Peralta, & Egas, 2009).

(FAO, 2013)

2.3.2.3 Carbohidratos

La quinua es considerada una fuente óptima de energía debido a que contiene entre un 58 % y 68 % de almidón, siendo este el componente más abundante del grano (Reyes, Ávila, & Guevara, 2006).

Los polisacáridos que son diferentes al almidón sean solubles o insolubles junto con la lignina, es conocido desde el punto de vista nutricional como fibra alimentaria y en la quinua se encuentra alrededor de un 7 % y es la

responsable de la absorción de agua en el grano, así como de mejorar el tránsito alimenticio mediante su ingesta (Escudero & González, 2006).

2.3.2.4 Minerales

Al realizar una comparación del grano de quinua con demás alimentos como trigo, arroz y maíz. La quinua resalta el contenido de calcio, hierro y potasio, por lo que en promedio, es la mejor fuente de minerales (Díaz, 2013).

En la Tabla 4 se describe el contenido de minerales tanto de quinua como de otros alimentos, expresados en mg por cada 100 g de peso seco.

Tabla 4. Contenido de minerales

| Minerales | mg por cada 100 g | | | |
|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | Quinua | Maíz | Arroz | Trigo |
| Calcio | 148.7 | 17.1 | 6.9 | 50.3 |
| Hierro | 13.2 | 2.1 | 0.7 | 3.8 |
| Magnesio | 249.6 | 137.1 | 73.5 | 169.4 |
| Fósforo | 383.7 | 292.6 | 137.8 | 467.7 |
| Potasio | 926.7 | 377.1 | 118.3 | 578.3 |
| Zinc | 4.4 | 2.9 | 0.6 | 4.6 |

(FAO, 2013)

2.4 ÁCIDOS GRASOS EN ALIMENTOS

Los ácidos grasos son adquiridos en el organismo mediante el consumo de alimentos, siendo una fuente inmediata de energía, éstos son ácidos orgánicos que se encuentran presentes en los lípidos y en su estructura se encuentra presente el grupo carboxilo (COOH) y poseen una cadena lineal que está constituida entre 4 y 22 átomos de carbono (Calvo, 2009).

La importancia de su estudio radica en que, si ésta energía no es liberada del organismo y su consumo no es el correcto, se deposita debajo de la piel por lo que puede ser un factor de riesgo y puede contribuir al desarrollo de enfermedades (Piedra, 2010).

Pero no todos los efectos son negativos, ya que existen ácidos grasos que, al no ser sintetizados por el organismo, es necesario ingerirlos mediante alimentos, y a éstos ácidos se los denomina esenciales, es el caso del ácido linolénico y linoleico, que estudios recientes han descrito que tienen efectos beneficiosos para la salud (Therkeslian, 2015).

Los átomos de carbono de los ácidos grasos se unen mediante enlaces covalentes, sean estos dobles o simples, pero de acuerdo al número de dobles enlaces, se han agrupado a los ácidos grasos en diferentes grupos que se puede visualizar en la Figura 3, que son: ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos monoinsaturados (AGM) y ácidos grasos poliinsaturados (AGP) (FAO, 2008).

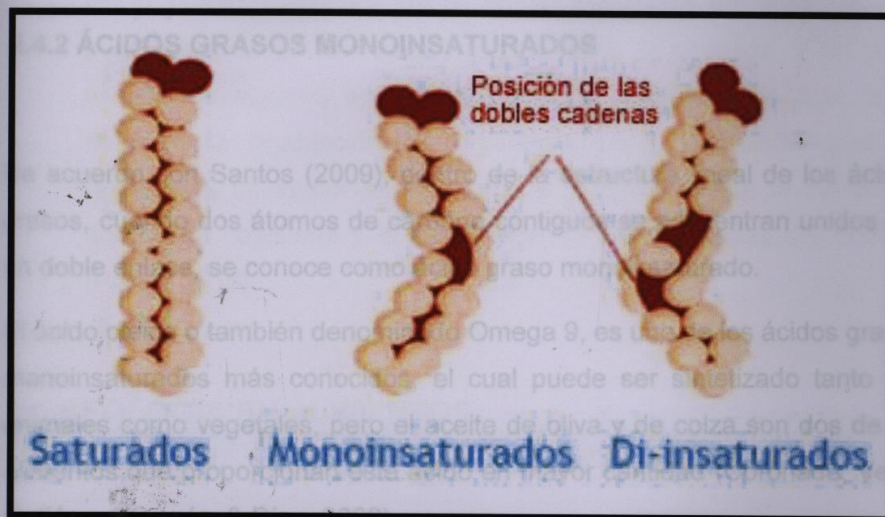


Figura 3. Estructura de Ácidos Grasos

(UNED, 2016)



2.4.1 ÁCIDOS GRASOS SATURADOS

Desde el punto de vista químico los ácidos grasos saturados son sustancias extremadamente estables y que no presentan dobles enlaces en su estructura lineal. Pueden ser tanto de origen animal como vegetal, aunque se encuentran en mayor cantidad en alimentos de origen animal. Entre los ácidos grasos más comunes está el mirístico (C:14), palmítico (C:16) y esteárico (C:18) (Pérez, 2015). Los ácidos grasos saturados, individualmente poseen específicas funciones que son importantes en el organismo. En el caso del ácido butírico, puede detener el desarrollo de células cancerígenas, evitando la prevención de ésta enfermedad y el ácido palmítico, que ayuda en la regulación de las hormonas. No obstante, el consumo de grasas saturadas debe ser controlado, ya que puede tener una gran influencia en los niveles de colesterol LDL (malo) y colesterol total (Santos, 2009).

2.4.2 ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS

De acuerdo con Santos (2009), dentro de la estructura lineal de los ácidos grasos, cuando dos átomos de carbono contiguos se encuentran unidos por un doble enlace, se conoce como ácido graso monoinsaturado.

El ácido oleico o también denominado Omega 9, es uno de los ácidos grasos monoinsaturados más conocidos, el cual puede ser sintetizado tanto por animales como vegetales, pero el aceite de oliva y de colza son dos de los alimentos que proporcionan este ácido en mayor cantidad (Coronado, Vega, Gutiérrez, García, & Díaz, 2006).

El ácido oleico es muy conocido ya que actúa mejorando la salud cardiovascular, aumentando los niveles de colesterol bueno (HDL) y



reduciendo el colesterol malo en la sangre, enfocándose en estos beneficios la importancia de su consumo (UNED, 2016).

2.4.3 ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS

La estructura de los ácidos grasos poliinsaturados se caracteriza por la presencia de dobles enlaces entre los carbonos (Barale, 2013). Entre los ácidos más reconocidos está el linoleico (Omega 6) y el linolénico (Omega 3), considerados también ácidos grasos esenciales por que no son sintetizados por el cuerpo (Calvo, 2009).

- Ácido Graso Linoleico ($\omega - 6$): su presencia está en semillas como el maíz, soja, quinua, entre otras. Se caracteriza por que puede disminuir el colesterol en la sangre, evitando de esta manera las enfermedades cardiovasculares (Cervera, Clapés, & Rigolfas, 2004).
- Ácido Graso Linolénico ($\omega - 3$): se encuentra en gran cantidad principalmente en alimentos marinos como el pescado, y en bajos niveles en algunos aceites vegetales. El consumo de este ácido estimula la producción de prostaglandinas, que disminuyen las respuestas inflamatorias, así como la coagulación de la sangre, el control de colesterol y la prevención de enfermedades del corazón (Pérez, 2015).

2.5 REOLOGÍA EN ALIMENTOS

La reología es la ciencia que se encarga del estudio de los fenómenos de deformación que son producidos en un cuerpo, cuando éstos son sometidos a un determinado esfuerzo. Dependiendo de dicha relación se establece tres materiales: sólidos o también denominados elásticos, líquidos o viscosos y

aquellos que presentan un comportamiento semisólido intermedio o viscoelástico (Chiralt, Martínez, Gonzáles, Talens, & Moraga, 2012).

Para un cuerpo sólido la deformación relativa del mismo es proporcional al esfuerzo aplicado, y cuando su relación es independiente del tiempo, recibe el nombre de sólido ideal (relación lineal). Cuando se habla de alimentos este comportamiento presenta inconvenientes, ya que la relación lineal se cumple solo en un determinado intervalo de esfuerzo o deformación, y sobrepasado estos parámetros se produce la rotura del sólido y a partir de ese punto el comportamiento ya no corresponde al de un sólido y se habla de un semisólido o líquido (Zambrano & Valencia, 2009).

Existen varias razones que justifican la importancia del estudio de la reología en la industria alimentaria, ya que su estudio contribuye al conocimiento de las estructuras de diversos productos sean materias primas, así como la evolución del producto en proceso y las características y propiedades reológicas del producto final por ejemplo en la industria de panificación. No obstante, también puede ser un factor importante para determinar la influencia de la adición de aditivos o componentes alimentarios en la estructura del producto es el caso de bebidas, mermeladas y jarabes (Ramírez, 2006).

El término textura, es utilizado para alimentos, tomando en cuenta que engloba una serie de parámetros como: dureza, firmeza, jugosidad, elasticidad, fibrosidad, entre otros. Por lo que, cuando ingerimos un alimento, se ejercemos una fuerza sobre él, que se traduce como una deformación, que va incluido dentro del campo de la reología, y se evalúa junto a los parámetros antes nombrados. Por eso para el estudio del comportamiento de un fluido es necesario hablar de viscosidad, ya que la textura es un término muy general (Chiralt, Martínez, Gonzáles, Talens, & Moraga, 2012).

2.5.2 FLUIDOS INDEPENDIENTES DEL TIEMPO

Dentro de los fluidos independientes del tiempo están los fluidos newtonianos y no newtonianos.

2.5.1 VISCOSIDAD

Según Chiralt, Martínez, González, Talens y Moraga (2012) un cuerpo es considerado un fluido cuando al aplicarle una fuerza, se produce el flujo del mismo (deformación permanente) y como consecuencia de la resistencia a la fricción que el fluido que se encuentra en movimiento presenta frente al esfuerzo cortante aplicado, se genera una gradiente de velocidad. Y la relación entre el esfuerzo cortante y la gradiente de velocidad se define como viscosidad.

2.6 CLASIFICACIÓN REOLÓGICA DE FLUIDOS

El tiempo es un factor que puede influir sobre el esfuerzo cortante o deformación, de manera que el comportamiento del fluido puede ir cambiando con el tiempo de aplicación de un determinado esfuerzo, y en base a esta consideración, se clasifica a los fluidos en: dependientes del tiempo e independientes del tiempo (Swith, 2010).

2.6.1 FLUIDOS DEPENDIENTES DEL TIEMPO

El comportamiento reológico estará en función del tiempo, la variación del esfuerzo cortante en el tiempo estará fijada a una gradiente de velocidad constante (Ramírez, 2006).

2.6.2 FLUIDOS INDEPENDIENTES DEL TIEMPO

Dentro de los fluidos independientes del tiempo están los fluidos newtonianos y no newtonianos.

2.6.2.1 Fluidos Newtonianos

no newtonianos no posee un comportamiento constante, en la Figura 5 se observan diferentes curvas de viscosidad de los distintos comportamientos que se presentan (Chiralt, Martínez, González, & Moraga, 2012). Son aquellos fluidos que se caracterizan por cumplir la ley de Newton, donde existe una relación lineal entre la velocidad de deformación y el esfuerzo cortante o deformación, es decir la viscosidad permanece constante, dentro de los alimentos el café, la leche y el agua son algunos de los alimentos que presentan este comportamiento, también denominado fluido ideal (Chiralt, Martínez, González, Talens, & Moraga, 2012).

En la Figura 4, se puede distinguir dos tipos de gráficas, la primera que corresponde a la curva de fluidez, donde se grafica el esfuerzo cortante en relación a la velocidad de deformación y la segunda que hace referencia a la curva de viscosidad y representa la viscosidad en función de la velocidad de deformación y como se puede distinguir la viscosidad permanece constante (Ramírez, 2006).

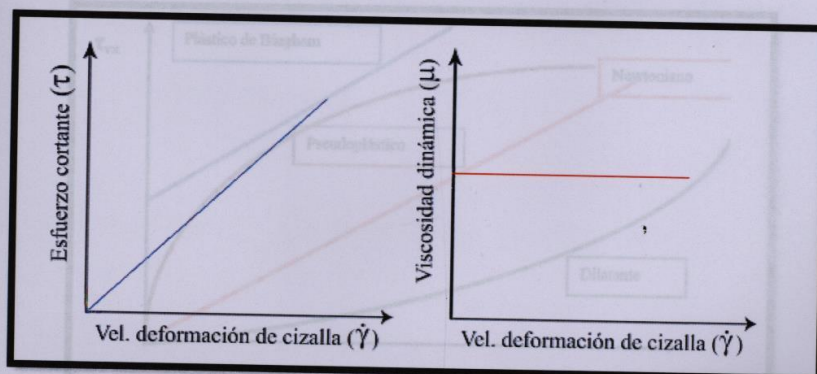


Figura 4. Gráfica del comportamiento de un fluido Newtoniano

(Estévez, 2013)

Figura 5: Comportamiento de fluidos no newtonianos.

(Ramírez, 2006)

2.6.2.2 Fluidos No Newtonianos

La viscosidad en estos fluidos ya no presenta un comportamiento constante en relación a la gradiente de velocidad y el esfuerzo cortante, por lo que el término que se usa es viscosidad aparente (Rivera, 2008).

2.6.2.1 Fluidos Newtonianos

no newtonianos no posee un comportamiento constante, en la Figura 5 se observan diferentes curvas de viscosidad de los distintos comportamientos que se presentan (Chiralt, Martínez, González, & Moraga, 2012). Son aquellos fluidos que se caracterizan por cumplir la ley de Newton, donde existe una relación lineal entre la velocidad de deformación y el esfuerzo cortante o deformación, es decir la viscosidad permanece constante, dentro de los alimentos el café, la leche y el agua son algunos de los alimentos que presentan este comportamiento, también denominado fluido ideal (Chiralt, Martínez, González, Talens, & Moraga, 2012).

En la Figura 4, se puede distinguir dos tipos de gráficas, la primera que corresponde a la curva de fluidez, donde se grafica el esfuerzo cortante en relación a la velocidad de deformación y la segunda que hace referencia a la curva de viscosidad y representa la viscosidad en función de la velocidad de deformación y como se puede distinguir la viscosidad permanece constante (Ramírez, 2006).

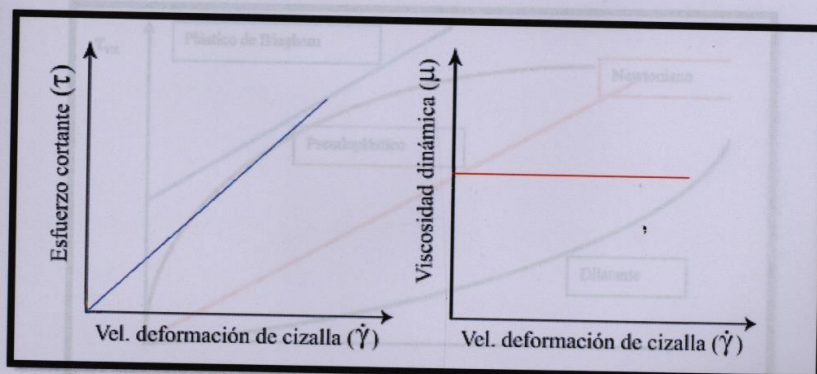


Figura 4. Gráfica del comportamiento de un fluido Newtoniano

(Estévez, 2013)

Figura 5: Comportamiento de fluidos no newtonianos.

(Ramírez, 2006)

2.6.2.2 Fluidos No Newtonianos

La viscosidad en estos fluidos ya no presenta un comportamiento constante en relación a la gradiente de velocidad y el esfuerzo cortante, por lo que el término que se usa es viscosidad aparente (Rivera, 2008).



3. METODOLOGÍA

Para la determinación del perfil lipídico y textura de leche fermentada con adición de harina de quinua tostada, se utilizó la siguiente metodología.

3.1 ELABORACIÓN DE HARINA DE QUINUA TOSTADA

Se lavó granos de quinua con abundante agua para retirar la saponina presente y se escurrió a temperatura ambiente 21 °C, durante 2 horas. Se procedió a tostar los granos de quinua a una temperatura de 150 °C durante 30 min, se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 1 hora y se almacenó.

El proceso de molienda se llevó a cabo en el Laboratorio de Alimentos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Santa Catalina, donde se empleó un molino de laboratorio para granos secos de 3 HP (Horsepower) de potencia.

3. METODOLOGÍA

3.2 ELABORACIÓN DE LECHE FERMENTADA CON ADICIÓN DE HARINA DE QUINUA TOSTADA

Para la elaboración de leche fermentada con adición de harina de quinua tostada, se trabajó con tres formulaciones en base al porcentaje de harina de quinua tostada que se añadió (2.5, 5 y 7.5 %) y una muestra control, la cual no contenía harina de quinua tostada.

En el Anexo I, se puede ver el proceso de elaboración de leche fermentada, donde se utilizó como materia prima leche semidescremada de marca comercial Nutri Leche UHT, la cual se sometió a calentamiento hasta 85 °C, se añadió lentamente la harina de quinua tostada dependiendo de la formulación correspondiente y se mezcló hasta que la harina de quinua

3. METODOLOGÍA

Para la determinación del perfil lipídico y textura de leche fermentada con adición de harina de quinua tostada, se utilizó la siguiente metodología.

3.1 ELABORACIÓN DE HARINA DE QUINUA TOSTADA

Se lavó granos de quinua con abundante agua para retirar la saponina presente y se escurrió a temperatura ambiente 21 °C, durante 2 horas. Se procedió a tostar los granos de quinua a una temperatura de 150 °C durante 30 min, se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 1 hora y se almacenó.

El proceso de molienda se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad de Alimentos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Santa Catalina, donde se empleó un molino de laboratorio para granos secos de 3 HP (Horsepower) de potencia.

3.2 ELABORACIÓN DE LECHE FERMENTADA CON ADICIÓN DE HARINA DE QUINUA TOSTADA

Para la elaboración de leche fermentada con adición de harina de quinua tostada, se trabajó con tres formulaciones en base al porcentaje de harina de quinua tostada que se añadió (2.5, 5 y 7.5 %) y una muestra control, la cual no contenía harina de quinua tostada.

En el Anexo I, se puede ver el proceso de elaboración de leche fermentada, donde se utilizó como materia prima leche semidescremada de marca comercial Nutri Leche UHT, la cual se sometió a calentamiento hasta 85 °C, se añadió lentamente la harina de quinua tostada dependiendo de la formulación correspondiente y se mezcló hasta que la harina de quinua

tostada no formó grumos, se mantuvo a 85 °C durante 10 minutos y mediante choque térmico se procedió a bajar la temperatura hasta 42 °C, se añadió el medio de cultivo iniciador liofilizado de marca comercial Chr Hansen (*Lactobacillus delbrueckii subsp. y Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*), por cada litro de leche se añadió 0.05 g de medio de cultivo.

La mezcla se incubó a 42 °C durante aproximadamente 5 horas hasta que la leche fermentada llegó a pH 4.6. Una vez que alcanzó dicho pH, se procedió a realizar movimientos envolventes en la mezcla con la finalidad de conseguir que la harina de quinua quede dispersa por todo el producto, se envasó en recipientes plásticos esterilizados, se etiquetó las muestras para su almacenamiento en refrigeración a 4 °C durante 21 días para los análisis correspondientes.

3.3 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

3.3.1 EXTRACCIÓN DE GRASA DE HARINA DE QUINUA TOSTADA

Para la extracción de grasa de harina de quinua tostada se basó en la norma técnica INEN 0523:81, donde se detalla el método de extracción por solventes Soxhlet. En el Anexo II se puede visualizar el proceso de extracción.

3.3.2 EXTRACCIÓN DE GRASA DE LECHE FERMENTADA Y LECHE SEMIDESCREMADA

El proceso para la extracción de grasa de las muestras de leche fermentada con adición de harina de quinua tostada, así como la leche semidescremada de marca comercial, se realizó mediante el uso de detergentes con la técnica descrita por Frank, Smith, Braun, Holdrient and McWade (1975), y la

extracción de grasa de leche fermentada se realizó el día 1, 7, 14 y 21 de almacenamiento.

Para la preparación de detergente se mezcló 50 g de hexametáfosfato de sodio con 24 ml de tritón X-100 y se aforó con agua destilada en agitación constante hasta 1000 ml.

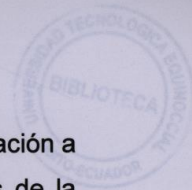
En el Anexo III se puede visualizar el proceso de extracción de grasa de leche fermentada, donde en un matraz Erlenmeyer de 1000 ml se mezcló 500 ml de la muestra y 500 ml de detergente, en una plancha de agitación se agitó vigorosamente durante 5 minutos y se colocó a baño maría a 90 °C durante 3 horas, hasta que se visualizó una capa de grasa en la parte superior. Se enfrió las muestras, se retiró la grasa, se colocó en tubos Falcon y se procedió a centrifugar a 5500 rpm por 15 minutos a una temperatura de 21 °C. Se extrajo la muestra con ayuda de micropipetas y se almacenó en tubos de ensayo de vidrio a -20 °C.

3.3.3 CROMATOGRAFÍA DE GASES

El método que se utilizó para la determinación del perfil lipídico de la grasa de harina de quinua tostada, leche semidescremada y leche fermentada, fue el de ésteres metílicos de ácidos grasos para aceites y grasas mediante cromatografía de grasas AOAC 963.22-1984 (1997). El proceso se detalla en el Anexo IV.

3.4 DETERMINACIÓN DE TEXTURA

Se preparó la leche fermentada dependiendo de la formulación correspondiente y una muestra control (sin adición de harina de quinua tostada) en base al procedimiento descrito anteriormente en la Sección 3.2.



Se inoculó y se distribuyó en recipientes por separado para su fermentación a una temperatura de 42 °C. Cada 45 minutos se efectuó mediciones de la viscosidad en un reómetro de 8 gradientes de velocidad (600, 300, 200, 100, 60, 30, 6 y 3 rpm) hasta que el pH de las muestras llegó a 4.6 (Anexo V). Las medidas se tomaron también en el día 1, 7, 14 y 21 de almacenamiento.

Para los cálculos de viscosidad aparente se aplicó la Ecuación 1, y se utilizó el valor obtenido en la gradiente de velocidad de corte de 300 rpm (5 Hz).

$$\mu_{ap} = \tau = \sigma (\dot{\gamma}) / \dot{\gamma} \quad [1]$$

Donde:

$\mu_{ap} = \tau$ = Viscosidad Aparente

σ = Esfuerzo Cortante

$\dot{\gamma}$ = Velocidad de Corte

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño experimental A*B, en el que se midió el efecto de la concentración de quinua tostada con respecto a la textura y el perfil lipídico del producto elaborado, y análisis Tukey para prueba de significación.



4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

En base a lo descrito en la Sección 3 para la determinación del perfil de ácidos grasos, se aplicó dicha metodología y se obtuvo los resultados de ácidos grasos detallados en el Anexo VI.

Para la discusión se tomó en cuenta 5 ácidos grasos, ya que la presencia de los mismos en un alimento tienen importancia en la salud, siendo el caso de los ácidos grasos insaturados (Oleico, linoleico y linolénico), mientras que los ácidos grasos saturados (Palmítico y esteárico) producen un efecto negativo en la salud y están relacionados con una mayor probabilidad de producir enfermedades (Soriano, 2006).

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.1 MATERIA PRIMA

Se determinó el perfil de ácidos grasos tanto de la harina de quinua tostada, como de la leche semidescremada (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de ácidos grasos en harina de quinua tostada y leche.

| PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS (%) ¹ | | | |
|------------------------------------------|------------------|--------------|--------------|
| AGS | Ácido Palmítico | 8.09 ± 0.53 | 24.59 ± 0.76 |
| | Ácido Esteárico | 0.45 ± 0.02 | 11.67 ± 0.40 |
| AGM | Ácido Oleico | 19.32 ± 1.06 | 22.02 ± 0.71 |
| AGP | Ácido Linoleico | 47.89 ± 2.65 | 0.89 ± 0.27 |
| | Ácido Linolénico | 3.42 ± 0.20 | 0.95 ± 0.05 |

¹Valor promedio (n=2) ± desviación estándar

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

En base a lo descrito en la Sección 3 para la determinación del perfil de ácidos grasos, se aplicó dicha metodología y se obtuvo los resultados de ácidos grasos detallados en el Anexo VI.

Para la discusión se tomó en cuenta 5 ácidos grasos, ya que la presencia de los mismos en un alimento tienen importancia en la salud, siendo el caso de los ácidos grasos insaturados (Oléico, linoléico y linolénico), mientras que los ácidos grasos saturados (Palmítico y esteárico) producen un efecto negativo en la salud y están relacionados con una mayor probabilidad de producir enfermedades (Soriano, 2006).

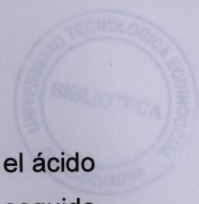
4.1.1 MATERIA PRIMA

Se determinó el perfil de ácidos grasos tanto de la harina de quinua tostada, como de la leche semidescremada (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de ácidos grasos en harina de quinua tostada y leche.

| | | PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS (%) ¹ | |
|-----|------------------|------------------------------------------|----------------------|
| | | QUINUA TOSTADA | LECHE SEMIDESCREMADA |
| AGS | Ácido Palmítico | 8.09 ± 0.53 | 24.59 ± 0.76 |
| | Ácido Esteárico | 0.45 ± 0.02 | 11.67 ± 0.40 |
| AGM | Ácido Oleico | 19.32 ± 1.06 | 22.02 ± 0.71 |
| AGP | Ácido Linoleico | 47.89 ± 2.65 | 0.99 ± 0.27 |
| | Ácido Linolénico | 3.42 ± 0.20 | 0.95 ± 0.05 |

¹Valor promedio (n=2) ± desviación estándar



En un grano de quinua que no ha sido afectado por ningún proceso, el ácido predominante es el linoleico, con un valor de 56 % aproximadamente, seguido del ácido oleico con 26.96 % y 6.98 % de ácido linolénico, mientras que los resultados obtenidos en quinua tostada son relativamente más bajos. El ácido linoleico tiene un valor de 47.89 %, para el ácido oleico 19.32 % y 3.42 % que corresponde al ácido linolénico. Estos datos se pueden comparar con estudios realizados por Villacrés, Pastor, Zambrano & Morales (2011), donde se establece que el perfil de ácidos grasos de la quinua puede verse afectado como consecuencia de procesos tecnológicos que sean aplicados durante la cadena alimentaria del producto.

También se puede evidenciar la reducción del porcentaje de ácidos grasos, es el caso del ácido palmítico, que en estudios previos de quinua sin procesar presenta un valor de 11.71 %, mientras que la quinua tostada tiene un 8.09 %, esto debido al pre tratamiento al que fue sometido el grano de quinua.

En la Figura 6, al comparar únicamente los perfiles de quinua tostada con los de leche semidescremada se puede diferenciar que la quinua tostada presenta un mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados (70.63 %) a diferencia de la leche (26.96 %), y por lo contrario en cuanto al contenido de grasas saturadas es más evidente que el porcentaje de ácidos grasos es mayor para la leche con un valor de 36.26 % a diferencia de la quinua tostada con 8.54 %.

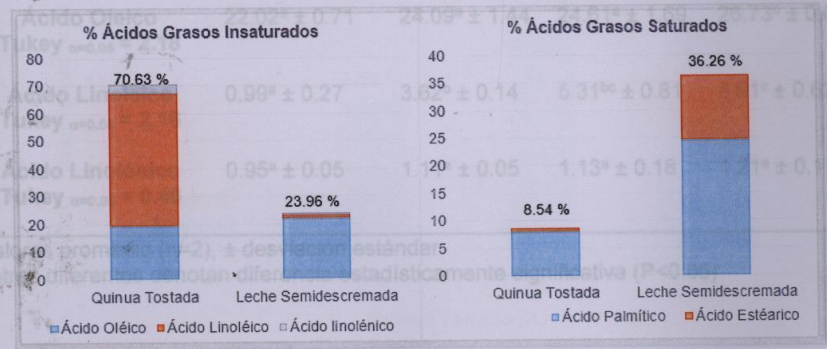


Figura 6. Perfil de ácidos grasos materia prima



4.1.2 LECHE FERMENTADA

Para el perfil de ácidos grasos para leche fermentada se tomaron en cuenta tres formulaciones en base a la variación del porcentaje de harina de quinua tostada que fue adicionado 2.5, 5 y 7.5 %.

Como muestra control se tomaron los datos del perfil de ácidos grasos de la leche, ya que estudios realizados por Fuentes (2009) indica que el perfil de la leche no cambia significativamente durante la fermentación. En la Tabla 6 se muestran los datos de la muestra control (considerado como 0 % de adición de harina de quinua) junto con las muestras del día 1 de las tres formulaciones de leche fermentada.

Tabla 6. Perfil de ácidos grasos leche y tres formulaciones de leche fermentada.

| | PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS LECHE FERMENTADA (%) ^{1,2} | | | |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Porcentaje de harina de quinua | | | |
| | 0 (Control) | 2.5 | 5 | 7.5 |
| Ácido Palmítico Tukey $\alpha=0.05 = 1.59$ | 24.59 ^a ± 0.76 | 24.70 ^a ± 0.78 | 24.87 ^a ± 0.34 | 24.98 ^a ± 0.43 |
| Ácido Estearico Tukey $\alpha=0.05 = 1.13$ | 11.67 ^a ± 0.40 | 12.33 ^a ± 0.69 | 13.48 ^a ± 0.35 | 14.30 ^a ± 0.45 |
| Ácido Oleico Tukey $\alpha=0.05 = 2.18$ | 22.02 ^a ± 0.71 | 24.09 ^a ± 1.44 | 24.61 ^a ± 1.69 | 26.73 ^b ± 0.00 |
| Ácido Linoleico Tukey $\alpha=0.05 = 2.16$ | 0.99 ^a ± 0.27 | 3.62 ^b ± 0.14 | 5.31 ^{bc} ± 0.81 | 6.91 ^c ± 0.62 |
| Ácido Linolénico Tukey $\alpha=0.05 = 0.46$ | 0.95 ^a ± 0.05 | 1.11 ^a ± 0.05 | 1.13 ^a ± 0.18 | 1.21 ^a ± 0.11 |

¹Valores promedio (n=2), ± desviación estándar

²Letras diferentes denotan diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)

No se evidencia un aumento significativo de los ácidos palmítico y esteárico, al comparar la muestra control con las formulaciones de leche fermentada, por

lo que a medida que aumenta el porcentaje de harina de quinua, también aumenta el porcentaje de los ácidos.

El porcentaje de ácido oleico aumenta significativamente para la muestra de leche fermentada con 7.5 %, mientras que para las muestras de 2.5 % y 5 % el contenido también asciende, aunque no significativamente, y todo esto concuerda con estudios de Haro (2007) donde especifica que el ácido oleico es el segundo ácido que predomina en la quinua, siendo proporcional el incremento en la leche fermentada.

El contenido de ácido linolénico presenta un aumento para las tres formulaciones, aunque su incremento no es estadísticamente significativo, mientras que para el ácido linoleico que es el ácido esencial que se encuentra en mayor cantidad en la quinua, el aumento de su contenido para las tres formulaciones de leche fermentada es proporcional al porcentaje de quinua adicionada (Figura 7), presentando un incremento del 5 %, llevando de 0.99 % de ácido linoleico de la muestra control a 6.91 % para la leche fermentada con mayor porcentaje (7.5 %), esto concuerda con estudios realizados sobre leches fermentadas por Osorio, Ramírez, Novoa & Gutiérrez (2011).

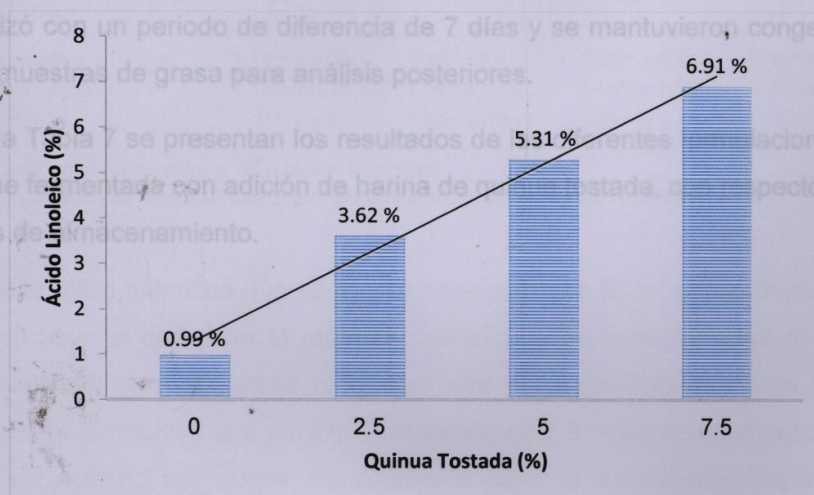


Figura 7. Incremento de ácido linoleico

Finalmente, también se puede considerar que el porcentaje de ácido linoleico en la leche fermentada con quinua tostada, puede estar influenciado por el tipo de cultivo bacteriano utilizado, ya que existen estudios donde se comparan el incremento de ácido linoleico con diversos tipos de cepas utilizadas, asegurando que el uso de *Lactobacillus delbrueckii subsp.* y *Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, presentó valores más elevados (Gutiérrez, Martínez, & Barón, 2010). Pero como el porcentaje de ácido linoleico tiene un incremento significativo debido al porcentaje de quinua adicionada, no se puede asegurar que la presencia de microorganismos sea exclusivamente la razón del incremento del dicho ácido, sino que, en este caso, pueden ser varias las razones que conlleven a obtener este comportamiento ascendente.

| Óleico | 2.5 | 26.09 ^a ± 1.44 | 21.61 ^b ± 0.45 | 22.94 ^{ab} ± 0.52 | 23.06 ^{bc} ± 1.14 |
|---------------------|--------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Tukey $\alpha=0.05$ | 5 | 24.61 ^{ab} ± 1.89 | 24.13 ^{ab} ± 1.48 | 25.00 ^{ab} ± 0.20 | 23.19 ^{bc} ± 0.83 |
| Ácido Graso | % Q.T. | ± 0.00 | 24.00 ^{ab} ± 0.19 | 23.24 ^{ab} ± 1.11 | 23.12 ^{bc} ± 0.09 |
| | | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 |

4.1.3 ALMACENAMIENTO

Una vez elaborada la leche fermentada con las respectivas formulaciones de 2.5, 5 y 7.5 %, fueron almacenadas para la determinación del perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento por 21 días. La extracción de grasa se realizó con un periodo de diferencia de 7 días y se mantuvieron congeladas las muestras de grasa para análisis posteriores.

En la Tabla 7 se presentan los resultados de las diferentes formulaciones de leche fermentada con adición de harina de quinua tostada, con respecto a los días de almacenamiento.

Para el ácido palmítico (Figura 8) y esteárico (Figura 9) no existe un aumento significativo al comparar la muestra control con las formulaciones de leche fermentada, pero se puede reconocer que el comportamiento para dichos ácidos es similar, ya que para la formulación de 2.5 % aumenta el porcentaje de los ácidos, se reduce su contenido para la formulación de 5 % y nuevamente aumenta para la formulación de 7.5 %, según estudios realizados, éste comportamiento puede deberse a la naturaleza de los ácidos

Tabla 7. Perfil de ácidos grasos (%) de leche fermentada durante el almacenamiento.

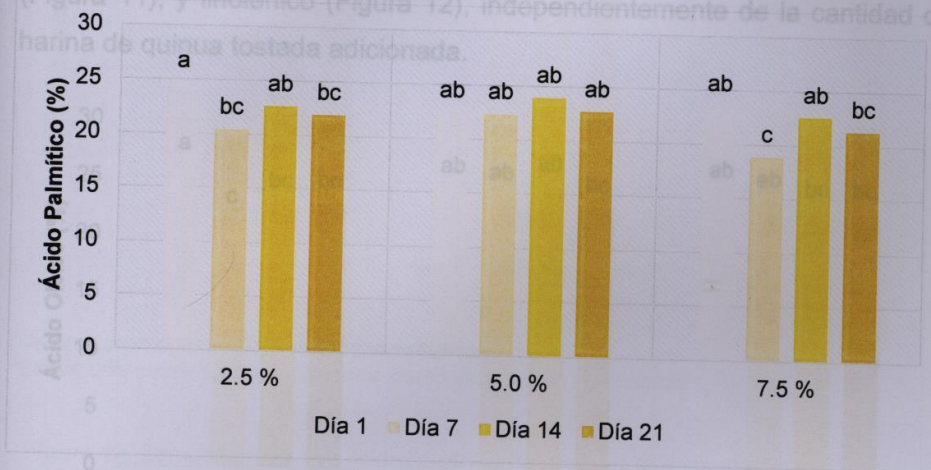
| PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO (%) ^{1,2} | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Ácido Graso | % Q.T | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 |
| Palmitico Tukey $\alpha=0.05$ = 2.02 | 2.5 | 24.70 ^a ± 0.78 | 20.45 ^{bc} ± 1.05 | 22.67 ^{ab} ± 0.19 | 21.95 ^{bc} ± 0.11 |
| | 5 | 22.47 ^{ab} ± 0.34 | 22.40 ^{ab} ± 1.254 | 24.00 ^{ab} ± 0.02 | 22.77 ^{ab} ± 0.51 |
| | 7.5 | 23.58 ^{ab} ± 0.43 | 18.93 ^c ± 0.13 | 22.62 ^{ab} ± 0.13 | 21.34 ^{bc} ± 0.25 |
| Esteárico Tukey $\alpha=0.05$ = 2.11 | 2.5 | 12.33 ^{ab} ± 0.69 | 9.94 ^{bc} ± 0.14 | 12.09 ^{ab} ± 1.51 | 12.73 ^a ± 0.32 |
| | 5 | 10.28 ^{bc} ± 0.35 | 11.14 ^{ab} ± 0.62 | 12.22 ^{ab} ± 0.26 | 10.61 ^{bc} ± 0.31 |
| | 7.5 | 11.30 ^b ± 0.45 | 9.15 ^c ± 0.08 | 12.44 ^{ab} ± 0.20 | 10.42 ^{bc} ± 0.52 |
| Oleico Tukey $\alpha=0.05$ = 1.36 | 2.5 | 26.09 ^a ± 1.44 | 21.51 ^c ± 0.45 | 22.94 ^{bc} ± 0.52 | 23.06 ^{bc} ± 1.14 |
| | 5 | 24.61 ^{ab} ± 1.69 | 24.13 ^{ab} ± 1.48 | 25.00 ^{ab} ± 0.20 | 23.19 ^{bc} ± 0.63 |
| | 7.5 | 24.73 ^{ab} ± 0.00 | 24.00 ^{ab} ± 0.19 | 23.24 ^{bc} ± 1.11 | 23.12 ^{bc} ± 0.09 |
| Linoleico Tukey $\alpha=0.05$ = 1.96 | 2.5 | 3.62 ^{bc} ± 0.14 | 3.05 ^c ± 0.02 | 3.23 ^{bc} ± 0.38 | 3.11 ^{bc} ± 0.47 |
| | 5 | 5.31 ^{ab} ± 0.81 | 4.84 ^{bc} ± 0.37 | 4.39 ^{bc} ± 0.85 | 4.75 ^{bc} ± 0.12 |
| | 7.5 | 6.91 ^{ab} ± 0.62 | 5.81 ^{ab} ± 0.01 | 6.93 ^a ± 0.73 | 6.67 ^{ab} ± 0.34 |
| Linolénico Tukey $\alpha=0.05$ = 1.03 | 2.5 | 1.11 ^{ab} ± 0.05 | 0.86 ^c ± 0.01 | 1.00 ^{bc} ± 0.14 | 0.96 ^{bc} ± 0.16 |
| | 5 | 1.13 ^{ab} ± 0.18 | 1.04 ^{bc} ± 0.09 | 1.04 ^{bc} ± 0.20 | 1.07 ^{bc} ± 0.04 |
| | 7.5 | 1.21 ^{ab} ± 0.11 | 1.02 ^{bc} ± 0.01 | 1.29 ^{ab} ± 0.13 | 1.15 ^{ab} ± 0.08 |

¹Valores promedio (n=2), ± desviación estándar

²Letras diferentes denotan diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)

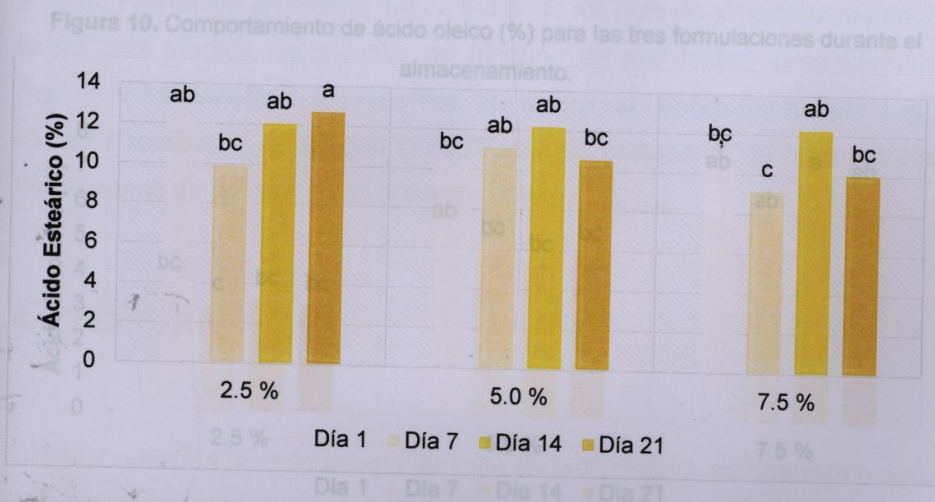
Para el ácido palmítico (Figura 8) y esteárico (Figura 9) no existe un aumento significativo al comparar la muestra control con las formulaciones de leche fermentada, pero se puede reconocer que el comportamiento para dichos ácidos es similar, ya que para la formulación de 2.5 % aumenta el porcentaje de los ácidos, se reduce su contenido para la formulación de 5 % y nuevamente aumenta para la formulación de 7.5 %, según estudios realizados, éste comportamiento puede deberse a la naturaleza de los ácidos

grasos por reacciones químicas de lipólisis o esterificación, ocasionado por el pH o la temperatura durante el almacenamiento.



*Valores promedio (n=2), \pm desviación estándar
 *Letras diferentes denotan diferencia estadísticamente significativa

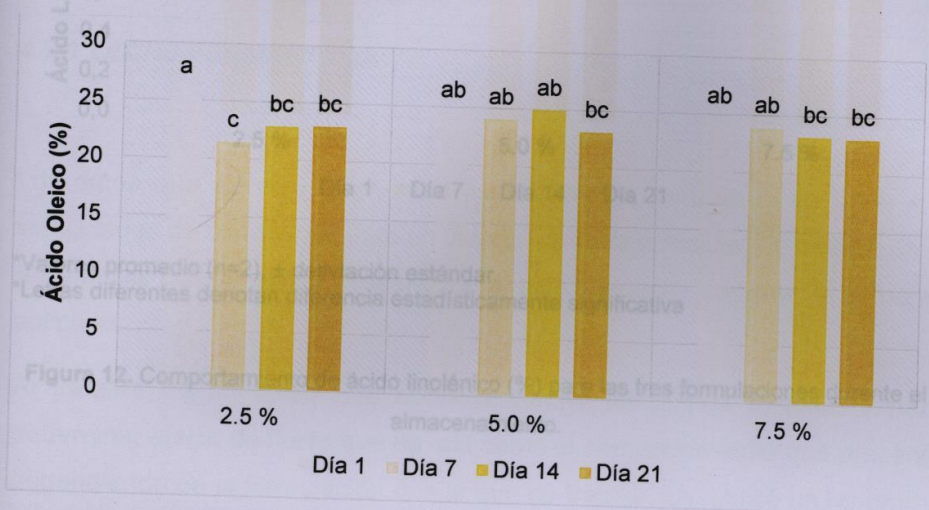
Figura 8. Comportamiento de ácido palmítico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento.



*Valores promedio (n=2), \pm desviación estándar
 *Letras diferentes denotan diferencia estadísticamente significativa

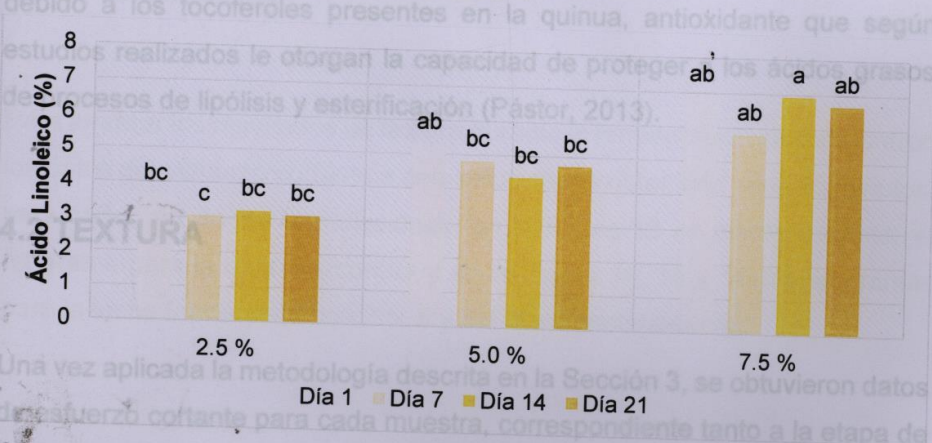
Figura 9. Comportamiento de ácido estearico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento.

El aumento y disminución del contenido de ácidos grasos durante los días de almacenamiento, también se repite para el ácido oleico (Figura 10), linoleico (Figura 11), y linolénico (Figura 12), independientemente de la cantidad de harina de quinua tostada adicionada.



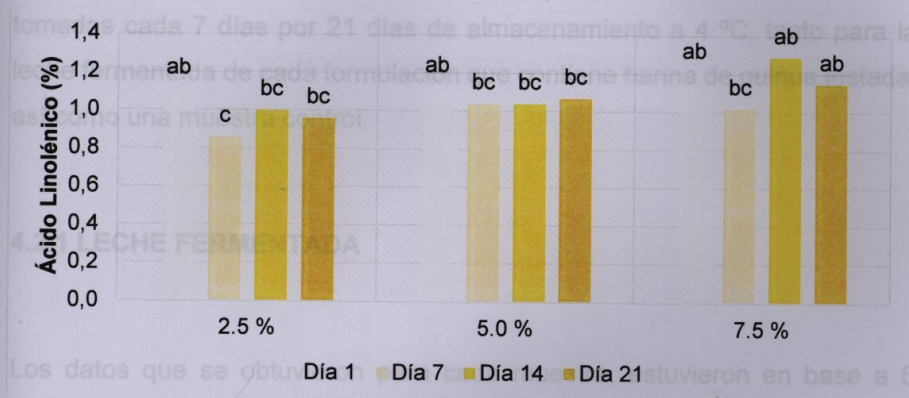
*Valores promedio (n=2), \pm desviación estándar
*Letras diferentes denotan diferencia estadísticamente significativa

Figura 10. Comportamiento de ácido oleico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento.



*Valores promedio (n=2), \pm desviación estándar
*Letras diferentes denotan diferencia estadísticamente significativa

Figura 11. Comportamiento de ácido linoleico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento.



*Valores promedio (n=2), \pm desviación estándar

*Letras diferentes denotan diferencia estadísticamente significativa aplicado.

Figura 12. Comportamiento de ácido linolénico (%) para las tres formulaciones durante el almacenamiento.

Como se dijo anteriormente el comportamiento que presentan los ácidos grasos durante el almacenamiento puede deberse a la naturaleza de las grasas, y tomando en cuenta que, a pesar de los días de almacenamiento, no existe una pérdida significativa de ninguno de los ácidos, probablemente debido a los tocoferoles presentes en la quinua, antioxidante que según estudios realizados le otorgan la capacidad de proteger a los ácidos grasos de procesos de lipólisis y esterificación (Pástor, 2013).

4.2 TEXTURA

Una vez aplicada la metodología descrita en la Sección 3, se obtuvieron datos de esfuerzo cortante para cada muestra, correspondiente tanto a la etapa de fermentación, así como el almacenamiento para cada una de las formulaciones.

Para la fermentación se tomaron medidas cada 45 minutos, hasta que el pH alcanzó una medida de 4.6, y para el almacenamiento las medidas fueron

tomadas cada 7 días por 21 días de almacenamiento a 4 °C, tanto para la leche fermentada de cada formulación que contiene harina de quinua tostada, así como una muestra control.

4.2.1 LECHE FERMENTADA

Los datos que se obtuvieron para cada muestra, estuvieron en base a 6 velocidades de corte, emitiendo un valor para cada velocidad en función de la resistencia que el fluido presentaba a este esfuerzo cortante o esfuerzo aplicado.

Al tratarse de un fluido que contiene harina de quinua tostada, y para determinar el tipo de fluido que es, así como el comportamiento que presenta dependiendo de la formulación con la que se trabaja, se realizó un reograma donde se pueda ver la relación entre el esfuerzo cortante expresado en Pascales, y la velocidad de corte dada en Hz (1/s).

4.2.1.1 Fermentación

Para analizar los resultados de textura durante la fermentación se compararon los datos del esfuerzo cortante a seis velocidades obtenidos cada 45 minutos, para cada una de las formulaciones, en la Figura 13 se puede observar el reograma para la muestra control y en la Figura 14, 15 y 16 los reogramas para la leche fermentada con 2.5, 5 y 7.5 % respectivamente.

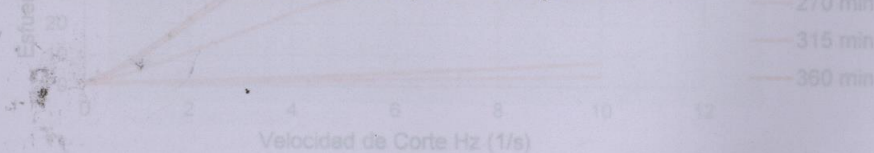


Figura 13. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para la muestra control (0 % de quinua tostada) en la fermentación.

Tabla 8. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 0 % de harina de quinua tostada durante la fermentación (control).

| Esfuerzo Cortante (Pa) ¹ | | | | | | |
|-------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tasa de Corte (1/s) | 45 min | 180 min | 225 min | 270 min | 315 min | 360 min |
| Hz | | | | | | |
| 10 | 1.92 | 3.4 | 7.7 | 39.8 | 74.3 | 82.9 |
| 5 | 1.44 | 1.9 | 3.4 | 28.2 | 47.9 | 51.3 |
| 3.3 | 0.96 | 1.43 | 2.4 | 19.2 | 34.5 | 36.8 |
| 1.7 | 0.96 | 0.96 | 1.44 | 8.6 | 15.81 | 17.2 |
| 1 | 0.5 | 0.96 | 0.96 | 4.8 | 8.14 | 9.6 |
| 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.98 | 2.4 | 3.8 | 4.3 |
| 0.05 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.9 | 0.9 | 1.4 |

¹Valores promedio (n=2)

En la Tabla 8, se detallan los datos de esfuerzo cortante, para leche fermentada sin ninguna adición de harina de quinua tostada, por lo que es considerada la muestra control.

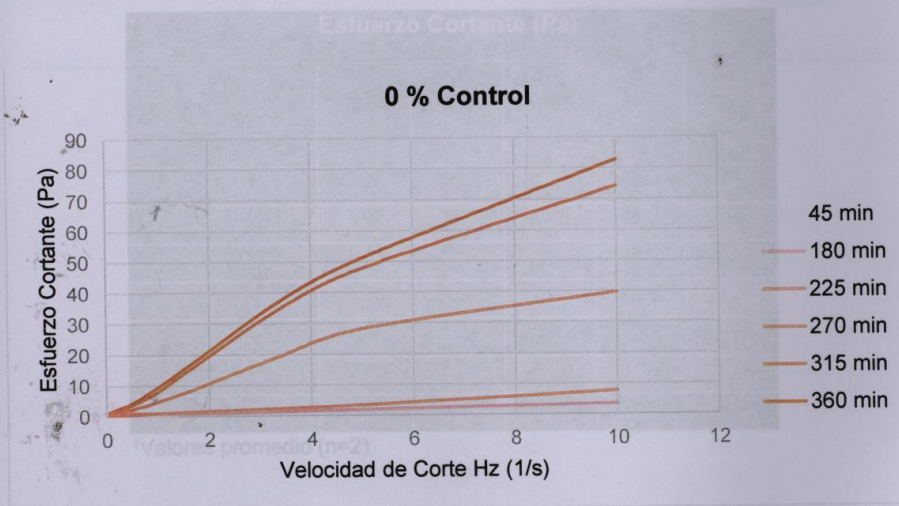


Figura 13. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para la muestra control (0 % de quinua tostada) en la fermentación.

En la Figura 13, se puede ver el comportamiento que tiene el fluido a medida que pasa el tiempo, evidenciando que para el minuto 45, el comportamiento de la curva es constante, lo que indica que no existe ningún cambio, mientras que para el minuto 180, empieza el proceso de fermentación y la curva presenta un aumento en su comportamiento y finalmente cuando alcanza el pH 4.6 se evidencia el aumento significativo de la curva, donde la caseína de la leche ha precipitado por completo, y según Chiralt, Martínez, Gonzáles y Moraga (2012) el comportamiento que presenta esta leche, es de un fluido no-newtoniano pseudoplástico, ya que la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte no permanece constante con el tiempo (no es lineal). También vale recalcar que el tiempo de fermentación para la muestra control fue de 360 minutos.

En la Tabla 9, se presentan los datos de esfuerzo cortante, obtenidos para la leche fermentada con 2.5 % de harina de quinua tostada.

Figura 14. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 2.5 % en la fermentación.

Tabla 9. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 2.5 % de harina de quinua tostada durante la fermentación.

En la Tabla 10 se muestran los datos de esfuerzo cortante, obtenidos para la formulación de leche fermentada con 5 % de harina de quinua tostada.

Tabla 10.

| Esfuerzo Cortante (Pa) ¹ | | | | | |
|-------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Tasa de Corte (1/s) | 45 min | 225 min | 270 min | 315 min | 360 min |
| Hz | | | | | |
| 10 | 3.83 | 35.9 | 67.1 | 79 | 79 |
| 5 | 1.92 | 26.3 | 49.8 | 55.1 | 56 |
| 3.3 | 1.44 | 17.2 | 35.9 | 43.1 | 43 |
| 1.7 | 0.96 | 8.14 | 16.3 | 22.5 | 23 |
| 1 | 0.96 | 5.27 | 9.1 | 13.9 | 14 |
| 0.5 | 0.48 | 3.35 | 4.79 | 7.19 | 6.71 |
| 0.05 | 0.48 | 0.96 | 1.44 | 1.92 | 2.4 |

¹Valores promedio (n=2)

| | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|
| 10 | 4.79 | 15.2 | 21.1 | 25.4 | |
| 5 | 1.91 | 2.82 | 12.5 | 13.2 | 13.8 |
| 3.3 | 0.98 | 1.44 | 7.19 | 7.19 | 9.1 |
| 1.7 | 0.48 | 0.48 | 1.92 | 1.92 | 2.4 |

¹Valores promedio (n=2)

En la Figura 14 se muestra el reograma de esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte aplicada, para la formulación de 2.5 % de harina de quinua tostada.



Figura 14. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 2.5 % en la fermentación.

Los datos de esfuerzo cortante para la formulación de leche fermentada con adición de 7.5 % de harina de quinua tostada se encuentran en la Tabla 11. En la Tabla 10 se muestran los datos de esfuerzo cortante, obtenidos para la formulación de leche fermentada con 5 % de harina de quinua tostada.

Tabla 10. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 5 % de harina de quinua tostada durante la fermentación.

| Esfuerzo Cortante (Pa) ¹ | | | | | |
|-------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Tasa de Corte (1/s) | 45 min | 270 min | 315 min | 360 min | 405 min |
| Hz | | | | | |
| 10 | 10.1 | 28.7 | 64.7 | 75.2 | 91 |
| 5 | 4.79 | 16.8 | 42.2 | 54.6 | 62.3 |
| 3.3 | 3.83 | 10.5 | 29.7 | 40.2 | 45.5 |
| 1.7 | 1.92 | 4.79 | 19.2 | 21.1 | 25.4 |
| 1 | 1.44 | 2.87 | 12.5 | 13.9 | 14.8 |
| 0.5 | 0.96 | 1.44 | 7.19 | 7.19 | 9.1 |
| 0.05 | 0.48 | 0.48 | 1.92 | 1.92 | 2.4 |

¹ Valores promedio (n=2)

¹ Valores promedio (n=2)

En la Figura 15 se puede observar el reograma correspondiente a la formulación de 5 % harina de quinua tostada.

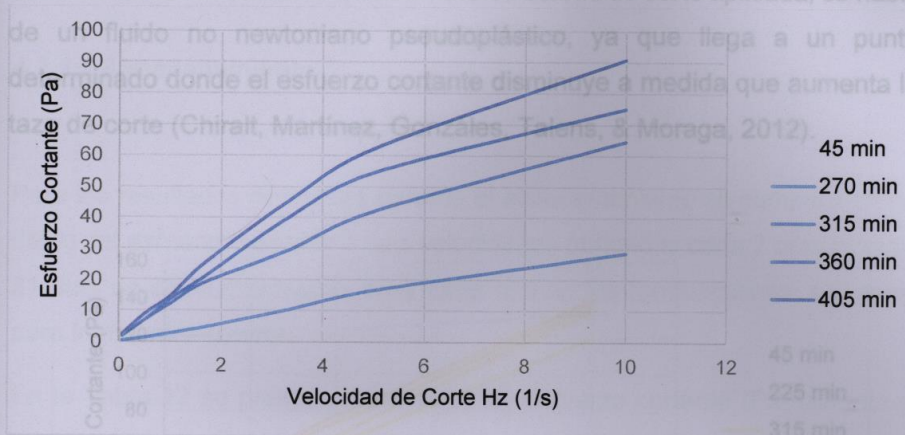


Figura 15. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 5 % en la fermentación.

Los datos de esfuerzo cortante para la formulación de leche fermentada con adición de 7.5 % de harina de quinua tostada se encuentran en la Tabla 11.

Figura 16. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 7.5 % de harina de quinua tostada.

Tabla 11. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 7.5 % de harina de quinua tostada durante la fermentación.

| Esfuerzo Cortante (Pa) ¹ | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tasa de Corte (1/s) | 45 min | 225 min | 270 min | 315 min | 360 min | 405 min | 450 min |
| 10 Hz | 32.57 | 65.14 | 119 | 120 | 134 | 137.1 | 140 |
| 5 Hz | 17.72 | 38.8 | 79.5 | 71.9 | 78.6 | 83.8 | 87.7 |
| 3.3 Hz | 11.98 | 26.4 | 59.9 | 55.6 | 57.5 | 67.1 | 70.4 |
| 1.7 Hz | 6.71 | 15.81 | 31.6 | 30.2 | 34.6 | 39.8 | 42.2 |
| 1 Hz | 4.31 | 10.06 | 20.6 | 19.2 | 21.6 | 27.8 | 29.7 |
| 0.5 Hz | 2.40 | 5.27 | 12 | 10.5 | 14.4 | 17.2 | 19.6 |
| 0.05 Hz | 0.96 | 0.96 | 3.35 | 3.83 | 3.83 | 5.75 | 7.66 |

¹ Valores promedio (n=2)

El comportamiento de los fluidos tanto para la formulación de 2.5 % (Figura 14) y 5 % de harina de quinua tostada (Figura 15), presentan un comportamiento similar a la muestra control (Figura 13), donde el esfuerzo cortante no es constante en relación a la velocidad de corte aplicada, se habla de un fluido no newtoniano pseudoplástico, ya que llega a un punto determinado donde el esfuerzo cortante disminuye a medida que aumenta la tasa de corte (Chiralt, Martínez, Gonzáles, Talens, & Moraga, 2012).

Para los resultados de textura durante el almacenamiento se compararon los datos del esfuerzo cortante a seis velocidades obtenidos cada 7 días durante 21 días de almacenamiento, para cada una de las formulaciones, así como para la muestra control.

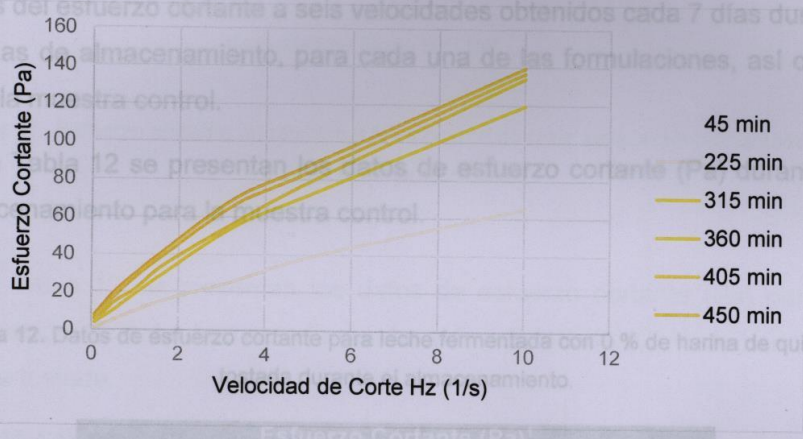


Figura 16. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 7.5 % en la fermentación.

Para la leche fermentada con 7.5 % de harina de quinua tostada el comportamiento del fluido corresponde a un fluido no newtoniano plástico ideal, ya que se comporta como un sólido hasta que vence el inicio de esfuerzo de corte y empieza a fluir, esto se puede ver en la Figura 16, donde una vez que la leche fermentada llega a pH 4.6, el esfuerzo de corte inicial es mayor a 0 y este comportamiento está relacionado a la adición de harina de quinua.

Este comportamiento se presenta únicamente en la formulación de 7.5 %, ya que es la formulación con mayor cantidad de harina de quinua tostada adicionada. Este tipo de fluido es característico para aquellos fluidos que presentan gran cantidad de sólidos en suspensión en líquidos.

A su vez también se evidencia que el tiempo de fermentación total aumenta en relación a las demás formulaciones, siendo la que tardó más en alcanzar el pH óptimo, con un tiempo de 450 minutos.

4.2.1.2 Almacenamiento

Para los resultados de textura durante el almacenamiento se compararon los datos del esfuerzo cortante a seis velocidades obtenidos cada 7 días durante 21 días de almacenamiento, para cada una de las formulaciones, así como para la muestra control.

En la Tabla 12 se presentan los datos de esfuerzo cortante (Pa) durante el almacenamiento para la muestra control.

En la Tabla 13 se presentan los datos de esfuerzo cortante (Pa) para la

Tabla 12. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 0 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento.

| Esfuerzo Cortante (Pa) ¹ | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| Tasa de Corte (1/s) | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 |
| 10 | 82.4 | 90.5 | 90.1 | 89.6 |
| 5 | 57.0 | 55.6 | 58.0 | 60.4 |
| 3.3 | 38.8 | 36.4 | 38.8 | 40.2 |
| 1.7 | 16.8 | 16.3 | 17.7 | 18.7 |
| 1 | 9.1 | 9.6 | 8.6 | 10.5 |
| 0.5 | 4.3 | 4.8 | 4.8 | 5.3 |
| 0.05 | 1.0 | 1.0 | 1.4 | 1.4 |

¹ Valores promedio (n=2)

¹Valores promedio (n=2)

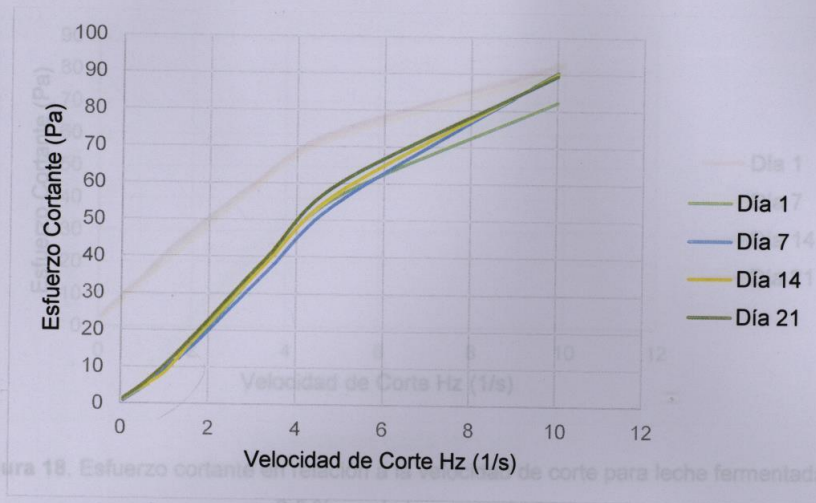


Figura 17. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 0 % en el almacenamiento.

Para la formulación de leche fermentada con adición de 5 % de harina de quinua tostada se presentan en la Tabla 14.

En la Tabla 13 se presentan los datos de esfuerzo cortante (Pa) para la formulación de leche fermentada que ha sido adicionada 2.5 % de harina de quinua tostada.

Tabla 13. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 2.5 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento.

| Esfuerzo Cortante (Pa) ¹ | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| Tasa de Corte (1/s) | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 |
| Hz | | | | |
| 10 | 82.4 | 79.5 | 81.4 | 81.4 |
| 5 | 59.4 | 58.4 | 60.4 | 60.4 |
| 3.3 | 43.1 | 43.1 | 44.5 | 44.5 |
| 1.7 | 25.9 | 23.0 | 24.9 | 25.9 |
| 1 | 15.3 | 14.8 | 15.8 | 16.3 |
| 0.5 | 8.6 | 8.1 | 9.6 | 9.6 |
| 0.05 | 2.9 | 2.9 | 3.4 | 3.4 |

¹ Valores promedio (n=2)

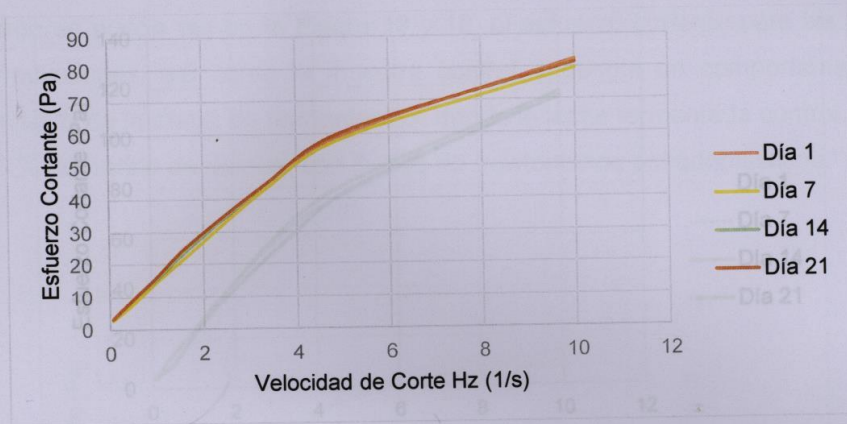


Figura 18. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 2.5 % en el almacenamiento.

Figura 19. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 5 % en el almacenamiento.

Para la formulación de leche fermentada con adición de 5 % de harina de quinua tostada se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 5 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento.

Tabla 15. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 7.5 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento.

| Esfuerzo Cortante (Pa) ¹ | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| Tasa de Corte (1/s) | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 |
| Hz | | | | |
| 10 | 106.3 | 116.9 | 117.4 | 115.4 |
| 5 | 74.25 | 79.51 | 83.35 | 80.47 |
| 3.3 | 54.13 | 63.71 | 65.62 | 59.88 |
| 1.7 | 28.26 | 36.49 | 36.49 | 34.49 |
| 1 | 17.72 | 23.47 | 23.5 | 21.56 |
| 0.5 | 9.58 | 13.8 | 13.8 | 10.1 |
| 0.05 | 3.8 | 4.3 | 4.3 | 3.8 |

¹ Valores promedio (n=2)

¹ Valores promedio (n=2)

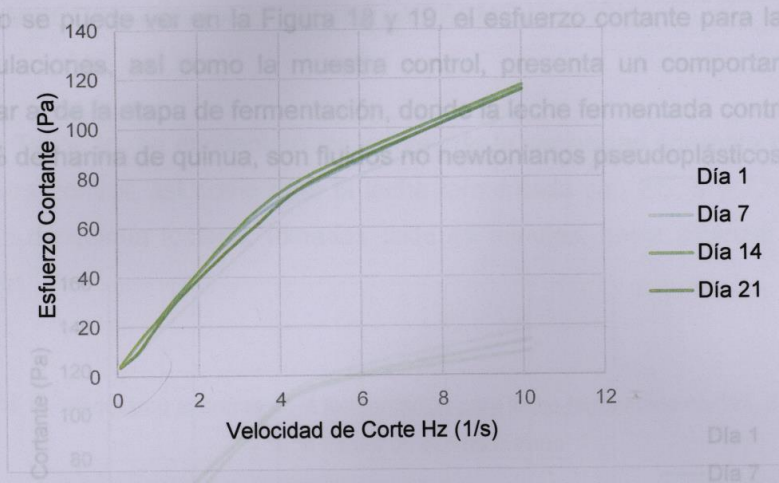


Figura 19. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 5 % en el almacenamiento.

La Tabla 15 presenta los datos de esfuerzo cortante para la formulación con adición de 7.5 % de harina de quinua tostada.

Figura 20. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 7.5 % en el almacenamiento.

Tabla 15. Datos de esfuerzo cortante para leche fermentada con 7.5 % de harina de quinua tostada durante el almacenamiento.

| Esfuerzo Cortante (Pa) ¹ | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| Tasa de Corte (1/s) | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 |
| Hz | | | | |
| 10 | 144 | 140 | 130 | 135 |
| 5 | 125 | 117 | 114 | 114 |
| 3.3 | 98.2 | 93.4 | 91 | 92.9 |
| 1.7 | 61.8 | 62.7 | 55.1 | 63.2 |
| 1 | 45 | 49.3 | 39.8 | 47.9 |
| 0.5 | 30.7 | 35.4 | 27.8 | 34.1 |
| 0.05 | 12.9 | 14.4 | 11.1 | 13.9 |

¹Valores promedio (n=2)

Como se puede ver en la Figura 18 y 19, el esfuerzo cortante para las tres formulaciones, así como la muestra control, presenta un comportamiento similar al de la etapa de fermentación, donde la leche fermentada control, 2.5 y 5 % de harina de quinua, son fluidos no newtonianos pseudoplásticos.



Figura 20. Esfuerzo cortante en relación a la velocidad de corte para leche fermentada con 7.5 % en el almacenamiento.

Para la formulación de 7.5 % se evidencia el comportamiento de un fluido no newtoniano plástico ideal, debido a que es la formulación que mayor cantidad de harina de quinua posee (Figura 20).

Una vez determinado el comportamiento de cada una de las muestras fue necesario determinar la viscosidad aparente de cada una de las leches fermentadas, para éste cálculo se tomó el valor a una velocidad de corte de 5 Hz (1/s), ya que al tratarse de un fluido que ha sido adicionado un sólido, tanto para la etapa de fermentación como para la etapa de almacenamiento, las muestras de leches fermentadas de todas las formulaciones, presentaron un leve asentamiento de la harina de quinua (sinéresis), por lo que el primer valor a 10 Hz, no sería el más fiable, ya que la muestra no se encuentra homogénea.

4.2.2 VISCOSIDAD APARENTE EN LA FERMENTACIÓN

En la Tabla 16, se encuentran los valores de la viscosidad aparente para la muestra control, así como para la leche fermentada con 2.5, 5 y 7.5 % de harina de quinua tostada, tomadas cada 45 minutos, hasta alcanzar el pH óptimo.

Tabla 16. Viscosidad aparente en la fermentación para leche fermentada control, 2.5, 5 y 7.5 % de harina de quinua tostada.

| Tiempo de Fermentación (min) | Viscosidad Aparente (Pa.s) ¹ | | | |
|------------------------------|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | Porcentaje Quinua Tostada | | | |
| | 0% | 2.5 % | 5% | 7.5 % |
| 45 | 0.38 ± 0.14 | 0.38 ± 0.04 | 0.95 ± 0.03 | 3.54 ± 0.15 |
| 225 | 0.67 ± 0.17 | 9.95 ± 0.48 | 2.21 ± 0.04 | 7.75 ± 0.12 |
| 270 | 5.66 ± 0.27 | 11.03 ± 0.07 | 3.35 ± 0.14 | 15.95 ± 0.35 |
| 315 | 9.58 ± 0.41 | 11.30 ± 0.31 | 8.44 ± 0.50 | 14.37 ± 0.00 |
| 360 | 10.26 ± 0.41 | 11.49 ± 0.49 | 10.92 ± 0.14 | 15.71 ± 0.14 |
| 405 | | | 12.46 ± 0.28 | 16.77 ± 0.13 |
| 450 | | | | 17.53 ± 0.02 |

¹Valores promedio (n=2), ± desviación estándar

La influencia de la harina de quinua tostada se ve evidenciada en el tiempo de fermentación de cada formulación (Figura 21), ya que para la leche fermentada que presenta 2.5 % de harina de quinua tostada alcanzó pH 4.6 a los 360 minutos, mientras que para la leche fermentada con 5 %, el tiempo de fermentación fue de 405 minutos, la razón se debe a que la adición de harina, probablemente hace que el sustrato sea más complejo de modificar para los microorganismos, por lo que existe una menor producción de ácido láctico, esto tiene relación con estudios donde la adición de inulina también afectaba el tiempo de fermentación (Paseephol, Small, & Sherkat, 2008).

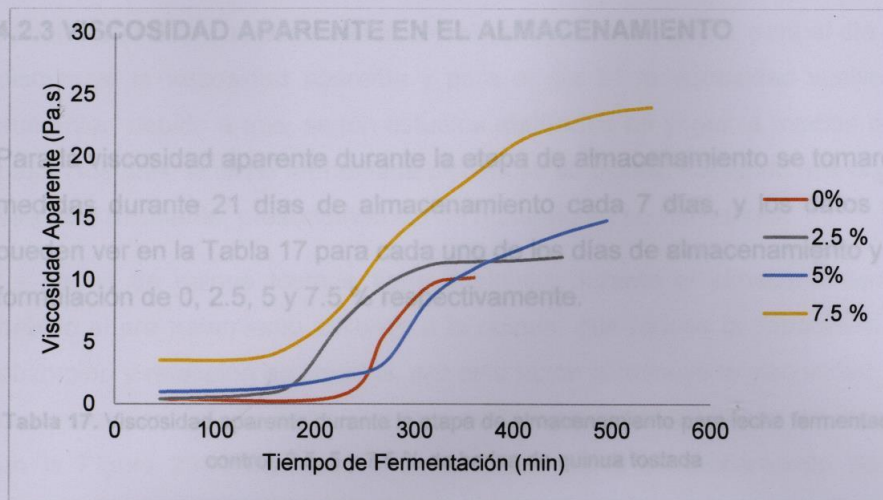


Figura 21. Curvas de viscosidad aparente durante la fermentación.

Con el análisis de varianza (Figura 22), se comprueba que existe diferencia significativa en la viscosidad aparente, entre la formulación de 7.5 % y la leche fermentada control, la diferencia está dada por la adición de sólidos a la leche fermentada, presentando un aumento proporcional de la viscosidad aparente en relación a la cantidad de harina de quinua tostada adicionada.

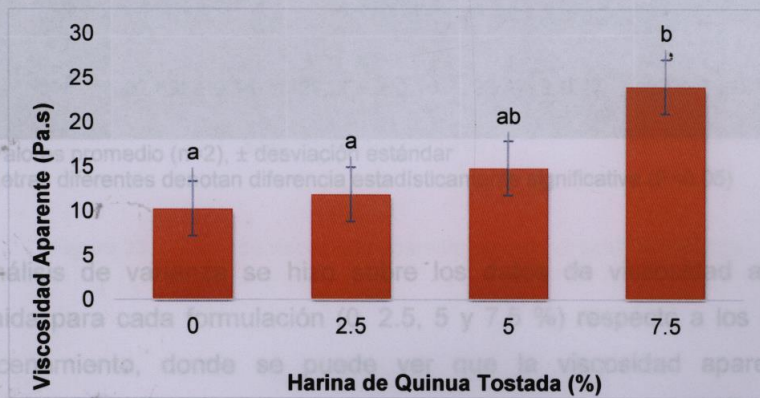


Figura 22. Análisis de varianza de la viscosidad aparente durante la fermentación.

Tukey $\alpha=0.05 = 3.24$

4.2.3 VISCOSIDAD APARENTE EN EL ALMACENAMIENTO

Para la viscosidad aparente durante la etapa de almacenamiento se tomaron medidas durante 21 días de almacenamiento cada 7 días, y los datos se pueden ver en la Tabla 17 para cada uno de los días de almacenamiento y la formulación de 0, 2.5, 5 y 7.5 % respectivamente.

Tabla 17. Viscosidad aparente durante la etapa de almacenamiento para leche fermentada en la Figura 23 control, 2.5, 5 y 7.5 % de harina de quinua tostada

| % HQT | Viscosidad Aparente (Pa.s) ^{1,2} | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Almacenamiento | | | |
| | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 |
| 0 Tukey $\alpha=0.05$ = 0.58 | 11.35 ^{ab} ± 0.61 | 11.06 ^a ± 0.61 | 11.59 ^{ab} ± 0.68 | 12.02 ^b ± 0.07 |
| 2.5 Tukey $\alpha=0.05$ = 0.42 | 11.88 ^{ab} ± 0.29 | 11.69 ^a ± 0.52 | 12.07 ^b ± 0.02 | 12.07 ^b ± 1.25 |
| 5 Tukey $\alpha=0.05$ = 1.23 | 14.85 ^a ± 0.32 | 15.9 ^{ab} ± 0.14 | 16.67 ^b ± 2.15 | 16.09 ^{ab} ± 0.89 |
| 7.5 Tukey $\alpha=0.05$ = 0.47 | 22.89 ^a ± 0.14 | 22.96 ^{ab} ± 0.16 | 23.47 ^b ± 0.47 | 22.89 ^a ± 0.03 |

¹Valores promedio (n=2), ± desviación estándar

²Letras diferentes denotan diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)

El análisis de varianza se hizo sobre los datos de viscosidad aparente obtenida para cada formulación (0, 2.5, 5 y 7.5 %) respecto a los días de almacenamiento, donde se puede ver que la viscosidad aparente va cambiando a medida que los días de almacenamiento transcurren. Para todas las muestras de leche fermentada con adición de harina de quinua tostada, la viscosidad aparente presenta un comportamiento de disminución para el día 7, mientras que para el día 14 incrementa significativamente dicho valor y finalmente para el día 21 nuevamente vuelve a disminuir.

Al comparar este comportamiento con el de la muestra control, para el día 14 disminuye la viscosidad aparente y para el día 21 la viscosidad vuelve a aumentar, debido a que, según estudios realizados en yogur, a medida que pasan los días, la leche fermentada disminuye su acidez, haciendo que el gel sea más resistente, presentando así un aumento en su viscosidad.

La harina de quinua tostada tiene influencia durante el almacenamiento, debido al pre tratamiento aplicado a la quinua, que reduce la capacidad de absorción y retención de líquidos, por esta razón disminuye la viscosidad. El comportamiento de la viscosidad para cada formulación se puede evidenciar en la Figura 23, donde se ve claramente que el comportamiento de la viscosidad aparente no es constante a medida que transcurren los días de almacenamiento.

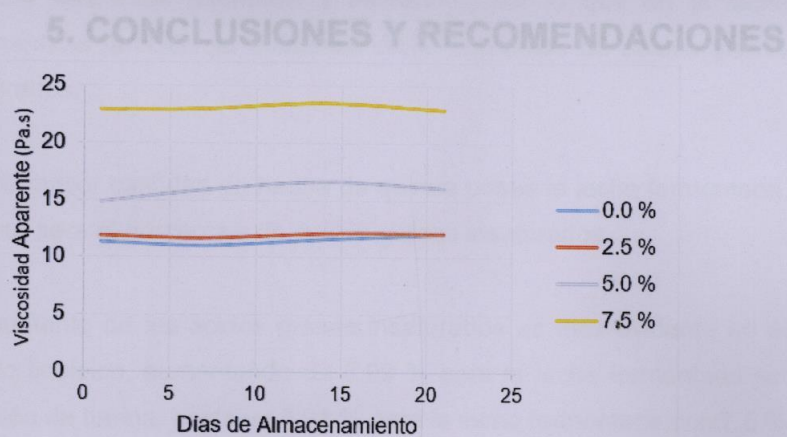


Figura 23. Curvas de viscosidad aparente durante el almacenamiento.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El perfil de ácidos grasos de la quinua tostada se ve afectado debido al pretratamiento de tostado aplicado, reduciendo su contenido en un 15 % aproximadamente, al comparar con un perfil de ácidos grasos de quinua sin procesar.
- La leche semidescremada presenta un mayor contenido de ácidos grasos saturados (palmitico y esteárico), por lo que en la leche fermentada también se observan ácidos grasos saturados.
- Entre mayor cantidad de harina de quinua posea la leche fermentada, mayor será el porcentaje de ácidos grasos insaturados.
- El aumento de los ácidos grasos insaturados es más evidente en el ácido linoleico, aumentando de 0.99 % para la leche fermentada sin adición de harina, hasta un 6.91 % para la leche fermentada con 7.5 % de harina de quinua tostada.
- Tanto los ácidos grasos como la viscosidad aparente no presentan mayor variación durante el almacenamiento.
- La adición de harina de quinua tostada, afecta al tiempo de fermentación, a mayor contenido de harina, mayor tiempo de fermentación.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El perfil de ácidos grasos de la quinua tostada se ve afectado debido al pretratamiento de tostado aplicado, reduciendo su contenido en un 15 % aproximadamente, al comparar con un perfil de ácidos grasos de quinua sin procesar.
- La leche semidescremada presenta un mayor contenido de ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico), por lo que en la leche fermentada también se evidencia dicho contenido de ácidos grasos saturados.
- Entre mayor cantidad de harina de quinua posea la leche fermentada, mayor será el porcentaje de ácidos grasos insaturados.
- El aumento de los ácidos grasos insaturados es más evidente en el ácido linoleico, aumentando de 0.99 % para la leche fermentada sin adición de harina, hasta un 6.91 % para la leche fermentada con 7.5 % de harina de quinua tostada.
- Tanto los ácidos grasos como la viscosidad aparente no presentan mayor variación durante el almacenamiento
- La adición de harina de quinua tostada, afecta al tiempo de fermentación, a mayor contenido de harina, mayor tiempo de fermentación.



5.2 — La viscosidad aparente se ve afectada por el contenido de harina de quinua tostada adicionada, siendo directamente proporcional su aumento, a mayor cantidad de harina de quinua adicionada, mayor viscosidad aparente del producto.

— Buscar un método de extracción de grasa de quinua, donde dicha grasa pueda ser apta para el consumo y de esta manera añadir únicamente el contenido graso de la quinua directamente a la leche fermentada.

— Experimentar la adición de harina de quinua en bebidas lácteas que no sean expuestas a un proceso de fermentación, donde la cantidad de harina adicionada no influya significativamente en la viscosidad.

5.2 RECOMENDACIONES

- Buscar un método de extracción de grasa de quinua, donde dicha grasa pueda ser apta para el consumo y de esta manera añadir únicamente el contenido graso de la quinua directamente a la leche fermentada.
- Experimentar la adición de harina de quinua en bebidas lácteas que no sean expuestas a un proceso de fermentación, donde la cantidad de harina adicionada no influya significativamente en la viscosidad.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Abu, S. (2013). *RPP Noticias*. Recuperado el 28 de agosto de 2016 de: <http://rpp.pe/lima/actualidad/la-quinua-sporta-energias-y-es-rica-en-proteinas-noticia-635538>

Agudelo, D., & Bedoya, O. (2005). Composición Nutricional de la leche de vacuno. *Lasallista de Investigación*, 32-48.

Alais, C., & Godina, A. (2003). *Ciencia de la Leche*. España: Reverté S.A.

Arenas, C., Zapata, R., & Gutiérrez, C. (2012). Evaluación de la fermentación láctica de la leche con adición de quinua. *Universidad de Antioquia*.

Barale, A. (2013). Ácidos Grasos. *G-SE Información y Capacitación*.

Bonifaz, L. (2010). Determinación de la actividad insaturada de quinua. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.

Brady, A., Jan, C., & Miller, J. (2002). *Inheritance of reduced saturated fatty acid content in sunflower oil*. USA.

Calvo, M. (2009). Recuperado el 01 de agosto de 2016 de: *Bioquímica de los Alimentos*: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/ácidos-grasos.html>

Cervera, P., Clapés, J., & Rigolfas, R. (2004). *Alimentación y Dietoterapia*. España: McGraw.

Chiralt, A., Martínez, N., Gonzáles, C., Talens, P., & Morega, G. (2012). *Propiedades Físicas de los Alimentos*. Valencia: Percom.

CODEX STAN 243. (2003). *Leches Fermentadas*.

Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., García, B., & Díaz, G. (2006). Los ácidos grasos. Omegas. *Nutrición, Bioquímica y Salud*.

BIBLIOGRAFÍA

- Abu, S. (2013). *RPP Noticias*. Recuperado el 26 de agosto de 2016 de: <http://rpp.pe/lima/actualidad/la-quinua-aporta-energias-y-es-rica-en-proteinas-noticia-635538>
- Agudelo, D., & Bedoya, O. (2005). Composición Nutricional de la leche de vacuno. *Lasallista de Investigación*, 32-48.
- Alais, C., & Godina, A. (2003). *Ciencia de la Leche*. España: Reverté S.A.
- Arenas, C., Zapata, R., & Gutiérrez, C. (2012). Evaluación de la fermentación láctica de la leche con adición de quinua. *Universidad de Antioquia*.
- Barale, A. (2013). Ácidos Grasos. *G-SE Información y Capacitación*.
- Bonifaz, L. (2010). Determinación de la actividad insecticida de la saponina de quinua. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.
- Brady, A., Jan, C., & Miller, J. (2002). *Inheritance of reduced saturated fatty acid content in sunflower oil*. USA.
- Calvo, M. (2009). Recuperado el 01 de agosto de 2016 de: *Bioquímica de los Alimentos*: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidos-grasos.html>
- Cervera, P., Clapés, J., & Rigolfas, R. (2004). *Alimentación y Dietoterapia*. España: McGraw.
- Chiralt, A., Martínez, N., Gonzáles, C., Talens, P., & Moraga, G. (2012). *Propiedades Físicas de los Alimentos*. Valencia: Percom.
- CODEX STAN 243. (2003). *Leches Fermentadas*.
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., García, B., & Díaz, G. (2006). Los ácidos grasos. Omegas. *Nutrición, Bioquímica y Salud*.

Díaz, M. (2013). *Propiedades Nutricionales de la Quinua*. Recuperado el 15 de septiembre de 2016 de: http://publitec.com.ar/system/noticias.php?id_prod=334&id_cat=3

Escudero, A., & González, P. (2006). *Fibra Alimentaria. Unidad de Dietética y Nutrición*. experimental Santa Catalina.

Estévez, E. (2013). Recuperado el 15 de septiembre de 2016 de: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4601/Mem%C3%B2ria.pdf>

Morales, M. (2016). *Textura y perfil de ácidos grasos en leche fermentada con quinua*. Universidad Equinoccia.

Estrella, E. (2008). El pan de América: etnohistoria de los alimentos aborígenes en Ecuador. *Universidad Autónoma de Querétaro*.

NTE INEN 10 (2012). *Leche Pasteurizada. Requisitos*

FAO. (2008). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana*.

NTE INEN 2608 (2012). *Leche Fermentada. Requisitos*

FAO. (2011). La quinua: Cultivo milenario para contribuir la seguridad alimentaria mundial. *Oficina Regional para América y el Caribe*.

FAO. (2013). *História y Origenes de la quinua*.

Paseephol, T., Small, D., & Sherkat, F. (2008). *Rheology and Texture of set yogurt as affected by inulin addition. Texture Studies*.

FAO. (2013). *Leche y Productos Lácteos (Segunda ed.)*.

FAO. (2013). *Quinua. Valor Nutricional*.

Pastor, A. (2013). *Obtenido de Efecto del procesamiento sobre el contenido*

Fuentes, M. (2009). *Modificación del perfil de ácidos grasos de la leche*. España. de: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1375/1/iniansciP293a.pdf>

Gallardo, D. (2013). *La Quinua. Propiedades y Beneficios*. Recuperado el 16 de septiembre de: <http://www.diegogallardo.com/2013/05/la-quinua-propiedades-y-beneficios-de.html>

García, A., Montiel, L., & Borderas, F. (2014). *Grasa y Proteína de la leche de vaca. Universidad Autónoma Metropolitana*.

Piedra, M. (2010). *Grasas. Guías Alimentarias para la Educación Nutricional*

Gutiérrez, L., Martínez, J., & Barón, M. (2010). Contenido de ácido linoleico y composición de ácidos grasos en yogures de Colombia. *Universidad Nacional de Medellín*.

Ramírez, J. (2006). *Fundamentos de Reología de Almantos*.

- Haro, G. (2007). Recuperado el 16 de septiembre de: http://www.pulevasalud.com/ps/subcategoria.jsp?ID_CATEGORIA=102891&RUTA=1-2-45-59-102891
- INIAP. (2012). Dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina. *Estación experimental Santa Catalina.*
- MAGAP. (2012). *INIAP Tunkahuan variedad de quinua con amplia aceptación.*
- MAGAP. (2015). *Análisis sectorial de quinua en el Ecuador.* PRO ECUADOR.
- Morales, M. (2016). *Textura y perfil de ácidos grasos en leche fermentada con quinua lavada.* Universidad Tecnológica Equinoccial.
- NTE INEN 10. (2012). *Leche Pasteurizada.* Requisitos.
- NTE INEN 2608. (2012). *Leche Fermentada.* Requisitos.
- Ortega, R. (2010). Importancia de las grasas en la alimentación. Universidad Complutense.
- Paseephol, T., Small, D., & Sherkat, F. (2008). Rheology and Texture of set yogurt as affected by inulin addition. *Texture Studies.*
- Pástor, A. (2013). Obtenido de Efecto del procesamiento sobre el contenido de ácidos grasos, tocoferoles y esteroides en aceites el 23 de agosto de 2016 de: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1375/1/iniapsctP293e.pdf>
- Peralta, E. (2009). *La quinua en el Ecuador.* Quito - Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Pérez, J. (2015). Ácidos Grasos. *Innovando la Nutrición.*
- Piedra, M. (2010). Grasas. *Guías Alimentarias para la Educación Nutricional de Costa Rica.* <http://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-1/guia/enfer>
- Pold, S. (2012). *Lisina. Aminoácido Esencial.* Recuperado el 20 de agosto de 2016 de: <http://www.natursan.net/lisina-aminoacido-esencial/>
- Ramírez, J. (2006). Fundamentos de Reología de Alimentos.

- Ramos, B., Bucio, A., Bautista, C., Aranda, E., & Izquierdo, F. (2009). Aislamiento, identificación y caracterización de bacterias ácido lácticas.
- Ramos, S. (2012). Fermentación Láctica. *Fuente de energía para las células*. [//medivarg.blogspot.com/2008/04/mecanismo-de-fluidos.html](http://medivarg.blogspot.com/2008/04/mecanismo-de-fluidos.html)
- Reyes, E., Ávila, D., & Guevara, J. (2006). Componente Nutricional de Diferentes variedades de Quinoa. *Universidad Distrital*.
- Rivera, E. (2008). La ciencia de la mecánica de fluidos. *Facultad Nacional de Ingeniería Colombia*.
- Rivero, A. (2012). Leches Fermentadas en la Comunidad de Madrid. *Saud Madrid*.
- Santos, G. (2009). Análisis detallado de las grasas saturadas. *European Food Information Council*.
- Segundo, V. (2014). *Comparación entre Marcas de Yogur natural comercial. Evaluación de componentes nutricionales*. Mexico.
- Serrano, Y. (2011). *Proceso de Fermentación*.
- Serrano, Y. (s.f). *Proceso de Fermentación*.
- Soriano, J. (2006). *Nutrición Básica Humana*. Madrid: Impresiones Inmaculada.
- Swith, M. (2010). Obtenido de Reología. Programa de ingeniería química: <https://marcanord.files.wordpress.com/2012/11/reologc3ada-1.pdf>
- Therkeslian, N. (2015). Ácidos Grasos Esenciales. *Centro de Información de Medicamentos*.
- UNED. (2016). Obtenido de Interacción de los Tipos de Grasas el 26 de agosto de 2016 de: http://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-l/guia/enfermedades/cardiovasculares/alim_gras_interaccion.htm
- Villacres, E., Pastor, G., Zambrano, I., & Morales, S. (2011). Determinación del perfil de ácidos grasos de los granos andinos sometidos a diferentes condiciones de procesamiento.







Villacrés, E., Peralta, E., & Egas, L. (2009). *Potencia Agroindustria*. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca*.

Zambrano, Y., & Valencia, A. (2009). Recuperado el 21 de septiembre de 2016 de: <http://medivarg.blogspot.com/2009/04/mecanismo-de-fluidos.html>

ANEXOS

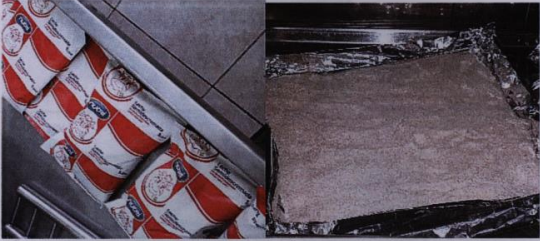



ANEXO I

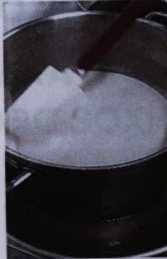
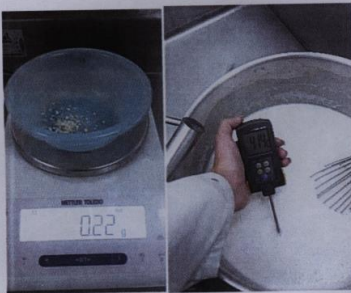


ELABORACIÓN DE LECHE FERMENTADA

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Materia Prima |  |
| Pasteurización leche |  |
| Adición de harina de quinoa tostada |  |
| Pasteurización leche + harina |  |

ANEXOS

ANEXO I
ELABORACIÓN DE LECHE FERMENTADA

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Choque térmico</p> <p>Materia Prima</p> <p>Adición de microorganismos</p> |  |
| <p>Proceso de fermentación</p> <p>Pasteurización leche</p> |  |
| <p>Mezcla</p> <p>Adición de harina de quinua tostada</p> <p>Envasado y almacenamiento</p> |  |
| <p>Pasteurización leche + quinua</p> |  |

| | |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Choque térmico</p> |  |
| <p>Adición de microorganismos Proceso de fermentación</p> |  |
| <p>Mezcla</p> |  |
| <p>Envasado y almacenamiento</p> |  |


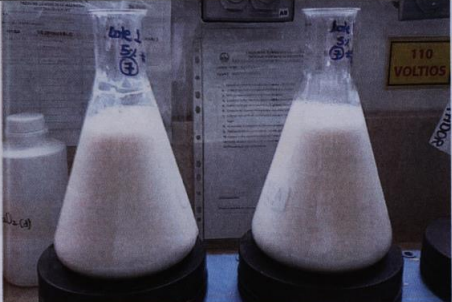
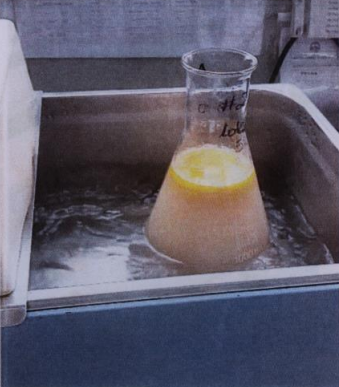
ANEXO II

EXTRACCIÓN DE GRASA PARA HARINA DE QUINUA SEMIDES TOSTADA (MÉTODO SOXHLET) QUINUA TOSTADA (MÉTODO POR DETERGENTES)



ANEXO III

EXTRACCIÓN DE GRASA PARA LECHE SEMIDESCREMADA Y LECHE FERMENTADA CON QUINUA TOSTADA (MÉTODO POR DETERGENTES)

| | |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Mezcla (detergente + muestra)</p> |  |
| <p>Agitación</p> | <p>Separación de la fase grasa</p>  |
| <p>Baño maría (90 °C por 3 horas)</p> <p>Centrifugar</p> |  |

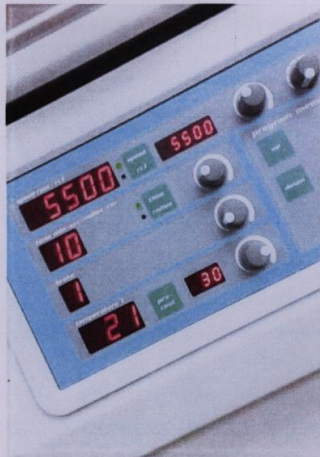
extracción de la muestra
Enfriar





almacenamiento (4 °C)
Separación de la fase grasa



Centrifugar



| | |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>extracción de la muestra</p> |  |
| <p>Almacenamiento (4 °C)</p> |  |

ANEXO IV

MÉTODO DE ÉSTERES METÁLICOS DE ÁCIDOS POR CROMATOGRFÍA DE GASES PARA ACEITES Y GRASAS

1. En tubos de ensayo de vidrio pesar 0.05 g de muestra.
2. Añadir a cada muestra 1 ml de solución hidróxido de potasio y metanol, durante 10 minutos mantener a baño de agua a 97° C.
3. Enfriar y colocar 0.4 ml de ácido clorhídrico-metanol y durante 25 minutos mantener a baño de agua a 97 °C.
4. Enfriar nuevamente los tubos y añadir 2 ml de agua junto con 3 ml de hexano y agitar, dejar que las muestras reposen hasta evidenciar la separación de fases, para con la ayuda de una pipeta Pasteur proceder a retirar la fase orgánica y transferir a nuevo tubo de ensayo de vidrio (tubo 2).
5. Al primer tubo colocar 3 ml de hexano, agitar nuevamente y reposar, extraer la fase orgánica y llevar al tubo 2.
6. En el tubo 2 añadir sulfato de sodio para atraer la humedad, agitar y colocar la muestra en un nuevo tubo (3).
7. Con la ayuda de nitrógeno gaseoso proceder a secar las muestras (tubo 3).
8. Añadir 2 ml de hexano para recuperar la muestra concentrada, agitar y colocar en viales para cromatografía.
9. Inyectar en el cromatógrafo de gases Agilent 7890 con inyector FID, verificando la presión necesaria para el trabajo (Helio 85 psi, nitrógeno 40 psi y aire 70 psi) y la presión del equipo (35 psi)

ANEXO V ANÁLISIS DE TEXTURA

| Componente | 5.5% | | | | | 8.5% | | | | | Lactosa | | |
|--------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|------|-------|
| | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 | Día 28 | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 | Día 28 | | | |
| Acido Caproico | 0.00 | 0.03 | 0.11 | 0.26 | 0.23 | 0.03 | 0.10 | 0.20 | 2.43 | 0.21 | 0.46 | 0.00 | 0.56 |
| Acido Caprilico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.01 |
| Acido Caprico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.01 |
| Acido Undecanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 |
| Acido Laurico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 |
| Acido Tridecanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.00 |
| Acido Mirístico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.15 |
| Acido Palmítico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.53 |
| Acido Perfluorooctanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.07 |
| Acido Palmítico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 1.33 |
| Acido Palmítico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 24.98 |
| Acido Palmítico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 1.20 |
| Acido Heptadecanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.07 |
| Acido Octadecanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.36 |
| Acido Stearico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 11.97 |
| Acido Oleico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 2.68 |
| Acido Oleico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 22.80 |
| Acido Linoleico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.16 |
| Acido Linoleico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.09 |
| Acido Linoleico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.18 |
| Acido Araquidico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.16 |
| Acido Araquidico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acido Docosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acido Tricosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acido Tetraicosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acido Pentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acido Hexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acido Heptacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acido Octacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acido Nonacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidoheptacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidooctacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidononacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotriacontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidotetracontanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidopentacosanoico | | | | | | | | | | | | 0.00 | 0.04 |
| Acidohexacosanoico | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO VI

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS PARA LECHE FERMENTADA, HARINA DE QUINUA TOSTADA Y LECHE SEMIDESCREMADA.

| NOMBRE | 2.5 % | | | 5% | | | 7.5 % | | | Quinua Tostada | Leche | | | |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|----------------|-------|-------|--------|--------|
| | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 | Día 1 | Día 7 | Día 14 | Día 21 | Día 1 | | | Día 7 | Día 14 | Día 21 |
| Ácido Caproico | 0.60 | 0.06 | 0.11 | 0.36 | 0.24 | 0.06 | 0.16 | 0.20 | 2.43 | 0.21 | 0.46 | 0.22 | 0.00 | 0.36 |
| Ácido Caprílico | 0.73 | 0.43 | 0.50 | 0.66 | 0.48 | 0.44 | 0.49 | 0.47 | 0.53 | 0.41 | 0.59 | 0.48 | 0.00 | 0.61 |
| Ácido Capríco | 2.13 | 1.51 | 1.72 | 1.91 | 1.68 | 1.64 | 1.73 | 1.71 | 1.78 | 1.39 | 1.79 | 1.47 | 0.00 | 1.93 |
| Ácido Undecanoico | 0.29 | 0.21 | 0.23 | 0.26 | 0.23 | 0.22 | 0.23 | 0.22 | 0.24 | 0.18 | 0.25 | 0.20 | 0.00 | 0.26 |
| Ácido Laurico | 2.79 | 2.01 | 2.33 | 2.49 | 2.31 | 2.21 | 2.26 | 2.28 | 2.31 | 1.05 | 2.39 | 1.89 | 0.00 | 2.56 |
| Ácido Tridecanoico | 0.16 | 0.12 | 0.14 | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.14 | 0.10 | 0.00 | 0.15 |
| Ácido Mirístico | 9.41 | 7.61 | 9.09 | 9.75 | 9.90 | 8.39 | 9.20 | 8.54 | 8.34 | 6.89 | 8.95 | 8.00 | 0.12 | 9.42 |
| Ácido Miristoleico | 0.93 | 0.71 | 0.81 | 0.83 | 0.82 | 0.75 | 0.76 | 0.80 | 0.79 | 0.64 | 0.81 | 0.66 | 0.00 | 0.87 |
| Ácido Pentadecanoico | 1.52 | 1.12 | 1.36 | 1.34 | 1.32 | 1.25 | 1.20 | 1.23 | 1.18 | 1.00 | 1.27 | 1.00 | 0.04 | 1.33 |
| Ácido Palmítico | 23.05 | 20.45 | 22.67 | 21.95 | 22.47 | 22.40 | 24.00 | 22.77 | 23.58 | 18.93 | 22.62 | 21.34 | 8.09 | 24.59 |
| Ácido Palmítico | 1.69 | 1.32 | 1.51 | 1.51 | 1.52 | 1.38 | 1.15 | 1.26 | 1.21 | 1.00 | 1.25 | 1.01 | 0.05 | 1.29 |
| Ácido Heptadecanoico | 1.11 | 0.83 | 1.01 | 0.97 | 0.98 | 0.90 | 0.79 | 0.88 | 0.86 | 0.74 | 0.96 | 0.73 | 0.03 | 0.97 |
| Ácido Cis-10-Heptadecanoico | 0.53 | 0.42 | 0.45 | 0.43 | 0.49 | 0.45 | 0.24 | 0.25 | 0.25 | 0.21 | 0.25 | 0.20 | 0.03 | 0.26 |
| Ácido Estéarico | 13.33 | 9.94 | 12.09 | 12.73 | 10.28 | 11.14 | 12.22 | 10.61 | 11.30 | 9.15 | 12.44 | 10.42 | 0.45 | 11.67 |
| Ácido Eláidico | 3.95 | 2.85 | 3.67 | 3.45 | 3.52 | 3.35 | 2.82 | 2.53 | 2.60 | 2.03 | 2.63 | 2.24 | 0.00 | 2.68 |
| Ácido Oleico | 26.09 | 21.51 | 22.94 | 23.06 | 24.61 | 24.13 | 25.00 | 23.19 | 24.73 | 19.58 | 23.24 | 23.12 | 19.32 | 22.02 |
| Ácido Linoleáidico | 0.36 | 0.28 | 0.31 | 0.32 | 0.33 | 0.32 | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.15 | 0.20 | 0.15 | 0.00 | 0.19 |
| Ácido Linoleico | 3.62 | 3.05 | 3.23 | 3.11 | 5.31 | 4.84 | 4.39 | 4.75 | 6.91 | 5.81 | 6.93 | 6.87 | 47.89 | 0.99 |
| Ácido Araquídico | 0.23 | 0.18 | 0.22 | 0.20 | 0.23 | 0.22 | 0.17 | 0.16 | 0.18 | 0.17 | 0.22 | 0.22 | 0.00 | 0.18 |
| Ácido 1-Linoleico | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 |
| Ácido Cis-11-Eicosenoico | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 |
| Ácido Linoléico | 1.11 | 0.86 | 1.00 | 0.96 | 1.13 | 1.04 | 1.04 | 1.07 | 1.21 | 1.02 | 1.29 | 4.03 | 3.42 | 0.95 |
| Ácido Heneicosanoico | 1.25 | 0.86 | 1.14 | 1.04 | 1.15 | 0.99 | 0.88 | 0.87 | 0.84 | 0.71 | 0.92 | 3.68 | 0.00 | 0.23 |
| Ácido Cis-11-14-Eicosadienoico | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.46 | 0.15 | 0.05 |
| Ácido Behénico | 0.12 | 0.10 | 0.11 | 0.10 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.14 | 0.12 | 0.15 | 3.52 | 0.50 | 0.08 |

ANEXO VII
CROMATOGRAMAS DE HARINA DE QUINUA
TOSTADA, LECHE Y LECHE FERMENTADA CON
QUINUA

Quinoa Tostada

