

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA,
ANTIOXIDANTE Y PROPIEDADES FÍSICAS, DEL ACEITE
ESENCIAL DE CHACHACOMA (*Senecio nutans* Sch.) EN QUESO
FRESCO TIPO PARIA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

MILY NOEMI BENITO FLORES

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PUNO – PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA, ANTIOXIDANTE Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS, DEL ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA (*Senecio nutans* Sch.) EN QUESO FRESCO TIPO PARIA”

TESIS

PRESENTADA POR:

MILY NOEMI BENITO FLORES

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 09 DE OCTUBRE DEL 2018.

APROBADA POR JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :
Ing. M. Sc. Edgar Gallegos Rojas

PRIMER MIEMBRO :
Ing. M. Sc. Saire Roentí Guerra Lima

SEGUNDO MIEMBRO :
Ing. M. Sc. Marienela Calsin Cutimbo

DIRECTOR / ASESOR :
Dr. Alejandro Coloma Paxi

PUNO – PERÚ

2018

Área : Ingeniería y tecnología

Tema : Propiedades físicas y estructurales



DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre Bertha por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. A mi padre Andrés por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hermanos Yuguen y Evelyn por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho; a mi compañero de vida Gustavo Hernán por su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis docentes de la universidad por inculcarme los diferentes conocimientos que me impartieron y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis

A mis amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que, hasta ahora, seguimos siendo amigos: Ruthy Susana y Cathia Adriana por haberme ayudado a realizar este trabajo darme ánimos y decirme no estás sola.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ciencias Agrarias en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, a los docentes por la formación profesional que recibimos en los años de permanencia en sus aulas.

A Dr. Alejandro Coloma Paxi docente de la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial por su orientación, sus consejos y ayuda invaluable en la realización del trabajo de investigación, quien confió en mí, con amor paciencia, comprensión y motivación.

A los Ing. M.Sc. Edgar Gallegos Rojas y Ing. M.Sc. Saire Roenfi Guerra Lima docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por sus orientaciones, sus consejos, por su apoyo durante la revisión y corrección del presente trabajo de investigación.

Al personal administrativo, por las facilidades brindadas en los Laboratorios, bibliotecas para la ejecución del presente trabajo.

Finalmente agradezco a toda mi familia por los ánimos y el apoyo que siempre me dieron; y todas las personas que directa o indirectamente me apoyaron en la realización de mi trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1. CHACHACOMA (<i>SENECIO NUTANS</i>)	17
2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	18
2.1.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	18
2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA CHACHACOMA	19
2.1.4. USOS Y EFECTOS DE LA CHACHACOMA	19
2.1.5. ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y FARMACOLÓGICA DE LA ESPECIE. ...	20
2.2. ACEITE ESENCIAL.....	20
A) ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA.....	22
B) COMPOSICION DEL ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA	22
C) RENDIMIENTO DE LOS ACEITES ESENCIALES	22
D) CARACTERISTICA ORGANOLEPTICA DE LOS ACEITES ESENCIALES	23
E) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS ACEITES ESENCIALES	24
F) CARACTERÍSTICAS QUIMIOTIPO DE LOS ACEITES ESENCIALES..	24
G) METODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES	25
2.3. ANTIOXIDANTES	27
2.3.1. ANTIOXIDANTES NATURALES: BENEFICIO A LA SALUD.....	28
2.3.2. GRUPOS DE ANTIOXIDANTES NATURALES	31
2.3.3. RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES	34
2.3.4. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	36
2.3.5. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	37
2.4. LECHE	39
2.4.1. CARACTERISTICAS DE LA LECHE	40
2.4.2. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LA LECHE	41

2.5. QUESO FRESCO	46
2.5.1. CLASIFICACION DE LOS QUESOS.....	47
2.5.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS QUESOS	47
2.5.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL QUESO	48
2.5.4 CARACTERÍSTICA FISICOQUÍMICAS DE LOS QUESOS	50
2.5.5 MICROBIOLOGÍA DE LOS QUESO.....	54
2.6. EVALUACIÓN SENSORIAL	60
2.6.1. PERCEPCIÓN SENSORIAL	60
2.6.2. PRUEBAS SENSORIALES.....	61
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	63
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	63
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL	63
3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS	63
3.3.1.EQUIPOS.....	63
3.3.2.MATERIALES	64
3.3.3.REACTIVOS E INSUMOS.....	65
3.3.4.MEDIOS DE CULTIVO	65
3.3.5.OTROS MATERIALES	65
3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	65
A. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA.....	67
B. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN.....	69
C. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	70
D. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA.	70
E. MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.	71
F. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL QUESO FRESCO TIPO PARIA.	72
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	74
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	75
4.1. RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA.	75
4.2. ANÁLISIS FÍSICO Y ORGANOLEPTICO DEL ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA.	76

4.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE QUESO FRESCO TIPO PARIA.	79
4.4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE QUESO FRESCO TIPO PARIA AROMATIZADO CON ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA A DIFERENTES CONCENTRACIONES	86
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS.....	101
ANEXOS.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta Chachacoma (elaboración propia).....	18
Figura 2. Quelacion de ROS por la acción de antioxidantes.	28
Figura 3. Estructura molecular de la α -tocoferol.....	32
Figura 4. Estructura química de las subclases de flavonoides más usuales.....	33
Figura 5. Estructura molecular del ácido vanílico.	33
Figura 6. Estructura molecular del ácido cafeico.	34
Figura 7. Curva de crecimiento de microorganismos.....	44
Figura 8. Espacio de color escala CIELAB.....	52
Figura 9. Espacio de color escala CIELAB 1976.....	53
Figura 10. Grafica de color escala CIELAB.....	53
Figura 11. Sensograma.	61
Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de Investigación.	66
Figura 13. Fuente de calentamiento para hidrodestilación.	67
Figura 14. Cámara de extracción para hidrodestilación.	67
Figura 15. Condensador para hidrodestilación.....	68
Figura 16. Recolector de aceite esencial para hidrodestilación.....	68
Figura 17. Equipo de decantación.	68
Figura 18. Capacidad antioxidante durante el almacenamiento.	80
Figura 19. Efecto antimicrobiano del aceite esencial sobre mesófilos aerobios en queso fresco tipo paria.	83
Figura 20. Efecto antifúngico, en levaduras del aceite esencial sobre el queso fresco tipo paria.	85
Figura 21. Valores de a^* en el queso testigo y queso con aceite esencial durante su almacenamiento.	87
Figura 22. Valores de b^* en el queso testigo y queso con aceite esencial durante su almacenamiento.	88
Figura 23. Valores de L^* en el queso testigo y queso con aceite esencial durante su almacenamiento.	89
Figura 24. Valores de C^* en el queso testigo y queso con aceite esencial durante su almacenamiento.	90
Figura 25. Valores de h en el queso testigo y queso con aceite esencial durante su almacenamiento.....	91

Figura 26. Cambio de color en los distintos quesos preparados con aceite esencial a diferentes concentraciones y control.	92
Figura 27. Efecto de la concentración de aceite esencial de chachacoma sobre la textura durante el almacenamiento.	95
Figura 28. Efecto de la concentración de aceite esencial de chachacoma sobre la humedad durante el almacenamiento.	96
Figura 29. Efecto de la concentración de aceite esencial de chachacoma sobre el análisis sensorial del Queso fresco Tipo Paria.	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del aceite esencial de <i>S.graveolens</i> ; en concordancia con la Biblioteca NIST v 5.0.	21
Tabla 2. Principales compuestos antioxidantes naturales presentes en diferentes alimentos de origen vegetal y animal.	30
Tabla 3. Promedio de la composición básica de nutrientes de la leche	41
Tabla 4. Requisitos microbiológicos de la leche.	45
Tabla 5. Microbiología para la leche pasteurizada	45
Tabla 6. Especificaciones técnicas fisicoquímicas	46
Tabla 7. Clasificación de los quesos según porcentaje de humedad.....	47
Tabla 8. Clasificación del queso según su contenido de grasa.	47
Tabla 9. Composición proximal de los quesos tipo paria evaluados.	48
Tabla 10. Límites permisibles de microorganismos presente en: quesos no madurados.	58
Tabla 11. Límites microbiológicos máximos para el queso fresco.....	60
Tabla 12. Características organolépticas del aceite esencial de chachacoma.	77
Tabla 13. Parámetros físicos del aceite.....	77
Tabla 14. Solubilidad del aceite esencial de chachacoma	78
Tabla 15. Diferencia de color del sistema CIELAB y grado de percepción.....	92
Tabla 16. Análisis de varianza de la evaluación de la capacidad antioxidante.....	116
Tabla 17. Coeficiente de variación de la evaluación de la capacidad antioxidante	116
Tabla 18. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos	116
Tabla 19. Análisis de varianza de mesófilos aerobios.	117
Tabla 20. Coeficiente de variación Mesófilos aerobios.....	117
Tabla 21. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos y días de Mesófilos aerobios.	117
Tabla 22. Análisis de varianza para levaduras.....	117
Tabla 23. Coeficiente de variación	118
Tabla 24. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos	118
Tabla 25. Análisis de varianza del parámetro a*.	119
Tabla 26. Coeficiente de variación	119
Tabla 27. Análisis de varianza del parámetro b*.	119
Tabla 28. Coeficiente de variación	119
Tabla 29. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos	120

Tabla 30. Análisis de varianza de la L^*	120
Tabla 31. Coeficiente de variación	120
Tabla 32. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos	120
Tabla 33. Análisis de varianza de la C^*	120
Tabla 34. Coeficiente de variación	121
Tabla 35. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos	121
Tabla 36. Análisis de varianza de la h^*	121
Tabla 37. Coeficiente de variación	121
Tabla 38. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos	121
Tabla 39. Análisis de varianza de la delta de E	122
Tabla 40. Coeficiente de variación	122
Tabla 41. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos	122
Tabla 42. Análisis de varianza de la textura	123
Tabla 43. Coeficiente de variación	123
Tabla 44. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos	123
Tabla 45. Análisis de varianza de la humedad.....	124
Tabla 46. Coeficiente de variación	124
Tabla 47. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos	124
Tabla 48. Análisis de varianza de la evaluación sensorial.....	125
Tabla 49. Coeficiente de variación	125
Tabla 50. Resultado de la evaluación sensorial para los tres tipos de queso.	125

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ml	: mililitro.
AE	: aceite esencial.
g	: gramos.
Kg	: Kilogramos.
spp	: especies.
et al.	: Colaboradores.
%	: porcentaje.
µg	: microgramos.
n	: tamaño de muestra.
°C	: grados centígrados.
Nº	: número.
T1	: Tratamiento 1.
T2	: Tratamiento 2.
DCA	: Diseño completamente al azar.
pH	: Potencial de Hidrógeno.
T	: Tiempo.
T°	: Temperatura.
Ufc	: Unidad formadora de colonias.
°D	: Grados Dornic.
ANOVA	: Análisis de Varianza.
AOAC	: Sociedad Americana de Químicos Analistas.
L	: Litros.
V	: Volumen.
TPA	: Análisis de perfil de textura
min	: Minutos.
Kcal	: Kilocalorías.
Fig	: Figura.
<	: Menor que.
≤	: Menor o igual.
≥	: mayor o igual.
v/p	: Volumen/ peso

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la capacidad antioxidante, antimicrobiana, las propiedades físicas y características sensoriales, del aceite esencial de chachacoma (*Senecio nutans* Sch.) en queso fresco Tipo Paria. Las variables experimentales fueron: Concentración (0.025 y 0.05%/kg de cuajada) y tiempo (0, 7, 14 y 21 días de almacenamiento). Se evaluaron la capacidad antioxidante (Método ABTS), capacidad antimicrobiana (Siembra en profundidad) y las propiedades físicas: color (Método CIE L*, a*, b*), textura (método TPA) y humedad (método AOAC 10.184). El proceso de la investigación inició con la extracción de AE de chachacoma, que tuvo como rendimiento 0.85% (v/p en muestra seca), características organolépticas de color ligeramente amarillo, olor característico de la planta, sabor astringente y aspecto oleosa, densidad de 0.8616g/ml, índice de refracción de 1.4432, soluble el etanol 96% y metanol; la capacidad antioxidante del AE de chachacoma fue de 257,6±0.1 mgTrolox/100ml de aceite esencial. Posteriormente se procedió a elaborar los quesos Tipo Paria adicionados con AE de chachacoma utilizando una muestra control y 2 concentraciones de AE de chachacoma (al 0.025 ml y 0.05 ml x Kg) almacenados a 4°C; para realizar el análisis a las muestras cada 7 días durante 21 días de almacenamiento. En las muestras de queso tipo paria presento capacidad antioxidante hasta control (51,26 mgTrolox /100g de muestra), T1(61.35 mg Trolox /100 g de muestra) y T2 (79.80 mgTrolox /100 g de muestra); la calidad microbiológica con respecto a mesófilos aerobios fue a los 21 días control (5.65 UFC/g) ,T1 (3.84UFC/g) y T2 (3.43UFC/g), con respecto a mohos no hubo crecimiento en ninguna de las muestras y levaduras se identifica un crecimiento inicial de 0 en las tres muestras, y a los 21 días presentó control (2.72UFC/g), T1(2.42UFC/g) y T2 (1.89UFC/g). Las propiedades físicas presentadas en los quesos adicionados con AE sobre color donde se observó el valor ΔE es mayor a 0.5; conforme avanzó el almacenamiento, este cambio de color aumentó en la muestra control, mientras que en las muestras con aceites hubo un incremento ligero que a simple vista es evidente; en el caso del control el cambio es muy evidente a vista humana. Con respecto al textura inicialmente la muestra Control (2.15 N), T1 (2.83N) y T2 (2.77 N), a los 21 día de almacenamiento estos valores aumentaron en la muestra control (3.02 N), T1 (3.89) y T2 (4.62). La humedad de las muestras se situó entre el 42 % y 45.5%. Con respecto a la evaluación sensorial el control y T1 se puede considerar como aceptable ya que se encuentran en el grado de aceptabilidad de “me gusta poco” y “me gusta mucho”, no obstante, el T2 con respecto a olor y sabor se encuentran en el grado de aceptabilidad de “me disgusta poco”. A partir de los resultados obtenidos se concluye que el AE de chachacoma presenta buena capacidad antimicrobiana, antioxidante y mejora las propiedades físicas del queso fresco tipo paria.

Palabras Clave: Aceite esencial, chachacoma, antioxidante, antimicrobiano y queso Tipo Paria.

ABSTRACT

The objective of the present research was to evaluate the antioxidant, antimicrobial, physical properties and sensory characteristics of chachacoma essential oil (*Senecio nutans* Sch.) In fresh cheese Tipo Paria. The experimental variables were: Concentration (0.025 and 0.05 % / kg de cuajada) and time (0, 7, 14 and 21 days). Antioxidant capacity (ABTS method), antimicrobial capacity (deep sowing) and physical properties were evaluated: color (CIE L *, a *, b *), texture (TPA method) and humidity (AOAC method). The process of the investigation began with the extraction of AE of chachacoma, which had 0.85% yield (v / p in dry sample), organoleptic characteristics of a slightly yellow color, sui generis odor, astringent taste and oily appearance, density of 0.8616g / ml, refractive index of 1.4432, soluble 96% ethanol and methanol; The antioxidant capacity of the Chachacoma AE was 257.6 ± 0.1 mg Trolox / 100ml of essential oil. Subsequently, paria type cheeses added with chachacoma EA were used, using a control sample and 2 concentrations of chachacoma EA (0.025ml and 0.05ml x Kg) stored at 4 ° C; to perform the analysis on samples every 7 days for 21 days of storage. In cheese Tipo Paria samples, it showed antioxidant capacity until control (51.26mg Trolox / 100g sample), T1 (61.35mg Trolox / 100g sample) and T2 (79.80mg Trolox / 100g sample); the microbiological quality with respect to aerobic mesophiles was at 21 days control (5.65 UFC / g), T1 (3.84 UFC / g) and T2 (3.43UFC / g), with regarding molds during storage, there was no growth in any of the samples and yeasts, an initial growth of 0 was found in all three samples, and at 21 days I present control (2.72 UFC / g), T1 (2.42 UFC / g) and T2 (1.89 UFC / g). The physical properties presented in the cheeses added with AE on color where the the value ΔE is greater than 0.5; As the storage progressed, this color change increased in the control sample, while in the samples with oils there was a slight increase that at first sight is evident; in the case of control, the change is very evident to the human eye. With respect to the texture initially the sample Control (2.15 N), T1 (2.83N) and T2 (2.77 N), on day 21 of storage these values increased in the control sample (3.02 N), T1 (3.89) and T2 (4.62). The humidity of the samples was between 42% and 45.5%. With respect to the sensory evaluation, the control and T1 can be considered as acceptable since they are in the degree of acceptability of "I like little" and "I like it a lot," notwithstanding the T2 with respect to smell and taste are found in the degree of acceptability of "I dislike little". From the results obtained, it is concluded that the chachacoma AE has good antimicrobial, antioxidant capacity and improves the physical properties of the paria type fresh cheese.

Key Words: Essential oil, chachacoma, antioxidant, antimicrobial and cheese Tipo Paria.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, hay una clara tendencia hacia el consumo de ciertos alimentos que más allá de su valor nutritivo, contribuyen a mejorar la salud y a reducir el riesgo de enfermedades. Estos productos generalmente se conocen como alimentos funcionales (Rodríguez et al., 2014).

Los aceites esenciales han sido considerados una alternativa interesante para la preservación de alimentos. La actividad antimicrobiana de algunos aceites ha sido estudiada ampliamente in vitro; sin embargo, el uso de aceites esenciales para inhibir el crecimiento microbiano en alimentos ha sido menos estudiado. Lo anterior se debe principalmente al impacto sensorial de los aceites esenciales, que requieren de alimentos compatibles. Además, se ha observado variabilidad en su composición, lo que se refleja en su potencial antimicrobiano. Es difícil garantizar una actividad antimicrobiana constante, considerando que se desconoce el mecanismo de acción de los constituyentes bioactivos, así como la interacción de éstos con componentes de los alimentos (Gutiérrez et al., 2008).

La evaluación sensorial de la aplicación de aceites esenciales en alimentos es de gran importancia, ya que se requieren concentraciones superiores a las utilizadas en estudios in vitro para alcanzar un mismo efecto preservante. Lo anterior, se debe a la presencia de grasas, carbohidratos, proteínas, sales y el pH. Estos componentes determinan en gran medida la efectividad de los aceites esenciales (Busatta et al., 2008; Gutiérrez et al., 2008).

Como se mencionó anteriormente, a la hora de utilizar aceites esenciales como preservantes, aparte de su poder antimicrobiano, es muy importante tomar en cuenta su impacto sensorial, ya que tienen que ser agradables al paladar una vez aplicados al alimento. Atributos como color, sabor, aroma y textura influyen en la decisión del consumidor en el momento de elegir un producto. Es un desafío para la industria alimentaria ofrecer productos diferenciados por su calidad y con características orientadas de acuerdo con las preferencias de la población (Mohan et al., 2012).

Los investigadores de la CIHDE estudiaron 8 plantas con algunas propiedades, como en la chachacoma, que contiene propiedades antioxidantes y anticancerígenas; la malva, que tienen un alto nivel proteico; además del rica-rica y el orégano, para ver que otros subderivados se pueden obtener (CIHDE, 2015). En el Perú existen diferentes hierbas con propiedades antimicrobiana y antioxidantes que no son estudiadas dentro de este contexto, la región andina del Perú posee una variada flora destacándose la especie conocida como *S. graveolens*, esta especie vegetal se desarrolla sobre los 3800 m.s.n.m. en llanuras y quebradas de las regiones de Apurímac,

Ayacucho, Arequipa, Huancavelica, Huánuco, Cusco y Puno (Salvador *et al.*, 2009) que es una hierba con propiedades antioxidantes, antimicrobiana y anticancerígenas, esta planta posee un olor intenso como el orégano y no hay estudios donde se utilice como aditivo (aceite esencial) para la conservación de alimentos como el queso fresco de leche de vaca que es un alimento con alta humedad

Así, la adición de aceite esencial de chachacoma al queso fresco tipo paria de leche de vaca constituye una combinación exenta de conservadores artificiales el cual responde a las preferencias de los consumidores actuales que buscan alimentos funcionales y que aporten beneficios para la salud y su vez nos sirvan como antimicrobianos y además la capacidad antioxidante reside en su facultad para la prevención de enfermedades causadas por radicales libres como son las enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas; por esta razón de planteo los siguientes objetivos.

- ✓ Evaluar el efecto de la concentración de aceite esencial de chachacoma y tiempo de almacenamiento en la capacidad antioxidante y capacidad antimicrobiana de queso fresco tipo paria.
- ✓ Determinar las propiedades físicas y características sensoriales de queso fresco tipo paria aromatizado con aceite esencial de chachacoma a diferentes concentraciones.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CHACHACOMA (*Senecio Nutans*)

La chachacoma (*Senecio Nutans* o también *Senecio graveolen*) es un arbusto que crece a más de 3 700 metros sobre el nivel del mar, en el altiplano. Puede medir hasta 50 centímetros de alto, es ramoso y muy fragante y ha sido utilizado durante siglos por las poblaciones indígenas para contrarrestar los efectos de la puna o mal de altura (Echuburú, 2014).

Senecio, género de la familia Asteraceae, vulgarmente llamado chachacoma. Se usa como una terapia tradicional para el malestar estomacal y para contrarrestar el apunamiento. Este efecto de protector gástrico y antiulcerante se debe a su aceite esencial y a un metabolito secundario derivado de la para-hidroxiacetofenona que produce la planta para protegerse de la radiación ultravioleta B (Catalan, 2014).

Esta planta, denominada también Chacha-Cuma, Sachacoma y Raíz del soldado, crece en las elevadas cúspides de las cordilleras andinas del oeste de Bolivia, norte de Chile y sur del Perú, hasta los 4 000 m de altura. Pertenece a la familia de las Asteráceas (Compuestas); es "pariente" de la vira-vira, achicoria, diente de león, manzanilla, margarita (Gonzalez & Fontana, 2012).

Es un arbusto perenne, de raíz pivotante y tallo semileñoso, intensamente fragante, muy ramificado, con numerosas ramitas dicotómicas. Posee hojitas breves, coriáceo-carnosas, agudas, dentado-crepas, ovado-oblongas, canaliculadas por el envés, con el borde algo revoluto y cubiertas en ambas caras de una densa "lana" algodonosa. Las flores son amarillas y se agrupan en capítulos radiados y solitarios en el extremo de las ramitas; las marginales son femeninas y cortamente liguladas, las del disco o centrales son hermafroditas y tubuladas. El fruto es un aquenio grueso, cilíndrico y glabro. (Gonzalez & Fontana, 2012).



Figura 1. Planta Chachacoma (elaboración propia)

2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La clasificación taxonómica es: (Apumayta, 2015)

Reino : Plantae

División: Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Asterales

Familia : Asteraceae

Género : Senecio

Especie : Senecio nutans Sch. Bip.

Nombre común : Wiskataya,
Chachacoma.

2.1.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Territorio alto andino, que comprende desde 3500 - 4600 m.s.n.m., se encuentra al sur del Perú y norte de Chile (Apumayta, 2015).

2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA CHACHACOMA

Arbusto aromático, perennifolio de 60 x 50 cm, Ramas densamente hojosas. Hojas alternas, pequeñas, algo alargadas, de 2 - 5 mm x 1 - 2 mm, sésiles, comprimidas sobre el tallo, de borde lobulado a manera de 5 dedos carnosos e involutos. Capítulos axilares, de 10 x 5 mm, cortamente pedunculados, con dos bracteolas alternas. Calículo formado por 9 brácteas dispuestas en dos verticilos: el externo con 4 y el interior con 5. Involucro formado por 7 - 9 brácteas lanceoladas de 6,5 mm. Flores amarillas o amarillo-rojizas, tubulosas, pentadentadas, hermafroditas, actinomorfas, con cáliz plumoso, de color blanco; estambres con anteras unidas; ovario ínfero y estilo dividido en dos ramas.

Fruto, un aquenio glabro. Florece en cualquier época del año, preferentemente en invierno y primavera. Crece en suelos arenosos y arcillosos de laderas de cerros, bordes de la carretera, junto a las especies que forman tolares y pajonales (Apumayta, 2015).

2.1.4. USOS Y EFECTOS DE LA CHACHACOMA

Sus hojas y flores son utilizadas como infusión o mate, para dolores estomacales, y en la sopa como ingrediente aromático. Se le conoce también como compañera de los viajeros pues en casos de soroche o mal de altura ayuda a liberar los bronquios. Tiene propiedades carminativas por lo que es aconsejable contra las flatulencias que padecen especialmente los niños y bebés, aunque su uso es recomendable para todas las edades. Contribuye a eliminar los parásitos intestinales. Ayuda a disminuir la aparición de problemas visuales (cataratas, miopía y degeneración macular) y contribuye a mantener agudeza en la visión. Estimula la prevención de todo tipo de problemas respiratorios. Posee acción espasmolítico y es ligeramente sedante.

La dihidroeuparina, contenida en la chachacoma, posee un cierto efecto fotoprotector por lo cual sería útil en la prevención de afecciones de la piel producidas por la radiación ultravioleta (Martinez, 2000).

Medicinal, en infusión se la utiliza para dolores estomacales, mal de altura (soroche o puna), pero refieren que un exceso de esta planta puede causar la ceguera. Para el dolor de estómago, puna (mal de altura), se toma como mate (hojas y ramas) para la fiebre, tos y resfriado fuerte, el humo respirado en sahumero cura el romadizo y otros males. Sirve para preparar pomadas para los dolores y en algunos casos la molienda de sus hojas se mezcla con otras pomadas (mentholatum, pomada alcanforada). Remedio para problemas urinarios (Villagrán & Castro, 2004).

2.1.5. ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y FARMACOLÓGICA DE LA ESPECIE

Propiedades medicinales de la Chachacoma (*Senecio nutans*). Las principales propiedades medicinales de la chachacoma son las siguientes: Posee componentes anticancerígenos (cáncer a la mama), Posee propiedades expectorantes y béquicas (contra la tos), Se utiliza en los catarrros, resfriados, tos, bronquitis, asma, en todas las enfermedades del pecho, insomnio, nerviosidad, etc. Bebiendo una taza de la tisana de esta planta, se obtiene un sueño tranquilo y reparador. Combate el mal de la puna o de la altura (soroche), también se recomienda para fiebre, dolores estomacales y menstruales (dismenorrea), actúa como controlador de jaquecas, tiene buenos resultados ante los dolores reumáticos, actúa favorablemente ante los problemas de la menstruación (Martinez, 2000).

2.2. ACEITE ESENCIAL

Los aceites esenciales son líquidos aceitosos obtenidos a partir de diferentes partes de las plantas como flores, yemas, semillas, hojas, ramas, corteza, hierbas, madera, frutos y raíces. Son mezclas complejas de ésteres, aldehídos, cetonas y terpenos. Además, son compuestos olorosos, muy solubles en alcohol y poco solubles en agua. Estas fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (García *et al.*, 2010).

Tabla 1. Composición química del aceite esencial de *S.graveolens*; en concordancia con la Biblioteca NIST v 5.0.

Compuestos	Cantidad relativa (%)	Numero de compuestos
<i>Hidrocarburos monoterpénicos</i>	80.11	8
a-felandreno	1.4	
4-metil-1-(1-metiletil)-didehidro deriv, biciclo[3.1.0] hexano	2.3	
Sabineno	52.39	
b-mirceno	6.74	
(+)-4-careno	8.2	
p-cimeno	1.33	
trans-b-ocimeno	0.64	
t-terpineno	7.11	
<i>Monoterpenos oxigenados</i>	15.46	7
5-isopropil-2-metilbiciclo [3.1.0] hexano-2-ol Cis-1metil-(metiletil)-2-ciclohexen-1-ol	4.83	
Mentona	0.39	
4-Terpineol	1.26	
Estragol	3.78	
Pulegona	1.72	
6-cadineno	3.67	
<i>Hidrocarburos sesquiterpenos</i>	0.61	2
Naptaleno, 1,2,4a, 5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)	1.58	
Ciclohexano,1-etnil-1-metil-2-(1-metiletenil)-4-(1-metiletilidene)	0.86	
<i>Sesquiterpenos oxigenados</i>	0.72	1
Acido 1,2 - benzenodicarboxilico, di(2- metilpropil) ester	1.06	
<i>Compuestos relacionaos a terpenos</i>	1.06	1
2,2- dimetoxibutano	0.51	
<i>Sin identificar</i>	0.51	1
Total	1.03	20

Fuente: Ochoa, et.al., (2012).

Los aceites esenciales tienen actividad antimicrobiana frente a un amplio de microorganismos, como, por ejemplo: bacterias responsables del deterioro o patógenos transmitidas por alimentos (Vargas et al., 2011). Los principales componentes de los

aceites esenciales de plantas, hierbas y especias responsables del efecto antimicrobiano son los compuestos fenólicos, terpenos, alcoholes alifáticos, aldehídos, cetonas, ácidos e isoflavonoides (Tiwari et al., 2009).

a) ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA

El aceite esencial de *Senecio Nutans* Sch., es un líquido oleoso ligeramente amarillo de aroma característico de la planta que se puede apreciar en el tallo y hojas y cuya composición es bastante compleja (Ochoa *et al.*, 2012).

b) COMPOSICION DEL ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA

Los aceites esenciales son mezclas naturales muy complejas que pueden contener sobre 20 – 60 componentes en concentraciones muy diferentes. Se caracterizan por dos o tres componentes en concentraciones bastantes altas (20 – 70%) comparadas con otros componentes. Los componentes mayoritarios pueden constituir más del 85% del aceite esencial y son generalmente los que determinan las propiedades biológicas (García, 1988). En la tabla 1 se presenta la composición química del aceite esencial de *S. graveolens*; en concordancia con la Biblioteca NIST v 5.0.

c) RENDIMIENTO DE LOS ACEITES ESENCIALES

La mayoría de plantas contienen de 0,01 a 10% de contenido de aceite esencial. La cantidad media que se encuentra en la mayoría de las plantas aromáticas es alrededor de 1 a 2%. Regularmente el contenido de aceites esenciales aumenta después de la lluvia y alrededor del mediodía, cuando se ha eliminado el agua de rocío depositada sobre la planta, y ha comenzado una deshidratación antes de la humedad relativa alta de la noche; la excepción a este comportamiento se presenta en la manzanilla que alcanza una mayor concentración de aceite esencial durante la noche (Alvarez, 2004).

El peso obtenido del aceite esencial de *S. graveolens* fue de $100,8 \pm 0,01$ g, con rendimiento de $1,26 \pm 0,01$ % p/p (Ochoa *et al.*, 2012). También según otro autor obtuvo 15ml de aceite esencial a partir de 900 gramos de hojas del mismo, lo cual le permitió obtener un porcentaje de rendimiento de 1.7% (Valdez, 2008).

d) CARACTERISTICA ORGANOLEPTICA DE LOS ACEITES ESENCIALES

La calidad y la intensidad de los aceites esenciales varían debido a: Variedad de la planta, condiciones de cultivo, época de recolección, parte cosechada de la planta, manejo del material vegetal, métodos de extracción, otros.

La cantidad de principios activos (productividad) de las plantas medicinales y aromáticas están determinadas por los siguientes factores:

- **Genético.** Se le considera el factor principal (metabolismo secundario).
- **Ontogenético.** Varía de acuerdo con la edad y el estado de desarrollo de la planta.
- **Ambiental.** Los genes responsables de la producción de principios activos pueden ser activados o desactivados de acuerdo con las condiciones climáticas, nutricionales, y de ataque de plagas a que haya sido sometido el material vegetal.

Cuando el almacenamiento de los aceites esenciales es el ideal, la mayoría se puede preservar de 2 a 5 años. Los aceites de las frutas cítricas son muy susceptibles a la oxidación.

Se describe el olor, color, sabor y aspecto de los aceites obtenidos, puesto que estas características físicas contribuyen a la definición de la calidad y además orientan sobre las posibles aplicaciones industriales (Montoya, 2010).

e) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales son volátiles y son líquidos a temperatura ambiente. Recién destilados son incoloros o ligeramente amarillos. Su densidad es inferior a la del agua (la esencia de sasafrás o de clavo constituyen excepciones). Casi siempre dotados de poder rotatorio, tienen un índice de refracción elevado. Son solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos habituales, como éter o cloroformo, y alcohol de alta gradación. Son liposolubles y muy poco solubles en agua, pero son arrastrables por el vapor de agua.

Es una propiedad específica que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio, que varía con la temperatura y la longitud de onda de la luz; normalmente se reportan a 20°C (Murillo y Soncco, 2017). Castellanos (2014) afirma que el índice de refracción no varía mucho en los diferentes aceites esenciales, los valores oscilan entre 1.46 y 1.61 a 20°. En general los índices de refracción menores de 1.47, poseen un alto porcentaje de hidrocarburos terpénicos o compuestos alifáticos. Por el contrario, un índice de refracción mayor a 1.47, indica la posible presencia de compuestos alifáticos oxigenados.

f) CARACTERÍSTICAS QUIMIOTIPO DE LOS ACEITES ESENCIALES

Se denomina “quimiotipo” a un grupo de individuos de una especie que se distingue en forma significativa del resto por su composición química. La determinación de los componentes químicos presentes en las plantas ha permitido poner de manifiesto que, para ciertas especies, individuos indistinguibles desde un punto de vista botánico y que crecen en similares condiciones atmosféricas y edáficas presentan una composición química diferente. A partir de este hecho, se ha propuesto el término “quimiotipo” para clasificar a un grupo infraespecífico de individuos que se caracterizan y distinguen de modo significativo de los demás miembros de su especie, por la presencia o concentración de uno o varios compuestos.

El quimiotipo es importante para definir la actividad terapéutica de un aceite esencial, la aromaterapia científica exige un conocimiento perfecto de la clasificación botánica de las especies aromáticas, un conocimiento preciso de sus constituyentes químicos y un dominio riguroso de las precauciones de uso en lo que atañe a la dosis, la posología, el modo de empleo y las contraindicaciones ocasionales. De este modo, el aceite esencial prescrito debe ser un quimiotipado, 100% puro, 100% natural y 100% integral (Flores, 2010).

g) **MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES**

La extracción es el primer paso en la obtención de un AE crudo; para llevarlo a cabo se han reportado y creado una serie de métodos como, el enfleurage, arrastre con vapor y fluidos supercríticos; técnicas usadas de acuerdo a las necesidades y la relación de costo beneficio determinada por la industria. En la actualidad la mayoría de los aceites esenciales son extraídos a través de métodos de destilación simple, como la hidrodestilación y la metodología del arrastre por vapor por ser métodos de fácil empleo y de bajos costos de producción (Martinez, 2000).

El método de extracción depende del tipo de material a procesar ya sea pétalos, hojas, cortezas, entre otros. Es importante considerar el lugar donde se ubica la sustancia aromática dentro de la estructura celular. La cual es dependiente del tipo de material vegetal y de la familia botánica de la misma (Flores, 2010).

- ✓ **Destilación por arrastre de vapor.** Este proceso se lleva a cabo con un vapor seco sobrecalentado, generalmente usualmente por una caldera o calderín, que penetra el material vegetal a presión más alta que la atmosfera, la corriente de vapor rompe las células o canales oleíferos en la planta y arrastra la mezcla volátil, que se condensa luego de atravesar un refrigerante. Generalmente los aceites son más livianos que el agua y muy poco soluble en ella; por ende, pueden ser separados por decantación. El método de arrastre con vapor se usa para

extraer aceites de rizomas, raíces, semillas y de hojas secas o fermentadas de alguna planta (Montoya, 2010).

- ✓ **Destilación con agua-vapor.** La materia se coloca sobre una rejilla (falso fondo perforado) que impide el contacto del material vegetal con el agua en ebullición, la cual está situada a cierta distancia del fondo del tanque de carga (tanque extractor o retorta) Entre el fondo y la rejilla se coloca el agua, hasta un nivel un poco inferior a la rejilla. El calentamiento se puede efectuar desde una fuente externa o dentro del propio cuerpo del extractor. El vapor de agua producido, de baja presión, que se satura, sin sobrecalentarse, atraviesa el material que se encuentra sobre la rejilla y provoca el arrastre de la esencia, no existiendo peligro de sobrecalentamiento del material vegetal. Algunas de las precauciones requeridas para el trabajo con este método general son: prevenir el recalentamiento que produce un "olor a quemado" en el aceite y acanalar el vapor generado, de manera que se distribuya uniformemente en el alambique. Este sistema mejora la calidad del aceite y además tiene aplicación en el trabajo experimental, donde se determinan los parámetros de la destilación. Sin embargo, no es conveniente para ninguna destilación comercial (Montoya, 2010).
- ✓ **Hidrodestilación.** Es un proceso cuando el material vegetal se sumerge directamente al agua, que se calienta a hervor. Este método se usa para la destilación del material vegetal delicado (Montoya, 2010).
- ✓ **Disolución en grasa (enfleurage).** En el método de enflorado o enfleurage, el material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con una grasa. La esencia se solubiliza en la grasa que actúa como vehículo extractor. Se obtiene inicialmente una mezcla (concreto) de aceite esencial y grasa la cual se separa posteriormente por otros medios fisico-químicos. En general se recurre al agregado de alcohol caliente a la mezcla y su posterior enfriamiento para separar

la grasa (insoluble) y el extracto aromático (absoluto). Esta técnica se emplea para la obtención de esencias florales (rosa, jazmín, azahar, etc.), pero su bajo rendimiento y la difícil separación del aceite extractor la hacen costosa (Montoya, 2010).

- ✓ **Extracción con disolventes orgánicos**, En este método, la muestra seca y molida se pone en contacto con solventes tales como alcohol, cloroformo, etc. Estos solventes solubilizan la esencia, pero también solubilizan y extraen otras sustancias tales como grasas y ceras, obteniéndose al final una esencia impura. Se utiliza a escala de laboratorio pues a nivel industrial resulta costoso por el valor comercial de los solventes, pues se obtienen esencias impurificadas con otras sustancias, y además por el riesgo de explosión e incendio característicos de muchos solventes orgánicos volátiles (Montoya, 2010).

2.3. ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son compuestos químicos que las células utilizan para neutralizar a los radicales libres. Estos últimos son moléculas altamente inestables, que si bien son elementos fundamentales en el metabolismo, también constituyen un riesgo, ya que poseen alto poder reactivo y para estabilizarse oxidan biomoléculas como proteínas, lípidos, polisacáridos y ácidos nucleidos; este proceso termina por dañar la función de estas moléculas y la célula misma, lo que conduce al envejecimiento prematuro, muerte celular e, incluso, contribuye a la apreciación de algunas enfermedades cronicodegenerativas como cardiopatías, diabetes y, por supuesto, cáncer (Vallejo, Rojas, & Torres, 2017).

Los antioxidantes pueden ser compuestos endógenos producidos por el organismo como parte de su defensa de la ROS o compuestos exogenados adquiridos de la dieta (Helaine & Hagermam, 2006).

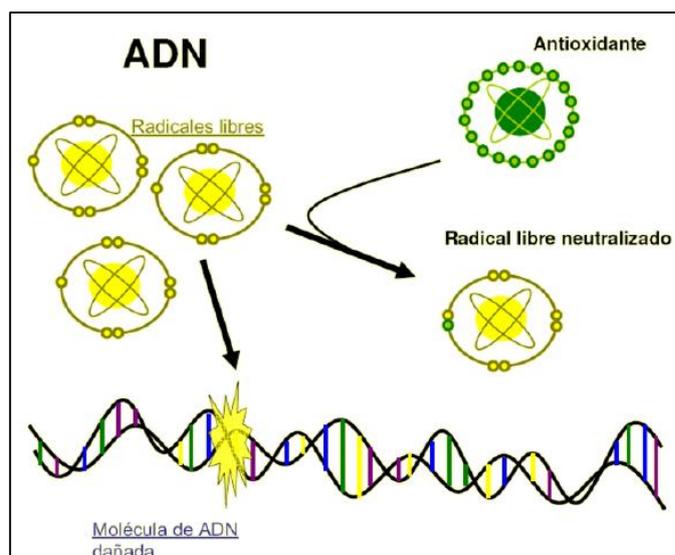


Figura 2. Quelacion de ROS por la acción de antioxidantes.

(Helaine et al., 2006).

Los antioxidantes pueden inhibir o retardar la oxidación de los formas: captando radicales libres, cuyo caso se denominan antioxidantes primarios o por mecanismos que no estén relacionados con la capitación de radicales libres (capitación del oxígeno, unión a metales pesados, etc.), en cuyo caso se conocen como antioxidantes secundarios. Los antioxidantes primarios incluyen compuestos fenólicos tales como el α -tocofenol, mientras que los antioxidantes secundarios, normalmente, solo poseen actividad antioxidante en presencia de un segundo componente minoritario como es el caso del ácido cítrico y el ácido ascórbico (Gordon, 2001).

En los alimentos procesados se pueden encontrar tanto antioxidante sintético, como naturales. Sin embargo, en las últimas décadas se ha centrado la atención en la investigación de los antioxidantes naturales como conservadores de alimentos, pero también como reductores de riesgo en los que concierne a enfermedades coronarias.

2.3.1. ANTIOXIDANTES NATURALES: BENEFICIO A LA SALUD

Los antioxidantes naturales son aquellas sustancias que se encuentran o pueden extraerse de los tejidos de la plantas y animales, y a aquellas que se forman durante el

cocinado o procesado de compuestos alimenticios de origen vegetal o animal (Helaine & Hagermam, 2006).

La relevancia de los antioxidantes presentes en los alimentos radica en su capacidad para preservar los alimentos que los contienen y en el aporte benéfico a la salud humana de antioxidantes esenciales (Shi, Noguchi, & Niki, 2001).

En años recientes, los consumidores y productores de alimentos ha optado por productos con etiquetas “todo natural”. En consecuencia, se ha prestado mucha atención a la identificación e incorporación de antioxidantes naturales en los alimentos. El área de antioxidantes naturales se ha desarrollado enormemente en la última década, debido al incremento en las limitaciones en el uso de antioxidantes sintéticos y a una mayor conciencia pública en cuestiones de salud. En general, los consumidores prefieren los antioxidantes naturales ya que son considerados como seguros. Algunos ingredientes comunes en los alimentos contienen compuestos antioxidantes (Tabla 2) sin embargo, dichos ingredientes pueden ser usados solamente en productos en los que sean compatibles en textura, color y sabor con el producto final. Es por ello que la identificación y purificación de los compuestos antioxidantes se vuelve esencial para el uso efectivo de los antioxidantes naturales en una base comercial (Baizabal, 2010).

Extensos estudios han demostrado que los radicales libres reactivos son capaces de producir perturbaciones metabólicas y daños a membranas estructurales en distintas maneras. Los radicales libres buscan sitios insaturados en biomoléculas para un ataque rápido. Dichos ataques aleatorios pueden producir modificaciones químicas indeseables y dañar macromoléculas orgánicas como proteínas, carbohidratos, lípidos y nucleótidos. Por lo que, si los radicales libres son producidos durante el metabolismo normal de la célula en cantidades suficientes para superar el mecanismo protector normalmente eficiente, ocurrirán cambios metabólicos y celulares (Baizabal, 2010).

Tabla 2. Principales compuestos antioxidantes naturales presentes en diferentes alimentos de origen vegetal y animal.

Grupo de alimento	Alimento	Compuestos antioxidantes
Frutas	Bayas	Ácidos hidroxicinámicos, antocianinas, ácidos benzoicos, flavonoides
	Cerezas	Antocianinas
	Frutos cítricos	Ácidos fenólicos, flavononas, ácido ascórbico
Hortalizas y vegetales	Manzanas y peras	Catequinas, ácidos hidroxicinámicos
	Espinaca	Ácido p-cumárico, flavonoides
	Perejil, Col	Flavonas
	Cebolla	Flavonoides
	Berenjena	Ácidos hidroxicinámicos, antocianinas
Harinas	Avena, trigo y arroz	Ácido cafeico y ferúlico
Tés	Negro y verde	Catequinas, flavonoides
Bebidas alcohólicas	Vinos	Antocianinas, catequinas, ácidos fenólicos, flavonoides
	Sidra	Ácidos hidroxicinámicos
Bebidas no alcohólicas	Café	Ácidos hidroxicinámicos
	Chocolate	Flavonoides
Hierbas y especia	Romero	Ácido carnósico, ácido rosmarínico
	Orégano	Ácidos fenólicos, flavonoides
	Tomillo	Timol, carvacrol, lubeolin
Productos lácteos	Leche	Vitaminas C y E, carotenoides, CAT, SOD, GPx
	Leches fermentadas	Péptidos bioactivos, ácido linoleico conjugado, exopolisacáridos, vitaminas del grupo B, aminoácidos libres, vitamina C y E, carotenoides, CAT, SOD, GPx
	Quesos	Péptidos bioactivos, ácido linoleico conjugado, exopolisacáridos, vitaminas del grupo B, aminoácidos libres, vitamina C y E, carotenoides, CAT, SOD, GPx
	Mantequilla	Ácido linoleico conjugado, carotenoides
	Bebidas de suero fermentada	Péptidos bioactivos, vitaminas del grupo B, aminoácidos libres

Fuente: Aguilar (2014).

La teoría que se basa en que los radicales libres son la principal causa del cáncer en la especie humana y en que el riesgo de enfermedad se reduce con un aumento en el consumo de antioxidantes transportados por alimentos ha provocado un enorme interés por los antioxidantes nutricionales y otras sustancias antioxidantes presentes en los alimentos. Es necesario señalar que el papel de la mutagénesis debida a los radicales libres de oxígeno en la patogénesis de los cánceres humanos continúa siendo hipotético (Johnson, 2001).

En las últimas décadas, varios estudios epidemiológicos han mostrado que la ingesta diaria de alimentos ricos en antioxidantes naturales se correlaciona con una reducción del riesgo de padecer enfermedades coronarias. Por ejemplo, se ha observado una correlación negativa entre el consumo de alimentos ricos en polifenoles y enfermedades cardiovasculares. Esta correlación se explica en parte sobre la base de que los polifenoles interrumpen la peroxidación lipídica inducida por las ROS. Un gran número de trabajos han demostrado que la modificación de la fracción lipoproteica de baja densidad (LDL) está implicada en el inicio de la arterioesclerosis (Virgili, Saccinim, Packer, & Rimbach, 2001).

2.3.2. GRUPOS DE ANTIOXIDANTES NATURALES

Los antioxidantes naturales se encuentran presentes en prácticamente todas las plantas, microorganismos, hongos e incluso en los tejidos animales. La mayoría son compuestos fenólicos, de los cuales los grupos principales son los tocoferoles, los flavonoides y los ácidos fenólicos (Yanishlieva & Henionen, 2001).

2.3.2.1. TOCOFEROLES

Los tocoferoles son el grupo de sustancias mejor conocidas y más ampliamente utilizadas, siendo el representante principal de este grupo la α -tocoferol (Fig. 3). Estos compuestos actúan como antioxidantes donando un hidroxilo al radical peroxilo. El nuevo radical formado a partir de la α -tocoferol se estabiliza por deslocalización del

electrón solitario sobre la estructura del anillo aromático. Finalmente, se forman productos no radicales, que incluyen peróxidos estables, los cuales se reducen para dar tocoquinonas y dímeros de tocoferol.

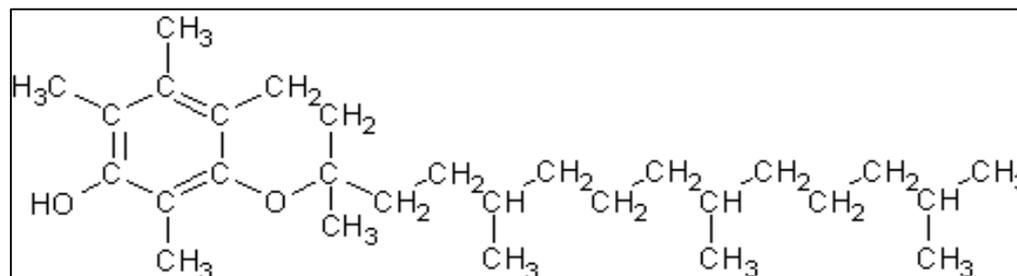


Figura 3. Estructura molecular de la α -tocoferol

(Yanishlieva et. al., 2001).

La capacidad antioxidante de los tocoferoles depende en gran medida de la concentración: a bajas concentraciones ($\leq 50 \mu\text{g/g}$) el α -tocoferol tiene mayor efectividad que el γ -tocoferol; sin embargo, a altas concentraciones ($> 100 \mu\text{g/g}$) es más efectivo el γ -tocoferol.

En los alimentos los tocoferoles actúan como antioxidantes relativamente débiles; cuando reaccionan con radicales libres se convierten en quinonas, espirodímeros y otros compuestos diferentes, así como en copolímeros de los lípidos oxidados (Yanishlieva & Henionen, 2001).

2.3.2.2. FLAVONOIDES

Los flavonoides son un grupo de compuestos caracterizados por poseer una configuración $\text{C}_6\text{-C}_3\text{-C}_6$, que frecuentemente forman parte de las plantas, y por tanto, de la dieta de los humanos. Así mismo, estos compuestos pueden ejercer una capacidad antioxidante debido a la inhibición de la actividad de algunas enzimas, como la xantina oxidasa, mieloperoxidasa, lipooxigenasa y ciclooxigenasa, quelando iones metálicos, por interacción con otros antioxidantes como el ascorbato y, lo que es más importante, captando radicales libres (Shi, Noguchi, & Niki, 2001). Como en el caso de otros

antioxidantes fenólicos, la posición y el número de grupos hidroxilo determina la actividad antioxidante de los flavonoides (Hall, 2001).

Los flavonoides se encuentran en todos los tejidos de las plantas superiores e incluyen a las flavonas, los flavonoles, las isoflavonas, las flavononas y las chalconas (Yanishlieva & Henionen, 2001).

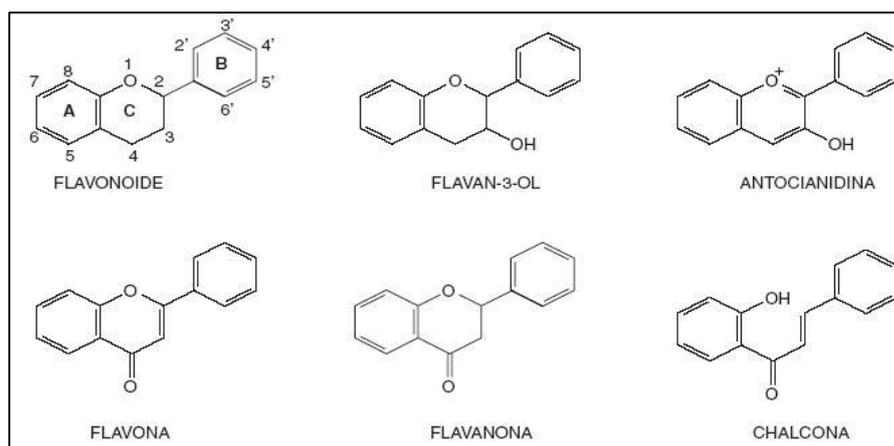


Figura 4. Estructura química de las subclases de flavonoides más usuales (Yanishlieva et. al., 2001).

2.3.2.3. ÁCIDOS FENÓLICOS

Los ácidos fenólicos, tales como el p- hidroxibenzoico, vanílico (Fig.4), siríngico, pumárico, cafeico (Fig.5), felúrico y rosmarínico están ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Habitualmente se encuentran en forma de ésteres de ácidos orgánicos o glucósidos.

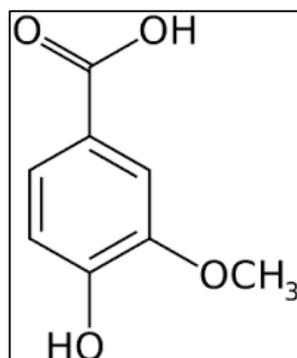


Figura 5. Estructura molecular del ácido vanílico.

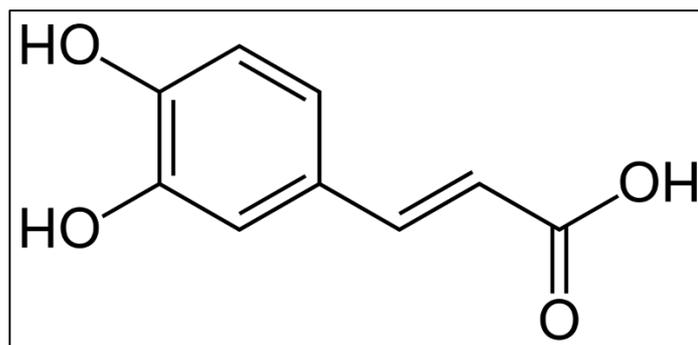


Figura 6. Estructura molecular del ácido cafeico.

La posición de los grupos hidroxilos y el grado de hidroxilación determinan en gran medida la actividad antioxidante de los ácidos fenólicos. De la misma manera, la combinación de dos ácidos fenólicos incrementa su eficacia; por ejemplo, el ácido rosmarínico es mejor antioxidante que el ácido cafeico (Yanishlieva & Henionen, 2001).

2.3.3. RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES

Un radical libre (RL) es una especie que contiene uno o más electrones desapareados y es capaz de existir independientemente (De la Riva, 2010).

Desde el punto de vista químico los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo, dándole una configuración especial que genera gran estabilidad, señalado por el punto situado a la derecha del símbolo.

Según Ojeda, (2003), entre los radicales producidos en los sistemas biológicos se encuentran:

- Radical piróxilo ($\text{ROO}\bullet$), el cual es el radical más común en los sistemas biológicos.
- Radical hidroxilo ($\bullet\text{OH}$) el cual es siempre dañino.
- Radical superóxido ($\text{O}_2\bullet^-$), el cual es producido por células agotadas y puede ser benéfico por la inactivación de virus y bacterias.

- Óxido nítrico ($\text{NO}\bullet$), el cual tiene efectos benéficos como agente vasodilatador, puede funcionar como un neurotransmisor y puede ser producido por macrófagos y actuar como asesino de parásitos. El óxido nítrico puede también ser dañino cuando reacciona con superóxido para formar el anión peroxinitrito.
- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el cual no es un radical libre, pero puede causar daño oxidativo eventual en células.

Un radical libre se produce como producto del metabolismo celular a través del siguiente proceso metabólico:

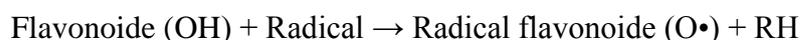


El daño celular producido por los Radicales Libres ocurre sobre diferentes macromoléculas.

- a. Lípidos: Es aquí donde se produce el daño mayor en un proceso que se conoce como peroxidación lipídica, afecta a las estructuras ricas en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), ya que se altera la permeabilidad de la membrana celular produciéndose edema y muerte celular.
- b. Proteínas: hay oxidación de un grupo de aminoácidos como la fenilalanina, tirosina, histidina y metionina, además se forman entrecruzamiento de cadenas peptídicas, y por último hay formación de grupos carbonilos.
- c. ADN: Ocurren fenómenos de mutaciones y carcinogénesis, hay pérdida de expresión o síntesis de una proteína por daño a un gen específico, modificaciones oxidativas de las bases.

El concepto básico de la actividad antioxidante de varios compuestos naturales y sintéticos comprende una transición redox mediante la cual la molécula antioxidante dona un electrón (o átomo de hidrogeno, equivalente a la donación de un electrón y un H^+ al radical libre $\text{R}\bullet$). Durante el transcurso de esta transferencia de electrones, el carácter radical (inestabilidad) es transferido al antioxidante, formándose un antioxidante radical

derivado (Ojeda, 2003). En la siguiente ecuación se muestra la acción de un flavonoide sobre un radical libre:



Cualquiera sea el mecanismo inherente a los flavonoides, estos compuestos, el igual que todos los antioxidantes, deben reunir dos requisitos básicos para se considerados como tales:

- 1º. Aun en bajas concentraciones deben proteger los compuestos contra la oxidación o el daño de radicales libres.
- 2º. El radical flavonoide (aroxil radical) así formado debe ser lo suficientemente estable para que la función antioxidante sea efectiva. La falta de estabilidad que pueda tener el radical aroxilo está en base del efecto prooxidante de algunos flavonoides. A su vez, el radical aroxilo puede ser recuperado por otros antioxidantes, como el ascorbato (Ojeda, 2003).



Muchos flavonoides presentan un alto potencial reactivo, por presentar una capacidad de transferir moléculas de hidrógenos y mantener estables a los radicales libre. Sin embargo, presentan un rol de quelar metales con hierro y cobre inducido por reacciones de los radicales libres.

2.3.4. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante corresponde a la razón constante de un solo antioxidante en contra de un radical libre dado. La capacidad antioxidante es la medida de las moles, de un radical libre dado reducido por una solución prueba, independientemente de la actividad antioxidante de cualquier antioxidante presente en la mezcla (De la Riva, 2010).

Durante los últimos años, se ha estudiado la influencia que tienen los radicales libres (RL) como promotores de un gran número de enfermedades y del deterioro de los alimentos grasos. La oxidación de los componentes lipídicos de un alimento (regularmente ácidos grasos y triglicéridos) es conocida como rancidez oxidativa o peroxidación lipídica; es una de las reacciones que deterioran y afectan de forma importante la calidad de varios alimentos. La rancidez oxidativa es iniciada por RL del oxígeno o por el ataque del oxígeno molecular a los RL preformados en los ácidos grasos poliinsaturados que forman parte de las grasas y aceites (Stashenko et al., 2010). El concepto básico de actividad antioxidante de varios compuestos naturales y sintéticos comprende una transición redox mediante la cual la molécula antioxidante dona un electrón o átomo de hidrógeno, equivalente a la donación de un electrón y un H⁺ al radical libre R• (Torrenegra, 2014).

Dentro de los antioxidantes de origen natural más estudiados, se encuentran: derivados de ácidos fenólicos, flavonoides, terpenos, tocoferoles, fosfolípidos y ácidos orgánicos polifuncionales. De igual forma, se ha estudiado la importancia del consumo de frutas y vegetales, y su influencia en la disminución de las enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y cáncer, debido a que estos productos agrícolas poseen antioxidantes, especialmente vitaminas, como el ácido ascórbico (Vitamina C), α -tocoferol (Vitamina E) y el β caroteno. El interés por los antioxidantes naturales también ha llevado a evaluar las propiedades de algunos AE y extractos vegetales. De forma muy general se ha observado en estos materiales que la mayor actividad antioxidante se encuentra en fracciones que contienen tocoferoles, carotenoides y otros compuestos fenólicos diferentes a los tocoferoles (Torrenegra, 2014).

2.3.5. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

En la actualidad se han desarrollado un gran número de métodos para evaluar la capacidad antioxidante total de alimentos, suplementos dietarios, extractos vegetales o compuestos puros. Sin embargo, pocos de ellos se utilizan con regularidad debido a

limitaciones relacionadas con los requerimientos metodológicos y la selección de las fuentes de radicales libres. Las evaluaciones fundamentadas en el uso de radicales como el DPPH y ABTS+ son considerados por la comunidad científica como los métodos espectrofotométricos más comunes utilizados para la determinación de la capacidad antioxidante de alimentos, bebidas y extractos vegetales, debido a que los procedimientos requeridos en estas metodologías son simples, rápidos, sensibles y reproducibles. Los antioxidantes pueden desactivar los radicales por dos mecanismos principalmente: transferencia de átomos de hidrógeno y transferencia de electrones. Los resultados finales son los mismos independientemente del mecanismo, pero la energía cinética y potencial de las reacciones difieren (Torrenegra, 2014).

- **Métodos que miden la capacidad para secuestrar radicales**

Existen algunos métodos que miden la capacidad para secuestrar los radicales formados en los procesos de peroxidación lipídica. Uno de ellos consiste en medir la concentración de antioxidante requerido para secuestrar el 50% de los radicales en un tiempo determinado. Los radicales comúnmente utilizados son el 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH•) y ácido 2,2'-azino-bis-(3- etiltiazolinabencenosulfónico- 6) (ABTS+•).

- **Catión-radical ABTS+•**

El efecto protector de los AE y de las sustancias de referencia se determina, entre otros, por el método descrito por Re R. et al. (1999), el cual se fundamenta en la capacidad que tienen algunos compuestos para atrapar radicales, i.e. ABTS+. La técnica se usa ampliamente para muestras biológicas, alimentos, compuestos puros o extractos de plantas de naturaleza hidrófila o lipofílica. El ABTS+• es un cromógeno artificial que presenta un espectro ultravioleta (UV) con tres máximos de absorbancia a 414, 752 y 842 nm en medio acuoso, y a 414, 713, 873 nm en medio etanólico. La reducción del catión-radical depende de la concentración del antioxidante y del tiempo de reacción. El grado de decoloración permite conocer el porcentaje de inhibición del catión radical ABTS+• en función de la

concentración y el tiempo, y es calculado con respecto a la concentración del Trolox®, utilizado como estándar bajo las mismas condiciones. Ambos radicales (DPPH y ABTS+•), generalmente presentan excelente estabilidad bajo las condiciones de las evaluaciones y exhiben importantes diferencias en sus respuestas frente a las concentraciones de varios antioxidantes. El catión radical nitrogenado es generado por la oxidación del ABTS con persulfato de potasio (Torrenegra, 2014).

La capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes en él. La mayoría de los compuestos antioxidantes de las frutas y verduras se deben a ciertos compuestos como la vitamina C, vitamina E o B-caroteno, además de los recientes estudiados y caracterizados compuestos fenólicos (Flavones, isoflavonas, flavonones, antocianinas, catequinas e isocatequinas), estos últimos son frecuentes de la dieta humana y han demostrado tener una alta capacidad antioxidante (De la Riva, 2010).

Los compuestos bioactivos, como polifenoles, carotenoides y fitoesteroles, que se hallan frecuentemente asociados a los alimentos ricos en fibra, poseen capacidad antioxidante (De la Riva, 2010).

La capacidad antioxidante varía en función del grupo de compuesto estudiado y de su solubilidad en la fase acuosa o lipídica. Además, la gran diversidad de métodos empleados proporciona resultados numéricos distintos difíciles de comparar. Para solventar este problema en la mayoría de estudios científicos se utiliza el Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) como patrón, sustancia que se caracteriza por ser un análogo hidrosoluble de la vitamina E (Gamarra, 2003).

2.4. LECHE

La leche es un alimento de alto valor nutritivo, cuyos componentes varían según la manera de alimentación, raza, edad del animal, forma de ordeño, entre otros factores. La capacidad nutritiva y valor biológico de la leche, está en la riqueza de sus sólidos

totales en especial, en los sólidos no graso como proteína, lactosa, minerales (Valdivia, 2011).

Se entiende por leche natural, según el Código Alimentario Español, el producto íntegro, no alterado ni adulterado y sin calostros, del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las hembras mamíferas domésticas sanas y bien alimentadas. La leche procede habitualmente de vacas, ovejas, cabras y búfalas. No obstante, con la denominación genérica de leche se comprende única y exclusivamente la leche natural de vaca. Las leches producidas por otras hembras de animales domésticos se designarán indicando además el nombre de la especie correspondiente: leche de cabra, leche de oveja, de búfala, etc. (López & Barriga, 2016).

2.4.1. CARACTERISTICAS DE LA LECHE

Según la Directiva Comunitaria 92/46 se entiende por leche cruda “aquella leche producida por la secreción de la glándula mamaria de una o más vacas, ovejas, cabras o búfalas, y que no ha sido calentada a una temperatura superior a 40 °C ni sometida a un tratamiento de efecto equivalente (López & Barriga, 2016).

La leche cruda de los distintos mamíferos está compuesta por los tres principios inmediatos en equilibrio estable (hidratos de carbono, grasas y proteínas), así como vitaminas, sales minerales y otros componentes minoritarios. Esta mezcla es semejante en las diferentes especies, pero con diferentes proporciones.

Desde el punto de vista físico, en la leche cruda existen varias fases en las que se encuentran dispersos sus componentes:

- Emulsión de glóbulos grasos
- Suspensión de caseína ligada a sales minerales
- Solución acuosa (lactosuero) formada por lactosa, sales minerales solubles y proteínas solubles. (López & Barriga, 2016).

Tabla 3. Promedio de la composición básica de nutrientes de la leche

Componente (%)	Tipo de leche		
	Vaca	Cabra	Oveja
Agua	87.5	87.9	80.1
Proteínas	3.2	3.4	6.2
Grasas	3.6	3.8	7.9
Hidratos de carbono	4.7	4.1	4.9
Albumina, globulina	0.6	0.6	1.0
cenizas	0.7	0.8	0.9

Fuente: López y Barriga, (2016).

2.4.2. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LA LECHE

a) Punto de ebullición

El punto de ebullición es la temperatura a la cual una sustancia pasa de estado líquido a gaseoso. Debido a las sustancias en disolución que contiene la leche (azúcares y minerales), se necesita una temperatura más elevada que la del agua, estando el punto de ebullición en 100,17 °C a nivel del mar (si la altura es mayor, la presión es menor y el punto de ebullición disminuye) (López & Barriga, 2016).

b) Densidad

La densidad de la leche de una especie determinada no es un valor constante, sino que va a depender de varios factores:

- La densidad de la leche de una especie determinada no es un valor constante, sino que va a depender de varios factores:
- La densidad varía con la temperatura, siendo menor al aumentar esta. - La densidad varía proporcionalmente a la concentración de sólidos disueltos y en suspensión.

- La producción de materia grasa, cuya densidad es menor de 1, condiciona el valor de la densidad. La densidad de la leche varía de forma inversa al contenido graso (López & Barriga, 2016).

Los valores habituales de la densidad de la leche son:

- Leche de vaca: entre 1.0231 y 1.0398.
- Leche de cabra: entre 1.0290 y 1.0390.
- Leche de oveja: entre 1.0347 y 1.0384.

c) pH y acidez

El pH es una medida empleada para mostrar la acidez o alcalinidad de una sustancia (concentración de iones hidrógeno) y constituye un parámetro útil para el procesamiento de productos lácteos. Generalmente, la leche presenta un valor ligeramente ácido. En concreto, el pH de la leche es, según la especie: (López & Barriga, 2016).

- Leche de vaca: 6,65-6,71.
- Leche de cabra: 6,50-6,80.
- Leche de oveja: 6,51-6,85.

El delicado equilibrio físico entre los constituyentes de la leche, debido a la dispersión de sales y proteínas entre fases y la ionización de componentes, determina una capacidad tampón frente a cambios de pH. La lectura de pH depende de la medida de una diferencia de potencial (voltaje) muy pequeña entre el sensor y un electrodo de referencia. En la leche este parámetro tiene una elevada dependencia de la temperatura, por lo que se debe tener en cuenta en los equipos de medida para la comparación de valores pH entre procesos (López & Barriga, 2016).

La acidez titulable es la suma de la acidez natural y de la acidez desarrollada. La acidez natural es debida a las caseínas, a los minerales, a los ácidos orgánicos y a los fosfatos. Por su parte, la acidez desarrollada es consecuencia del ácido láctico y de otros

ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa. Por norma general la acidez se expresa en grados Dornic ($^{\circ}\text{D}$) ($1^{\circ}\text{D} = 0,1$ mg de ácido láctico en un litro de leche) (López & Barriga, 2016).

La acidez varía en función de:

- La leche normalmente no contiene ácido láctico, sin embargo, por acción bacteriana, la acidez titulable aumenta debido al proceso de fermentación de la lactosa en ácido láctico.
- La curva de lactación, ya que las caseínas, sales minerales e iones varían en las distintas fases de la lactación, de tal manera que en la última fase se disminuye la acidez debido principalmente a la mayor riqueza de proteínas.
- Suele ser baja en leche mastítica.

Los valores medios de acidez de las distintas especies:

- Leche de vaca: 14-18 $^{\circ}\text{D}$
- Leche de cabra: 14-18 $^{\circ}\text{D}$
- Leche de oveja: 18-22 $^{\circ}\text{D}$ (López & Barriga, 2016).

d) Microbiología de la leche

Es parte de la microbiología que estudia los microorganismos que están presentes en la leche y sus productos, con especial énfasis en aquellos microorganismos importantes en la tecnología de la leche. Se consideran microorganismos todos aquellos seres vivos no visibles a simple vista (la unidad de medida utilizada para su medición es el micrómetro: $1\mu\text{m} = 0.001$ mm), siendo necesaria la utilización de un microscopio para su visualización (López & Barriga, 2016).

La leche, por sus características y composición, es un medio propicio para el desarrollo de bacterias, levaduras, mohos y virus. De entre todos estos se pueden definir tres grandes grupos: unos son beneficiosos, como las bacterias lácticas que participan

en la fabricación de productos lácteos, algunos producen la alteración de la leche y otros pueden tener efectos perjudiciales para la salud. Pero la delimitación de estos grupos no está muy definida entre ellos. Las bacterias lácticas que son necesarias en la producción de yogur, se consideran alterantes si hablamos de leche envasada. También algunos microorganismos pueden tener efectos solamente alterantes o también patógenos dependiendo de la concentración en la que se encuentren en el producto lácteo o según el individuo que lo ingiera (López & Barriga, 2016).

El desarrollo de los microorganismos en la leche se encuentra condicionado a una serie de factores, como la disponibilidad de nutrientes, la acumulación de toxinas, la temperatura o la deshidratación. En condiciones óptimas, el crecimiento de los microorganismos es exponencial (las bacterias se pueden multiplicar hasta 10 millones de veces en 12 horas).



Figura 7. Curva de crecimiento de microorganismos

1. Fase de latencia: en esta etapa los microorganismos se adaptan a su nuevo entorno y se preparan para su multiplicación. La duración de este período de incubación varía según la temperatura, el tamaño del inóculo y de la fisiología del microorganismo.
2. Fase de crecimiento exponencial: los microorganismos en esta fase se multiplican muy rápidamente pues cuentan con las condiciones adecuadas para su desarrollo.

3. Fase estacionaria: la velocidad de reproducción disminuye debido a la acumulación de desechos tóxicos generados por los propios microorganismos. Hay un equilibrio entre los microorganismos que mueren y que nacen.
4. Fase de mortalidad: cesa totalmente la multiplicación de los microorganismos y los que ya existen empiezan a morir de forma gradual (López & Barriga, 2016).

Los factores que pueden afectar al desarrollo de los microorganismos pueden ser extrínsecos (derivados del ambiente, como la temperatura y el oxígeno disponible) o intrínsecos (derivados del propio alimento como el contenido de agua, acidez, nutrientes y componentes antimicrobianos) (López & Barriga, 2016).

Finalmente se tiene (Norma Técnica Peruana 202.001, 2003), la leche cruda debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

Tabla 4. Requisitos microbiológicos de la leche.

MICROORGANISMOS	MAXIMO ufc/ml
Mesofilos aerobios viales	10^6
Coliformes	10^3

Fuente:

Norma Técnica Peruana 202.001.,2003.

Al respecto de leche para la elaboración de quesos se debe utilizar leche de muy buena calidad desde el punto de vista microbiano y composicional como en relación a su aptitud de coagulación y fermentación.

Tabla 5. Microbiología para la leche pasteurizada

Agente Microbiano	Unidad	Categoría	Clase	n	c	Limite por ml	
						m	M
Aerobios mesófilos	UFC/ml	3	3	3	1	2×10^4	5×10^4
Coliformes	UFC/ml	3	3	3	2	1	10

Fuente: Decreto supremo N° 007-2017-MINAGRI (2017).

2.5. QUESO FRESCO

El queso es el producto obtenido por coagulación de la leche cruda o pasteurizada (entera, semidescremada y descremada), constituido esencialmente por caseína de la leche en forma de gel más o menos deshidratado (Ramírez y Vélez, 2012). Mediante este proceso se logra preservar el valor nutritivo de la mayoría de los componentes de la leche, incluidas las grasas, proteínas y otros constituyentes menores, generando un sabor especial y una consistencia sólida o semisólida en el producto obtenido (Ramírez y Vélez, 2012).

De acuerdo al Codex Alimentarius de la FAO/OMS (2008), el queso es el producto sólido o semisólido, madurado o fresco, en el que el valor de la relación suero proteínas/caseína no supera al de la leche, y que es obtenido por coagulación (total o parcial) de la leche por medio de la acción del cuajo o de otros agentes coagulantes adecuados, con un escurrido parcial del lactosuero (Ramírez y Vélez, 2012).

- a. Coagulación de la leche pasteurizada, entera, descremada, parcialmente descremada, crema, crema de suero, suero de mantequilla o una combinación de cualquiera de estos, por la acción del cuajo u otros coagulantes apropiados y escurriendo parcialmente el suero que se produce de dicha coagulación.
- b. Técnicas de elaboración que comprenden la coagulación de la leche y/o de materiales que fueron obtenidos de leche y que dan un producto final que posee las mismas características físicas, químicas y organolépticas que el producto definido.

Tabla 6. Especificaciones técnicas fisicoquímicas

Característica	Unidad	Elaborado a base de leche entera	Elaborado a base de leche parcialmente descremada	Elaborado a base de leche descremada
Materia grasa láctea en el extracto seco	g/100g	≥ 40	≥ 15	< 15
Humedad	g/100g	≥ 46	≥ 46	≥ 46

Fuente: Decreto supremo N° 007-2017-MINAGRI (2017).

2.5.1. CLASIFICACION DE LOS QUESOS

Es difícil clasificar los quesos de una forma clara, ya que, además de existir una gran variedad, muchos de ellos están en las fronteras o límites de las clases que se establecen los criterios que se pueden seguir para su clasificación (Norma Técnica Peruana 202.195, 2004).

Tabla 7. Clasificación de los quesos según porcentaje de humedad

CLASES	HUMEDAD (%)
Frescos y/o muy blandos.	55 a mas
Blandos	46-55
Semiduros	36-46
Duros.	Menores a 36

Fuente: NTP 202.195, 2004.

Además, se clasifican según su contenido de grasa.

Tabla 8. Clasificación del queso según su contenido de grasa.

CONTENIDO DE GRASA	MATERIA GRASA EN EXTRACTO SECO (GES), % m/m
Extra graso	≥ 60
Graso	$45 \leq a < 60$
Semi graso	$25 \leq a < 45$
Semidescremado	$10 \leq a < 25$
Descremado	< 10

Fuente: NTP 202.195, 2004.

2.5.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS QUESOS

El queso comparte casi las mismas propiedades nutricionales con la leche; a excepción de la lactosa, los otros componentes se encuentran más concentrados (Tabla 9). Además

de brindar un excelente aporte de proteínas de alto valor biológico, el queso se destaca por ser una fuente importante de calcio y fósforo.

Tabla 9. Composición proximal de los quesos tipo paria evaluados.

COMPONENTES	QUESO CRUDO	QUESO TERMIZADO	QUESO PASTEURIZADO
Humedad (%)	45.80	45.14	45.26
Proteína total (%)	24.10	23.29	23.34
Ceniza (%)	3.00	3.96	3.99
ELN (%)	2.80	3.65	3.46
Energía (Kcal/100g)	323.22	316.62	317.36
Índice de acidez (%)	6.80	3.10	3.00
pH	6.59	6.65	6.62
Peróxidos (meq/Kg)	1.00	1.11	1.11
Cloruro de sodio (%)	2.00	2.15	2.30

Fuente: NTP 202.195, 2004.

2.5.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL QUESO

El queso fresco de la leche entera de ordeño reciente, cuajando (adicionando cuajo) y desuerando la leche. Además, se agrega sal para el sabor y cloruro de calcio (opcional) para favorecer el proceso de coagulación. El cuajo es una sustancia que tiene la propiedad de cuajar la caseína contenida en la leche, facilitando la concentración de sólidos y produciendo lo que se conoce como suero de leche. Los cultivos bacterianos, son cultivos de bacterias útiles para la producción del queso y pueden ser acidificantes o aromatizantes.

A. RECEPCIÓN DE LA LECHE

Para empezar esta etapa del proceso se debe tener en cuenta que la leche de buena calidad higiénica con bajo contenido de bacterias patógena. La leche de buena calidad se pesa para conocer la cantidad que entrará a proceso. La leche debe filtrarse a través de una tela fina, para eliminar cuerpos extraños (FAO, 2011).

B. ANÁLISIS

Deben hacerse pruebas de acidez, antibióticos, porcentaje de grasa y análisis organoléptico (sabor, olor, color). La acidez de la leche debe estar entre 16 y 18 ° (grados Dornic) (FAO, 2011).

C. PASTEURIZACIÓN

Consiste en calentar la leche a una temperatura de 65°C por 30 minutos, para eliminar los microorganismos patógenos y mantener las propiedades nutricionales de la leche, para luego producir un queso de buena calidad. Aquí debe agregarse el cloruro de calcio en una proporción del 0.02-0.03% en relación a la leche que entró a proceso (FAO, 2011).

D. ENFRIAMIENTO

La leche pasteurizada se enfría a una temperatura de 37-39 °C, pasando agua fría en la chaqueta o con sacos con hielo. hasta lograr la temperatura adecuada para efectuar la adición de insumos y cuajo (FAO, 2011).

E. COAGULACIÓN

Se agrega entre 7 y 10 cc de cuajo líquido por cada 100 litros de leche o bien 2 pastillas para 100 litros (siga las instrucciones del fabricante). Se agita la leche durante un minuto para disolver el cuajo y luego se deja en reposo para que se produzca el cuajado, lo cual toma de 20 a 30 minutos a una temperatura de 38-39 °C (FAO, 2011).

F. CORTE

El corte se realiza con la finalidad de favorecer la salida del suero, utilizando liras horizontales y verticales, el corte se hace horizontal y transversalmente el tamaño de los granos de cuajada dependen del contenido de agua que se desea en el queso, (1 cm³ para queso tipo paria) dejando luego en reposo además se debe tener en cuenta que si se pretende que el queso resultante tenga poca humedad se cortan partículas de coagulo pequeñas así se separa mejor el suero. Si queremos queso con más humedad se dejan

partículas grandes en cuyo interior quedará retenida una cantidad importante de suero, muy rico en agua (93 – 95%) de su composición según (Anchapuri, 2014).

G. SALADO

El salado se hace cuando los granos están aún en la cuba (sin haber pasado a los moldes), pero tiene el inconveniente de salar también el suero, con lo que limitamos sus posibles aprovechamientos. La adición de sal ayuda a conservar el queso más tiempo, además de realzar sus aromas según (Anchapuri, 2014).

H. PRENSADO

Según el tipo de queso que se quiera hacer, el prensado previo será más o menos intenso. Así en el caso de quesos blandos (Camembert, por ejemplo) no se aplica presión alguna, dejando que el peso del propio queso en el molde actué de prensa. 21 Si el prensado se realiza con los granos bañados en suero de manera que no quede sitio para el aire, los granos se fundirán entre sí y cuando la maduración se formen gases, estos quedaran atrapados en la masa según (Anchapuri, 2014).

I. MADURACIÓN

La maduración puede durar apenas unas horas para algunos quesos frescos, hasta meses y años para quesos duros. Durante la maduración deben cuidarse las condiciones de aireación, humedad y temperatura de las cámaras o cavas donde se realiza aquella (Anchapuri, 2014).

2.5.4 CARACTERÍSTICA FÍSICOQUÍMICAS DE LOS QUESOS

La acidez en un queso no solo tiene incidencia sobre el sabor, sino que además influencia directamente los cambios que experimenta la red de proteína que constituye la cuajada del queso, teniendo ésto un papel en los fenómenos de sinéresis y textura final (Pinho *et al.*, 2004). Un pH cercano al punto isoeléctrico provoca fuerzas iónicas e hidrófobas fuertes que resultan en una red de caseína compacta típica de los quesos duros, mientras que en el caso de un pH más alto las caseínas presentan una carga negativa, lo

que genera repulsión entre los agregados proteicos, generándose un queso con mayor absorción de agua, más elasticidad y menos compacto (Chacón y Pineda, 2009). La sinéresis no es únicamente afectada por la acidez de un queso, también es determinada por las circunstancias mismas del proceso de elaboración y por la presencia de calcio libre que provoca la unión de la caseína en la red proteica de la cuajada (Chacón y Pineda, 2009). La humedad remanente en un queso es un factor determinante en la textura final, donde bajos contenidos se asocian con quesos duros y poco elásticos (Chacón y Pineda, 2009).

Además de tener un papel en el sabor y en la preservación de un queso, la sal en altas concentraciones disminuye la actividad enzimática proteolítica a la vez que incrementan la presión osmótica, lo que elimina parte del agua atrapada en la red proteica de la cuajada (Pinho *et al.*, 2004). La grasa en los quesos generalmente actúa como material de relleno en la matriz de proteína, otorgando, cuando está presente en alto porcentaje, mayor elasticidad y menor firmeza, mientras que cuando su porcentaje disminuye se obtienen quesos más duros y rígidos. Además de las interacciones antes descritas con la acidez, la proteína también afecta la dureza de un queso del mismo modo que la grasa, siendo los altos contenidos proteicos sinónimo de dureza (Chacón y Pineda, 2009).

La textura de un queso es un atributo sensorial que resulta de la combinación de propiedades físicas que son percibidas por los sentidos de la vista, el tacto y hasta el oído (Pinho *et al.*, 2004). A pesar de que esta experiencia sensorial no puede ser completamente duplicada por ningún procedimiento instrumental, estos últimos son considerablemente menos costosos y consumen menos tiempo que las pruebas sensoriales, siendo fidedignamente correlacionables con atributos sensoriales críticos que permiten estimar la aceptabilidad por parte del consumidor (Steffe, 1996).

Las propiedades mecánicas se manifiestan por la reacción del queso al estrés provocado por una presión ejercida desde un texturómetro, lo cual simula la fuerza de

masticación (Pinho *et al.*, 2004). Este aparato permite establecer la fuerza necesaria para efectuar una prueba de compresión en dos ciclos en función del tiempo, lo cual se denomina análisis del perfil de textura (TPA, por sus siglas en inglés) (Bourne, 2002). La evaluación del color es un criterio muy variable que depende de numerosos factores, por lo cual es posible el uso de sistemas instrumentales que permitan obtener mediciones objetivas y estandarizadas (Pinho *et al.* 2004). Para este efecto se emplea un colorímetro que mide la luz reflejada por el alimento por medio de una foto detector, codificando esta señal en términos de algún sistema de medición lumínico de espacio polar como es el caso de la Escala de CIE LAB (HUNTERLAB, 2008).

La medición del color se realiza evaluando tres componentes diferentes: L^* (luminosidad), a^* y b^* , correspondientes a la escala CIELAB (Figura 9, 10) o L^* , C^* (croma), h (tono) en la escala CIELCh (Figura 11) (Lizano, 2013). L^* es una medida de luminosidad, en la cual el 0 equivale a negro y el 100 a blanco. Los valores positivos altos de a^* indican tonos rojizos, mientras que los valores negativos indican verdes; los valores de b^* indican colores de amarillos (b^{*+}) a azules (b^{*-}). En el Cuadro 1 se pueden observar diferentes valores del sistema CIELAB de diferentes materias primas utilizadas en la elaboración de productos cárnicos (Lizano, 2013).

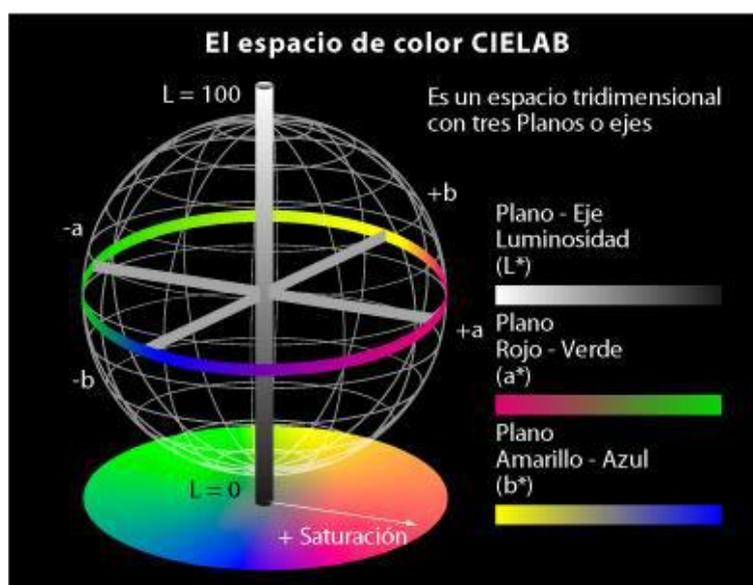


Figura 8. Espacio de color escala CIELAB

(Westland, 2001)

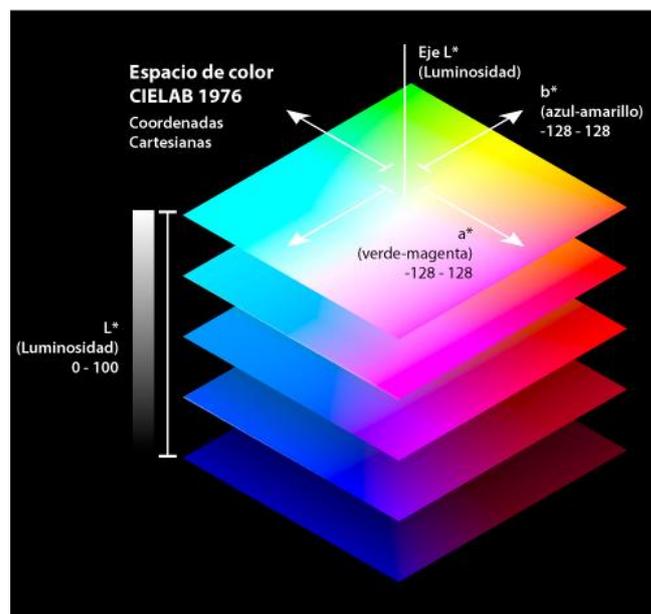


Figura 9. Espacio de color escala CIELAB 1976 (Westland, 2001)

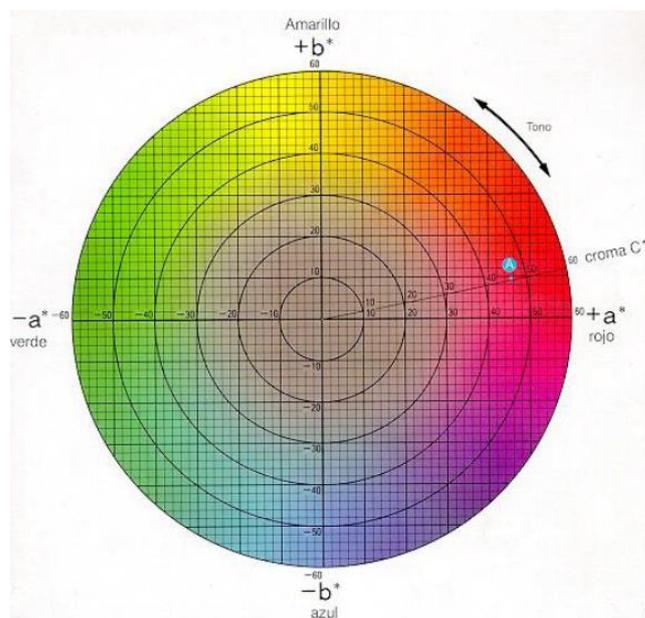


Figura 10. Grafica de color escala CIELAB (X-RITE Ltd., 2002)

Por otro lado, el valor h^* o tono es el atributo que adjudica al color una cualidad que se define como rojo, verde, azul, o cualquier combinación de ellos siendo este el color dominante rojo, anaranjado, etc. La saturación o cromas (C^*) es el atributo que, fijado el tono, describe al color por su similitud con un color espectral puro; cuanto más parecido

a éste, resulta más saturado y va de gris a colores vivos. El resultado implica una integración de los tres parámetros, no pudiendo el observador discernir qué tipo de radiación produce la sensación de color (Lizano, 2013).

Ripoll et al. (2012) mencionan que muchos autores recomiendan el tono o saturación como mejor variable para determinar cambios del color de la carne durante su vida útil. Según Ripoll et al. (2008), estas dos últimas variables, junto con la luminosidad, parecen ser más fáciles de interpretar para el ojo humano, mientras que la coordenada b^* (azul y amarillo) no se relaciona intuitivamente con la carne. Según Ripoll et al. (2012), algunos autores recomiendan definir el color en términos de luminosidad, saturación y tono, y otros autores (Ripoll et al., 2008) advierten que el uso separado de los índices de rojo y amarillo por separado puede llevar a errores a la hora de definir el color.

2.5.5 MICROBIOLOGÍA DE LOS QUESO

i. Generalidades

El principal objetivo de la elaboración de quesos es prolongar la vida útil y conservar los componentes nutritivos de la leche. Este objetivo se logra en mayor o menor medida mediante la producción de ácido y la deshidratación. La producción de ácido láctico por la flora láctica de la leche presente de forma espontánea o agregada como estarter ocasiona un decremento de pH, lo que unido a los procesos de calentamiento en tina y agitación promueve la sinéresis del suero de los granos de cuajada (Walstra *et al.*, 2001)). Un proceso posterior al salado es la maduración de los quesos, que es una etapa que puede durar entre semanas a años (Palacios, 2006). Sin embargo, hay quesos que no se maduran como es el caso de los quesos frescos, de coagulación enzimática (como el Panela) o de coagulación ácida (como el Cottage). Finalmente, otros quesos están en el límite entre frescos y madurados, por su corto periodo de maduración, siendo difícil su ubicación en uno u otro de los grupos anteriores. La maduración de los quesos es un proceso complejo que implica reacciones bioquímicas y pérdidas de humedad por evaporación. Estas reacciones incluyen

procesos fermentativos, proteolíticos y lipolíticos principalmente que desembocan a la formación de pequeñas moléculas a partir de las proteínas y grasas precursoras. Mediante estas reacciones se modifica la textura de los quesos, se intensifica el aroma y se desciende la aw (Walstra et al., 2001). El queso contiene normalmente elevados contenidos microbianos que juegan un papel significativo en el proceso de maduración (Palacios, 2006). Esta microflora del queso puede ser dividida en dos grupos: flora ácido láctica utilizada como estárter y flora secundaria (Palacios, 2006). Las bacterias ácido lácticas que son las más empleadas como estárter, están involucradas en los procesos de acidificación y contribuyen en mayor o menor medida a las otras reacciones de la maduración. La microflora secundaria, comprendida por bacterias ácido lácticas distintas a las utilizadas como estárter, y otras bacterias, mohos y levaduras que crecen internamente o externamente en el queso son responsables de impartir características únicas y/o específicas a las distintas variedades de queso. A la hora de estudiar los microorganismos del queso el empleo de la microbiología tradicional es una primera aproximación (Palacios, 2006). La presencia de los microorganismos en el queso va a depender de la contaminación microbiana de la leche, el uso de estárter, las condiciones extrínsecas del proceso y conservación (tiempos, temperaturas, etc) y las intrínsecas del queso, así como de las contaminaciones de la leche y queso durante el procesado (Palacios, 2006).

ii. Factores que influyen en el crecimiento microbiano en el queso

El control del crecimiento de los microorganismos en el queso depende de un número de parámetros físicos como la concentración de humedad, la cantidad de sal, la aw, el pH, la presencia de ácidos orgánicos, la temperatura de conservación, el potencial redox y la adición de nitratos (Palacios, 2006). Además, en el crecimiento microbiano influyen otros factores biológicos como la disponibilidad de nutrientes para el metabolismo microbiano y la interacción entre los microorganismos presentes en el queso. Los valores de aw en los quesos después del salado dependen de la cantidad de sal y el grado de desuerado y suele ser inferiores a 0.988. Estos valores son

significativamente inferiores a los óptimos para la mayoría de las bacterias, incluidas la bacterias ácido lácticas y por lo tanto contribuyen al control de su multiplicación (Palacios, 2006). La sal, por medio del descenso de la aw inhibe tanto a los microorganismos estárter como a los alterantes. La concentración de sal en el queso es variable. El pH óptimo para el crecimiento de la mayoría de las bacterias está en torno a la neutralidad y el crecimiento es escaso a pHs menores a 5. Los quesos en los que ha habido un crecimiento elevado de las BAL tienen pH en torno a 4.5 a 5.3 y estos valores de pH no permitirán el crecimiento de las bacterias sensibles al pH bajo. A esos pHs los agentes inhibidores principales son las formas no disociadas de los ácidos orgánicos (Palacios, 2006), siendo el ácido láctico, acético y propiónico los principales. Los microorganismos implicados en la elaboración de queso son normalmente mesófilos y termófilos, con crecimiento óptimo a 30 y 42 °C, respectivamente. Estas temperaturas se pueden alcanzar en la tina, pero durante la maduración del queso la temperatura es inferior (12 °C), de forma que no se favorezca el crecimiento de microorganismos no deseados, pero se puedan dar, aunque de forma lenta, las reacciones de maduración.

El potencial redox de los quesos suele ser negativo, el interior del queso es anaerobio por lo que el crecimiento microbiano viene dado por flora anaerobia o las anaerobias facultativas, por lo que microorganismos aerobios no crecen en el centro del queso, como *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus* y mohos (Palacios, 2006).

iii. Principales grupos microbianos de los quesos

a) *Salmonella* sp

Es un género de bacterias que pertenece a la familia Enterobacteriaceae, formado por bacilosgram negativos, anaerobios facultativos, con flagelosperítricos y que no desarrollan cápsula ni esporas. Son bacterias móviles que producen ácido sulfhídrico (H₂S). Emplean glucosa por poseer una enzima especializada, pero no lactosa y no producen ureasa. No tienen metabolismo fermentativo (Anchapuri, 2014).

b) Listeria monocytogenes

Es una bacteria que se desarrolla intracelularmente y es causante de la Listeriosis. Es uno de los patógenos causante de infecciones alimentarias más virulentos, con una tasa de mortalidad entre un 20 a 30%, más alta que casi todas las restantes toxicoinfecciones alimentarias. *L. monocytogenes* es un bacilo Gram positivo, pequeño (0,4 a 0,5 micrones de ancho x 0,5 a 1,2 de largo) no ramificado y anaerobio facultativo capaz de proliferar en un amplio rango de temperaturas (1 °C a 45 °C) y una elevada concentración de sal. Es catalasa positiva y no presenta cápsula ni espora. Tiene flagelosperítricos, gracias a los cuales presenta movilidad a 30 °C o menos, pero es inmóvil a 37 °C, temperatura a la cual sus flagelos se inactivan (Anchapuri, 2014).

c) Staphylococcus aureus

Conocido como estafilococo áureo o comúnmente estafilococo dorado, es una bacteria anaerobia facultativa, Gram positiva, productora de coagulasa, catalasa, inmóvil y no esporulada que se encuentra ampliamente distribuida por todo el mundo. Puede producir una amplia gama de enfermedades, que van desde infecciones cutáneas y de las mucosas relativamente benignas, tales como foliculitis, forunculosis o conjuntivitis, hasta enfermedades de riesgo vital, como celulitis, abscesos profundos, osteomielitis, meningitis, sepsis, endocarditis o neumonía. Además, también puede afectar al aparato gastrointestinal, ya sea por presencia física de *Staphylococcus aureus* o por la ingesta de la enterotoxina estafilocócica secretada por la bacteria (Anchapuri, 2014).

d) Coliformes

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

El grupo de los coliformes incluye bacterias en forma de bacilo, Gram negativos, con las siguientes propiedades bioquímicas: oxidasa negativo y capacidad de fermentar lactosa, con producción de gas en 48 horas a una temperatura de 37 °C (Anchapuri, 2014).

Tabla 10. Límites permisibles de microorganismos presente en: quesos no madurados.

AGENTES MICROBIANOS	CATEGORÍA	CLASE	N	C	LÍMITE POR	
					m	M
Coliformes	5	3	5	2	2×10^2	10^3
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	3	5	2	10	10^2
<i>Listeria monocytogenes</i>	10	3	5	0	Ausencia/25g	-
<i>Salmonella sp</i>	10	3	5	0	Ausencia/25g	-

Fuente: Anchapuri, 2014

N: Es el número de unidades de muestra que deben ser examinados de un lote de alimentos, para satisfacer los requerimientos de un plan de muestreo particular.

m: Es un criterio microbiológico, el cual, en un plan de muestreo de dos clases separa buena calidad de calidad defectuosa; o en otro plan de muestreo de tres clases, separa buena calidad de calidad marginalmente aceptable. En general “m” presenta un nivel aceptable y valores sobre el mismo que son marginalmente aceptables o inaceptables.

M: Es un criterio microbiológico, que en un plan de muestreo de tres clases, separa calidad marginalmente aceptable de calidad defectuosa. Valores mayores a “M” son inaceptables.

C: Es el número máximo permitido de unidades de muestra defectuosa. Cuando se encuentra cantidades mayores de este número el lote es rechazado.

a) Mohos y levaduras

El crecimiento de levaduras y mohos en quesos es común ya que pueden crecer a bajos valores de pH. El papel de la levadura en la maduración de los quesos no es claro, se les ha atribuido propiedades beneficiosas sobre el flavor, la textura, así como estimulación de las bacterias láctica (Palacios, 2006). Sin embargo, algunas levaduras pueden producir alteraciones en los quesos mediante la generación de olores afrutados, a levaduras, a rancio y formación de gas, colonias visibles y formación de limosidad no deseados. El crecimiento de levaduras en queso se ve positivamente influenciado por la presencia de lactosa residual no fermentada por las BAL. En quesos como el cheddar y otros similares se han encontrado recuentos entre 2 y 7 levaduras por gramo, los recuentos de levaduras parecen aumentar durante las primeras fases de la maduración (Palacios, 2006).

Por su parte, el crecimiento de mohos ocurre en la superficie de los quesos y salvo los quesos en los que se utilizan mohos en superficie y en la masa, se considere alterante, produciendo defectos en la apariencia como manchas pigmentadas y colonias visibles, además pueden generar olores atípicos, amoniales, afrutados o a mohos. El crecimiento no deseado se previene utilizando envasado al vacío (Palacios, 2006).

Varios estudios sobre las bacterias en queso muestran la contaminación de los mismos durante la manipulación en el procesamiento e incluso durante el almacenamiento del producto y se requiere temperaturas elevadas para lograr una adecuada pasteurización. Además, el gran contenido de humedad y el pH (aproximadamente 5,2) del queso blando puede favorecer el crecimiento o la sobrevivencia de los microorganismos (Ochoa *et al.*, 2012).

Por lo anterior, la Norma Oficial Mexicana establece límites superiores para el contenido microbiano en queso fresco (tabla 11) con el fin de prevenir y reducir los riesgos causados por los alimentos, así como de elaborar quesos de calidad que garanticen la salud de los consumidores.

Tabla 11. Límites microbiológicos máximos para el queso fresco.

MICROORGANISMO	LÍMITE MÁXIMO
Coliformes fecales	100NMP/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	1000 UFC/g
Mohos y levaduras	500 UFC/g
<i>Salmonella</i>	Ausente en 25g
<i>Listeria monocytogenes</i>	Negativo en 25g

Fuente: Ochoa *et al.*, 2012.

2.6. EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial es el de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente (Hernandez, 2005).

También es considerada simplemente como: el análisis de las propiedades sensoriales, se refiere a la medición y cuantificación de los productos alimenticios o materias primas evaluados por medio de los cinco sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que significa sentido. Para obtener los resultados e interpretaciones, la evaluación sensorial se apoya en otras disciplinas como la química, las matemáticas, la psicología y la fisiología entre otras (Hernandez, 2005).

2.6.1. PERCEPCIÓN SENSORIAL

La percepción se define como: “La capacidad de la mente para atribuir información sensorial a un objeto externo a medida que la produce” (Carpenter, 2002).

Entonces la valoración de un producto alimenticio se percibe a través de uno o de dos o más sentidos. La percepción de cualquier estímulo ya sea físico o químico, se debe principalmente a la relación de la información recibida por los sentidos, denominados también como órganos receptores periféricos, los cuales codifican la información y dan respuesta o sensación, de acuerdo a la intensidad, duración y calidad del estímulo, percibiéndose su aceptación o rechazo (Hernandez, 2005).

El catador y/o el consumidor final, emite un juicio espontáneo de lo que siente hacia una materia prima, producto en proceso o producto terminado, luego expresa la cualidad percibida y por último la intensidad. Entonces si la sensación percibida es buena de agrado o si por el contrario la sensación es mala, el producto no será aceptado, provocando una sensación de desagrado. Las diferentes percepciones de un producto alimenticio se presentan en la figura (Sancho, Bota, & Castro, 1999).

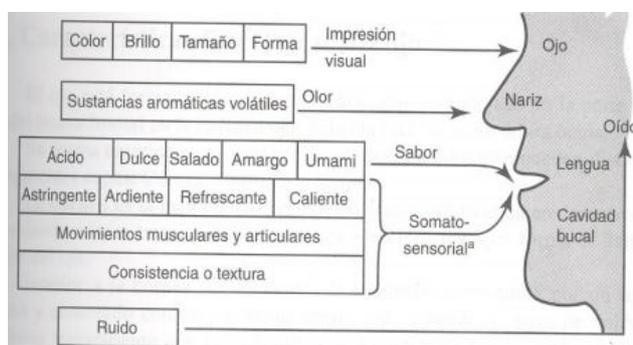


Figura 11. Sensograma.

(Sancho, Bota, & Castro, 1999).

2.6.2. PRUEBAS SENSORIALES.

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen tres tipos principales de pruebas: Pruebas afectivas, discriminativas y descriptivas (Pedrero y Pangborn, 1989).

- **Pruebas Afectivas**

Son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y estos son más difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente personales.

Para las pruebas afectivas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces no entrenados, deben de ser consumidores habituales y compradores del tipo de alimento en cuestión (Ortiz, 2007).

- **Pruebas Discriminativas**

Las pruebas discriminativas son aquellas en la que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia (Ortiz, 2007).

Para las pruebas discriminativas pueden usarse jueces semientrenados cuando las pruebas son sencillas, tales como la comparación pareada simple, el dúo-trío o la triangular.

- **Pruebas Descriptivas**

En las pruebas descriptivas se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible. Estas pruebas proporcionan mucha más información acerca del producto que las otras pruebas, son más difíciles de realizar, el entrenamiento de los jueces debe ser más intenso y monitorizado, y la interpretación de los resultados es ligeramente más laboriosa que en los otros tipos de pruebas (Ortiz, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La ejecución del presente trabajo de investigación se realizó en las siguientes instalaciones de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno:

- ✓ Planta piloto de la EPIA.
- ✓ Planta de Lácteos de la EPIA.
- ✓ Laboratorio de Pos-Cosecha de la EPIA.
- ✓ Laboratorio de Procesos Industriales de la EPIA
- ✓ Laboratorio de Microbiología de la EPIA
- ✓ Laboratorio de Ingenierías de Alimentos de la EPIA.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

- ✓ La materia prima usada en esta investigación para la extracción de aceite esencial de chachacoma (*Senecio nutans* sch.) procedente del distrito de Capazo, provincia El Collao, Región Puno, a una altitud de 4050.
- ✓ Leche fresca proveniente del centro poblado de Collacachi del distrito Puno Provincia Puno Departamento Puno
- ✓ Queso fresco Tipo Paria elaborada en la planta de lácteos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agraria de la Universidad Nacional

3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.3.1. EQUIPOS

- Destilador por arrastre de vapor Acero Inoxidable.
- Paila quesero rectangular de 100 litros (Acero inox).
- Liras horizontal y vertical de distancia entre hileras de 0.5 cm (Acero inox).
- Mesa de moldeo capacidad 20 moldes de queso (Acero inoxidable).
- Prensa, capacidad 24 moldes de queso (Acero inox).
- Estufa (marca VACUCCELL).
- Licuadora (marca OSTER de 600 W de potencia).

- Autoclave (VERTICAL PRESSURE STEAM STERILIZER modelo LS-850L-AA serie 186 con fecha de fábrica 04/2011, con cap. Máxima de 0,22MPa/134 °C/50L).
- Refrigeradora marca ICECROWN modelo 456C.009 (capacidad 200kg).
- Balanza analítica marca AND FR-300 Japón, capacidad de 0,0001 a 310g.
- Cuenta colonias marca LIGHTBOX, modelo Petite.
- Vortex – GENIE MODEL K-550-G.
- Selladora, SEALER PFS-300, Safari import.
- Estufa MEMMERT Universal, 30-120°C, modelo TV - 40.
- Termómetro marca HANNA de -40 a 150°C.
- Espectrofotómetro UV.
- pH metro digital modelo 3510, marca JENWAY.
- Micropipetas 100-1000µl, BOECO.
- Micro pipetas 10-100µl, BOECO.

3.3.2. MATERIALES

- Espátula ACERO INOX.
- Mechero de bunsen.
- Piceta (PVC).
- Gradillas.
- Erlenmeyer (250, 500 y 1000 ml).
- Probetas (10, 50 y 100 ml).
- Pipetas (1, 5 y 10 ml).
- Tubos de ensayo PIREX.
- Embudo de decantación.
- Placas Petri PIREX.
- Picnómetro de 10ml (Pirex)
- Vasos precipitados (100 ml).
- Acidómetro de 500 ml.
- Lactodensímetro 20°C de – 10 a 40 Marca Quevenne.
- Paletas (Acero inox).
- Cocina (surge).
- Molderas acrílicos de 500 gr.

3.3.3. REACTIVOS E INSUMOS

- Alcohol de 70°.
- Agua destilada.
- Etanol 96°, (Merck peruana SAC).
- Metanol 98°(Meck peruana SAC)
- ABTS marca sigma ALDRICH.
- Persulfato de Potasio.
- Fenoftaleina 1%.
- Sulfato de sodio anhidro.
- Hidróxido de sodio (NaOH 0.1N)

3.3.4. MEDIOS DE CULTIVO

- Agar Mc Conkey, (Merck peruana SAC).
- Agar OGYE, Merck (Merck peruana SAC).
- Agar APC, (Merck peruana SAC).

3.3.5. OTROS MATERIALES

- Papel aluminio.
- Papel kraft.
- Tips 1000µl, 10-50 µl.
- Bolsas de polietileno.
- Lapiceros.
- Marcadores.
- Tabla de picar, cuchillo.
- Algodón.

3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

La metodología utilizada durante el proceso de investigación del proyecto fue de tipo experimental cuyos procesos de obtención, elaboración, control y evaluación son los siguientes: (Fig. 12)

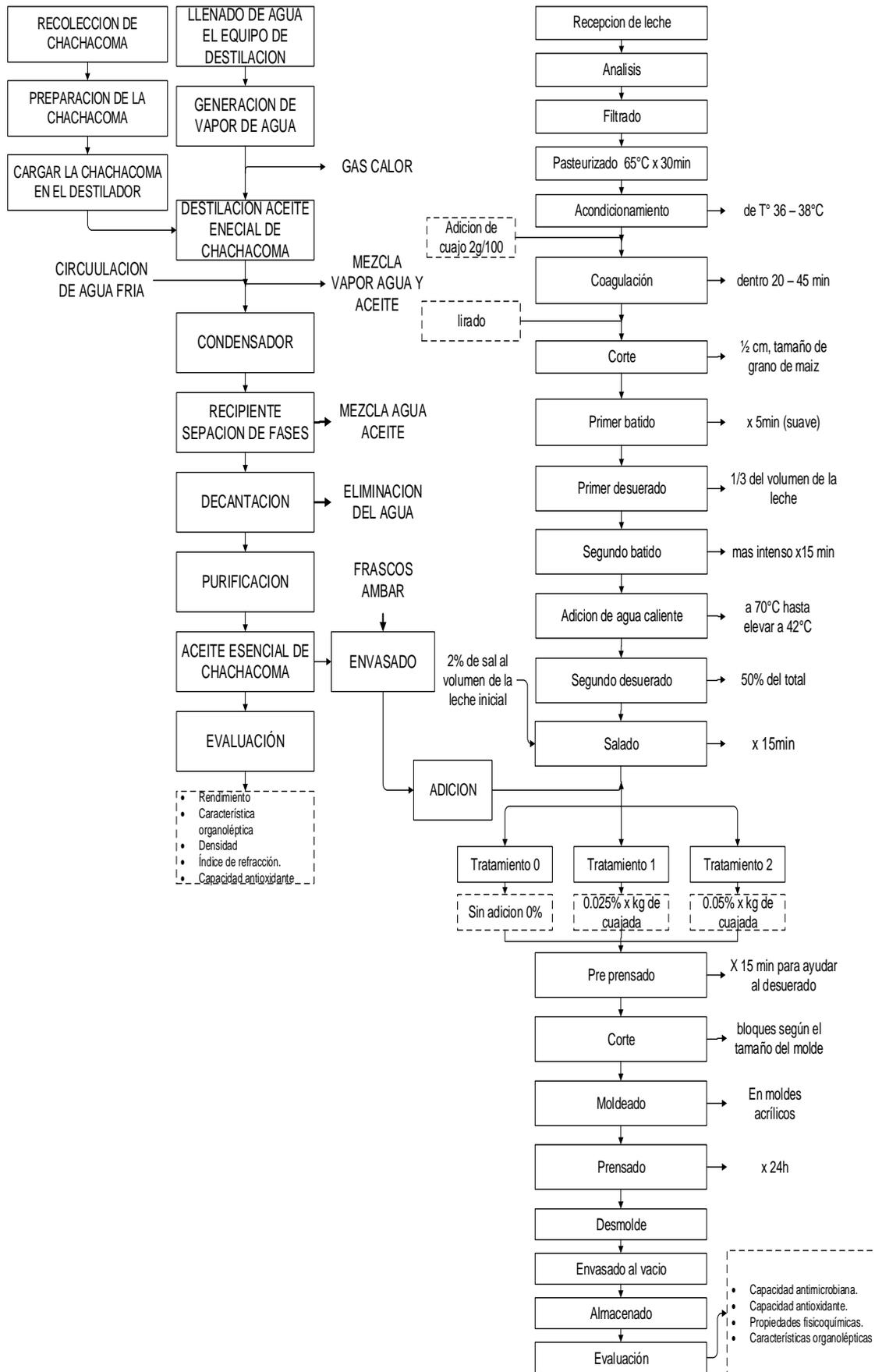


Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de Investigación.

A. EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA

Para extraer el aceite esencial de chachacoma se utilizó el sistema de hidrodestilación. El proceso se llevó acabo de acuerdo a la siguiente metodología (Viveros, 2008).

- Descripción del equipo de extracción de aceites.

El montaje usado para la extracción del aceite esencial fue realizado, utilizando:

→ Una hornilla conectada a gas como se muestra en la Fig. 13.



Figura 13. Fuente de calentamiento para hidrodestilación.

→ La cámara de extracción: es un recipiente a presión de acero inoxidable con capacidad de 6 kg, una rejilla que divide el agua con el material vegetal y con dos salidas; una para el condensador y la otra para la válvula de seguridad (Fig. 14).

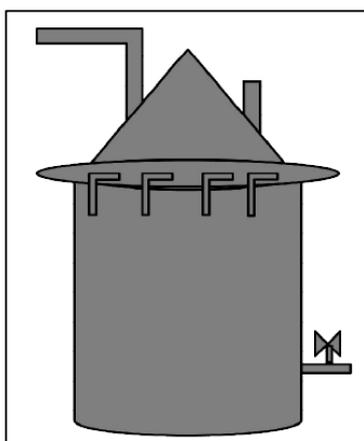


Figura 14. Cámara de extracción para hidrodestilación.

(Contreras et. al., (2012)

→ El condensador: es un doble tubo recto y liso en acero inoxidable, con dos entradas una para el vapor que contiene el aceite esencial y la correspondiente al agua de

enfriamiento y dos salidas, una para el agua de enfriamiento que se dirige al desagüe y la otra al recipiente recolector de aceite esencial (fig. 15).

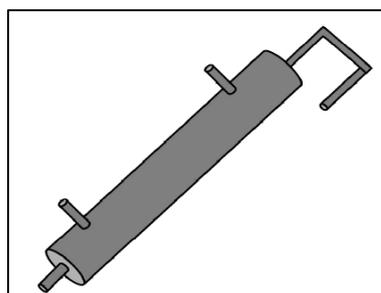


Figura 15. Condensador para hidrodestilación

(Contreras et. al., 2012)

→ El recolector de aceite: consta de un matraz de 500ml de capacidad (Fig. 16)



Figura 16. Recolector de aceite esencial para hidrodestilación

(Contreras et. al., 2012)

→ Equipo de decantación: consta de un soporte universal, embudo de decantación y un matraz Erlenmeyer (Fig. 16).

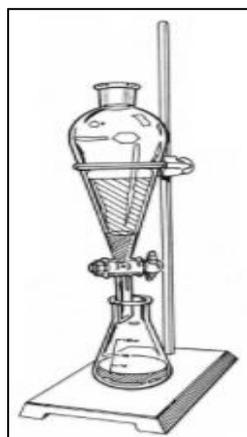


Figura 17. Equipo de decantación.

(Contreras et. al., 2012)

Procedimiento utilizado para la extracción del aceite esencial.

- Se midieron 3 litros de agua destilada y se adicionaron en la cámara de extracción, de tal manera que el nivel de agua quede un poco inferior a la parrilla.
- Con esta cantidad se garantizó compensar las pérdidas producidas por el vapor que se condensa evitando el deterioro del material vegetal.
- Los 2000 gramos de chachacoma triturada fueron cargados sobre la parrilla.
- Se procedió a sellar la cámara de extracción colocándole el empaque para evitar escapes de vapor con aceite esencial arrastrado.
- Se verificaron las conexiones de entrada y salida del condensador y se ensambló a la cámara de extracción.
- Se encendió la hornilla en fuego alto, el equipo se calentó hasta que alcanzó una temperatura entre los 100 a 110°C aproximadamente, se verificó que la entrada del condensador estuviese caliente y se aumentó el flujo de agua. Garantizando la condensación evitando pérdidas de agua.
- Cuando se obtuvieron las primeras gotas de condensado se contabilizó el tiempo.
- Como producto del proceso de condensación se obtuvo dos fases, una de aceite esencial y la otra, de agua; posteriormente se separó el aceite esencial y se deshidrató las impurezas de agua en el aceite esencial con Na₂SO₄ anhidro, se filtró y se guardó en un frasco de vidrio color ámbar (para evitar la descomposición por la luz), bajo refrigeración a una temperatura de 4°C.

B. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN

El rendimiento de la extracción del aceite esencial de chachacoma se determinó según Ochoa, et. al., 2012. Se obtuvo por medio de la ecuación 1:

$$\%R = \frac{P_m}{P_p} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

%R = Rendimiento de la extracción.

P_m = es la masa final del aceite esencial.

P_p = la masa inicial de la muestra.

C. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Los caracteres organolépticos incluyen olor, color, sabor y textura.

- a. Determinación de olor:** Se tomó una tira de papel secante de aproximadamente 1 cm de ancho por 10 cm de largo y se introdujo en un extremo en la muestra de ensayo. Luego se oleo y se determinó si corresponde con la característica del producto.
- b. Determinación del color:** En un tubo de ensayo bien limpio y seco, se llenó hasta las tres cuartas partes con la muestra de ensayo y se observó el color, la transparencia, la presencia de partículas y la separación en capas.
- c. Determinación del sabor:** Se tomó una pequeña alícuota y se probó el sabor.
- d. Determinación de textura:** Se tomó una alícuota y se sintió con el tacto la textura y consistencia.

D. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA

i. Determinación del índice de refracción

Se determinó por el método 28.007 de la AOAC. Se utilizó el equipo refractómetro ABBE. El índice de refracción es la relación del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción de un rayo luminoso de longitud de onda determinada que pasa del aire a la esencia mantenida a una temperatura constante. Cuyo principio fue la medición del ángulo de refracción del aceite esencial mantenido en condiciones de transparencia e isotropismo siendo la longitud de onda de la luz de 589,3 mm, que corresponde a la línea D del sodio y siendo la temperatura de 20°C. El resultado se determinó mediante la lectura directa del aparato que mide el índice de refracción y se expresó con un número de cuatro decimales.

ii. Solubilidad

Se colocó en 7 tubos 0,5 mL de aceite esencial y luego se añadió a cada tubo por separado 5 mL de agua, 5 mL de etanol 50%, 5 mL de etanol 70%, 5 mL de etanol 80%, 5 mL de etanol 96%, 5 mL n-hexano y 5 mL de éter etílico respectivamente. Luego se agitó cada tubo y se observó en cada uno de ellos si se produce algún enturbiamiento.

iii. Determinación de la densidad

La densidad y densidad relativa fueron determinados según la Norma Técnica Peruana: NTP 319.081:1974. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA-PUNO. Para la determinación de la densidad se procedió a pesar el picnómetro vacío y anotar el peso (P), utilizando una balanza analítica marca AND FR-300 Japón, capacidad de 0,0001 a 310g. Luego fue pesado el picnómetro conteniendo agua destilada a aproximadamente 20°C. La densidad relativa ρ_{20} , en gramos por mililitro, se calculó con la siguiente fórmula:

$$\rho_{20} = 0.99718 \times \frac{P_2 - P}{P_1 - P} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

P = es el peso (en g) del picnómetro vacío.

P₁ = es el peso (en g) del picnómetro lleno con agua destilada a 20°C.

P₂ = es el peso (en g) del picnómetro lleno con aceite esencial a 20°C.

E. MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante se determinó utilizando el método ABTS desarrollado por Re et al. (1999) y modificado por Kuskoski et al. (2004). La metodología descrita por este autor, se basa en la medición de la capacidad de la muestra, de captar a los radicales de naturaleza cromógena ABTS•+ (ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazonil)-6-sulfónico) mediante la pérdida de color. La pérdida de color es proporcional a la capacidad antioxidante de la muestra.

a) Obtención del radical ABTS•+

La formación del radical se llevó a cabo por medio de la reacción de 0,0033 g de persulfato de potasio con 0,0194 g de ABTS. Los reactivos se colocaron en un frasco y se les añadió 4 mL de agua destilada. Se agitó la mezcla y se cubrió el frasco con papel aluminio, dejándolo reposar en la oscuridad y a temperatura ambiente por 16 horas (Kuskoski, 2004).

b) Determinación en aceite esencial de chachacoma

Se realizó una dilución inicial etanol al 96% - aceite esencial de chachacoma en proporción 13:1 v/v. Por otro lado, se diluyó 100 µl de radical ABTS•+ por cada 11 mL de etanol absoluto hasta obtener una absorbancia (A) de 0.70 ± 0.02 a 754 nm (A_{inicial}). En seguida, se mezclan, en una celda de cuarzo, 3980 µl de la solución radical (ABTS•+ con etanol) y 20 µl de la solución de aceite esencial de chachacoma diluido en etanol (1:13 v/v) para medir la absorbancia después de concluida la reacción (7min) en un espectrofotómetro a 754 nm (A_{final}) (Kuskoski, 2004).

F. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL QUESO FRESCO TIPO PARIÁ**a. Color.**

Se obtuvo con la ayuda de un colorímetro SC20, en la escala CIE L, a y b en donde L mide el brillo de la superficie, a representa la intensidad del color verde y rojo y b la intensidad del color azul y amarillo. Con los valores de a y b se calculó croma (C^*) y el ángulo de tono (Hue^*) de acuerdo a lo reportado por Galotto (2010) y Monar (2014).

b. Textura.

Se midieron cubos de aproximadamente 1cm de lado, con la ayuda de un vernier, y se les determinó el parámetro de textura utilizando un texturometro

BROOKFIELD CT3. El análisis de textura por compresión requerido de un embolo cilíndrico de aluminio de 3.6 mm de diámetro, la velocidad fue de 1mm/s y la distancia recorrida fue del 25% del total del espesor de la muestra (Ochoa *et al.*, 2012).

c. Humedad.

Se determinó secando la muestra en una estufa a 80°C y por diferencia de pesos, de acuerdo al método (AOAC, 2000).

G. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DEL QUESO FRESCO

i. Bacterias mesófilas aeróbias.

La evaluación del contenido de bacterias mesófilas aeróbias se realizó por siembra en profundidad, utilizando agar APC, durante 0, 7, 14 y 21 días (Baizabal, 2010).

ii. Mohos y Levaduras.

La evaluación del contenido de hongos se realizó por siembra en profundidad, utilizando agar OGY, durante 0, 7, 14 y 21 días (Baizabal, 2010).

H. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN QUESO FRESCO

Para los extractos de queso fresco, se colocaron 5 g de queso fresco triturado en el matraz volumétrico de 25 ml y se aforo con el agente extractante. La mezcla se transfirió a un vaso de precipitados y se mantuvo en agitación, a temperatura ambiente, por 2 h. Posteriormente, se filtró en un embudo Büchner a través de papel Whatman No. 1. El extracto obtenido se colocó en tubos de ensayo forrados con papel aluminio y se almacenara en refrigeración durante 1 día y se prosiguió con la metodología descrita en la sección b, con la excepción de que no se realizó ninguna dilución a los extractos (Kuskoski, 2004).

I. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL QUESO FRESCO AROMATIZADO.

Se realizará pruebas sensoriales afectivas para identificar el nivel de agrado de los quesos adicionados a diferentes concentraciones, utilizando una escala hedónica de 6 puntos, donde 6 corresponde a “muy bueno” y 1, a “muy malo”, Con un nivel de confianza al 95% con 30 repeticiones (jueces semi-entrenados). Los parámetros evaluados fueron: apariencia, color, textura, olor y sabor (Baizabal, 2010).

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para procesar los datos obtenidos durante la investigación se aplicó el análisis de varianza (ANVA), con un nivel de confianza del 95% y el test de Duncan ($p \leq 0.05$) para determinar las posibles diferencias entre las muestras de queso con la adición de aceite esencial de chachacoma, para lo cual se empleó el software SPSS V 24 en español. Para comparar el efecto de las concentraciones de aceite esencial de chachacoma en el queso tipo paria. Se aplicó el diseño estadístico Modelo Lineal General.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA

El procedimiento de extracción del aceite esencial de chachacoma por el método de hidrodestilación tuvo una duración de 2 horas con 15 minutos, siendo a los 13 minutos cuando se presenciaron las primeras gotas del destilado y notándose también que en la primera hora es donde se obtuvo la mayor parte del aceite esencial de chachacoma.

El rendimiento logrado para la chachacoma fue de 0.85% (v/p en muestra seca). Por lo que, se puede decir que el rendimiento de extracción obtenido es bueno ya que autores como Alvarez (2004) ha reportado que la mayoría de los aceites esenciales aromáticos tienen rendimiento de extracción de 1 a 2% y según Zekaria (2006) reporta rendimientos bajos variando entre 0.01% y 2.00%.

Algunos autores informan rendimientos para el Senecio : según Ochoa, et al.,(2012) de 1.26% p/p obtenido por el método de destilación con arrastre de vapor , Valdez (2008) reporta 1.7% v/p obtenido por el método de destilación por arrastre de vapor, Perez et al. (1999) relata rendimiento de 0,57% v/p obtenido a partir de hojas de *S. graveolens* Wedd por hidrodestilación. Otros autores relatan valores de rendimiento para dos especies de género senecio: *S. mustesii* de 0.72%v/p y *S. subpanduratus* de 0.81%v/p, obtenidos por hidrodestilación, a partir de hojas y tallos frescos (Arancibia et al., 2010)

Aceite esencial de *S. pandurifolius* fue extraído por hidrodestilación a partir de hojas, flores y tallos con rendimientos de 0.24% v/p, 0.15% v/p y 0.19% v/p respectivamente, observándose diferencia en los rendimientos en función a los órganos de la planta (Kahriman et al., 2011)

La variación en el rendimiento de aceites esenciales es influenciada por factores tales como el origen, especie y órgano de la planta, condiciones climáticas y de

crecimiento (temperatura, fertilizantes, tierra de cultivo), así como el método de extracción y la forma de almacenamiento del aceite (Blanco y Agudelo, 2007)

En el presente estudio el método de extracción probablemente influyó en el rendimiento comparado con el reportado por Ochoa et al. (2012) Ya que según Bandoni (2000) relata que en la presencia de agua y principalmente a altas temperaturas pueden ocurrir reacciones que favorecen la formación de compuestos, como alcoholes y ácidos por descomposición de los ésteres, causantes de disminución en la producción de aceite, siendo una de las desventajas de la hidrodestilación, dado que la cantidad de agua presente en la extracción puede producir mayor hidrólisis. Pero comparado con los otros autores se encuentra en el rango; Pierozan et al. (2009). Relata que el proceso de secado de la muestra es otro factor de importancia en el rendimiento del aceite esencial, debido a que durante el corte se rompen células que contienen aceite esencial y en el secado se pierden debido a su alta volatilidad y adicionalmente al método de extracción y proceso de secado se sumarian el área de cultivo, especie, edad de la planta y factores genéticos.

4.2. ANÁLISIS FÍSICO Y ORGANOLEPTICO DEL ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA

a. Determinación de las características organolépticas

En la tabla 12 se muestra los resultados de las características organolépticas del aceite esencial de chachacoma, donde se observa los parámetros medidos como color, olor, sabor y aspecto; podemos observar para: color ligeramente amarillo, el olor característico de la planta, el sabor amargo y aspecto oleoso. Los resultados obtenidos son los mismos descritos por Ochoa *et al.*, (2012), Cabrera, (2005), Murillo & Soncco, (2017) y Valdez (2008) en el aceite esencial de *Senecio graveolens* Wedd, cuyos parámetros se tomaron como referencia para la respectiva comparación, por lo que el aceite esencial obtenido cumple con las características organolépticas para su control de calidad

Tabla 12. Características organolépticas del aceite esencial de chachacoma.

PARÁMETRO	RESULTADO
Color	Ligeramente amarillo
Olor	Suigéneris.
Sabor	Astringente, amargo, pungente.
Aspecto	Aceitosa, oleosa.

b. Determinación de los parámetros físicos del aceite esencial de chachacoma

En la tabla 13 se observa los parámetros físicos del aceite esencial de chachacoma, en donde podemos observar la densidad y índice de refracción.

Tabla 13. Parámetros físicos del aceite.

PARÁMETRO	RESULTADO
Densidad relativa	0.8616
Índice de refracción	1.4530

Donde se muestra la densidad (20°C) que fue de 0.8616g/ml, similar al obtenido por Cabrera, 2005 donde el aceite esencial de *Senecio nutans* presenta una densidad promedio de 0.8932 g/mL, Ochoa et al., 2012 presento una densidad de 0.8756 en el aceite esencial de *Senecio graveolens* Wedd y Murillo & Soncco, 2017 presento una densidad de 0.84582 g/ml en el aceite esencial de *Senecio nutans* Schultz-Bip. En los estudios de Castellanos, (2014) , la densidad de un aceite esencial no es constante, y, depende de varios factores como la madurez de la planta, método de extracción , purificación, y edad del aceite, en esta misma referencia, se indica que los aceites esenciales tienen una densidad en el rango de 0.84 g/mL y 1.2 g/mL, si se llega el caso de obtener un aceite esencial en un rango superior es debido a que los compuestos que se encuentran en mayor proporción en el aceite esencial son fenoles. El resultado de densidad del presente trabajo indicaría calidad y pureza de nuestro aceite esencial, no siendo afectado por el método de extracción en igualación a otras especies, pero si probablemente por la

naturaleza de la planta y condiciones climáticas del área geográfica de origen (Murillo y Soncco, 2017).

El índice de refracción del aceite esencial de *Senecio nutans* obtenido fue de 1.4432 que muestra el predominio de hidrocarburos monoterpenicos y en menor proporción de compuestos bencénicos (Cabrera, 2005). Dicho valor es cercano al valor de 1.4530 obtenido por Cabrera, 2005 para aceite esencial de *Senecio nutans*; 1.4726 obtenido por Ochoa *et al.*, 2012 en el aceite esencial de *Senecio graveolens* Wedd y 1.4685 obtenido por Murillo & Soncco, 2017 en el aceite esencial de *Senecio nutans* Schultz-Bip. Castellanos, (2014) discute que los aceites esenciales que tienen índices de refracción en un rango entre 1.46 y 1.61 a 20°C, se consideran de buena calidad.

En la tabla 14 se puede observar la solubilidad del aceite esencial de chachacoma (*Senecio nutans*) en agua, etanol 96% y metanol dando como resultado No soluble. Cristalino y cristalino respectivamente.

Tabla 14. Solubilidad del aceite esencial de chachacoma

SOLUCIÓN	ASPECTO	SOLUBILIDAD
Agua	Dos fases	No soluble
Etanol 96%	Cristalino	Soluble
Metanol	Cristalino	Soluble

En la solubilidad de los aceites esenciales en solventes orgánicos, se emplean normalmente disoluciones de alcohol etílico de elevada graduación alcohólica, comprendidas entre y la solubilidad será tanto 110 mayor cuanto mayor sea la riqueza en componentes oxigenados (Murillo & Soncco, 2017).

c. Determinación de la capacidad antioxidante

En el anexo A se presenta la determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de chachacoma se usó la ecuación $y=386.9x + 3.178$, con un coeficiente de correlación de 0.996 descrita por Ochoa *et al.* (2012). Para el

aceite esencial de chachacoma, se determino una capacidad antioxidante de $257,6 \pm 0.1$ mg Trolox/ 100ml de aceite esencial, al comparar la capacidad antioxidante con otros aceites esenciales, $0.98\text{mg trolox} /100\text{ml}$ aceite para el aceite esencial de la raíz de dong quai o tambien llamado gingseng hembra (Li *et al.*, 2007), 233.93 ± 7.06 mg trolox/100ml aceite para el aceite esencial de romero (Ochoa *et al.*, 2012) donde podemos observar que la capacidad antioxidante del aceite esencial de chachacoma es superior al compararlas. Según Arango *et al.*, 2012; esta capacidad antioxidante puede deberse principalmente a su alto contenido del principio activo del aceite como es el Sabineno (56%).

4.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DE QUESO FRESCO TIPO PARIÁ

4.3.1. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

En la figura 18 se muestra la capacidad antioxidante de las muestras durante su almacenamiento podemos observar un incremento notorio de la capacidad antioxidante al pasar los días, también que el T2 es el que muestra un mayor incremento en el día 21 ($79.80\text{mgTrolox}/100\text{g}$ de muestra), seguido de T1 ($61.35\text{mgTrolox}/100\text{g}$ de muestra).

Al comparar los resultados obtenidos para la capacidad antioxidante de los quesos con jugo de arándano y té verde en helado comercial, los cuales poseen valores de capacidad antioxidante de 646 y $459\text{mgTrolox}/100\text{ml}$ de jugo como porciones equivalentes. Según Baizabal, (2010), esta superioridad se puede atribuir a que, aun cuando un aceite esencial posee una actividad antioxidante, las porciones incluida en el queso son muy pequeñas para causar un efecto antioxidante notorio.

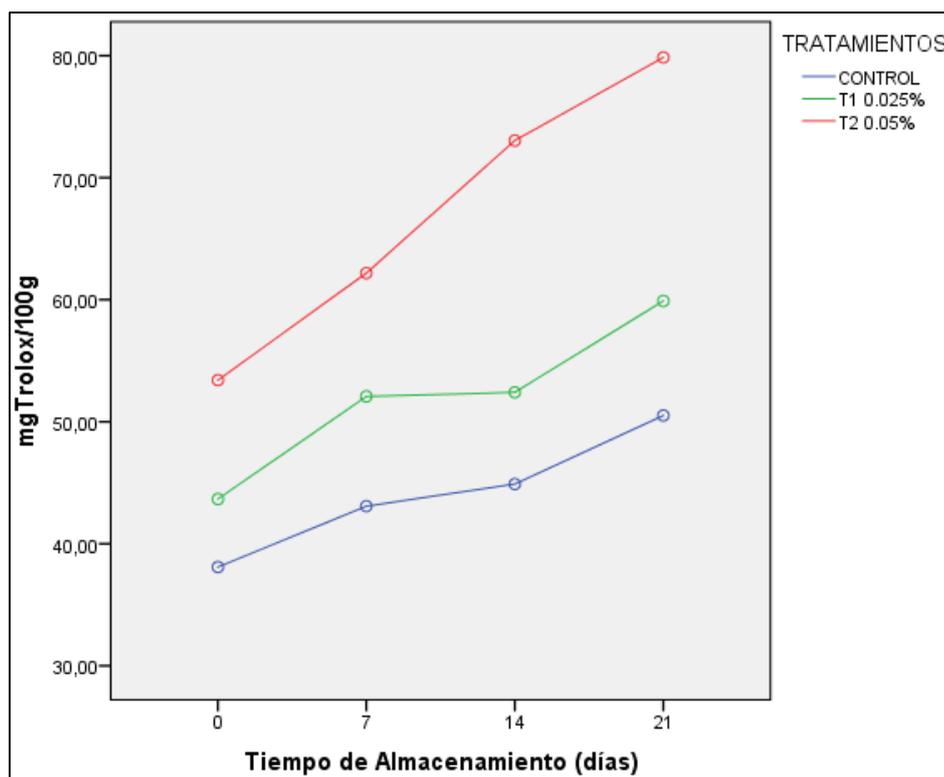


Figura 18. Capacidad antioxidante durante el almacenamiento.

Al comparar con los resultado reportados por Baizabal, (2010), del queso elaborado con aceite esencial de Romero que reporta valores de queso sin aceite esencial se encontró valores entre 50 – 65 mgTrolox/100g en un extracto etanol agua (70:30 v/v) de muestra al compararlos notamos que se encuentra en el rango con respecto al queso control en un extracto de metanol; pero al comparar el queso preparado con aceite esencial al 0.025ml de AE de romero x kg de cuajada se encontró valores entre 40 – 70 mgTrolox/100g de muestra en un extracto etanol agua (70:30 v/v) al confrontar con el queso T1 (0.025%) notamos que es ligeramente superior (61.35mgTrolox/100g de muestra) en un extracto de metanol, con respecto al queso T2 (0.05%) notamos que es superior (79.80 mgTrolox/100g de muestra) en un extracto de metanol, según Matos *et al.*, (2010), la concentración del solvente en el proceso de extracción es importante, se muestra que cuanto más puro sea el solvente los resultados serán mejores y mayores.

En la Tabla 16 y Tabla 17 (anexo E) se presenta el analisis de varianza de la evaluacion de capacidad antioxidante con diferetes concentraciones de AE de

chachacoma, existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de capacidad antioxidante, es decir que existe diferencia entre tratamiento con diferentes concentraciones y el control; así como para el tiempo de evaluación, con un 95% de nivel de significancia, por lo que fue necesario realizar la prueba de comparación Duncan tal como se muestra en la tabla 18 (anexo E) donde se evidencia que existe diferencia entre control, T1 y T2; donde indica claramente que a mayor concentración de aceite esencial de chachacoma incrementa la capacidad antioxidante siendo el mejor tratamiento la concentración de 0.05% además podemos observar que a mayor tiempo de almacenamiento los valores de capacidad antioxidante suben, según Revilla *et al.*, (2016) indican que el tiempo de curación es uno de los factores más relevantes que influye en la presencia de sustancias antioxidantes en los quesos, al margen de que la leche sea de vaca, oveja o cabra en los primeros meses, hasta el tercero o el cuarto mes, porque al principio a partir de las proteínas se generan péptidos aún más antioxidantes, otro factor que influye levemente es la época del año en la que ha sido elaborado el queso, ya que los de verano tienen una actividad antioxidante ligeramente más alta al margen de estos condicionantes, la vitamina A junto con algunas proteínas son las sustancias más destacadas como antioxidantes en los quesos.

Según Silva *et al.*, (2012) indican que durante la elaboración, almacenamiento y/o maduración de los quesos existe una gran liberación de péptidos derivados de las caseínas, ya que tienen una estructura abierta y flexible lo cual las hace muy susceptibles a la hidrólisis. Estas proteínas se componen de alrededor de 200 aminoácidos en sus secuencias y tienen la capacidad de liberar unos 20,000 tipos de péptidos a partir de sus moléculas, muchos de los cuales podrían presentar alguna actividad biológica y antioxidantes que podrían contribuir a las propiedades benéficas atribuidas a los quesos.

4.3.2. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA

En figura 19 y 20 se muestran los resultados obtenidos del recuento microbiológico de mesófilos aerobios y levaduras, durante los 21 días de

almacenamiento de las muestras. Su crecimiento estuvo dentro de los parámetros establecidos en bibliografía, esto indica que el tratamiento térmico empleado para el procesamiento del queso fue óptimo, utilizando tiempos y temperaturas adecuadas (Rojas, 2018).

→ **Mesófilos aerobios**

En la figura 18 observa el recuento microbiano de la muestra control que presentó 3.43 logUFC/g valor que es superior a las encontradas en las muestras T1 (2.97 logUFC/g) y T2 (2.63 logUFC/g) al 0 días. El crecimiento de mesófilos aerobios fue incrementando al transcurrir el tiempo de almacenamiento dando a notar un mayor crecimiento el día 21, en la muestra control (5.65 logUFC/g) en comparación a la muestra T1 (3.84 logUFC/g) y T2 (3.43 logUFC/g), Rojas (2018) presenta valores en quesos con recubrimiento comestible a base de aceite esencial de jengibre para muestra Q presentó 3.11 log UFC/g valor que es superior a las log UFC/g encontradas en las muestras QR (2.90) y QRA (2.95). El crecimiento fue incrementando al transcurrir el tiempo de almacenamiento dando a notar un mayor crecimiento en la muestra Q (5.05 logUFC/g) en comparación a la muestra QR (3.99 logUFC/g) y QRA (3.89 logUFC/g); Baizabal (2010) en su queso elaborado con aceite esencial de romero y polvo presenta valores de $3.30E+06 - 4.11E+08$ UFC/g para el queso testigo en 0 y 20 días respectivamente; $1.05E+06 - 2.60E+08$ UFC/g para el queso con polvo de romero en 0 y 20 días respectivamente y $9.12E+05 - 9.83E+07$ UFC/g para el queso con aceite esencial en 0 y 20 días respectivamente. Al comparar los resultados con estos dos autores presenta valores similares a los reportados por Rojas (2018) e inferiores reportados por Baizabal (2010) esta diferencia se debe al proceso de pasteurización y concentración del aceite aplicado. Lo cual garantiza que al adicionar aceite esencial a mayor concentración inhibe la presencia de mesófilos aerobios, de esta manera se evita alteraciones en el queso que pueden afectar su calidad.

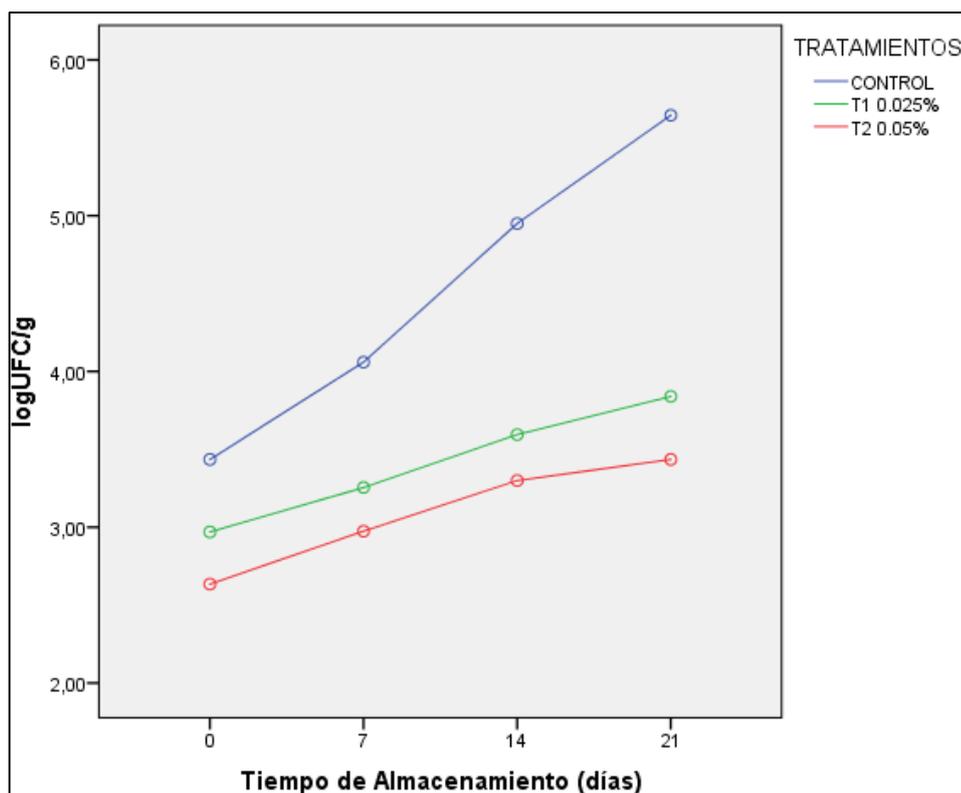


Figura 19. Efecto antimicrobiano del aceite esencial sobre mesófilos aerobios en queso fresco tipo paria.

En la tabla 19 y 20 de (anexo F) se presenta el analisis de varianza del efecto antimicrobiano sobre queso fresco tipo paria a diferetes concentraciones de AE de chachacoma, existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores del efecto antimicrobiano, es decir que existe diferencia entre tratamiento con diferentes concentraciones y el control; con un 95% de nivel de significancia, por lo que fue necesario realizar la prueba de comparación Duncan tal como se muestra en la tabla 21 (anexo F) donde se evidencia que existe diferencia entre control, T1 y T2; donde indica claramente que a mayor concentracion de aceite esencial de chachacoma incrementa el efecto antimicrobiano siendo el mejor tramamiento la concentracion de 0.05% y durante el tiempo de almacenamiento no hubo diferencia significativa.

→ Mohos y levaduras

En el recuento de mohos durante el almacenamiento se observó que no hubo crecimiento en ninguna de las muestras durante el tiempo de

almacenamiento y con respecto a levaduras se identifica un crecimiento inicial de 0 en las tres muestras, al transcurrir el tiempo de almacenamiento aumentó el recuento de UFC/g se evidencia un mayor crecimiento al veintiunavo día de almacenamiento de las muestra control (2.72 logUFC/g) y T1 (2.42 logUFC/g) en comparación a la muestra T2 (1.89 logUFC/g), Rojas (2018) reporta el recuento de mohos y levaduras un crecimiento inicial de 4,77 UFC/g en las tres muestras, al transcurrir el tiempo de almacenamiento aumentó el recuento de UFC/g. Se evidencia un mayor crecimiento al noveno día de almacenamiento de las muestras Q (7,85 UFC/g) y QR (8,16 UFC/g) en comparación a la muestra QRA (7,54 UFC/g); Baizabal (2010) muestra resultados de 0 al inicio y al transcurrir el tiempo fue incrementando presentando a los 20 días $1.22E+04$ UFC/g para el queso testigo, $4.04E+03$ UFC/g para queso con polvo de romero y $1.13E+03$ para queso con aceite esencial de romero; González y Franco (2015) reportan 3.59 ± 0.71 Log UFC/g para queso de aro consumido en la Cañada Oaxaqueña con un mínimo de 2 y un máximo de 5 Log UFC/g; al comparar nuestros resultados son inferiores a los reportados por estos autores. Granados et al. (2010) mencionan que la presencia de hongos en queso fresco se debe a que el ambiente de trabajo, los equipos, utensilios y el almacenamiento presentan deficiencias higiénicas. Castro *et al.* (2013), mencionan que las levaduras actúan como contaminantes en productos lácteos ya están presentes en la leche y las condiciones de procesamiento favorecen su desarrollo, pudiendo causar alteraciones en los quesos, siendo los defectos más comunes; el sabor mohoso, cambios en la textura, la excesiva formación de gas (hinchazón de quesos), así como la decoloración y crecimiento superficial. Por último, algunos autores consideran que las levaduras no producen enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), pero pueden causar deterioro en el producto.

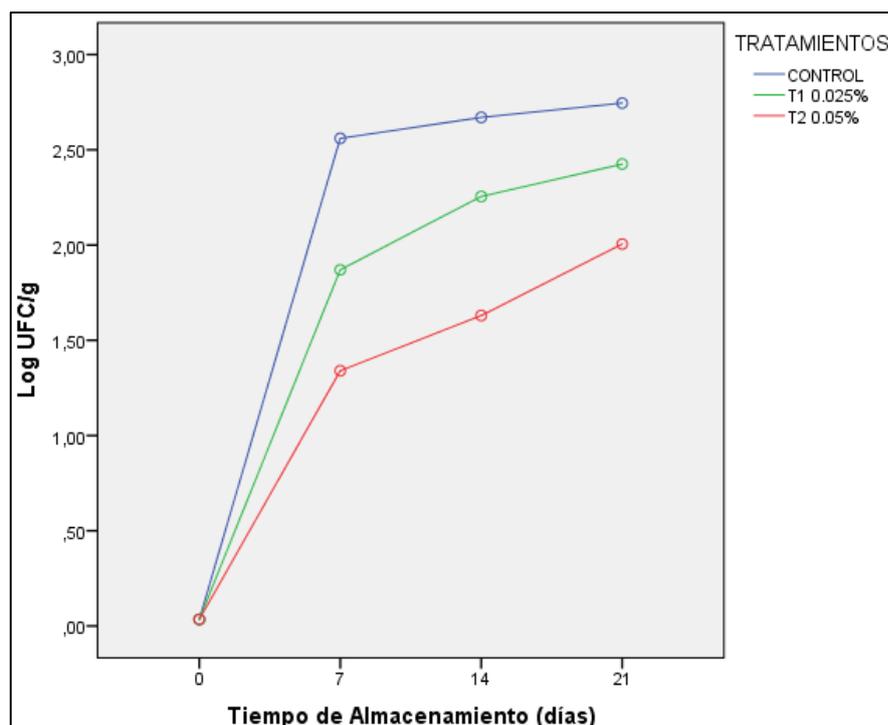


Figura 20. Efecto antifúngico, en levaduras del aceite esencial sobre el queso fresco tipo paria.

En la tabla 22 y 23 de (anexo G) se presenta el análisis de varianza del efecto antifúngico sobre queso fresco tipo paria a diferentes concentraciones de AE de chachacoma, existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores del efecto antifúngico, es decir que existe diferencia entre tratamiento con diferentes concentraciones y el control; con un 95% de nivel de significancia, por lo que fue necesario realizar la prueba de comparación Duncan tal como se muestra en la tabla 24 (anexo G) donde se evidencia que existe diferencia entre control, T1 y T2; donde indica claramente que a mayor concentración de aceite esencial de chachacoma incrementa el efecto antifúngico siendo el mejor tratamiento la concentración de 0.05%, se comprueba que al adicionar aceite esencial en las muestras de queso fresco, se ralentiza el desarrollo fúngico, factor que es de gran importancia, ya que en todos los productos lácteos generalmente este crecimiento se detecta en grandes cantidades (Medina, y otros, 2014).

4.4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE QUESO FRESCO TIPO PARIÁ AROMATIZADO CON ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA A DIFERENTES CONCENTRACIONES

4.4.1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA SOBRE EL COLOR Y LOS PARAMETROS a^* , b^* y L^* Y EL VALOR ΔE^*

Para poder observar el efecto de la concentración durante el almacenamiento en la variación de color de las muestras de queso fresco tipo paria como se muestran en las figuras 21, 22, 23, 24, 25 y 26.

El valor a^* es un parámetro de color donde un valor alto positivo indica coloraciones rojas y valores negativos indican colores verdes. Por su parte, los valores de b^* indican colores amarillos (+) y azules (-) (Pérez & Fernández, 2011).

El valor L^* (una medida de luminosidad) tiene un ámbito de medición de 0 a 100 de oscuro a claro, respectivamente, donde el 0 equivale a negro y el 100 a blanco (Pérez & Fernández, 2011)

Como se observa en la figura 21 notamos que la tendencia de los valores a^* decrecen en los tres tratamientos pasado los días, ósea quiere decir que se hacen menos rojos, también podemos observar que el queso con mayor adición de aceite esencial (T2) tiene una mayor disminución (+3.40) con respecto a los otros dos tratamientos.

Muchuweti et al. (2007) encontró que el orégano tiene una alta actividad antioxidante y éste, combinado con ácido ascórbico, puede reducir la oxidación lipídica en carne molida, retrasando la decoloración en la superficie; por lo que la adición de pequeñas cantidades de otros preservantes naturales no solo puede

ser la vía para obtener un balance entre la aceptación sensorial y la eficacia antimicrobiana (Gutiérrez et al., 2008) sino también una alternativa para retrasar la decoloración en la superficie del producto. Según Campo, *et. al.*, 2017, los valores para el parámetro a^* decreció, lo que indica un pardeamiento oxidativo de la muestra, puesto que, al someter el material biológico a un mínimo procesamiento, se aumenta la susceptibilidad a la oxidación.

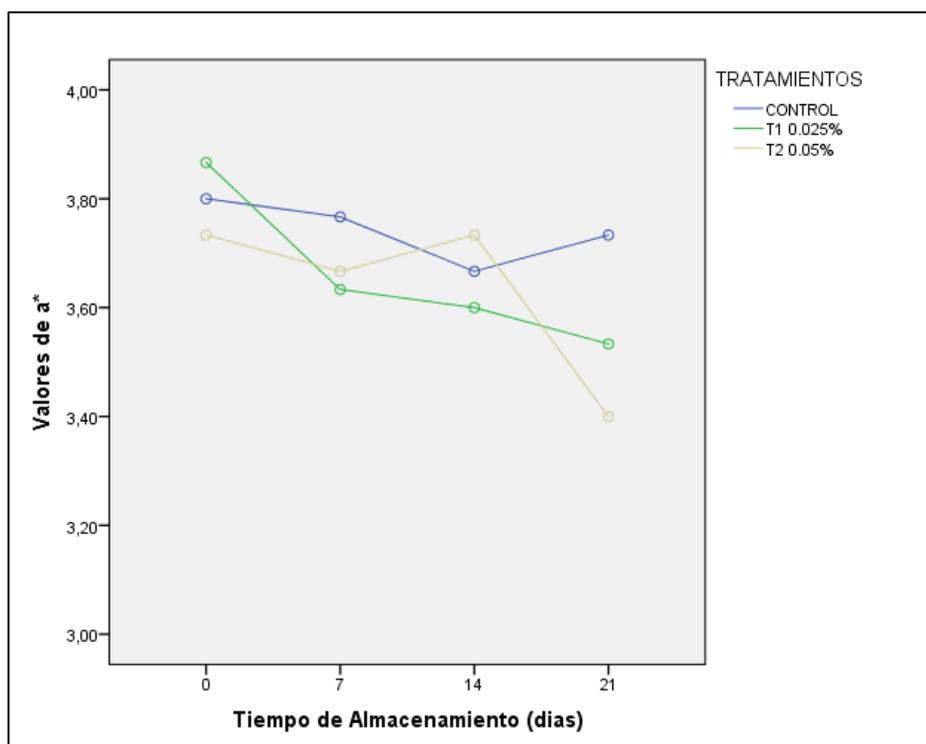


Figura 21. Valores de a^* en el queso testigo y queso con aceite esencial durante su almacenamiento.

Sin embargo, en términos generales no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos con respecto al valor a^* (Tablas 25 y 26 Anexo G).

La adición de aceite esencial al queso los valores de b^* (Figura 22). se observa un incremento durante el tiempo de almacenamiento del parámetro b^* en la muestra control (+16.47), mientras que este valor es menor en los tratamientos adicionado con aceite esencial durante el almacenamiento.

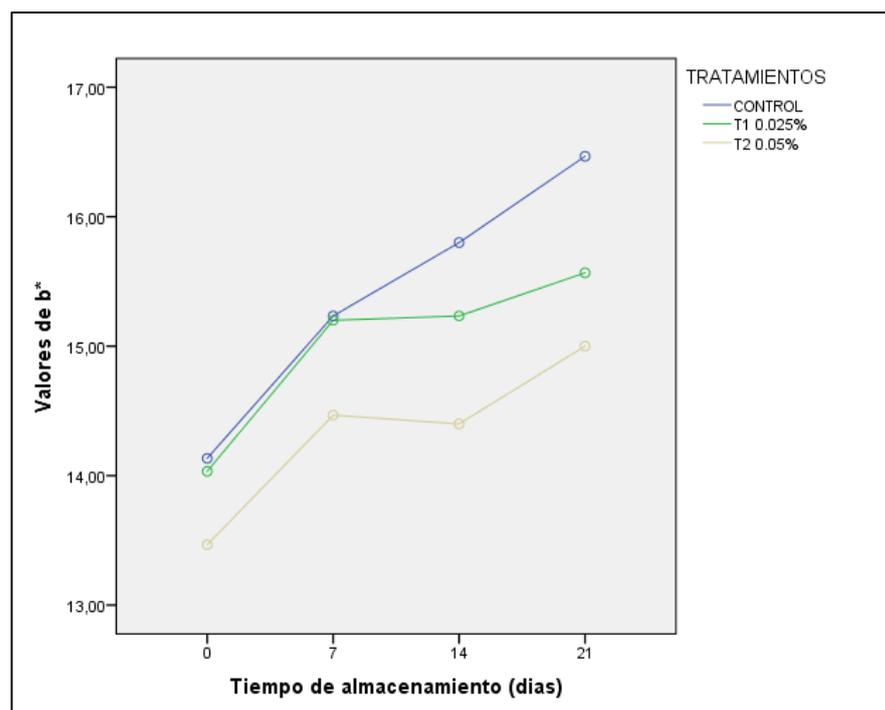


Figura 22. Valores de b^* en el queso testigo y queso con aceite esencial durante su almacenamiento.

Según Lizano (2013) por el pequeño ámbito en que se encuentran los valores de b^* , se puede decir que las diferencias de coloración observadas se deben principalmente a las variaciones de a^* . estadísticamente hay diferencia significativa entre tratamiento y tiempo de almacenamiento como se muestra en las Tablas 27 y 28 (anexo G) por la cual fue necesario hacer una prueba de duncan (Tabla 29), donde podemos observar hay diferencia significativa entre el control y T2, sin embargo, no hay diferencia entre el control y T1.

La luminosidad durante el almacenamiento, en el parámetro L^* disminuyó en los tres tratamientos. Observándose que en la muestra control tuvo un descenso constante, mientras que el T1 mostro un valor L^* (+89.63 - +88.97) casi constante sin embargo el T2 a la primera semana tuvo un descenso pronunciado y los días siguientes se mantuvo constante; sin embargo, no presentó diferencias significativas entre el control y T2, ni T1 y T2, pero si presentó diferencia significativa entre control y T1 (tablas 30 y 31 anexo G).

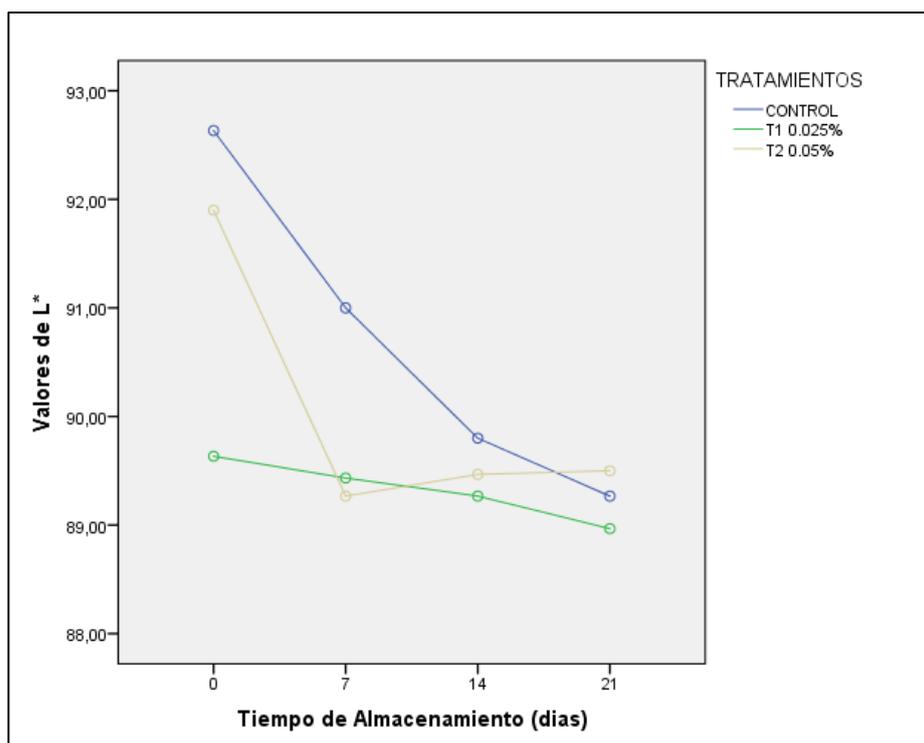


Figura 23. Valores de L^* en el queso testigo y queso con aceite esencial durante su almacenamiento.

Según se observa en la Figura 23, el valor de C^* disminuyó el día 0 al agregarle aceite esencial de chachacoma a más concentración, durante el almacenamiento, los valores del parámetro de color C^* se disminuyen en las muestras tratadas con aceite de chachacoma y el control. En el caso de la muestra control se observa un incremento constante, mientras que los T1 y T2 muestras un incremento pronunciado en la primera semana mientras que los días posteriores el incremento es mínimo; a partir de la tercera semana se tiene un incremento, mostrándose un color más intenso.

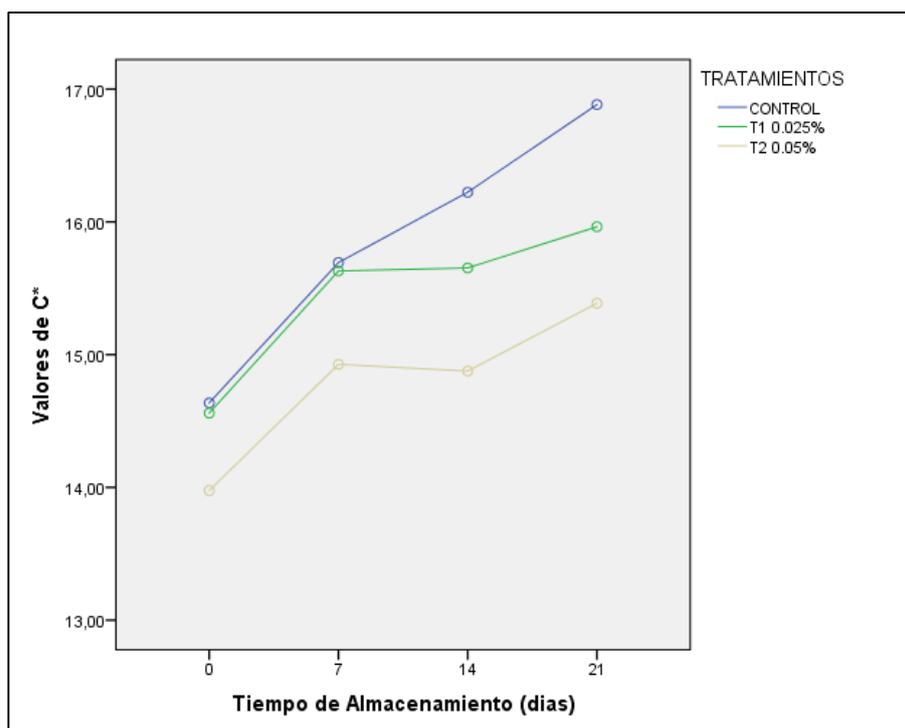


Figura 24. Valores de C* en el queso testigo y queso con aceite esencial durante su almacenamiento.

El croma (C*) es una medida de intensidad o saturación y es calculada como $(a^*+b^*)/2$. En una muestra de color rojo de diferentes diluciones, la intensidad va de color rosado a rojo y tendrá el mismo ángulo de tono pero aumentando los valores del croma. Según MacDougall (2000), una disminución del parámetro croma (intensidad del color) se relaciona con la degradación del color a una coloración menos intensa, opaca. Mientras que el color se percibe más brillante o intenso con un aumento en el parámetro C*. Estadísticamente hay diferencia significativa entre tratamiento y tiempo de almacenamiento como se muestra en las Tablas 33 y 34 (anexo G) por la cual fue necesario hacer una prueba de duncan (Tabla 35).

La adición de los aceites esenciales tiene como efecto un aumento del valor h, producto de una disminución de a^* y un aumento de b^* , con respecto al control (Día 0) (Figura 25). Sin embargo, todos los valores son superiores a los encontrados por Ripoll et al. (2012) de $26,67 \pm 7,481$. Durante el

almacenamiento, el parámetro de color h^* aumentó de manera evidente en las muestras en las que se aplicó aceite esencial de pimienta de Jamaica, lo que implica coloraciones más anaranjadas; en los demás casos disminuyó levemente.

La adición del aceite esencial tiene como efecto una disminución del valor h , producto de una disminución de a^* y un aumento de b^* , con respecto al control (Día 0) (Figura 25).

El ángulo de tono es el color propiamente. Éste se deriva de las coordenadas a^* y b^* y es determinado como arcotangente b^*/a^* . Este ángulo se expresa en un sistema de coordenadas polares de 360° , donde $0^\circ =$ azulado-rojo, $90^\circ =$ amarillo, $180^\circ =$ verde, y $270^\circ =$ azul (Wrolstad *et al.*, 2005).

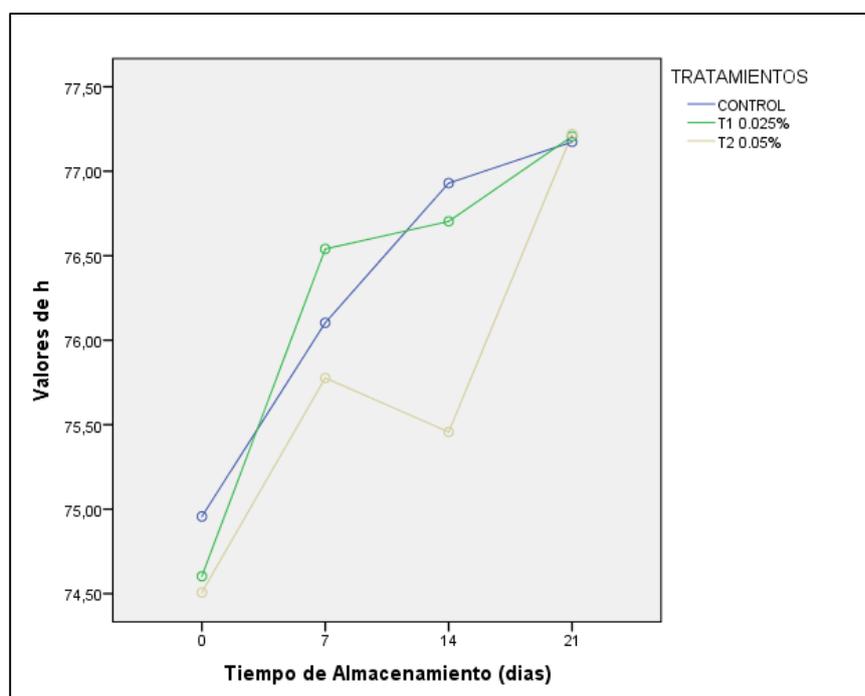


Figura 25. Valores de h en el queso testigo y queso con aceite esencial durante su almacenamiento

Las muestras tratadas con aceite esencial y control presentaron valores entre anaranjado-amarillo, según se observa en la Figura 24, donde todos los tratamientos tienen un aumento hacia el tono amarillo. estadísticamente hay diferencia significativa ente tratamiento y tiempo de almacenamiento como se

muestra en las Tablas 36 y 37 (anexo G) por la cual fue necesario hacer una prueba de duncan (Tabla 38).

El delta E (ΔE^*) es la diferencia de color entre dos muestras. Benzzo menciona que la percepción de dichas diferencias de color depende de la magnitud de éstas (Tabla 15). Por su parte, Obón et al. (2008) indican que, con un valor entre 1,5 y 5, la diferencia de color podría ser distinguida por la vista, mientras que si el valor es mayor a 5 es evidente esta diferencia.

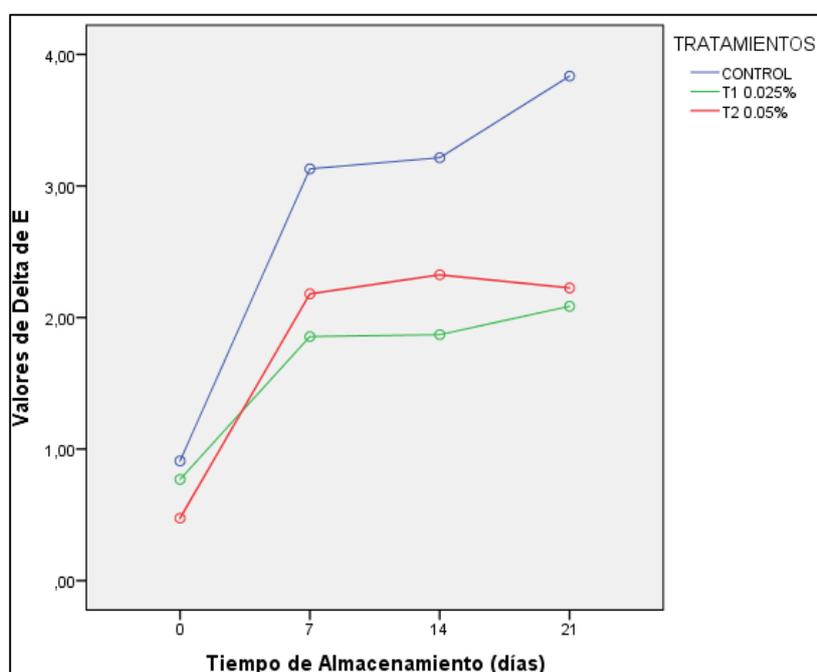


Figura 26. Cambio de color en los distintos quesos preparados con aceite esencial a diferentes concentraciones y control.

Tabla 15. Diferencia de color del sistema CIELAB y grado de percepción

Diferencia de color	Percepción
Hasta 0,2	Imperceptible
0,2 – 0,5	Muy pequeña
0,5 – 1,5	Pequeña
1,5 – 3,0	Evidente
3,0 – 6,0	Muy evidente
6,0 – 12,0	Grande
Mayor a 12,0	Muy grande

Fuente: Benzzo (2005)

Existe una diferencia significativa entre tratamiento y tiempo de almacenamiento como se muestra en las Tablas 39 y 40 (anexo G) por la cual fue necesario hacer una prueba de duncan (Tabla 41). entre la concentración de aceite y entre el factor tiempo lo que indica que el comportamiento del ΔE^* varió durante el almacenamiento y este comportamiento dependió de la adición de la concentración.

En la Figura 26, evidencia un aumento del ΔE para las muestras durante el almacenamiento. El valor para ΔE , que se conoce como una combinación de las coordenadas CIElab, es un parámetro colorimétrico de gran aplicación para evaluar la percepción del color (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005). La diferencia entre las muestras con aceite esencial y las muestras control es mayor, por lo que se reconoce que existe un efecto beneficioso del aceite esencial sobre la reducción en los cambios de color, el cambio de color en las muestras con aceite esencial sería casi imperceptible por el consumidor a simple vista desde el día 0, pues el valor ΔE es mayor a 0.5; conforme avanzó el almacenamiento, este cambio de color aumentó en la muestra control, mientras que en las muestras con aceites hubo un incremento ligero que a simple vista es evidente; en el caso del control el cambio es muy evidente a vista humana.

Según Baizabal (2010) el cambio de color se debe principalmente a la disminución en el valor de luminosidad de los quesos, por otro lado según Lizano (2013) en su estudio observo la disminución de la luminosidad en la muestra control acompañada de una mayor cambio en los valores de a^* y b^* , este comportamiento se debió por el empacado al vacío, condiciones en las que se desarrolla un color más oscuro, además, la adición de los aceites también produjo cambios de coloración diferentes a los ocasionados por la decoloración natural. Según Lupano, (2013) esta diferencia de color se trata de una reacción bastante compleja, relacionada con una reacción de los carbohidratos con los aminoácidos (abundantes en quesos), pasando por varias etapas con formación

de compuestos intermediarios (furfural, aldhidos, etc) y llegando finalmente a la formación de las lelanoidinas que le dan un color amarronado al producto conocida como la reacción de Maillard.

4.4.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA SOBRE LA TEXTURA

Las propiedades de textura son considerablemente apreciables al consumidor, siendo un aspecto importante para la aceptación del producto. Se realizó un análisis TPA analizando el parámetro de dureza.

En la tabla 42 y 43 de (anexo H) se presenta el analisis de varianza de la textura (Dureza) sobre queso fresco tipo paria a diferetes concentraciones de AE de chachacoma, existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de la dureza, es decir que existe diferencia entre tratamiento con diferentes concentraciones y el control; con un 95% de nivel de significancia, por lo que fue necesario realizar la prueba de comparación Duncan tal como se muestra en la tabla 44 (anexo H) donde se evidencia que existe diferencia entre control, T1 y T2; donde indica claramente que a mayor concentracion de aceite esencial de chachacoma incrementa la dureza del queso fresco tipo paria siendo el mejor tramamiento la concentracion de 0.05%. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 27, donde se observa un aumento de los valores de dureza con respecto al tiempo, lo que concuerda con lo reportado por Osorio, *Ciro et al.*, (2005) en donde menciona que durante la maduración ocurre una considerable hidrolisis de la grasas, lo cual tiene un papel importante en la textura. Inicialmente la muestra Control presento una dureza de 2.15 N, la muestra T1 presentó 2.83 N de dureza y la muestra T2 2.77 N, en el veintiunavo día de almacenamiento estos valores aumentaron en las muestra control (3.02 N), T1 (3.89) y T2 (4.62), se evidencia un valor de dureza más alto en la muestra T2 a diferencia de las otras muestras, resultados similares reporta Baizabal, (2010) y Rojas, (2018) en sus investigación sobre queso fresco esto puede deberse a que al adicionar el aceite esencial a mayor concentración sobre

el queso se logró mejorar su dureza, aspecto importante ya que al tener un producto más compacto se evita la eliminación de agua y gases en el periodo de almacenamiento (Rojas, 2018). Según Guzmán *et al.*, (2015) es posible que la dureza de los quesos en los primeros días fue menor por mayor contenido de humedad, pero la dureza aumento en los días posteriores por la mayor expulsión de lactosuero.

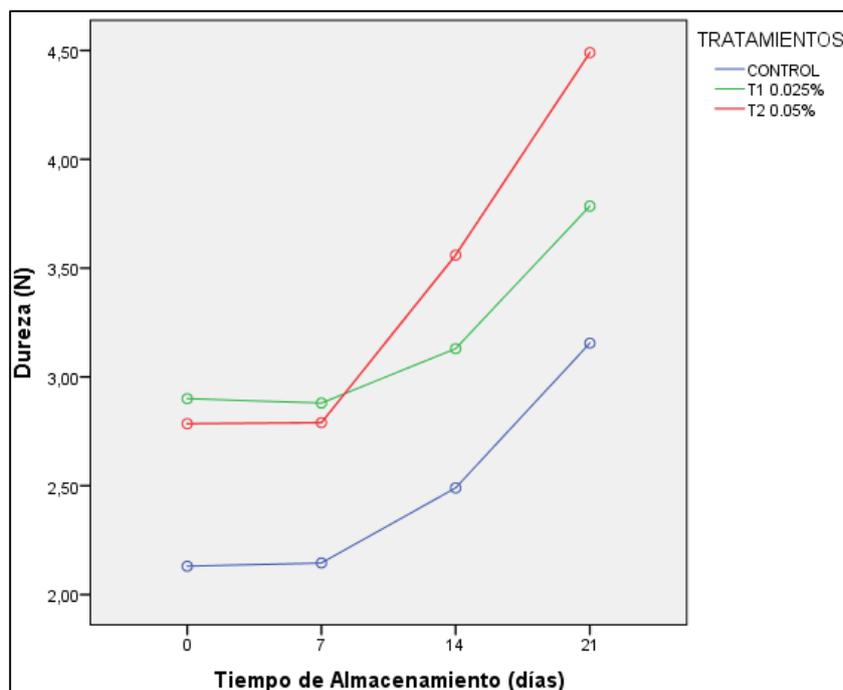


Figura 27. Efecto de la concentración de aceite esencial de chachacoma sobre la textura durante el almacenamiento.

4.4.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA SOBRE LA HUMEDAD

Los valores de humedad de las muestras se situaron entre el 42 % y 45.5%, como podemos observar en la figura 28, donde se observa que el queso control tiene una humedad superior a los otros dos tratamientos que se mantiene casi constante hasta el catorceavo día luego tiene un caída, por otro lado el T1 muestra un descenso la primera semana luego vuelve a incrementar la humedad hasta el catorceavo día y los días siguientes muestra un descenso; en T2 es relativamente estable durante su almacenamiento con un ligero aumento el

catorceavo día, estos resultados se encuentran dentro de los parámetros reportados por Baizabal, (2010), donde se menciona que se debe cumplir un % máximo de humedad para quesos frescos de 65%, sin embargo es importante controlar los mecanismos principales de expulsión de agua de la cuajada, uno de estos es el tamaño del corte que es proporcional al contenido de humedad deseado en el queso (Rojas, 2018).

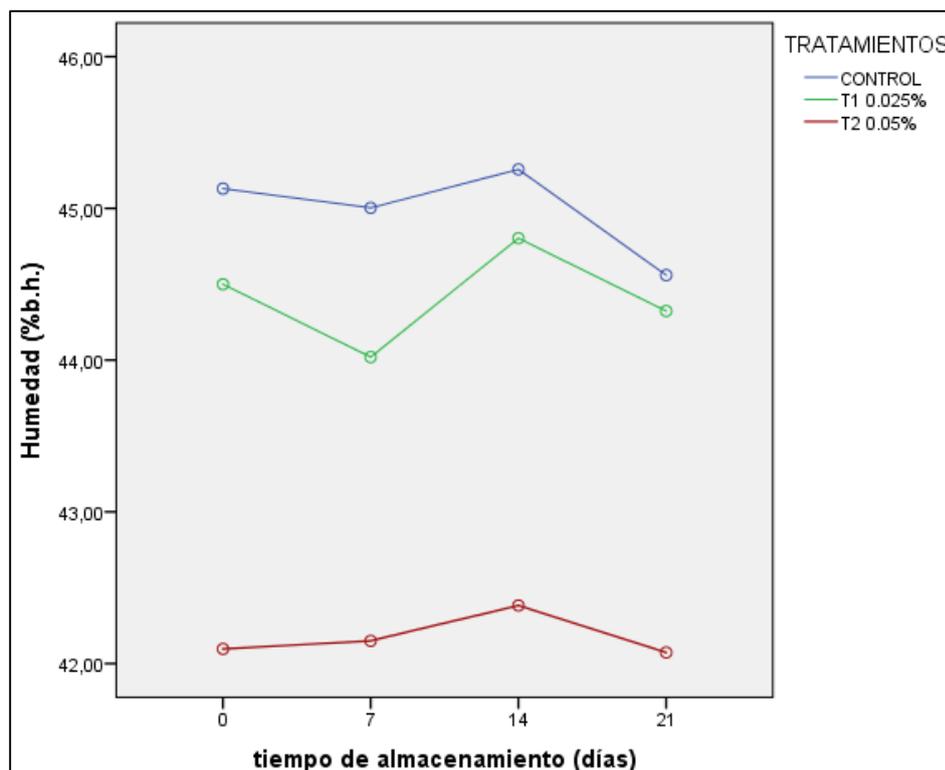


Figura 28. Efecto de la concentración de aceite esencial de chachacoma sobre la humedad durante el almacenamiento.

En la tabla 45 y 46 de (anexo I) se presenta el análisis de varianza de la humedad sobre queso fresco tipo paria a diferentes concentraciones de AE de chachacoma, existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de la humedad, es decir que existe diferencia entre tratamiento con diferentes concentraciones y el control; con un 95% de nivel de significancia, por lo que fue necesario realizar la prueba de comparación Duncan tal como se muestra en la tabla 47 (anexo I).

Según Baizabal, (2010) este fenómeno se debe atribuir a la variabilidad inherente entre distintos sistemas alimenticios, aun cuando pertenecen a un mismo tipo, también menciona que el agua presente en el queso se encuentra de tres formas: agua ligada a la estructura de algunos componentes de la cuajada, sobre todo las proteínas, el agua retenida por la fuerza de atracción a las partículas de la cuajada y grasa, el agua libre que contiene las sustancias solubles. Considerando lo dicho por Baizabal (2010) el queso con mayor concentración de aceite esencial posee una humedad menor al control y T1 ya que su contenido lipídico retiene más agua entre las partículas de grasa.

4.4.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL QUESO TIPO PARIÁ ADICIONADO CON ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA A DIFERENTES CONCENTRACIONES

De la evaluación sensorial de las muestras de queso fresco, se pudo establecer diferencias significativas, considerando un 95% de nivel de confianza (Tabla 48), este análisis se efectuó a los siete días de almacenamiento de las muestras de queso fresco. En general, se logró mejores calificaciones para el queso control, seguido del queso preparado con aceite esencial a menor concentración y por último el queso preparado con aceite esencial a mayor concentración. Sin embargo, el control y T1 se puede considerar como aceptable ya que al trasladar dicha calificación a escala hedónica estos se encuentran en el grado de aceptabilidad de “me gusta poco” y “me gusta mucho”, no obstante, el T2 con respecto a olor y sabor se encuentran en el grado de aceptabilidad de “me disgusta poco”.

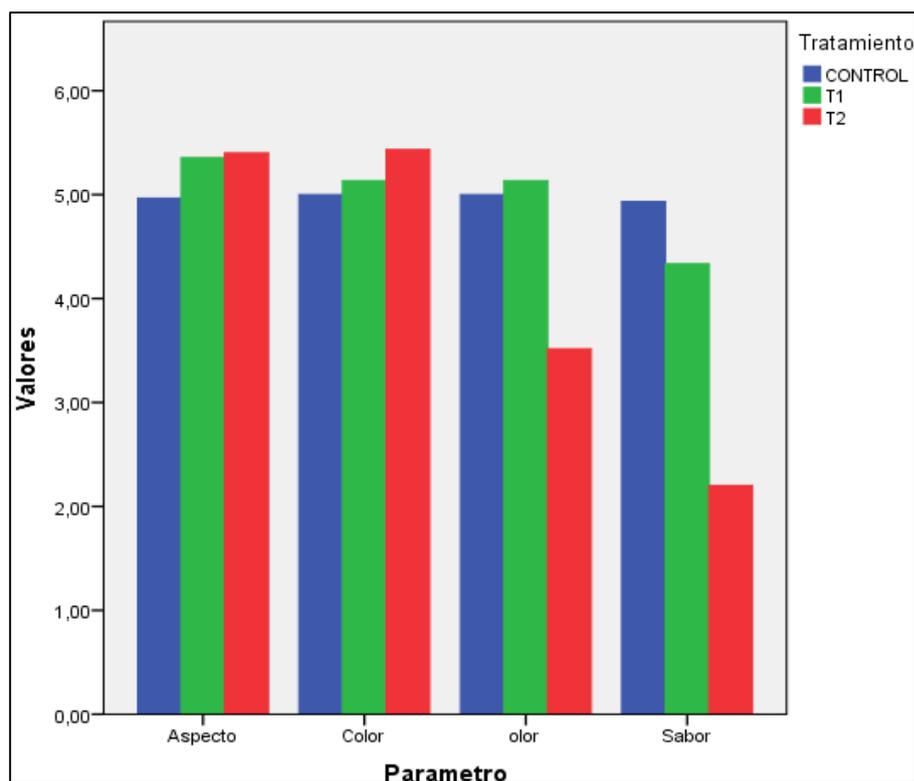


Figura 29. Efecto de la concentración de aceite esencial de chachacoma sobre el análisis sensorial del Queso fresco Tipo Paria.

Para los atributos de aspecto y color no se detectaron diferencias significativas (Anexo J) entre las tres muestras de queso. El sabor y olor se evidencian diferencias significativas entre las muestras de queso ya que el T2 presento un grado de aceptación menor con respecto al control y el T1 puesto que en estos atributos sensorialmente no es aceptable al sentido del gusto y olfato, lo que sensorialmente indica que el mejor tratamiento es el T1.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se llegó a las siguientes conclusiones.

El aceite esencial de chachacoma presenta buena capacidad antimicrobiana, antioxidante y mejora las propiedades físicas del queso fresco tipo paria a mayor concentración.

- La concentración de aceite esencial de chachacoma afectó significativamente en la capacidad antioxidante y capacidad antimicrobiana adicionada al queso fresco tipo paria almacenada a 4 ° C por 21 días; a medida que se incrementa la concentración mejora la capacidad antioxidante y antimicrobiana, siendo la concentración de 0.05% x kg de cuajada el mejor tratamiento comparado con la muestra control.
- Las propiedades físicas del queso fresco tipo paria mejoran significativamente a mayor concentración de aceite esencial ya que se mantiene constante al pasar los días de almacenamiento y las características sensoriales del queso fresco tipo paria adicionado con aceite esencial de chachacoma tiene un grado de aceptación a menor concentración.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un estudio del aceite esencial de chachacoma en recubrimientos comestibles para aprovechar más su capacidad antimicrobiana y antioxidante.
- Realizar trabajos de investigación sobre el aceite esencial de chachacoma sobre bacterias específicas aplicadas en alimentos como el queso.

REFERENCIAS

- Aguilar, J. E. (2014). *Determinación de la capacidad antioxidante de péptidos bioactivos aislados de queso crema de chiapas*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
- Alvarez, Z. (2004). *INTRODUCCION A LA INDUSTRIA DE LOS ACETES ESENCIALES EXTRAIDOS DE LAS PLANTAS MEDICINALES Y AROMATICAS*. Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
- Anchapuri, Z. B. (2014). *Tipos de sal y metodos de salado en la conservación de queso semiduro tipo paria*. Puno: Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International: Food Composition, Additives, Natural Contaminants*. Gaithersburg,. Maryland, EE.UU.
- Apumayta, J. (2015). *Caracterización de los componentes bioactivos y la aceptabilidad organoléptica del filtrante a base de Chachacoma (Senecio graveolens)*. Acobamba, Huancavelica: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA.
- Arancibia, L., Naspi, C., Pucci, G., & Arce, M. (2010). Plantas aromáticas de la patagonia: Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de Senecio mustersii y Senecio subpandutarus. *Boletín Latinoamericano de plantas Medicinales y Aromáticas*, 123-126.
- Arango, O., Pantoja, D., Santacruz, L., & Hurtado, A. (Julio-Diciembre de 2012). Actividad antioxidante del aceite esencial de orégano (*Lippia organoides* H.B.K) del alto patia. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 79-86.
- Baizabal, R. H. (2010). *Evaluación de la capacidad antioxidante y antimicrobiana del aceite esencial y del polvo de romero (Rosmarinus officinalis L.) en queso fresco de vaca*. Cholula, Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla.
- Bandoni, A. (2000). *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.

- Benzo, M. (2005). *Determinación objetiva del color en la elaboración de pastas modelo de embutidos crudo-curados. Tesis Magister en Tecnología y ciencias de Alimentos*. Santa Fé., Argentina: Universidad Nacional del Litotal.
- Blanco, K. M., & Agudelo, A. J. (2007). *Estudio comparativo de los aceites esenciales de lippia alba Mill N. E. Brown ex Britton & Wills cultivada con tres tipos de compost*. Universidad industrial de Santanter, Facultad de ciencias. Escuela de Química. Bucaramanga: Facultad.
- Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. New York.: Academic Press.
- Busatta, C., vidal, R. S., Popiolski, A. S., Mossi, A. J., Dariva, C., Rofrigues, M. R., . . . Cansian, R. L. (2008). Application of Origanum majorana L. essential oil as an antimicrobial agent in sausage. *Food Microbiology*, 25, 207-211.
- Cabrera, Z. (2005). *Determinación experimental de la extracción, caracterización fisicoquímica, identificación cromatografica y evaluación toxica letal del aceite esencial del Senecio nutans (chachacoma)*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ciencias Naturales y Formales.
- Campo, J., Vanegas, P., & Andrade, M. (2017). *Aceite esencial de cúrcuma (Curcuma longa L.) como agente antifungico en recubrimiento comestibles aplicados a zapallo (Cucurbita maxima) mínimanete procesado*. Valle de Caura, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Carpenter, R. (2002). *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia, S. A.
- Castellanos, M. A. (2014). *Determinación de los compuestos volátiles en la especie Pentacalia Vaccinioides, su estudio antioxidante y antimicrobiano*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Biológicas.
- Castro, G., Martínez, F. E., Martínez, A. R., & Espinoza, A. (2013). Caracterización de la microbiota nativa del queso Oaxaca tradicional en tres fases de elaboración. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 33, 105 - 109.

- Catalan, C. (2014). *Centros de investigación sobre propiedades útiles de plantas silvestres*. (Q. y. Facultad de Bioquímica, Ed.) Argentina: Centro de Investigaciones y Desarrollo de Fármacos.
- Chacón, A., & Pineda, M. L. (2009). *Características Químicas, Físicas y Sensoriales de un Queso de Cabra Adaptado del Tipo "Crottin de Chavignol"*. Agronomía Mesoamericana.
- CIHDE. (27 de Noviembre de 2015). Descubren en la Chachacoma propiedades anticancerígenas. *El morrocotudo*. Obtenido de <http://www.elmorrocotudo.cl/noticia/sociedad/descubren-en-la-chachacoma-propiedades-anticancerigenas>
- Contreras, E., & Ruiz, J. (2012). *ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA EL ACEITE ESENCIAL PRESENTE EN LA CÁSCARA DE POMELO (Citrus maxima)*. Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Química.
- De la Riva, D. F. (2010). *Comparación del contenido de fitatos, polifenoles y capacidad antioxidante de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) cruda y procesada. variedad salcedo INIA*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Decreto supremo N° 007-2017-MINAGRI. (2017). *Reglamento de la leche y productos lácteos*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Echuburú, C. (2014). *La citotoxicidad selectiva inducida por el extracto de fitoquímico de Senecio graveolens (Asteraceae) en las células de cáncer de mama se ve reforzada por la hipoxia*. Tarapacá, Arica, Chile: Centro de investigaciones del hombre en el desierto (CODECITE-CIHDE).
- FAO. (2011). *Proceso para la Elaboración de productos lácteos*. Guatemala: Proyecto GCP/GUA/012/SPA, II fase.
- FAO/OMS. (2008). *Norma general del Codex para el queso. Leche y productos lácteos* (2da edición ed.).
- Flores, M. C. (2010). *INVESTIGACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES, SUS CARACTERÍSTICAS Y FINALIDAD DE USO*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

- Galotto, M. J. (2010). *Medida de color de los alimentos. Propiedades físicas y estructurales de los alimentos*. Universidad de Santiago de Chile. Facultad Tecnológica. Programa de Doctorados de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Gamarra. (2003). *Extracción de betaninas de las semillas de ayrampo (Opuntia sochrensi Briton & Rose), evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de los extractos*. Lima, Perú: Tesis para Optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM.
- García, C., Martínez, A., Ortega, J., & Castro, F. (2010). *Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales*. Química Viva.
- García, H. (1988). *Esencial Naturales*. Madrid, España: Aguilar S.A.
- Gonzalez, A., & Fontana, S. (2012). *Por nuestra salud*. Santa Fe.
- González, L., & Franco, M. J. (Julio - Setiembre de 2015). Perfil microbiológico del queso de aro consumido en la Cañada Oaxaqueña. *Brazilian Journal Food Technology*, 18(3), 250 - 257. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.7514>
- Gordon, M. (2001). *El desarrollo del enranciamiento oxidativo en los alimentos. En antioxidantes de los alimentos*. (Pokorny, J., Yanishlieva, N. y Gordon, M. ed.). España: Acribia.
- Granados, C., Urbina, O. G., & Diofanor, A. C. (2010). *Tecnificación, caracterización fisicoquímica y microbiológica del queso de capa de Mompox Colombia*. (Vol. 8). Mendoza: Facultad de ciencias Agropecuarias.
- Gutierrez, J., Barry-Ryan, C., & Bourke, P. (2008). *The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients*. (Vol. 124). Int J of Food Microbiol.
- Guzmán, L. E., Tejada, C., De la Ossa, Y. J., & Rivera, C. A. (Enero - Junio de 2015). Analisis comparativo de perfiles de textura de queso fresco de leche de cabra y vaca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 139 - 147.
- Hall, C. (2001). *Origen de los antioxidantes naturales: aceites de semillas, frutos secos, cereales, legumbres, productos de origen animal y de origen microbiano*. En

- Antioxidantes de los Alimentos. Aplicaciones Prácticas.* (J. Y. Pokorny, Ed.)
España: Acribia.
- Helaine, M., & Hagermam, A. (2006). *Oxidate stress, exercise and aging.* E.E.U.U.:
Imperial College Press.
- Hernandez, E. (2005). *Evaluacion sensorial.* Bogota: Universidad nacional abierta y
adistancia.
- HUNTERLAB. (2008). *CIE L*C* h color scale. Applications Note* (Vol. 8(11)).
- Johnson, I. (2001). *Propiedades antitumorales de los antioxidantes. En Antioxidantes de
los Alimentos: Aplicaciones Prácticas.* (J. Pokorny, N. Yanishlieva, & M.
Gordon, Edits.) España: Acribia.
- Kahriman, N., Tosun, G., Terzioglu, S., Karaoglu, S., & Yayh, N. (2011). Chemical
Composition and antimicrobial Activityof the Essential Oils from the Flower,
Leaf, and Stem of Senecio Pandurifolius. *Records of Natural Products*, 5(2), 82-
91.
- Kuskoski, M. A.-P. (2004). *Actividad antioxidante de pigmentos antociánicos.* Ciencia y
Tecnología Alimentaria. Mexico.
- Lizano, I. (2013). *Efecto de la aplicacion de los aceites esenciales extraidos a patir de
las hojas de pimienta de Jamaica (Pimienta dioica), hojas de canela
(Cinnamomum zeylanicum) y orégano (Oreganum vulgare) en la preservacion de
carne de res.* San Jose, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- López, A. L., & Barriga, D. (2016). *La leche, composición y características.* Sevilla,
España: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de
Investigación y Formación Agraria y Pesquera.
- Lupano, C. E. (2013). *Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios
químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento* (1ra ed.). Buenos
Aires, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- MacDougall, D. (2000). *Colour measurement of foog.* Florida.
- Martinez, J. (2000). *Testimonios del valle del Huasca. Yervas y curanderos.*

- Matos, A., Paredes, J., & González, L. (2010). Determinación de la Capacidad Antioxidante de los Compuestos Fenólicos del Sancayo (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 66 - 71.
- Medina, León, Delmonte, Fernández, Silva, & Salcedo. (2014). Mohos y levaduras en queso artesanal semiduro expandido en la ciudad de Maracaibo. *Ciencia* 22, 197–204.
- Mohan, A., Pohlman, F., McDaniel, J., & Hunt, M. (2012). Role of Peroxyacetic Acid, Octanoic Acid, Malic Acid, and Potassium Lactate on the Microbiological and Instrumental Color Characteristics of Ground Beef. *Journal of Food Science*, 77(4), 188-193.
- Monar, V. (2014). *Determinación de la composición química y capacidad antioxidante de dos variedades de oca (Oxalis tuberosa Mol): Bola kamusa y lluch'u oqa*. Quito, Ecuador: Tesis para la obtención del título de Ingeniero de Alimentos. UTE.
- Montoya, G. (2010). *Aceites esenciales. Una Alternativa de Diversificación para el Eje Cafetero*. Maniales, Colombia: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Muchuweti, M. K. (2007). Phenolic composition and antioxidant properties of some spices. *Journal of Food Technology*, 2, 414-420.
- Murillo, B., & Soncco, C. (2017). *Evaluación del efecto antimicrobiano del aceite esencial de Chacha Koma (Senecio nutans Schultz-Bip) de Patahuasi- Arequipa durante el almacenamiento de la hamburguesa de carne de vacuno*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Norma Técnica Peruana 202.195. (2004). *Leche y Productos Lacteos. Queso fresco*. Lima.
- Norma Técnica Peruana: NTP , 3. (1974). *Aceites esenciales. Determinación de la densidad y la densidad relativa*. Perú.: INDECOPI (ex ITINTEC).
- Obón, J. M., Castellar, M. R., Alacid, M., & Fernández, J. (2008). Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. *Journal of Food engineering*, 90(4), 471-479.

- Ochoa, K., Paredes, L., Bejarano, D., & Silva, R. (2012). *Extracción, caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de Senecio graveolens Wedd (Wiskataya)*. Scientia Agropecuaria.
- Ojeda, D. (2003). *Antocianinas totales , fenolitos totales y actividad antioxidante de la cascara de tres variedades de camote morado (ipomoea Batatas (L.)Lam)*. Perú: Tesis para optar el titulo de Ingeniero en Industrial Alimentarias. UNALM.
- Organismo para la protección del medio Ambiente. (1996). *Guía del ciudadano: la extracción con solventes* ((7th Ed.) ed.). Annapolis, Maryland.
- Ortiz, M. E. (2007). *Manual de evaluación Sensorial*. México: Symrise.
- Osorio, J., Ciro, H. J., & Mejia, L. G. (Noviembre de 2005). CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA Y TEXTURAL DEL QUESO EDAM. *Dyna*, 33-45.
- Palacios, S. (2006). *Caracterización microbiológica de diversos tipos de quesos elaborados en el valle de Tulancingo hidalgo*. España: Tesis para optar el titulo de Ingeniero Agroindustrial.
- Pedrero, F. D., & Pangborn, R. M. (1989). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. México: Alhambra Mexicana.
- Perez, C., Agnese, A., & Cabrera, J. (1999). The essence oil de senecio graveolens (compositae): chemical composition and antimicrobial activity test. *Journal of ethnopharmacology*, 66, 91-96.
- Pérez, J., & Fernández, J. (2011). *Color Measurements on Muscle-Based Foods*. In *Nollet, L. & Toldrá, F., eds*. Florida: Sensory Analysis of foods of Animal Origin.
- Pierozan, M. K., Pauletti, G. F., Rota, L., Dos Santos, A., Lerini, L. A., Di Luccio, M., . . . Vladimiroliveira, J. (2009). Caracterizacao quimica e atividade antimicrobiana de óleos essenciais de distintas espécies de salvia L. *Ciencia e tecnologia de alimentos*, 29(4), 764-770.
- Pinho, O., Mendes, E., Alves, M., & Ferreira, I. (2004). *Chemical, physical, and sensorial characteristics of "Terrincho" ewe cheese: Changes during ripening and intravarietal comparison*. (Vol. 87(2)). *Journal of Dairy Science* .

- Ramírez, C., & Vélez, J. F. (2012). *Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad* (Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. ed.). Puebla, México: Universidad de las Americas.
- Revilla I., G.-M. M.-Q.-L.-O.-H. (2016). Antioxidant capacity of different cheeses: Affecting factors and prediction by near infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 99(74534), 5074-5082.
- Ripoll, G., Muñoz, J., & Albertí, P. (2008). Meat and fat colour as a tool to trace grass-feeding systems in ling lamb production. *Meat Science* 80(2), 239-248.
- Ripoll, G., Panea, A., & Albertí, P. (2012). Apreciación visual de la carne bovina y su relación con el espacio de color CIElab. *Información Técnica Económica Agraria* 108(2), 222-232.
- Rodríguez, H., & Rojas, S. (2014). Efecto de dietas enriquecidas con vitamina e y selenio orgánico en el comportamiento productivo y calidad funcional del filete de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(2), 213-225.
- Rojas, M. F. (2018). *Aplicación de un recubrimiento activo de harina de banano y aceite esencial de jengibre en queso fresco*. Ambato, Ecuador: Facultad de Ciencias e Ingeniería de Alimentos.
- Salvador, F., Angeles, A., & Segundo, R. (2009). *Tres nuevos registros del género Carex (Cyperaceae) para el Perú y adiciones a la flora andina del departamento de Huánuco*. Perú: UNMSM.
- Sancho, J., Bota, E., & Castro, J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*.
- Shi, H., Noguchi, N., & Niki, E. (2001). *Introducción a los antioxidantes naturales. en antioxidantes de los alimentos*. España: Aplicaciones técnicas.
- Silva R.A., L. M. (2012). Can artisanal "coalho" cheese from Northeastern Brazil be used as a functional food? *Food Chemistry*, 135(3), 1533-1538.

- Stashenko, E., Ruíz, C., Arias, G., Durán, D., Salgar, W., Cala, M., & Martínez, M. (2010). *Lippia origanoides* chemotype differentiation based on essential oil GC-MS analysis and PCA. (Vol. 33). J. Sep. Sci. .
- Steffe, J. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. (2 ed. ed.). Freeman Press, East Lansing, Michigan.
- Tiwari, B. K., Valdramidis, V. P., O'Donnell, C. P., Muthukumarappan, K., Bourke, P., & Cullen, P. J. (2009). *Application of natural antimicrobials for food preservation*. (Vol. 14). Journal Agricultural and food Chemistry.
- Torrenegra, M. (2014). *EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE ESENCIAL FOLIAR EXTRAIDO DE ESPECIES DE OREGANO (*Origanum vulgare*), OREGANO "BORDE BLANCO" (*Origanum vulgare ssp*) Y OREGANITO (*Lippia alba*) CULTIVADO EN LA ZONA NORTE DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR (COLOMBIA)*. Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena.
- Valdez, M. (2008). *Evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial de "Senecio graveolem" sobre cepas de "Streptococcus pneumoniae"*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Valdivia, L. A. (31 de Octubre de 2011). *La leche y sus derivados*. Obtenido de Agroindustria Definiciones y Realidades: <http://ingenieriaagroindustrial-unt.blogspot.com/2011/10/la-leche-y-sus-derivados.html>
- Vallejo, E., Rojas, A., & Torres, O. (06 de Octubre de 2017). Una poderosa herramienta en la medicina preventiva del cáncer: los antioxidantes. *El Residente*, 12(3), 104 - 111. Obtenido de <http://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2017/rr173d.pdf>
- Vargas, M., Sánchez, L., Gonzáles, C., Chiralt, A., & Cháfer, M. (2011). *Use of Essential Oils in Bioactive Edible Coatings* (Vol. 1). Food Engineering reviews.
- Villagrán, C., & Castro, V. (2004). *Ciencia indígena de los Andes del norte de Chile: Programa Interdisciplinario de Estudios en Biodiversidad (PIEB)* (Ed. universitaria ed.). Universidad de Chile.

- Virgili, F., Saccinim, C., Packer, L., & Rimbach, G. (2001). *Enfermedades cardiovasculares y sustancias fenólicas nutricionales. En Antioxidantes de los Alimentos: Aplicaciones Prácticas.* (J. Pokorny, N. Yanishlieva, & M. Gordon, Edits.) España: Acribia.
- Viveros, M. M. (2008). *Evaluación de la actividad antimicrobiana de aceite esencial de lima.* Cholula, Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla.
- Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & Van Boekel, M. (2001). *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos.* Marcel Dekker.
- Walstra, P., Wouters, J. T., & Geurts, T. (2006). *Dairy Science and Technology.* Nueva York, EE.UU.: CRC Press.
- Westland, S. (2001). *Que es el espacio de color CIE L*a*b*.* . Obtenido de Imagen digital: http://gusgsm.com/espacio_color_cie_lab
- Wrolstada, R., Dursta, R., Leeb, J., & . (2005). *Tracking color and pigment changes in antrocyenin products.* Trends in Food Science & Technology.
- X-RITE Ltd. (2002). *Guia para entender la comunicación del Color.* Obtenido de Monografias: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/comunicacion-del-color-artes-graficas/comunicacion-del-color-artes-graficas.pdf>
- Yanishlieva, N., & Henionen, I. (2001). *Inhibición de la oxidación. En Antioxidantes de los Alimentos. Aplicaciones Prácticas.* (J. Y. Pokorny, Ed.) España: Acribia.
- Zekaria, D. (2006). *Los aceites esenciales: una alternativa a los antimicrobianos.* Obtenido de http://www.calier.es/pdf/Mocrosoft_Word_-_Aceites_esen_como_promotores.pdf.

ANEXOS

**ANEXO A. CALCULO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE
ESENCIAL DE CHACHACOMA.**

Datos:

Preparación de la dilución: 0.1ml de aceite esencial en 1.3ml de etanol.

Absorbancia inicial: 0.702nm

Absorbancia final: 0.203nm

- 1) Se calcula el porcentaje de inhibición del radical con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ inhibición} = \frac{\text{Abs. inicial} - \text{Abs. final}}{\text{Abs. inicial}} \times 100$$

$$\% \text{ inhibición} = \frac{0.702 - 0.181}{0.702} \times 100$$

$$\% \text{ inhibición} = 74.22$$

- 2) Se despeja x de la ecuación descrita por Ochoa *et al.* (2012) y se sustituye el valor de % inhibición obtenido en el término “y”.

$$y = 386.9x + 3.178$$

$$x = \frac{y - 3.178}{386.9}$$

$$x = \frac{74.22 - 3.178}{386.9}$$

$$x = 0.184 \frac{\text{mg Trolox}}{\text{ml de aceite}}$$

$$x = 0.184 \frac{1.4\text{ml} \times \text{mg Trolox}}{0.1\text{ml} \times \text{ml de aceite}} \times \frac{100\text{ml}}{100\text{ml}}$$

$$x = 257.6 \frac{\text{mg Trolox}}{100\text{ml de aceite}}$$

ANEXO B. EXTRACION DE ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA.



Equipo de destilado



Planta de chachacoma seca



Extracción del aceite por 2h y 15min.



Decantación del aceite



Aceite esencial de chachacoma

ANEXO C. ELABORACIÓN DEL QUESO FRESCO TIPO PARIA ADICIONADO CON ACEITE ESENCIAL DE CHACHACOMA.



Determinación de los parámetros de calidad de la leche



Pasteurización de la leche.

Adición del cuajo.



Corte de la cuajada.

Desuerado.



Prensado de los quesos.



Envasado al vacío



Almacenamiento.

ANEXO D. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CAPACIDAD ANTIMICROBIANA DEL QUESO ADICIONADO CON AE DE CHACHACOMA.



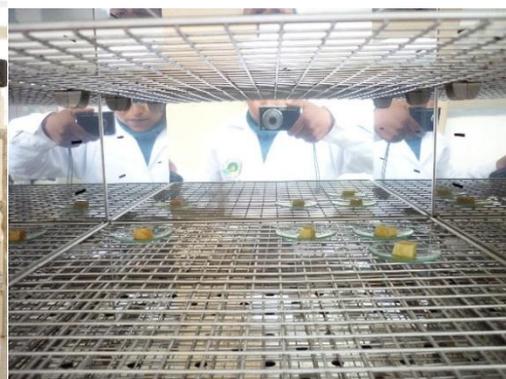
Determinación de color.



Determinación de textura.



Determinación de antioxidantes.



Determinación de humedad.



Evaluación Sensorial.

ANEXO E. TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Tabla 16. Análisis de varianza de la evaluación de la capacidad antioxidante

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3422,444	11	311,131	16,260	0,00
TRATAMIENTOS	2181,244	2	1090,622	16,260	0,00
DIAS	1069,329	3	356,443	8,557	0,00
TRATAMIENTOS * DIAS	171,870	6	28,645	14,825	0,00
Error	11,301	12	0,942		
Total	74526,945	24			
Total corregido	3433,745	23			

Tabla 17. Coeficiente de variación de la evaluación de la capacidad antioxidante

	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Capacidad antioxidante	24	57,4262	5,31856	9,26

Tabla 18. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos

TRATAMIENTOS	N	DÍAS			
		0	7	14	21
T2	3	a	d	g	j
T1	3	b	e	h	k
Control	3	c	f	i	l

ANEXO F. TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA, COEFICIENTE DE VARIACION Y DUNCAN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA

Tabla 19. Análisis de varianza de mesófilos aerobios.

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	12,557	11	1,142	60,401	0,00
TRATAMIENTOS	9,173	2	4,587	30,404	0,00
TIEMPO	2,556	3	0,852	2,507	0,00
TRATAMIENTOS * DIAS	0,828	6	0,138	6,764	0,00
Error	0,015	12	0,001		
Total	857,597	24			
Total corregido	12,572	23			

Tabla 20. Coeficiente de variación Mesófilos aerobios.

	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Mesófilos aerobios	24	3,6746	0,32133	8,84

Tabla 21. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos y días de Mesófilos aerobios.

TRATAMIENTOS	N	DÍAS			
		0	7	14	21
T2	3	a	a	a	b
T1	3	c	c	c	d
control	3	e	e	e	f

Tabla 22. Análisis de varianza para levaduras.

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	24,253	11	2,205	10,282	0,00
TRATAMIENTOS	2,252	2	1,126	30,404	0,00
TIEMPO	21,109	3	7,036	2,507	0,00
TRATAMIENTOS * DIAS	0,892	6	0,149	6,764	0,00
Error	0,009	12	0,001		
Total	88,322	24			
Total corregido	24,262	23			

Tabla 23. Coeficiente de variación

	N	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
Levaduras	24	1,6338	0,12707	7,78

Tabla 24. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos

Tratamiento	N	DIAS			
		0	7	14	21
T2	3	a	d	g	j
T1	3	b	e	h	k
control	3	c	f	i	l

ANEXO G. TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA, COEFICIENTE DE VARIACION Y DUNCAN DE LA EL COLOR Y LOS PARAMETROS a*, b*, C*, h* y L* Y EL VALOR ΔE*

Tabla 25. Análisis de varianza del parámetro a*.

Origen	suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,522	11	0,047	0,814	0,627
TRATAMIENTOS	0,077	2	0,039	0,662	0,525
DIAS	0,271	3	0,090	1,549	0,228
TRATAMIENTOS * DIAS	0,174	6	0,029	0,497	0,804
Error	1,400	24	0,058		
Total	488,860	36			

Tabla 26. Coeficiente de variación

	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
a*	36	3,6778	0,23435	6,37

Tabla 27. Análisis de varianza del parámetro b*.

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	23,577	11	2,143	8,442	0,000
TRATAMIENTOS	7,085	2	3,543	13,953	0,000
TIEMPO	15,417	3	5,139	20,241	0,000
TRATAMIENTOS * TIEMPO	1,075	6	0,179	0,706	0,648
Error	6,093	24	0,254		
Total	8039,920	36			
Total corregido	29,670	35			

Tabla 28. Coeficiente de variación

	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
b*	36	14,9167	,92071	6,17

Tabla 29. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos

TRATAMIENTOS	N	DÍAS			
		0	7	14	21
T2	3	a	c	c	d
T1	3	b	e	e	f
control	3	b	e	e	G

Tabla 30. Análisis de varianza de la L*

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	45,762	11	4,160	4,189	0,002
TRATAMIENTOS	10,944	2	5,472	5,510	0,011
TIEMPO	24,736	3	8,245	8,303	0,001
TRATAMIENTOS * DIAS	10,083	6	1,680	1,692	0,166
Error	23,833	24	0,993		
Total	291741,600	36			
Total corregido	69,596	35			

Tabla 31. Coeficiente de variación

N	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
L*	36	90,0111	1,41012

Tabla 32. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos

TRATAMIENTOS	N	DÍAS			
		0	7	14	21
T2	3	ab	d	d	d
T1	3	ba	e	e	e
control	3	ac	f	f	f

Tabla 33. Análisis de varianza de la C*

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	21,595	11	1,963	8,464	0,000
TRATAMIENTOS	6,965	2	3,482	15,014	0,000
TIEMPO	13,566	3	4,522	19,495	0,000
TRATAMIENTOS * TIEMPO	1,064	6	0,177	0,764	0,605
Error	5,567	24	0,232		
Total	8528,923	36			
Total corregido	27,161	35			

Tabla 34. Coeficiente de variación

	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
C*	36	15,3675	0,88093	5,74

Tabla 35. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos

TRATAMIENTOS	N	DÍAS			
		0	7	14	21
T2	3	a	d	d	e
T1	3	b	f	f	g
control	3	c	h	h	i

Tabla 36. Análisis de varianza de la h*

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	34,446	11	3,131	2,817	0,016
TRATAMIENTOS	2,312	2	1,156	1,040	0,369
TIEMPO	29,449	3	9,816	8,831	0,000
TRATAMIENTOS * TIEMPO	2,684	6	0,447	0,402	0,870
Error	26,679	24	1,112		
Total	20854,031	36			
Total corregido	61,125	35			

Tabla 37. Coeficiente de variación

	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
h*	36	76,0981	1,32152	1.73

Tabla 38. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos

TRATAMIENTOS	N	DÍAS			
		0	7	14	21
T2	3	a	b	b	b
T1	3	a	b	b	b
control	3	a	b	b	b

Tabla 39. Análisis de varianza de la delta de E

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	92,101a	11	8,373	36,210	0,000
TRATAMIENTOS	66,250	2	33,125	143,257	0,001
TIEMPO	0,217	3	0,072	0,313	0,000
TRATAMIENTOS * TIEMPO	25,634	6	4,272	18,477	0,289
Error	2,775	12	0,231		
Total	296,310	24			
Total corregido	94,876	23			

Tabla 40. Coeficiente de variación

	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Delta de E	24	2,0729	0,17813	8.59

Tabla 41. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos

TRATAMIENTOS	N	DÍAS			
		0	7	14	21
T2	3	a	c	c	c
T1	3	a	c	c	c
control	3	b	d	d	d

ANEXO H. TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA, COEFICIENTE DE VARIACION Y DUNCAN DE LA TEXTURA.

Tabla 42. Análisis de varianza de la textura

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	15,881	11	0,918	32,840	0,000
TRATAMIENTOS	5,937	1	2,969	67,525	0,000
TIEMPO	8,898	3	2,966	67,467	0,000
TRATAMIENTOS * TIEMPO	1,046	6	0,174	3,964	0,007
Error	1,055	12	0,044		
Total	343,763	24			
Total corregido	16,937	23			

Tabla 43. Coeficiente de variación

	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Textura	24	3,5931	0,32563	9,06

Tabla 44. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos

TRATAMIENTOS	N	DÍAS			
		0	7	14	21
T2	3	a	a	d	e
T1	3	b	b	f	g
control	3	c	c	h	i

ANEXO I. TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA, COEFICIENTE DE VARIACION Y DUNCAN DE LA HUMEDAD

Tabla 45. Análisis de varianza de la humedad

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	54,920	11	4,993	2,921	0,014
TRATAMIENTOS	52,944	2	26,472	15,487	0,000
TIEMPO	1,321	3	0,440	0,258	0,855
TRATAMIENTOS * TIEMPO	0,655	6	0,109	0,064	0,999
Error	41,024	24	1,709		
Total	69343,867	36			
Total corregido	95,944	35			

Tabla 46. Coeficiente de variación

	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Humedad	36	43,8583	1,65568	3,78

Tabla 47. Prueba de comparación Duncan con respecto a los tratamientos

TRATAMIENTOS	N	DÍAS			
		0	7	14	21
T2	3	a	a	a	a
T1	3	b	b	b	b
control	3	b	b	b	b

Anexo J. TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA, COEFICIENTE DE VARIACION Y DUNCAN DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL.

Tabla 48. Análisis de varianza de la evaluación sensorial

Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	299,451	11	27,223	52,020	0,000
Tratamiento	57,358	2	28,679	54,802	0,000
Parametro	119,144	3	39,715	75,890	0,000
Tratamiento *	121,448	6	20,241	38,679	0,000
Parametro					
Error	182,638	349	0,523		
Total	8450,000	361			
Total corregido	482,089	360			

Tabla 49. Coeficiente de variación

	N	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Análisis Sensorial	30	4,9981	0,81721	16,35

Tabla 50. Resultado promedio de la evaluación sensorial para los tres tipos de queso.

	Queso Control	Queso con aceite esencial al 0.025%	Queso con aceite esencial al 0.05%
Aspecto	4.9 ± 0.1 ^a	5.4 ± 0.1 ^b	5.4 ± 0.1 ^b
color	5.0 ± 0.4 ^c	5.2 ± 0.5 ^c	5.4 ± 0.3 ^c
olor	4.9 ± 0.2 ^d	5.0 ± 0.3 ^e	3.5 ± 0.1 ^f
sabor	5.2 ± 0.4 ^g	4.4 ± 0.3 ^h	2.4 ± 0.2 ⁱ

a, b, c, d, e, f, g, h, i: Prueba de comparación Duncan.