

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍAS EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EFECTO DE TÉCNICAS DE COAGULACIÓN ÁCIDO ENZIMÁTICA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y RENDIMIENTO DE QUESOS TIPO MOZZARELLA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL

AUTOR: Nathaly Michelle Mera Sigcha

DIRECTOR: Ing. Cuarán Guerrero Milton Jimmy, MSc.

Ibarra – Ecuador

2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y

AMBIENTALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

EFECTO DE TÉCNICAS DE COAGULACIÓN ÁCIDO ENZIMÁTICA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y RENDIMIENTO DE QUESOS TIPO MOZZARELLA

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

APROBADA

Ing. Jimmy Cuarán, MSc.



Ing. Jimmy Cuarán Mg.1
12/04/2021 TT

FIRMA

DIRECTOR DE TESIS

Lic. Ima Sánchez, MSc.



FIRMA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Luis Manosalvas, MSc.



FIRMA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ibarra- Ecuador



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1724551567		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Mera Sigcha Nathaly Michelle		
DIRECCIÓN:	PICHINCHA-CANTÓN QUITO-PARROQUIA CARCELEN-CORAZÓN DE JESÚS		
EMAIL:	nmmeras@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	023441317	TELÉFONO MÓVIL:	0960233781

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Efecto de técnicas de coagulación ácido-enzimática sobre las características funcionales y rendimiento de quesos tipo mozzarella"
AUTOR (ES):	Mera Sigcha Nathaly Michelle
FECHA: DD/MM/AAAA	13/04/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agroindustrial
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Jimmy Cuarán

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de abril de 2021

EL AUTOR:

Mera Sigcha Nathaly Michelle

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita Nathaly Michelle Mera Sigcha, bajo mi supervisión.



Ing. Jimmy Cuarán MSc.
12/04/2021 - TT

Ing. Jimmy Cuarán MSc.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA UTN

Fecha: 13 de abril del 2021

Nathaly Michelle Mera Sigcha: EFECTO DE TÉCNICAS DE COAGULACIÓN ÁCIDO ENZIMÁTICA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y RENDIMIENTO DE QUESOS TIPO MOZZARELLA. /Trabajo de titulación. Ingeniera Agroindustrial.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra al 13 de abril del 2021 X...páginas.

DIRECTOR: Ing. Jimmy Cuarán MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue:

Evaluar el rendimiento y propiedades funcionales de quesos tipo mozzarella elaborados mediante técnicas rápida y lenta de coagulación ácido enzimático, con diferentes niveles de acidez.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

Evaluar la influencia de la acidez y técnicas de coagulación ácido-enzimática en el proceso de elaboración de queso tipo mozzarella sobre sus características funcionales y rendimiento.

Determinar las características microbiológicas y fisicoquímicas de los quesos tipo mozzarella obtenidos por las distintas técnicas.

Establecer las características sensoriales de los quesos tipo mozzarella obtenidos, en comparación con quesos comerciales.



Ing. Jimmy Cuarán MSc.
12/04/2021 - TT

Ing. Jimmy Cuarán MSc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



Mera Sigcha Nathaly Michelle

AGRADECIMIENTO

Con gratitud a la Universidad Técnica del Norte y al personal de la carrera de Agroindustrias, principalmente a mis profesores que día a día inculcaron valores y conocimientos, para formarme como profesional.

A Dios, por brindarme la oportunidad de culminar mi carrera universitaria.

A mi padre José Mera, a mi madre Carmen Sigcha y a mi hermana Tania Mera, a quienes les debo este logro, por su apoyo, amor, entrega, trabajo y sacrificio en todos estos años hacia mí.

A mis abuelas y abuelo Blanca, Olimpia y Manuel, por brindarme su apoyo incondicional, los amo, hasta el cielo envió mi gratitud hacia ustedes.

De manera especial a mi director Ingeniero Jimmy Cuarán, por su tiempo, paciencia y por guiar mi trabajo de titulación con sus consejos y conocimientos técnicos. Del mismo modo mi gratitud a mis asesores Ingeniero Armando Manosalvas y Licenciada Ima Sánchez, quienes asesoraron y direccionaron mi investigación con sus conocimientos.

A su vez quiero dar un agradecimiento muy especial a mi compañero Byron Cusanguá, Ingeniera Clara Ortega, Ingeniera Edilma Jurado e Ingeniera Cecilia Cadena, por la ayuda, consejos y tiempo dedicado hacia mí, en la fase experimental de mi investigación.

Finalmente quiero agradecer a mis compañeros y amigos, con quienes compartí muchos momentos de alegría, gracias por brindarme su cariño y amistad, y hacer que mi estadía lejos de casa fuera más fácil, espero de todo corazón que sus vidas se llenen de éxitos y que algún día Dios cruce nuestros caminos nuevamente.

DEDICATORIA

A mis padres José Mera y Carmen Sigcha quienes me impulsaron a seguir mis sueños, gracias por la confianza, amor y apoyo incondicional en cada paso que doy.

A mi hermana Tania Mera, todo esto se hizo posible gracias a tu apoyo, a tus consejos y amor entregado hacia mí.

En memoria de mi mejor amiga Gissela Montenegro, gracias por todos los consejos, apoyo y cariño, hasta el cielo envió este triunfo, que ya es de las dos.

Mi aprecio y reconocimiento hacía ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 HIPÓTESIS DE TRABAJO	3
1.4.1 HIPÓTESIS NULA	3
1.4.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 LA LECHE	4
2.1.1 LECHE PARA PRODUCTOS FERMENTADOS	4
2.1.2 LECHE PARA QUESOS	5
2.2 QUESOS	5
2.2.1 QUESOS PASTA HILADA	6
2.2.2 ACIDIFICACIÓN DE LECHE	8
2.3 REGULADORES DE ACIDEZ	8
2.3.1 ÁCIDO CÍTRICO	9

2.4	PRECIPITACIÓN DE CASEÍNAS (COAGULACIÓN).....	9
2.4.1	COAGULACIÓN ÁCIDA	9
2.4.2	COAGULACIÓN ENZIMÁTICA	10
2.4.3	COAGULACIÓN MIXTA.....	10
2.4.4	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACIÓN ÁCIDO-ENZIMÁTICA	10
2.4.5	TECNOLOGÍA DE QUESOS TIPO MOZZARELLA.....	12
2.5	PROPIEDADES FUNCIONALES.....	12
2.5.1	MEDICIÓN DE FUNCIONALIDAD.....	12
2.5.2	PROPIEDADES FUNCIONALES ANTES DEL CALENTAMIENTO	13
2.5.3	PROPIEDADES FUNCIONALES INDUCIDAS POR EL CALENTAMIENTO	14
2.5.4	FACTORES QUE AFECTAN LA FUNCIONALIDAD DEL QUESO.....	15
2.6	CALIDAD SENSORIAL	16
2.6.1	PRUEBAS AFECTIVAS	16
2.6.2	LAS PRUEBAS DISCRIMINATORIAS.	16
2.6.3	PRUEBAS DESCRIPTIVAS	16
2.6.4	CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LOS QUESOS.....	16
CAPÍTULO III		18
MATERIALES Y MÉTODOS.....		18
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	18
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	18
3.3	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	19
3.3.1	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y PROPIEDADES FUNCIONALES EN QUESOS MOZZARELLA	20
3.3.2	CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS QUESOS MOZZARELLA	23

3.3.3	CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL.....	23
3.4	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	24
3.4.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	26
3.4.2	TÉCNICA LENTA.....	28
3.4.3	TÉCNICA RÁPIDA.....	32
IV	CAPÍTULO IV.....	38
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y PROPIEDADES FUNCIONALES EN QUESOS MOZZARELLA.....	38
4.1.1	EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO.....	38
4.1.2	ANÁLISIS PROPIEDADES FUNCIONALES.....	41
4.2	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS QUESOS MOZZARELLA.....	53
4.2.1	GRASA EN EL EXTRACTO SECO.....	53
4.2.2	HUMEDAD EN QUESOS MOZZARELLA.....	54
4.2.3	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL PRODUCTO TERMINADO.....	55
4.2.4	CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL.....	57
	CAPÍTULO V.....	69
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
5.1	CONCLUSIONES.....	69
5.2	RECOMENDACIONES.....	70
	BIBLIOGRAFÍA.....	71
VI	ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento experimental para obtención de queso tipo mozzarella mediante la aplicación de la técnica lenta y rápida de coagulación ácido-enzimática.....	25
Figura 2. Recepción de leche.....	26
Figura 3. Pruebas rápidas de calidad en leche: A) Pruebas de densidad y B) reacción de estabilidad proteica.	26
Figura 4. Análisis de leche: A) Pruebas acidez de la leche, B) determinación de grasa y D) densidad en leche.....	27
Figura 5. Acidificación de la masa: A) Ácido cítrico y B) prueba de acidez en leche acidificada.....	28
Figura 6. Coagulación de la leche	28
Figura 7. Leche Coagulada.....	29
Figura 8. Corte de cuajada.....	29
Figura 9. Batido de la cuajada	29
Figura 10. Desuerado Parcial.....	30
Figura 11. Proceso de batido: A) Tercer batido y B) Control de acidez (reómetro)	30
Figura 12. Proceso de desuerado A) Desuerado; B) corte y C) Pesado de la masa	31
Figura 13. Corte y lavado de Cuajada	31
Figura 14. Proceso de: A) fundido y B) Hilado de la masa.....	32
Figura 15. Moldeado de la masa: A) amasado y B) Moldeo de la masa.....	32
Figura 16. Coagulación mediante la técnica rápida.....	33
Figura 17. Batido y Corte de la Cuajada	34
Figura 18. Segundo Batido	34
Figura 19. Cuajada obtenida mediante la Técnica Rápida	35
Figura 20. Lavado de cuajada.....	35
Figura 21. Fundido de la cuajada.....	36

Figura 22. Proceso de hilado	36
Figura 23. Proceso de moldeo de la masa: A) Amasado y B) Moldeo de la masa.....	37
Figura 24. Quesos obtenidos mediante la Técnica Rápida.....	37
Figura 25. Diferencias entre factores sobre el rendimiento.....	40
Figura 26. Prueba Tukey para rebanabilidad lonchas íntegras	42
Figura 27. Prueba Tukey para rallabilidad (Tiras largas).....	44
Figura 28. Tukey para tiras cortas	45
Figura 29. Tukey para rallabilidad (Adheridos)	47
Figura 30. Tukey para capacidad de estirabilidad	50
Figura 31. Diagrama de dispersión y correlación entre la carga y estirabilidad	51
Figura 32. Tukey para la propiedad de liberación de aceite	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición general de la leche	4
Tabla 2 Requisitos Físicoquímicos de la leche.....	5
Tabla 3 Tipos de quesos pasta hilada	6
Tabla 4 Características del queso tipo pasta hilada	6
Tabla 5 Requisitos del queso mozzarella	7
Tabla 6 Ácidos utilizados en quesos	9
Tabla 7 Temperaturas de elaboración del queso tipo mozzarella.....	11
Tabla 8 Ubicación del Experimento	18
Tabla 9 Materiales y equipos.....	19
Tabla 10 Factores de estudio	20
Tabla 11 Variables de respuesta	21
Tabla 12 Tratamientos evaluados	21
Tabla 13 Características del experimento.....	22
Tabla 14 Análisis de varianza.....	22
Tabla 15 Análisis fisicoquímico de los quesos.....	23
Tabla 16 Análisis microbiológico de los quesos	23
Tabla 17 Determinación de características sensoriales de quesos tipo mozzarella.....	24
Tabla 18 Métodos rápidos de recepción de materia prima.....	26
Tabla 19 Análisis físico de la leche	27
Tabla 20 Prueba Kruskal-wallis para rendimiento	39
Tabla 21 Análisis Post hoc para rendimiento	39
Tabla 22 Análisis de varianza para rebanabilidad	41
Tabla 23 Análisis de varianza para rallabilidad tiras largas	43
Tabla 24 Análisis de varianza para tiras cortas	45
Tabla 25 Análisis de varianza para finos.....	46

Tabla 26 Análisis de varianza para adheridos	47
Tabla 27 Análisis de varianza para capacidad de fusión y flujo	48
Tabla 28 Análisis de varianza para capacidad de estirabilidad	49
Tabla 29 Matriz de correlación para capacidad elástica.....	50
Tabla 30 Análisis de varianza en liberación de aceite.....	52
Tabla 31 Grasa en el extracto seco en queso mozzarella	54
Tabla 32 Humedad en quesos mozzarella	55
Tabla 33 Resultados de pruebas microbiológicas.....	56
Tabla 34 Color de la corteza.....	58
Tabla 35 Tabla de escala de color	58
Tabla 36 Humedad en la superficie	59
Tabla 37 Consideración de humedad en quesos.....	60
Tabla 38 Intensidad aromática.....	61
Tabla 39 Propiedades olfativas.....	62
Tabla 40 Impresión de textura	62
Tabla 41 Descriptores de textura de quesos	63
Tabla 42 Sabor dulce	63
Tabla 43 Descriptores de sabor dulce.....	64
Tabla 44 Sabor Salado.....	64
Tabla 45 Descriptores de sabor salado	65
Tabla 46 Sabor ácido	66
Tabla 47 Descripción sabor ácido en quesos.....	66
Tabla 48 Persistencia del sabor	67
Tabla 49 Descriptores de persistencia de sabor.....	68

RESUMEN

El queso mozzarella es un producto lácteo tradicionalmente usado en sitios de comida rápida, sin embargo, la falta de control durante su proceso de elaboración, así como el desconocimiento de nuevas técnicas de coagulación ácido-enzimáticas no han permitido una correcta diferenciación de las ventajas y desventajas de su uso dentro del proceso productivo, razón por la cual la presente investigación se centró en la evaluación del efecto de estas variaciones sobre el rendimiento y propiedades funcionales en este tipo de quesos. Para lo cual se utilizó un diseño completamente al azar, con 3 réplicas para mejor estandarización en los resultados y dos factores: acidificación usando ácido cítrico como regulador de acidez a distintas concentraciones (33,35 y 37° Dornic) y coagulación ácido-enzimática rápida y lenta, para lo cual se utilizó temperaturas de 33°C para una precipitación lenta y a 40°C para una rápida, finalmente los tratamientos fueron sometidos a pruebas de características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales, mediante las cuales se determinaron los mejores tratamientos, los cuales destacaron acorde al fin de uso, los quesos elaborados a temperaturas bajas de 33°C y acidez de 35°D, dan como resultado quesos altos en grasa y humedad, resultando tener mayor ventajas en cuanto a propiedades funcionales inducidas al calor debido a que la retención de agua y grasa en el queso acrecientan la fluidez y plasticidad, por su parte los quesos elaborados con temperatura de 40°C y acidez de 35°D presentaron ser más firmes por lo cual obtuvieron un mejor desempeño en cuanto a propiedades funcionales antes del calentamiento.

ABSTRACT

Mozzarella cheese is a dairy product traditionally used in fast food places, however, the lack of control during its production process, as well as the lack of knowledge of new acid-enzymatic coagulation techniques have not allowed a correct differentiation of the advantages and disadvantages of its use within the production process, for this reason, the present investigation focused on evaluating the effect of these variations on performance and functional properties in this type of cheese. For which a completely randomized design was used, with 3 replications for better standardization in the results and two factors: acidification using citric acid as an acidity regulator at different concentrations (33.35 and 37 ° Dornic) and rapid acid-enzymatic coagulation and slow, for which temperatures of 33 ° C were used for a slow precipitation and 40°C for a fast, finally the treatments were subjected to tests of physical-chemical, microbiological and sensory characteristics, by means of which the best treatments were determined, which stood out according to the end of use, the cheeses made at low temperatures of 33 ° C and acidity of 35 ° D, result in cheeses high in fat and moisture, resulting in having greater advantages in terms of heat-induced functional properties due to the fact that the retention of water and fat in the cheese increases fluidity and plasticity, on the other hand, the cheeses made with a temperature of 40 ° C and acidity of 35 ° D were firmer, which is why they obtained a better performance in terms of functional properties before heating.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

En la actualidad, el mercado ecuatoriano de quesos es muy dinámico, si bien el consumo de estos derivados ha ido en aumento en los últimos años, hoy en día la industria láctea enfrenta nuevos retos como efecto de las nuevas tendencias del consumidor por productos más funcionales y con alto valor agregado.

Los quesos tipo pasta hilada son un gran ejemplo de este grupo, los cuales son estrechamente utilizados por sus cualidades en establecimientos de comida rápida, por esta razón estos deben cumplir una o más propiedades funcionales como una condición para ser un producto comercialmente aceptado. Sin embargo, debido a la omisión de las mediciones de tiempo, acidez y temperatura en los procesos de obtención del producto, dan como resultado quesos de mala calidad, con alta humedad, muy blandos, y con una vida útil muy corta, siendo esto causa de una baja aceptación.

La versatilidad de la industria de quesos ha dado lugar al desarrollo de dos técnicas de coagulación ácido enzimáticas diferentes una lenta y una que por el contrario consigue el coagulo de manera más rápida. Sin embargo, existe aún poca información sobre el efecto de éstas sobre las propiedades funcionales y rendimiento, este desconocimiento no ha permitido una correcta diferenciación en cuanto a las ventajas o desventajas de su uso dentro del proceso productivo. En otras palabras, no existe un distintivo en tanto a rendimiento, propiedades funcionales y sensoriales, lo que a su vez se traducen en características importantes y necesarias para definir un buen queso. A pesar de la existencia de algunos estudios enfocados en a evaluar estos parámetros por separado hasta el momento no existe un análisis concreto del mismo.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Las empresas lácteas en la actualidad se encuentran en la necesidad constante de mejorar, innovar y aumentar la rentabilidad de sus negocios, por lo cual cada vez adoptan nuevas técnicas de trabajo a fin de garantizar su éxito. Es por ello por lo que el presente estudio pretende identificar el efecto producido por acción del cuajado (operación unitaria) en la leche como resultado de la aplicación de técnicas ácido enzimáticas (lenta y rápida), con la finalidad de evaluar y diferenciar los quesos obtenidos con dichas técnicas en cuanto a sus características funcionales y su rendimiento.

Hoy en día el queso tipo mozzarella es un producto muy utilizado dentro de los negocios de comida rápida, sin embargo solo un grupo limitado logran satisfacer todas las exigencias y requerimientos, por esta razón es necesario determinar un adecuado proceso de producción que permita la obtención de una cuajada con un porcentaje de grasa y humedad apropiado, y que conceda a la masa condiciones básicas de textura, capacidad de fusión y flujo para un correcto proceso hilado y moldeado, lo que simultáneamente proporcionará el mejoramiento de las propiedades funcionales.

La diferenciación de técnicas para la elaboración de quesos de pasta hilada permitirá tomar decisiones apropiadas a las industrias procesadoras de lácteos, de acuerdo con las necesidades del cliente. Por esta razón es fundamental realizar un estudio que nos permita conocer el efecto de estas metodologías sobre el rendimiento y propiedades funcionales en el producto final, con el propósito de mejorar la productividad y el aprovechamiento de cuajada mediante la selección de la técnica más provechosa. Esto a su vez permitirá mejorar procedimientos y costos en la industria, beneficiando además de manera indirecta a los productores de leche, puesto que al presentar un producto con características aceptables la demanda podría aumentar logrando estabilizar el precio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar el rendimiento y propiedades funcionales de quesos tipo mozzarella elaborados mediante técnicas rápida y lenta de coagulación ácido enzimático, con diferentes niveles de acidez.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de la acidez y técnicas de coagulación ácido-enzimática en el proceso de elaboración de queso tipo mozzarella sobre sus características funcionales y rendimiento.
- Determinar las características microbiológicas y fisicoquímicas de los quesos tipo mozzarella obtenidos por las distintas técnicas.
- Establecer las características sensoriales de los quesos tipo mozzarella obtenidos, en comparación con quesos comerciales.

1.4 HIPÓTESIS DE TRABAJO

1.4.1 Hipótesis nula

H₀ =. La acidez y las técnicas de coagulación ácido enzimática no influyen en las propiedades funcionales y rendimiento del queso tipo mozzarella.

1.4.2 Hipótesis alternativa

H_a =. La acidez y las técnicas de coagulación ácido enzimática influyen en las propiedades funcionales y rendimiento del queso tipo mozzarella.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 LA LECHE

La leche es el resultado de la secreción de la glándula mamaria de los mamíferos, utilizada normalmente en la industria láctea, proviene de uno o varios ordeños de bovinos sanos y que cumple con características fisicoquímicas establecidas, este producto es uno de los más completos que existen, sin embargo, esta composición puede verse afectada por varios factores internos o externos del animal (Valdivia, 2017). La composición general de la leche se detallará a continuación en la tabla 1:

Tabla 1
Composición general de la leche

Composición general de la leche (por cada 100 gramos)	
Agua (g)	88
Energía (Kcal)	61
Proteína (g)	3.2
Grasa (g)	3.6
Lactosa (g)	4.7
Minerales (g)	0.72

Fuente: (Ruíz, 2017)

2.1.1 Leche para productos fermentados

Se producen mediante la adición de cultivos bacterianos en leche cruda o tratada con calor, lo cual permite dotar de sabores agradables y mejora la digestibilidad. Los iniciadores usados para poder llevar a cabo dicha fermentación son los lactobacilos, lactococos y estreptococos, los cuales aportan diferentes características al producto final (Núñez, 2019)

Los productos lácteos fermentados constan de una serie de propiedades funcionales, por ejemplo, conservación, mejora del sabor, mejora de la textura, bajo contenido calórico, emulsificación, espuma y beneficios nutricionales, son utilizados en diferentes países y pueden clasificarse en moderadamente agrios con aroma agradable (leche cultivada), agrios y muy agrios (cuajada y yogurt) y alcohol ácido además del ácido láctico (es decir, kumiss y kéfir) (Puniya, 2016).

2.1.2 Leche para quesos

La leche destinada a la elaboración de queso se somete a pruebas para determinar su calidad, esto con la finalidad de que cumpla con las condiciones adecuadas para llevar a cabo el proceso de obtención de dicho producto, cabe indicar que la principal condición requerida, es la predisposición para fermentar, constituyéndose en un sustrato idóneo para el desarrollo de microorganismos (INEN, 2008). Las pruebas realizadas para la determinación de la calidad en la leche se detallarán a continuación en la tabla 2:

Tabla 2
Requisitos Físico químicos de la leche

Requisitos físicos y químicos de la leche	
Contenido de grasa % (fracción de masa)	Min. 3
Sólidos no grasos % (Fracción de masa)	Min 8.3
Sólidos Totales % (Fracción de masa)	Min 11.3
Impurezas macroscópicas, expresadas en mg de impurezas por 500 cm ³ de leche	Max. 0.5 mg
Acidez titulable, expresada en gramo de ácido láctico, % (fracción de masa)	Min. 0.13% Max 0.18 %
Densidad a 15 °C y a 20°C	Min. 1.029 - 1.028 Max. 1.033 – 1.032
Prueba de alcohol (75% V/V Mínimo)	No coagulable
Prueba de reductasa con azul de metileno	Min. 4h
Requisitos microbiológicos	
Conteo de células somáticas	Máx. 7.0 x 10 ⁵
Numeración de microorganismos mesófilos, aerobios y facultativos viables, por ml	Máx. 1.5 x 10 ⁶

Fuente: INEN (2008)

2.2 QUESOS

El queso es una manera de conservación de la leche, la cual consiste en la agrupación controlada de grasa, proteína, sal, componentes menores y humedad, este producto puede ser blando, semiduro, duro y extra duro, madurado o no madurado, obtenido a través de un proceso de coagulación de la proteína de la leche por la acción del cuajo u otros tipos de coagulantes, respetando el principio de que la elaboración del producto lo que resulta en una concentración de caseína de manera principal (INEN, 2012).

2.2.1 Quesos pasta hilada

En los quesos de pasta hilada la masa primaria o cuajada debe alcanzar una acidez necesaria de 5.1 a 5.2, antes de ser sometida a una serie de procesos tales como: calentamiento (con o sin agua), salado, fundido, estirado y amasado, para luego ser cortado, moldeado, enfriado y, finalmente, empacado y comercializado. El proceso de elaboración va a variar dependiendo de la zona y el tipo de queso (Vera, 2016).

Tabla 3
Tipos de quesos pasta hilada

Ejemplos comunes	Textura
Mozzarella	
Provolone	Quesos semiduros, duros
Kaskawal	
Doble crema	

Fuente: Chr. Hansen Holding A/S (2002)

Por otro lado, este tipo de quesos se ha caracterizado por una fermentación de la cuajada, a un pH de 4.9-5.2, acompañado de un proceso de hilado en el cual la masa es sometida a altas temperaturas, la cual da como resultado una cuajada “similar al plástico” (elástico), y dota al queso de cualidades específicas, relacionadas con sus características de estructura fibrosa, propiedades de fundido y de elasticidad correspondientes. (Chr. Hansen Holding A/S, 2002).

Tabla 4
Características del queso tipo pasta hilada

Características generales del queso tipo pasta hilada	
Grasa en materia seca	20-60%
Contenido de agua	35-60%
Contenido de sal	0.5-2%

Fuente: Chr. Hansen Holding A/S (2002)

2.2.1.1 Quesos tipo mozzarella

De acuerdo con el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN (2012), es el queso no madurado, escaldado, moldeado, de textura suave y elástica fabricado con leche entera (pasta filamentosa), cuya cuajada puede o no ser blanqueada y estirada:

Tabla 5
Requisitos del queso mozzarella

Requisitos	Mín (%)	Máx (%)	Método de ensayo
Humedad	-	60	INEN (1974a)
Grasa en el extracto seco	45	-	INEN (1974b)

Fuente: INEN (2011a)

El queso mozzarella tiene corteza con consistencia semidura, aspecto liso, textura blanda y no presenta agujeros, en cuanto a su color este debe ser uniforme y puede variar de color blanco a amarillo brillante ligeramente ácido, a su vez este debe poseer la propiedad de estiramiento conveniente para hacer pizzas (INEN, 2011a). Pertenece a la familia, clasificada como Pasta filata lo que implica que se acogen al principio de estirar hábilmente la cuajada para obtener una textura suave y una superficie viva en el queso (Rewati , 2015).

2.2.1.2 Queso mozzarella con ácido cítrico

Elaborar un queso mozzarella fresco con ácido cítrico para acidificar leche a un pH de 5.2-5.8, lleva menos tiempo que al usar un cultivo iniciador láctico y produce buenos resultados, siempre y cuando la materia prima sea de buena calidad. La cantidad de ácido cítrico utilizado afecta a la recuperación de sólidos y no grasas, a su vez esta tiene influencia en las características finales de la cuajada, la tasa de formación de masa, coagulación por acción del cuajo (tiempo), contenido de humedad, en el rendimiento y elasticidad de la cuajada. (Seth & Bajwa, 2015).

2.2.1.3 Incidencia de acidez sobre el queso mozzarella

El pH es uno de los factores que más influyen en las características del queso y en los procesos de elaboración principalmente sobre el desuerado y una serie de operaciones en el proceso. Las micelas proteicas se hallan hidratadas, gracias a su carga eléctrica, por esta razón retienen agua. Al aumentar la acidez de la leche, disminuye la energía de las proteínas, que ultiman por deshidratarse (Marcillo, 2016).

La formación de ácido láctico comienza antes y durante la coagulación y prosigue durante la acidificación de la cuajada cuando haya desaparecido gran porción de lactosa, para lo cual la temperatura es un punto importante para el desarrollo de las bacterias ácido lácticas (Datsa, 2017). De acuerdo Marcillo (2016), la disminución de pH de leche durante la

elaboración de quesos reduce los tiempos de coagulación y conlleva a la formación de un gel que se endurece de manera más rápida

2.2.2 Acidificación de leche

Es un proceso por el cual la mezcla de leche adjuntada a una acidulante causa modificaciones en el pH y acidez de esta debido a un proceso de fermentación ácido-enzimática la cual ayuda la formación del coágulo debido a la acidificación de la fase sérica, producida por el ácido láctico generado por adición de un ácido orgánico de grado alimentario (Serrano, 2017).

Un paso importante para el procedimiento de obtención de quesos tipo pasta hilada, esta mixtura particularmente en quesos tipo mozzarella se halla entre 35 –38 °D (Grados Dornic) esta combinación es llevada a cabo a una temperatura aproximada de 4°C para permitir una correcta estandarización (Coaquira, 2015).

2.3 REGULADORES DE ACIDEZ

Llamados también de agentes reguladores de pH, son un tipo de conservantes alimentarios utilizados para modificar la acidez de los alimentos, cumple un rol importante para el procesamiento, sabor, aromatización y calidad alimentaria, sin embargo, un descontrol del pH puede originar en el surgimiento de bacterias indeseables que podría ser un peligro potencial a la salud de quién lo consuma (Gómez, 2018).

El queso mozzarella es un derivado lácteo elaborado por medio del método tradicional de producción que emplea de 30 a 48 horas, tiempo para que la cuajada se acidifique y se halle lista para los siguientes procesos de hilado y moldeado. Mediante la utilización de reguladores de acidez (siendo principalmente ácidos los aditivos alimentarios utilizados para la elaboración de quesos, principalmente mozzarella) en el proceso de elaboración se reduce el tiempo de acidificación de la cuajada. (Tobar, Córdova, & Tituaña, 2018).

Los acidulantes más usados dentro de la industria procesadora de quesos se establecen a continuación en la tabla 6:

Tabla 6
Ácidos utilizados en quesos

Código	Acidulante	Pureza %
E330	Ácido Cítrico	100
E270	Ácido láctico	85
E260	Ácido Acético	95
E338	Ácido Fosfórico	85

Fuente: (Tobar, Córdova, & Tituaña, 2018)

2.3.1 Ácido Cítrico

Se encuentra en casi todos los tejidos animales y vegetales, considerado un ácido carboxílico versátil. Físicamente son cristales incoloros que al juntarse forman un polvo fino granular de color blanco sin olor, soluble en agua, de sabor ácido y amargo. El uso de compuestos acidulantes es ampliamente utilizado en la industria alimentaria de lácteos pues contribuye como emulsionante en quesos, además ayuda a alargar su vida útil pues al proporcionar un pH relativamente bajo. (Rosales, 2019).

2.4 PRECIPITACIÓN DE CASEÍNAS (COAGULACIÓN)

El proceso de coagulación consiste en una serie de cambios fisicoquímicos e indispensables en la elaboración de quesos, experimentados por la caseína causando su precipitación y a través de ello la formación de un gel llamado cuajada, la cual afectara significativamente el rendimiento y la calidad del producto final. Desde el punto de vista científico, la precipitación de caseínas se clasifica en: ácida, enzimática y mixta (González, Rabaquino, & Rodríguez, 2017).

2.4.1 Coagulación ácida

Se lleva a cabo a través de la producción de acidez en la leche o por adición de un ácido mineral u orgánico, hasta conseguir su punto isoeléctrico (pH 4.6 a 4.7), esto trae como consecuencia la disminución del poder secuestrante del calcio de las caseínas α y β (Vinueza, 2015).

Sin embargo, que se forme una malla continua o no va a depender de la velocidad de acidificación si esta se lleva a cabo lentamente y de manera homogénea en la leche, se forma un coágulo liso y uniforme que ocupa totalmente el volumen inicial de la materia prima, mientras que sí se da de manera rápida se formará un coágulo en forma de grumos sueltos como es en el caso de los quesos. De esta forma se determina a los factores que participan

en esta coagulación ácida: el cultivo de bacterias lácticas utilizado, la temperatura y el tiempo de coagulación, estas serán responsables de las características finales del producto. (González, Rabaquino, & Rodríguez, 2017).

2.4.2 Coagulación enzimática

Este se lleva a cabo añadiendo únicamente una enzima coagulante (cuajo) en la leche, existe un gran grupo de enzimas proteolíticas, de origen animal, vegetal o microbiano que son capaces de coagular la caseína al añadirles a la leche, sin embargo, el cuajo tradicional más utilizado es el de uso animal, el cual es una mezcla de quimosina y pepsina excretada en el estómago de los rumiantes lactantes (Dobler, Espinosa, Hernández, López, & Márquez, 2016).

Este tipo de coagulación se da en dos fases; una primaria la cual es conocida como la propiamente enzimática, en la cual la quimosina hidroliza a la k-caseína lo que conduce a la solubilización del caseinomacropéptido y provoca, la reducción de la carga neta de la micela, así como del grado de hidratación y de la estabilidad (coágulo). La fase secundaria se centra en la formación del coágulo por medio de la asociación de las micelas de caseína hidrolizadas en presencia de calcio, se manifiesta en condiciones normales de acidez y temperatura y se da cuando cerca del 70% -80% de la caseína k ha sido hidrolizada (González, Rabaquino, & Rodríguez, 2017).

2.4.3 Coagulación mixta

Por su parte la coagulación mixta es una combinación de las dos anteriores, la cual se lleva a cabo por la acción conjunta de la acidificación más la hidrólisis enzimática. Una práctica habitual en la obtención de cuajadas ácidas es añadir una cantidad de cuajo conjunto con un regulador de pH, de esta relación como también de la dosis y de la temperatura, dependerán las características de la masa final y el tiempo de trabajo (González, Rabaquino, & Rodríguez, 2017).

2.4.4 Factores que influyen en la coagulación ácido-enzimática

La elaboración de quesos termina siendo un proceso bastante complejo, el cual implica de manera esencial la remoción de suero (sinéresis). Para poder controlar dicho proceso es importante conocer aspectos microbiológicos y fisicoquímicos de la leche con la cual se va a trabajar, para poder manejar las variables críticas que caracterizan la velocidad del proceso

que son el pH, temperatura, concentración y tipo de enzima coagulante (Sbodio, Tercero, Martinez, Didier, & Revelli, 2017).

2.4.4.1 Concentración de enzima y tipo de enzima

En la industria quesera es en donde la aplicación de enzimas asume mayor importancia, en la cual para lograr el fenómeno de coagulación se hace uso de cuajo o enzima coagulante que generalmente contiene quimosina y renina, las cuales atacan a la caseína y la solubilizan a fin de conseguir “cuajada” (Bello, 2015), se sabe además que la textura, forma y velocidad de este proceso es inversamente proporcional a la concentración de enzima coagulante (Crespo, 2016).

2.4.4.2 Temperatura

De acuerdo con Rodríguez et al., (2010) la temperatura de coagulación es uno de los principales reguladores del tiempo, a temperatura de refrigeración no existe precipitación de caseínas (menor a 10°C). En el intervalo de 10 y 20°C la acción del cuajo es muy lenta y el tiempo de cuajado es más largo. La leche con cuajo a 40°C es la más adecuada en cuanto a tiempo, aunque normalmente se suele trabajar a 30-34°C según el grado de maduración de los quesos que se desee obtener.

Cuanto más tiempo se piense madurar un queso más baja suele ser la temperatura de cuajado (Crespo, 2016). De acuerdo con Porras (2019) el aumento de temperatura durante el trabajo en tina resultará en una coagulación más rápida, la cual no permitirá una correcta formación del coágulo, el tiempo de cuajado se debe encontrar entre los 25 a 45 minutos, nunca menos de 20 minutos, por lo cual hay que tomar en cuenta la siguiente tabla a la hora de la elaboración de queso mozzarella (Tabla 7):

Tabla 7
Temperaturas de elaboración del queso tipo mozzarella

Temperaturas de cuajo	Características
21-27°C	Cuajadas Blandas y gelatinosas
30°C	Cuajadas firmes
>42°C	Coagulación disminuye
>65°C	La enzima se inactiva

Fuente: Rodríguez et al., (2010)

2.4.5 Tecnología de quesos tipo mozzarella

La acidificación de la cuajada en el proceso influye en la estructura y textura del producto. Al descender el pH, el fosfato de calcio coloidal ligado a la caseína y a la para k-caseína que forman la "malla" (o red) de la cuajada se vuelve soluble y migra hacia la fase acuosa (sérica), dejando la matriz estructural parcialmente desmineralizada, mejorando así la capacidad de hilado (Marcillo, 2016).

La continua acción mecánica (estiramiento) y calentamiento al que se somete la pasta en un sentido, orientan y alinean paralelamente las caseínas a modo de hilos. Esto conlleva a la concentración de los glóbulos de grasa y las bacterias iniciales a lo largo de los hilos de caseína. La acción mecánica y calentamiento permite concluir que existe una reacomodación espacial en su estructura proteica (Rodríguez et al., 2010).

2.5 PROPIEDADES FUNCIONALES

El queso tipo pasta hilada proporciona varias propiedades físicas al producto, de acuerdo el uso que se le dé este se puede agregar a las preparaciones para incrementar la viscosidad, añadir sensación en la boca y mejorar el color de los alimentos, para cumplir ciertos atributos, lo que da origen a las propiedades de funcionalidad, los cuales son indicadores que permiten determinar las características para un correcto desempeño, se hallan relacionadas con la percepción del consumidor y sobre las expectativas del producto (Ramírez, 2010).

La fusión, el estiramiento, la formación de aceite libre, la elasticidad, rallabilidad y tajado suelen ser las propiedades que se consideran importantes cuando se usan como cobertura de pizza o en sándwiches, las propiedades funcionales específicas de este producto parecen desarrollarse en dos fases distintas, pero interdependientes. La primera ocurre durante la fabricación, cuando se está desarrollando la estructura de cuajada básica. El segundo ocurre durante el almacenamiento, cuando se altera la funcionalidad y la estructura de cuajada (Tagalpallewar, 2017).

2.5.1 Medición de funcionalidad

Usualmente el queso forma parte de algunas preparaciones alimenticias por lo cual es necesario que estos cumplan con al menos una o dos propiedades, las cuales pueden clasificarse arbitrariamente en Propiedades Funcionales (PF) del queso antes del

calentamiento y PF del queso inducidas por el calentamiento (Guine, 2002). A continuación, se describen estas PF empleadas industrialmente para caracterizar quesos:

2.5.2 Propiedades funcionales antes del calentamiento

De acuerdo con Ramírez (2010), el queso normalmente antes de ser usado como parte de la elaboración de un alimento se halla conservado a temperaturas bajas y para su respectivo uso de manera general necesita ser procesado, estas operaciones pueden ser garantizadas dependiendo en su mayoría de sus propiedades funcionales antes del calentamiento. Estas propiedades en quesos tipo pasta hilada son: Rallabilidad y Tajabilidad

2.5.2.1 Rallabilidad

El rallado permite una rápida fusión, por lo cual es un método muy utilizado tanto por el consumidor como por el fabricante. Los problemas ocurren cuando el cuerpo del producto es suave y pastoso, causando que la máquina trituradora se obstruya de lugar a fragmentos en forma bolas, por el contrario, el que es excesivamente firme y seco, toma más tiempo para pasar a través de la máquina ralladora y se rompe con mayor facilidad (Kindstedt, 1995).

Estos porcentajes puede ser determinados de acuerdo con la ecuación 1:

Ecuación 1. Porcentajes de rallabilidad

$$\% = \frac{x_i}{x_q} \times 100$$

Donde x_i es el peso del conjunto rallado (tiras largas, cortas, finos y adheridos), por su parte x_q refiere al peso total del bloque antes de ser rallado. Para lo cual requiere tamizar a mano, tanto en horizontal como en vertical por 5 s, a través de dos tamices con aberturas de 0.5 pulg² y 0.25 pulg², mediante los cuales se podrá clasificar los fragmentos (Ramírez, 2010).

2.5.2.2 Rebanabilidad

De acuerdo con Guinee & Kilcawley (2004), la rebanabilidad es la capacidad de cortar el queso en rebanadas limpias y delgadas (lonchas o tajadas) 5mm de espesor, y a su vez para resistir la rotura, desmenuzando, pegado o fractura en los bordes de corte con la rebanadora. Para evaluar el porcentaje de rebanabilidad es necesario hacerlo de acuerdo con la ecuación 2:

Ecuación 2. Porcentaje de rebanabilidad

$$\% \text{Rebanabilidad} = \frac{x_{\text{lonchas íntegras}}}{x_q} \times 100$$

Donde $x_{\text{lonchas íntegras}}$ es el total del peso de las lonchas en buen estado, mientras que por su parte x_q es el peso del bloque de queso antes de ser sometido al procesamiento.

2.5.3 Propiedades funcionales inducidas por el calentamiento

Dentro de las propiedades funcionales un aspecto muy relevante ocurre a acorde al comportamiento del queso en preparaciones en las cuales se requiere someter al mismo a calor, las cuales son determinantes en cuanto a calidad y aceptabilidad (Ramírez, 2010). En consecuencia, a este calentamiento, la masa de queso fundido se vuelve más fluida, ya que tanto el aceite como la humedad actúan como lubricantes entre las capas adyacentes de la matriz de queso (Fox, Guinee, Cogan & McSweeney, 2017).

Estos cambios inducidos por el calor en la microestructura a partir de lo que generalmente se conoce como propiedades de funcionales inducidas por el calor y son (Guinee & Kilcawley, 2004).

- Capacidad de fusión y flujo
- Capacidad de elasticidad
- Liberación de aceite

2.5.3.1 Capacidad de fusión y flujo

De acuerdo con Guinee & Kilcawley (2004), la capacidad de fusión y flujo es el nivel en que el queso fundido fluye y se extiende sobre la superficie caliente, las pruebas de esta propiedad convencionalmente usadas se basan principalmente en el calentamiento controlado de probetas cilíndricas y la respectiva medición del flujo del diámetro de las muestras, para lo cual se tomarán en cuenta 4 direcciones diferentes a 45° y se calcula el porcentaje de variación entre las dimensiones arrojadas (Ramírez, 2010).

2.5.3.2 Capacidad de estiramiento y elasticidad

La elasticidad va a depender netamente de la capacidad de las fibras de queso de resistir la deformación durante la extensión, y se relaciona con masticabilidad del queso. Para esta prueba se toma en cuenta la salida de la carga en función del tiempo lo cual se convierte en carga versus distancia y se suavizan los datos mediante un promedio móvil de cinco puntos de datos, generalmente el peso de queso agregado a la sonda en la realización de la prueba es de aproximadamente 5 g, por lo que la ruptura de las hebras se da por debajo de una carga de 5g (Fife, McMahon, & Oberg, 2002).

2.5.3.3 Liberación de aceite

La liberación de aceite hace referencia a la capacidad del queso para liberar una pequeña cantidad de grasa libre cuando es sometido a calor, de acuerdo con Guine (2002), una moderada liberación de aceite favorece a las características deseables de fusión mediante la creación de una película hidrofóbica sobre la superficie del queso durante el horneado, dando un brillo deseable y, sobre todo, frenando la pérdida de humedad por evaporación.

La excesiva deshidratación ocurre cuando existe una escasa liberación de aceite lo cual resulta en la formación de una piel resistente en la superficie del queso que impide el flujo y provoca facilidad para que el producto se quemé. Esta prueba se lleva a cabo mediante la utilización de la metodología de Gerber modificada (Kindstedt & Fox, 1991).

2.5.4 Factores que afectan la funcionalidad del queso

De acuerdo con Ramírez (2010), cuando la funcionalidad y la estructura de la cuajada sufren alteraciones. Entonces, las PF son afectadas de manera directa, por los siguientes factores:

2.5.4.1 Estandarización

A medida que el contenido graso aumenta (cuando excede el 37%), en los quesos de pasta hilada la cuajada se ablanda y se dificulta su hilado, aumenta su capacidad de fusión y una alta exudación de aceite durante el fundido, por otro lado, cuando existe una disminución de esta, resulta normalmente en cambios físicos y sensoriales que pueden empobrecer la calidad del producto (McMahon, Oberg , & McManus, 1993).

2.5.4.2 Cultivo seleccionado

La tasa de producción de ácido puede afectar la funcionalidad de distintas formas, de manera primordial sobre el contenido de humedad y calcio, lo cual provoca una textura más blanda y mayor capacidad de fusión y flujo, sin embargo, el tiempo de elaboración y los contenidos de humedad se ven afectados dependiendo del rango de temperatura (Ramírez, 2010).

2.5.4.3 Hilado

El hilado es fundamental en el desarrollo de las propiedades características de filancia del queso, normalmente en un rango de pH entre 5.2 y 5.6 la funcionalidad puede ser manipulada para llegar a afectar la capacidad de fusión y flujo y a su vez la capacidad de estirabilidad y elasticidad. La temperatura a la que es sometida la cuajada en el hilado, el trabajo mecánico y el tiempo de fundido influye también en el producto final (Ramírez, 2010).

2.6 CALIDAD SENSORIAL

Se basa en analizar y describir las características organolépticas de los quesos, lo cual se logra a través del uso de los sentidos (Hoyos, 2016), de acuerdo con Cárdenas et al., (2018) esta evaluación implica tres pruebas según su finalidad: afectivas, discriminatorias o discriminativas y descriptivas.

2.6.1 Pruebas afectivas

Son aquellas en las cuales el degustador expresa su percepción subjetiva del producto, exponiendo si sus atributos le son agradables o le disgusta, si lo aprueba o por el contrario lo rechaza, o por otro lado si lo prefiere a otro producto. Generalmente son realizados con catadores inexpertos. Entre las pruebas afectivas están las de evaluación del rango de aceptación y satisfacción (García, Gonzales , Rondan, Yauri, & Zamalloa, 2017)

2.6.2 Las pruebas discriminatorias.

Su objetivo es establecer la existencia de diferencias o no entre dos o más muestras, en algunos casos se hace uso de una escala con el fin de medir la magnitud de esas diferencias. El panel de este tipo de pruebas puede ser semientrenado cuando las pruebas son obvias y sencillas, tales como comparación apareada simple, triangular, dúo – trío, comparaciones múltiples y de ordenamiento (Cárdenas et al., 2018).

2.6.3 Pruebas descriptivas

Se basa en una escala de atributos, donde el catador plantea los descriptores que fija las características sensoriales de un producto. Consiste en describir el sabor y color propio de un producto. Este tipo de pruebas buscan definir el orden de aparición de cada atributo, grado de intensidad de cada uno. Obtiene más información que cualquier otra evaluación, sin embargo, son más complicadas de realizar, ya que requiere jueces entrenados y la interpretación de resultados es más laboriosa que otras pruebas (Cárdenas, el al., 2018).

2.6.4 Características sensoriales de los quesos

Las técnicas texturales, fisicoquímicas y microbiológicas permiten conocer la composición microbiológica y química en el producto y relacionar su influencia en las características de los quesos. Un método instrumental es útil para establecer una relación con la valoración objetiva de los jueces, pero no podrá sustituir a la evaluación sensorial (Sandoval, 2019).

Las pruebas sensoriales propios del queso siguen un orden de acuerdo con la estimulación de los sentidos en diferentes momentos durante la degustación: vista, tacto, olfato y gusto. Regularmente, la vista apreciará en primer lugar los atributos definidos como apariencia. Posteriormente el sentido del tacto identifica características de textura. El sentido del olfato por su parte captará las primeras sensaciones aromáticas (ortonasales). Finalmente, la boca captará atributos de textura, gustos básicos y sensaciones trigeminales (Haba, 2017).

2.6.4.1 Textura

Es el resultado de su estructura, obtenida del proceso de elaboración. El queso Mozzarella fresco, en comparación con otros quesos, presenta una dureza relativamente baja, y alto valor de elasticidad, cohesividad, adhesividad, masticabilidad y gomosidad (Sandoval, 2019).

2.6.4.2 Color

El color en los quesos está influenciado por el tipo de leche empleada, por la técnica de elaboración y por el tiempo de maduración. El color de los quesos puede medirse subjetivamente por comparación con Tablas de color (Pantone o Munsell) y objetivamente usando un aparato medidor de color (espectrofotómetro 44 o colorímetro) (Sandoval, 2019).

2.6.4.3 Olor

Da información sobre la intensidad del queso, de manera general un olor láctico suave será característico de quesos frescos y un olor láctico potente será característico de quesos madurados, curado y quesos azules (Hoyos, 2016).

2.6.4.4 Sabor

Los sabores principales de los quesos son el salado y el ácido. El salado por la adición de sal y el ácido por la formación de ácido láctico. Además, algunos quesos pueden llevar azúcar por lo que se detecta el sabor dulce (Haba, 2017).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de las Unidades Edu-productivas, de la Universidad Técnica del Norte, la ubicación se detalla a continuación en la tabla 8:

Tabla 8
Ubicación del Experimento

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Cuidad:	Ibarra
Lugar:	Unidades Edu productivas
Altitud:	2247 m.s.n.m.
Humedad relativa Promedio:	73 %
Temperatura:	17.4 °C
Pluviosidad:	503 – 1000 mm. Año

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2018)

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

La presente investigación se llevó a cabo mediante el uso de materiales, equipos y reactivos empleados para la producción y análisis de quesos tipo mozzarella, así como para el cumplimiento de los objetivos específicos planteados en esta investigación, los cuales se detallarán en la tabla 9:

Tabla 9
Materiales y equipos

Materia prima:	Insumos:	Equipos
Leche 3.5% de grasa	- Cuajo - Ácido cítrico	- Balanza gramera - Centrífuga - Marmita de 800 litros de capacidad - Caldero - Marmita 20 litros de capacidad - Selladora - Mesa de acero inoxidable - Refrigerador - ECOMILK - Estufa - Disecador - Potenciómetro

Utensilios	Materiales de laboratorio	Reactivos:
- Lira	- Acidómetro	- Solución de hidróxido de sodio 0.1N
- Cuchillos, Jarras, bandejas y tinas plásticas	- Termolactodensímetro 15 °C	- Solución indicadora de fenolftaleína alcohólica 2%
- Filtro de tela	- Vasos de precipitación 25 ml	- Alcohol etílico al 75%
- Pala	- Pipeta de 10 ml	- Ácido sulfúrico concentrado de densidad 1.530 a 288 K (15°C).
- Moldes de acero inoxidable de 1 kg de capacidad	- Gotero	- Ácido sulfúrico concentrado al 90% de masa y densidad (20°C)
- Rallador	- Pipeta volumétrica de 1 ml	- Alcohol Isoamílico
- Tamiz	- Pipeta volumétrica de 10 ml	- Agua de Peptona
- Rebanadora	- Termómetro	- Agua destilada
	- Crisoles	- Metanol
	- Vidrios relojes	
	- Vasos BOECCO	

Nota: Como materia prima se hizo uso de leche proveniente del Centro de acopio San Luis - Cayambe.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó diferentes análisis, los cuales se pueden constatar en las tablas 11, 15, 16 y 17, cada una de ellas se realizó conforme al orden de los objetivos específicos, utilizando leche de vaca como materia prima, obtenida del Centro de acopio San Luis ubicado en Cayambe y ácido cítrico como regulador de acidez.

3.3.1 Evaluación del rendimiento y propiedades funcionales en quesos mozzarella

Para cumplir con este objetivo, los quesos tipo mozzarella elaborados con dos técnicas de coagulación y niveles de acidez diferentes, fueron evaluados a través de un análisis de pesos, aplicando la fórmula descrita en la tabla 11, con la finalidad de conocer el rendimiento de la masa después del proceso, en relación con el peso de la leche (volumen x densidad) empleada, así como también la valoración de estos en cuanto a sus propiedades funcionales.

Este tipo de investigación se halla validada científicamente al estar sustentada con información comprobable, la cual responde aquello que se quiere verificar con la hipótesis planteada en este documento, para lo cual es necesario ejecutar un análisis experimental de las variables, el mismo que consistió en:

3.3.1.1 Factores de estudio

Con la finalidad de determinar la factibilidad de estudio, se plantearon tres niveles de acidez y dos técnicas de coagulación, mostrados a continuación en la tabla 10:

Tabla 10
Factores de estudio

Factores de estudio	
	Acidificación en la relación ácido cítrico-leche (° Dornic)
Factor A:	A1 33°D
	A2 35°D
	A3 37°D
	Técnica de coagulación ácido-enzimática (°C)
Factor B	Técnica Lenta: 33°C
	Técnica rápida: 40 °C

3.3.1.2 Variable de respuesta a evaluadas

A fin de cumplir el objetivo 1 planteado en la fase de investigación, se evaluaron dos variables, las cuales consisten en la valoración y diferenciación de rendimiento y propiedades funcionales en quesos tipo mozzarella, a través de la metodología detallada a continuación en la tabla en la tabla 11:

Tabla 11
Variables de respuesta

Variable 1	Método	Indicador	Unidad	Referencia
Rendimiento	Rendimiento quesero	$\% = \frac{\text{kg obtenidos}}{\text{Kg leche empleados}} \times 100$	%	Dalla,(2015)
Variable 2	Método	Indicador	Unidad	Referencia
Rallabilidad	Tamiz	$\% = \frac{X_i}{X_q} \times 100$	%	Ramírez, (2010)
Rebanalidad	Rebanadora	$\% = \frac{X_{\text{lonchitas integras}}}{X_q} \times 100$	%	Guinee & Kilcawley, (2004)
Capacidad de fusión	Prueba Schreiber	$s^2 = \frac{\sum x^4}{n}$	cm	Guinee & Kilcawley, (2004)
Capacidad de estiramiento y elasticidad	Probador de resistencia a la tracción modificado.	Capacidad de estiramiento	cm	Fife et al.,(2002)
Liberación de aceite	Prueba de Gerber modificado hacia quesos	Escala Butirómetro %	%	Kindstedt et al., (1991)

3.3.1.3 Tratamientos

Se evaluaron 6 tratamientos mostrados a continuación en la tabla 12, resultantes de la combinación de los factores indicados anteriormente en la tabla 10.

Tabla 12
Tratamientos evaluados

Nº de tratamientos	Factor A	Factor B	Combinación
T1	A1	M1	A1M1
T2	A2		A2M1
T3	A3		A3M1
T4	A1	M2	A1M2
T5	A2		A2M2
T6	A3		A3M2

Nomenclatura:

A: Acidez de la mezcla

M: Temperaturas de coagulación

Se realizó una comparación de las medias alcanzadas por los tratamientos en relación con la hipótesis, con la intención de identificar si existió significancia entre factores y su interacción.

3.3.1.4 *Diseño Experimental*

Para la investigación se utilizó un diseño Completamente al azar (DCA), con arreglo factorial AxB, cuya caracterización se detalla en la Tabla 13:

Tabla 13
Características del experimento

Características del experimento:	
Número de tratamientos:	Seis (6)
Número de repeticiones:	Tres (3)
Número de unidades experimentales:	Dieciocho (18)

3.3.1.5 *Unidades Experimentales*

Este proyecto de investigación estuvo establecido por 18 unidades experimentales, en cada una de las cuales se utilizaron 20 litros de leche.

3.3.1.6 *Análisis de varianza*

Para el análisis de los datos cuantitativos, se procedió a la utilización de un análisis de varianza (ADEVA) como se muestra en la tabla 14:

Tabla 14
Análisis de varianza

FUENTES DE VARIACIÓN	Grados de Libertad
Total	17
Tratamientos	5
Acidez (Factor A)	2
Temperatura (factor B)	1
Interacción (AxB)	2
Error experimental	12

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete estadístico Rstudio y la prueba significativa Tukey al 5%.

3.3.2 Caracterización Físicoquímica y microbiológica de los quesos mozzarella

La determinación de las características físicoquímicas y microbiológicas se realizó, una vez obtenidas las muestras de los tratamientos y fueron evaluadas en los Laboratorios de las Unidades edu-productivas de la Universidad Técnica del Norte. Los análisis realizados se describen a continuación en la tabla 15.

Tabla 15
Análisis físicoquímico de los quesos

Análisis	Método	Indicador	Unidad	Referencia
Humedad	Norma INEN 63	$\% \text{Humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$	%	INEN, (1974a)
Grasa en extracto seco	GERBER-van GULIK	Escala del butirómetro	%	INEN, (1974b)

Tabla 16
Análisis microbiológico de los quesos

Análisis	Método	Unidad	Referencia
Coliformes totales y fecales	AOAC 991.14	UFC/g	AOAC , (2002)
<i>Staphylococcus aureus</i>	NF V08-057-1	UFC/g	Galeano, (2017)

3.3.3 Características sensoriales del producto final.

Este análisis sensorial fue llevado a cabo en las Unidades Edu-productivas, de la Universidad Técnica del Norte. Los parámetros evaluados fueron: textura, sabor, aroma y visualización. Se realizó mediante la obtención de los tratamientos evaluados en la investigación, así como también de dos quesos comerciales, para lo cual se tomó en cuenta los días de elaboración de 5+2 días. Las muestras fueron llevadas dentro de un cooler, a fin de no perder la cadena de frío, hasta llegar al lugar de catación.

El análisis sensorial se efectuó al quinto día de fabricación de las muestras elaboradas, dicho análisis se detalla en la tabla 17. El panel fue constituido por 15 degustadores previamente

orientados para evaluar las antes mencionadas características, además son consumidores habituales de queso mozzarella.

Tabla 17

Determinación de características sensoriales de quesos tipo mozzarella

Análisis	Método	Indicador	Unidad	Referencia
Características sensoriales	Degustación de quesos y Tabulación de Datos obtenidos a 20 personas.	$X = \frac{\sum x \cdot n}{n}$	%	Cortés, (2016)

Nota: Se llevó a cabo con la participación de 15 estudiantes y docentes de las unidades Edu-productivas.

El método empleado en la realización del análisis sensorial fue llevado a cabo mediante el uso de una prueba discriminatoria a través de la cual se pretende medir la existencia de diferencias de los tratamientos en comparación a dos quesos comerciales denominados Comercial 1 y 2.

Este análisis sensorial fue llevado a cabo mediante una prueba calificativa (Anexo 1), la cual fue dividida en cuatro categorías las cuales fueron, visual, textura, aroma y sabor, a su vez cada una de estas es fraccionada en subcategorías importantes para distinguir propiedades de cada queso, por su parte para su análisis estadístico se empleó la prueba no paramétrica Friedman, mediante la siguiente ecuación:

$$x^2 = \frac{12}{rt(t+1)} * \pi \sum R^2 - 3r(t-1)$$

Ecuación 3. Para la determinación de características sensoriales

Donde:

X^2 = Chi cuadrado

$\sum R^2$ = Sumatoria de los rangos al cuadrado

r = Número de catadores

t = Tratamientos

3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

El procedimiento experimental llevado a cabo para la elaboración de quesos tipo mozzarella es presentado a continuación en las figuras 1:

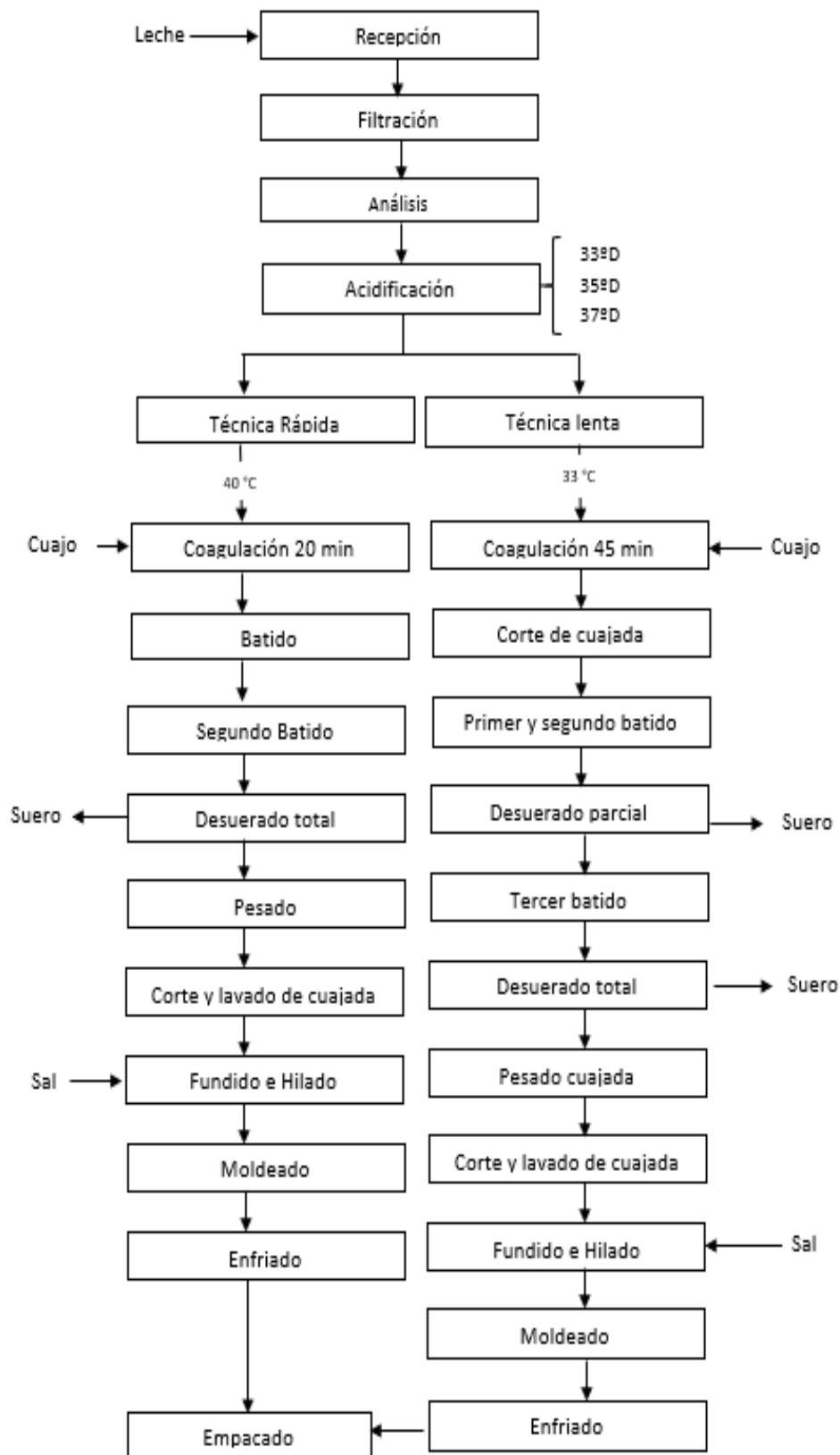


Figura 1. Procedimiento experimental para obtención de queso tipo mozzarella mediante la aplicación de la técnica lenta y rápida de coagulación ácido-enzimática

Fuente: Tobar (2018)

3.4.1 Descripción del proceso

3.4.1.1 Recepción de la materia prima

Se contó con 360 litros de leche proveniente del Centro de Acopio San Luis, ubicado en Cayambe, los cuales se transportaron en bidones de aluminio de 40 litros de capacidad hasta el área de experimentación anteriormente descrita, como se muestra en la figura 2. Sin embargo, antes de que la materia prima sea almacenada fue sometida a exámenes rápidos de verificación de calidad (figura 3) detallados en la tabla 18:



Figura 2. Recepción de leche

Tabla 18
Métodos rápidos de recepción de materia prima

Análisis	Método	Unidades	Referencia
Densidad (15°C)	Termo lactodensímetro	Kg/m ³	INEN, (1984b)
Reacción de estabilidad proteica	Prueba de alcohol neutro de 75 % en volumen	Adimensional	INEN, (2011b)

Nota: Al cumplir con estos estándares rápido de calidad para la recepción de materia prima se procedió a colocar a la leche en tanques fríos de almacenamiento a 4°C.



Figura 3. Pruebas rápidas de calidad en leche: A) Pruebas de densidad y B) reacción de estabilidad proteica.

3.4.1.2 Análisis Fisicoquímico de la leche

Posteriormente al almacenamiento de la leche se realizó pruebas fisicoquímicas para determinar la calidad de la materia prima registradas en tabla 19 (figura 4):

Tabla 19
Análisis físico de la leche

Análisis	Método	Unidades	Referencia
Acidez	Acidez titulable (ml NaOH 0.1N/100 ml leche)	° Dornic	INEN,(1984a).
Grasa	GERBER-van GULIK	%	INEN, (1974b)
Densidad	Termolactodensímetro	g/cm ³	INEN, (1984b)

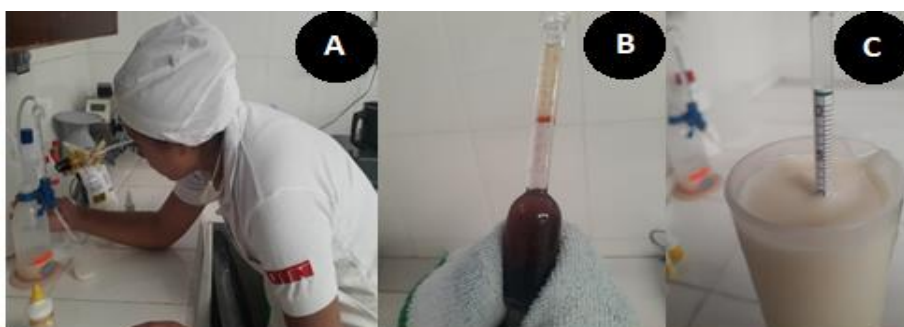


Figura 4. Análisis de leche: A) Pruebas acidez de la leche, B) determinación de grasa y D) densidad en leche

3.4.1.3 Adición de ácido cítrico

Se mantuvo la temperatura de la leche a 4°C para la incorporación del ácido cítrico, la cual se dio a razón de 1.2 g por litro de materia prima, se incrementó gradualmente 0.2 gramos hasta alcanzar la acidez requerida por cada tratamiento (33,35 y 37 °D), esta cantidad puede variar dependiendo la acidez de la leche. Para lo cual se midió la acidez de acuerdo con la Norma INEN (1984), como se muestra en la figura 5.

La acidez se determinó a través del siguiente procedimiento:

1. Mediante la utilización de una pipeta se toma 9 mililitros de leche y se transfiere a un vaso de precipitación.
2. Se agrega de 3 o 5 gotas de solución indicadora fenoftaldehína
3. Se añade lentamente con agitación la solución 0.1 de hidróxido de sodio, hasta que se logre divisar un color rosado fácilmente perceptible.
4. Finalmente, se observa en el acidómetro el volumen de la solución empleada.

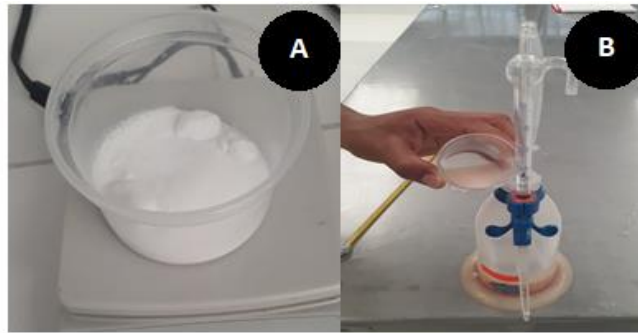


Figura 5. Acidificación de la masa: A) Ácido cítrico y B) prueba de acidez en leche acidificada

3.4.2 Técnica lenta

El proceso descrito a continuación se basa en la utilización de la técnica lenta de coagulación ácido-enzimática para la obtención de quesos tipo mozzarella, el tiempo de acción de cuajo es de 45 min y el de su fabricación total es de una hora con 40 minutos.

3.4.2.1 Coagulación

Una vez la leche ha llegado a la acidez necesaria, se incrementa la temperatura hasta alcanzar 33°C y se añade cuajo líquido Maxirendi a razón 13 gotas por cada 5 litros de materia prima (recomendación dada por el producto), posteriormente se agitó durante 5 min para que se homogenice la mezcla, el proceso se muestra a continuación en la figura 6.



Figura 6. Coagulación de la leche

3.4.2.2 Reposo

La leche permanece en reposo durante 40 minutos, una etapa clave e importante en el proceso de obtención de una cuajada compacta y resistente, para determinar los signos finales de coagulación se verificó por la forma y aspecto mediante un corte en forma de “V” en la cuajada realizado con un cuchillo, con el que se levanta el trozo cortado, el cual debe ser nítido y tener superficies brillantes, permitiendo a su vez la salida de un suero limpio, como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Leche Coagulada

3.4.2.3 Corte

Coagulada la leche se procedió a realizar cortes longitudinales para acelerar y controlar la salida de suero (sinéresis) mediante el uso de un cuchillo se fracciona la cuajada en cubos de aproximadamente 5 cm para facilitar la salida del suero y se deja en reposo durante 5 minutos con el objetivo de que la cuajada se compacte más y libere suero de manera más acelerada. como se muestra en la figura 8,



Figura 8. Corte de cuajada

3.4.2.4 Primer y Segundo batido

Pasado 5 minutos del corte, se realiza un batido en forma circular, mediante el uso de una pala, como se muestra en la figura 9, posteriormente se deja en reposo durante 5 minutos y se procede a batir por segunda vez en forma circular leve.



Figura 9. Batido de la cuajada

3.4.2.5 *Desuerado Parcial*

En la figura 10 se muestra el desuerado parcial el cual se realizó antes de efectuar el tercer batido se procede a sacar un porcentaje de suero cerca de cuatro litros de suero por balde, quedando aún cubierta la cuajada de suero.



Figura 10. Desuerado Parcial

3.4.2.6 *Tercer batido*

Pasado 5 minutos del desuerado parcial se procede a realizar un tercer batido de manera circular y suave, a su vez se tomó una muestra de la cuajada para saber si está ha llegado a la madurez requerida, esta etapa es muy importante en la elaboración de queso mozzarella ya que la masa consigue la acidez necesaria gracias a la acción de microorganismos presentes en la cuajada y a la temperatura de coagulación, para lo cual es importante controlarla con valores aproximados de pH 5.1 a 5.2, el proceso se muestra a continuación en la figura 11.



Figura 11. Proceso de batido: A) Tercer batido y B) Control de acidez (reómetro)

3.4.2.7 *Desuerado Total*

Se procede a retirar la mayor cantidad de suero presente en la cuajada mediante el uso de un lienzo. Una vez obtenida la masa se divide en tres partes con la finalidad ayudar a liberar el

suero encerrado entre las paredes, para lo cual se deja reposar la durante 5 min, finalmente se toma el peso, el proceso llevado a cabo se muestra a continuación en la figura 12.



Figura 12. Proceso de desuerado A) Desuerado; B) corte y C) Pesado de la masa

3.4.2.8 Corte y lavado de la cuajada

Una vez se ha pesado la cuajada, se procede a cortarla en forma de tiras (mediante el uso de un cuchillo de mano) y extender en la mesa de trabajo, para finalmente lavar con agua a 85°C, como se muestra en la figura 13, este paso es necesario para transformar la cuajada a una masa de consistencia plástica y trabajable.



Figura 13. Corte y lavado de Cuajada

3.4.2.9 Fundido e hilado

Se añadió sal al 1% del total de masa, la cual es ubicada dentro de una marmita de 20 litros conjunto con la cuajada, a través de la ayuda de una pala de madera y la fuerza de dos brazos, se batió la masa en forma circular sobre su mismo eje y área, hasta lograr unificar y fundir todo el queso, para finalizar se procedió a hilar a fin de transformar la cuajada en una cinta

fibrosa de característica unidireccional (Figura 14), cabe recalcar que este proceso es importante para las propiedades funcionales del queso mozzarella.



Figura 14. Proceso de: A) fundido y B) Hilado de la masa

3.4.2.10 Moldeado

La masa hilada es trasladada a la mesa de trabajo a fin de amasar y eliminar la lechada presente en la cuajada, ganar brillo y contextura, una vez logrado este paso se procede a cortar la cuajada en partes iguales a fin de colocar en moldes de 450 g (Figura 15), los cuales son colocados en bandejas con agua helada a 4°C durante 30 min, este proceso cumple con una función de pre-enfriado, para luego ser mudados a el refrigerador sin agua durante 12 horas, de esta forma el bloque de queso conserva forma del molde.

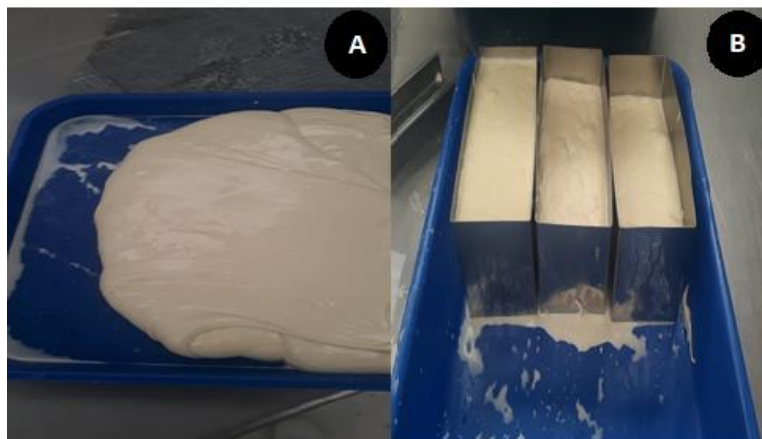


Figura 15. Moldeado de la masa: A) amasado y B) Moldeo de la masa

3.4.3 Técnica rápida

El proceso descrito a continuación se basa en la utilización de la técnica rápida de coagulación ácido-enzimática, para la obtención de quesos tipo mozzarella, el tiempo de

coagulación empleado fue de 20 min y de procesamiento de una hora con 8 minutos, para llevar a cabo esta técnica fue necesario acidificar la leche con el proceso descrito anteriormente en el inciso 3.4.1.3.

3.4.3.1 Coagulación

Se procedió a calentar la leche hasta alcanzar una temperatura de 40°C, para añadir cuajo líquido Maxirendi a razón de 13 por cada 5 litros de leche (acorde a las recomendaciones del producto).

3.4.3.2 Reposo

La leche permanece en reposo a la misma temperatura de coagulación durante 20 minutos, esta es una de las etapas claves e importantes en el proceso de obtención de queso mozzarella en la cual se forma la cuajada, normalmente no se halla pegada a las paredes del balde, como se muestra en la figura 16. Para determinar los signos finales de coagulación de manera empírica se hizo uso de los dos dedos de la mano ejerciendo una leve presión sobre el coágulo, al retirar los dedos se observó si la masa no se atinó pegada sobre la piel, esto indica que el cuajo se halla listo para batir.



Figura 16. Coagulación mediante la técnica rápida

3.4.3.3 Corte y Batido

Una vez coagulada la leche, se realizó un batido suave y tomando partes de la masa se realiza cortes longitudinales para poder acelerar y controlar la salida de suero (sinéresis) mediante el uso de un cuchillo, como se muestra en la figura 17, (cabe recalcar que este tipo de cuajada es un tanto más blanda que la masa obtenida por la técnica lenta por lo cual no permite realizar el proceso de corte en forma de cubos), posteriormente se deja en reposo durante 5

minutos con el objetivo de que la cuajada se compacte (másicamente), así como libere suero de manera más acelerada.



Figura 17. Batido y Corte de la Cuajada

3.4.3.4 Segundo Batido

Pasado este tiempo se procede a realizar un segundo batido de manera circular y suave, como se muestra en la figura 18, a su vez se tomaron muestra de la cuajada para saber si ha llegado a la madurez requerida, esta etapa es muy importante en la elaboración de queso mozzarella ya que la masa consigue el pH 5.2. a 5.3 por lo cual es necesario tener un control sobre ella.



Figura 18. Segundo Batido

3.4.3.5 Desuerado

Cuando la acidez de la masa ha llegado a la madurez requerida, se procede a retirar la mayor cantidad de suero, una vez obtenida la cuajada se fracciona la masa en tres partes con la finalidad ayudar a liberar el suero y se deja reposar la misma durante 5 min. De acuerdo con

Castillo (2019), durante este tiempo la cuajada llega a la acidez adecuada para continuar al proceso de hilado para lo cual haremos uso de un medidor de pH de 5.1 a 5.2, finalmente, se tomó el peso, como se muestra a continuación en la figura 19.



Figura 19. Cuajada obtenida mediante la Técnica Rápida

3.4.3.6 Corte y lavado de la cuajada

Se procedió a cortar la masa en forma de tiras y se las extendió sobre la mesa de trabajo, finalmente se lavó con agua a 85°C, el proceso se muestra a continuación en la figura 20.



Figura 20. Lavado de cuajada

3.4.3.7 Fundido y salado

La cuajada ácida y compacta se transvasa en la marmita de 20 litros de capacidad, y se añade sal refinada en proporción de 1% del total de la masa, la temperatura a la cual se somete a la masa es de 65- 70°C y es trabajada con una pala de madera y la fuerza de dos brazos, hasta que se logre unificar y fundir todo el queso, como se muestra en la figura 21.



Figura 21. Fundido de la cuajada

3.4.3.8 Hilado

Utilizando una pala de madera y la cuajada previamente fundida se inició el proceso de hilado, tal como se muestra en la figura 22, en este proceso la masa es sometida a varios estiramientos durante 5 minutos hasta que esta tome una forma elástica y un aspecto brillante.



Figura 22. Proceso de hilado

3.4.3.9 Moldeado

La cuajada es colocada sobre la mesa de trabajo con la finalidad de amasar, posteriormente se enrolla y corta, para colocarla en moldes de acero inoxidable de 450 gramos, ejerciendo presión sobre ellos, con la finalidad moldear al queso, más adelante estos se colocaron en

bandejas con agua a 4°C durante 30 min, para luego ser refrigerados sin agua durante 12 horas, de esta forma el bloque de queso conserva forma del molde, el proceso se muestra a continuación en la figura 23.

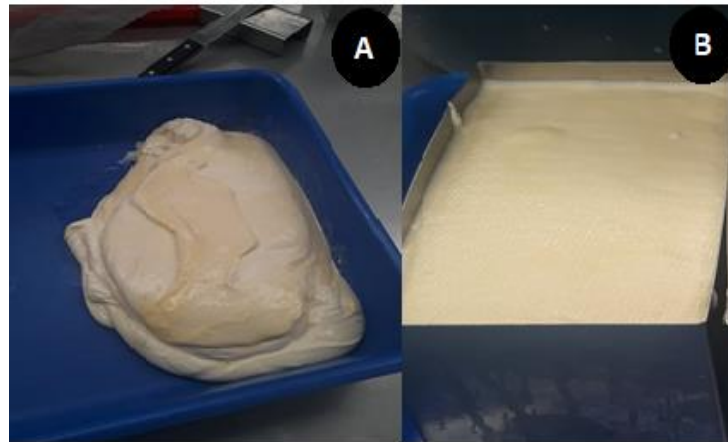


Figura 23. Proceso de moldeo de la masa: A) Amasado y B) Moldeo de la masa

3.4.3.10 Empacado

Las muestras serán empacadas al vacío como se muestra en la figura 24 y refrigeradas a 4°C.



Figura 24. Quesos obtenidos mediante la Técnica Rápida.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos mediante la investigación “EFECTO DE TÉCNICAS DE COAGULACIÓN ÁCIDO ENZIMÁTICA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y RENDIMIENTO DE QUESOS TIPO MOZZARELLA”.

4.1 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y PROPIEDADES FUNCIONALES EN QUESOS MOZZARELLA

Mediante el desarrollo de la fase experimental se estudió los parámetros de rendimiento y propiedades funcionales en quesos tipo mozzarella, para lo cual se evaluó la influencia de acidez y temperatura, durante el proceso de la elaboración del producto existen diversos factores (Porcentaje de grasa, acidez, temperatura de coagulación y maduración) que afectan las cualidades del producto final, para lo cual se realizó un análisis de varianza, con un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial AxB.

En cuanto a la diferenciación de tiempos requeridos desde la acidificación hasta el proceso de moldeo para la técnica lenta fue necesario el tiempo de 100 minutos equivalente a una hora con 40 minutos por queso, mientras que para técnica rápida fue necesario un tiempo de 68 minutos equivalente a una hora con 8 minutos, con una diferencia de 32 minutos entre las dos técnicas.

A continuación, se describe los resultados de las variables con sus factores a evaluar.

4.1.1 Evaluación de rendimiento

Se realizó el análisis del rendimiento obtenido a través del peso alcanzado en el producto final. Para la determinación del porcentaje de rendimiento se utilizó la ecuación definida en la tabla 11 variable 1, descrita en el capítulo III de la Metodología.

A su vez se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks y la prueba de LEVENE con el fin de verificar el supuesto de normalidad ($p = 0.57$) y homocedasticidad ($p = 0.019$) respectivamente, con lo cual se logró evidenciar que no existió homogeneidad de varianzas, por lo cual se recurrió a la utilización de una prueba no paramétricas Kruskal-Wallis (Tabla 20).

Método usado para probar si un grupo de datos pertenecen a una misma población, es muy parecido a un Análisis de Varianza (ANOVA) usualmente usado con datos paramétricos. Al ser una prueba no paramétrica, esta no asume normalidad en los datos, pero acepta la hipótesis nula ya que los datos vienen de la misma distribución (Amat, 2016).

Tabla 20
Prueba Kruskal-wallis para rendimiento

Fuentes de variación	Gl	Valor crítico	P - valor Chi-cuadrado
Acidez	2	5.61	6.06e-02 *
Temperatura	1	9.51	2.053-03 **
Acidez-Temperatura	5	6.12	6.51e-03 **

*: No Significativo, **: Altamente significativo

Una vez realizado la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis se determinó que no existe diferencias significativas para el Factor A (Acidificación en la relación ácido cítrico-leche), sin embargo, el factor B (Temperaturas de coagulación ácido-enzimática) y su interacción AxB presentaron alta significancia sobre el rendimiento final del queso, por lo cual se procedió a realizar comparaciones no paramétricas (Análisis Post hoc) mostrado a continuación en la tabla 21.

Tabla 21
Análisis Post hoc para rendimiento

Factores (Trat.)	Medias	Grupos
T1	16	a
T2	15	a
T5	10	b
T3	9	b
T4	5	c
T6	2	d

Se determinó que existen 4 niveles, denominando a los del grupo a: T1 y T2 los mejores tratamientos y d: T6 el tratamiento que mantuvo el peso final más bajo, denominándose así

“el de menor beneficio”, este queso fue elaborado a través de la técnica rápida (40°C) y acidez de 37°D, de acuerdo con lo expuesto por McSweeney (2007) esta variación se debe a que el incremento de la temperatura durante el proceso de coagulación influye en un aumento gradual en la tasa de sinéresis, interviniendo así en las características del producto terminado.

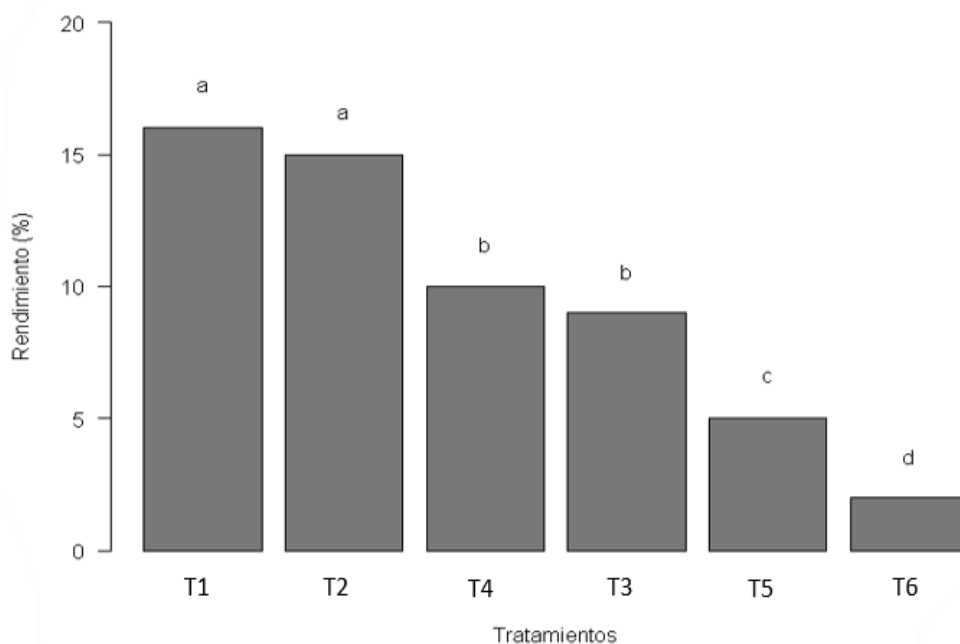


Figura 25. Diferencias entre factores sobre el rendimiento

En la figura 25 se puede evidenciar dicha incidencia, esta alusión es confirmada por Crespo (2016), quién considera que dicho comportamiento se debe al uso de temperaturas altas en la coagulación y su influencia en el crecimiento inicial de los perfiles de acidificación, considerando que esta es usada para controlar la tasa de sinéresis de la cuajada, así, para un producto de alta humedad las temperaturas son bajas 31 - 33°C y para quesos de humedad media son medianamente altas > 36- 40°C.

El aumento de la temperatura durante la coagulación aumentó directamente la tasa de sinéresis, por lo tanto, redujo el peso en el producto final.

Dalla (2015), manifiesta que los factores pH y temperatura no solo afectan el rendimiento, sino también la calidad final del producto, a veces aumentan el rendimiento, pero pueden disminuir la calidad o inversamente. El pH inicial de la leche altera significativamente el rendimiento quesero debido a que juega un papel fundamental en la sinéresis (desuerado),

generalmente pH muy bajos pueden significar en una excesiva pérdida de agua y por consecuencia en una pérdida en el rendimiento final.

4.1.2 Análisis Propiedades funcionales

Se realizó la valoración de propiedades funcionales en cuanto a rebanabilidad, rallabilidad, capacidad de fusión y flujo, capacidad de estirabilidad y liberación de aceite. Para discusión de los resultados, los datos fueron tabulados y manejados a través del programa estadístico Rstudio, con el fin de observar la dispersión de los factores y contrastar la confiabilidad de la experimentación a través de un análisis de varianza.

4.1.2.1 Rebanabilidad

Para la determinación del porcentaje de rebanabilidad se utilizó la ecuación 2 descrita en el capítulo III Metodología, la información se resume en el análisis de varianza efectuado en la tabla 22. Se realizó la prueba de Shapiro-Wilks y la prueba de LEVENE con el fin de verificar el supuesto de normalidad ($p = 0.43$) y homogeneidad de varianzas ($p = 0.39$) respectivamente. El parámetro para la rebanabilidad ha sido considerado de acuerdo con lo especificado por Guinee y Kilcawley (2004) en la obtención de lonchas íntegras.

Tabla 22
Análisis de varianza para rebanabilidad

Fuentes de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr(>F)
Acidez	2	5597	2798.70	6759.18	< 2e-16 ***
Temperatura	1	371	370.60	895.15	1.22e-12***
Acidez-Temperatura	2	81	4.30	97.25	3.85e-08***
Residuos	12	5	0.40		

***: Altamente significativo

La acidez, temperatura y su interacción presentaron ser altamente significativas, por lo cual se procedió a efectuar las pruebas Tukey al 5%, los resultados se muestran a continuación en la figura 26, a fin de diferenciarlos.

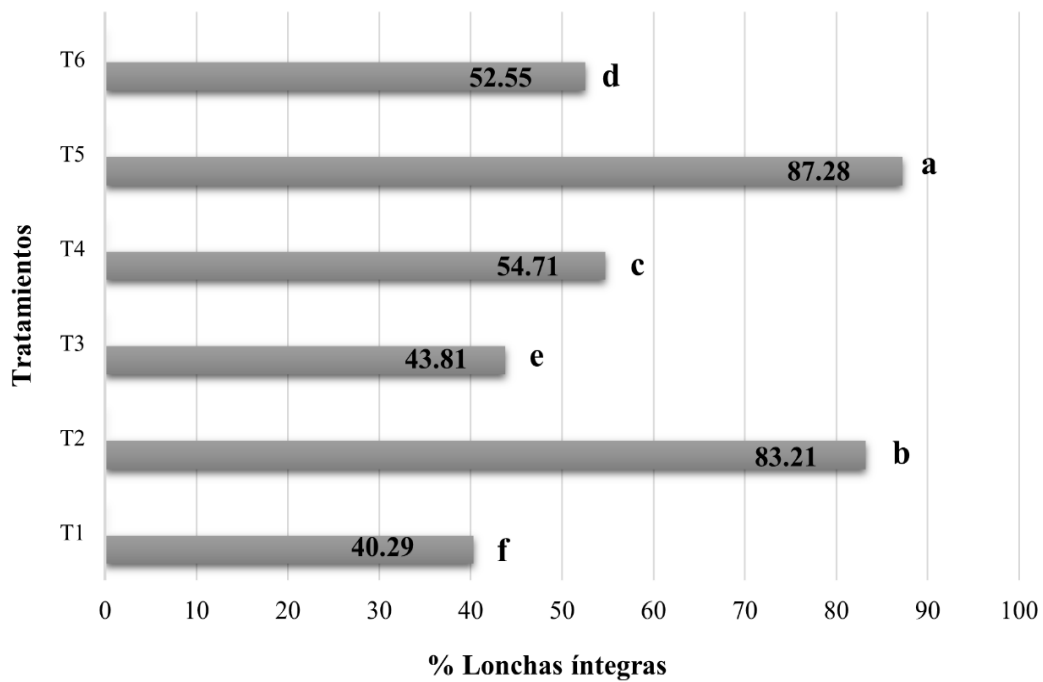


Figura 26. Prueba Tukey para rebanabilidad lonchas íntegras

Se logró evidenciar 6 rangos con un comportamiento diferente, siendo **a**: T5 (con acidez 35°Dornic y temperatura de 40°C) el tratamiento que presentó mayor porcentaje de lonchas íntegras con un 87.28%, por su parte **d**: T1 (con acidez 33°D y 33°C) presentó 40.29% de lonchas íntegras convirtiéndose en el queso con el porcentaje de lonchas defectuosas más alto, estos resultados son consistentes con los estudios realizados por McSweeney (2007), el cual manifiesta que los quesos con mayor humedad se deforma de manera más fácil.

De forma similar Marcillo (2016), sostiene que la firmeza adoptada por el queso facilita esta propiedad, ciertamente esto va a depender de la retención de agua en quesos la cual se ve influenciado por la acidez y temperatura.

Mullen (2018) sustenta que consecuentemente al trabajar con baja acidez se obtendrá quesos con una estructura gomosa y humedad, por el contrario a través de leches muy ácidas se obtendrá cuajos muy desmineralizados, razón por la cual es importante encontrar el punto medio, el cual de acuerdo con Serrano (2017) se halla entre los 35 y 36°D, a su vez dentro de la fabricación el manejo de temperaturas bajas en el proceso de coagulación influye en una mayor retención de suero.

4.1.2.2 Rallabilidad

Haciendo uso de la ecuación 1 descrita en el capítulo 3 Metodología se determinó el porcentaje de rallabilidad el cual se clasificó en cuatro porcentajes de acuerdo con las características obtenidas mediante el uso de tamices con aberturas de 12.7 mm² y 6.35 mm².

De acuerdo con Ramírez (2010) los fragmentos que no pasan por el tamiz de 12,7 mm² se van a definir como tiras largas, mientras que los fragmentos que no atraviesen por el tamiz de 6.35 mm² se van a clasificar como tiras cortas, finalmente se obtendrá pequeñas partículas resultado de ralladura denominadas como finas y los adheridos por su parte se quedaron retenidos entre las láminas de las ralladoras. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks y la prueba de Levene para constatar que cumplieron con el supuesto de normalidad y homocedasticidad.

Tiras largas

Los valores derivados del porcentaje de tiras largas las cuales de acuerdo con Ramírez (2010) se presentan en forma uniforme generalmente de 2.5 cm de largo y 0.6 mm de diámetro, presentaron normalidad (p=0.35) y homocedasticidad (p=0.61), el procesamiento de datos se halla en la Tabla 23:

Tabla 23
Análisis de varianza para rallabilidad tiras largas

Fuentes de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr(>F)
Acidez	2	50.53	25.26	40.47	4.63e-06 ***
Temperatura	1	1.81	1.81	2.90	0.11
Acidez-Temperatura	2	247.16	123.58	197.97	6.48e-10 ***
Residuos	12	7.49	0.62		

***: Altamente significativo

Dados los resultados, se determinó que el factor acidez y la interacción de acidez conjunto con temperatura inciden significativamente sobre la propiedad de rallabilidad en tiras largas.

Al existir significancia en estos factores fue necesario efectuar la prueba Tukey al 5% la cual se muestra a continuación en la (figura 27). De acuerdo con los resultados, el grupo **a** (T1)

se establece con el mayor porcentaje de tiras largas y **d** (T5) con el porcentaje más bajo, este tratamiento fue elaborado a través de la técnica rápida a 40°C y acidez de 35°D.

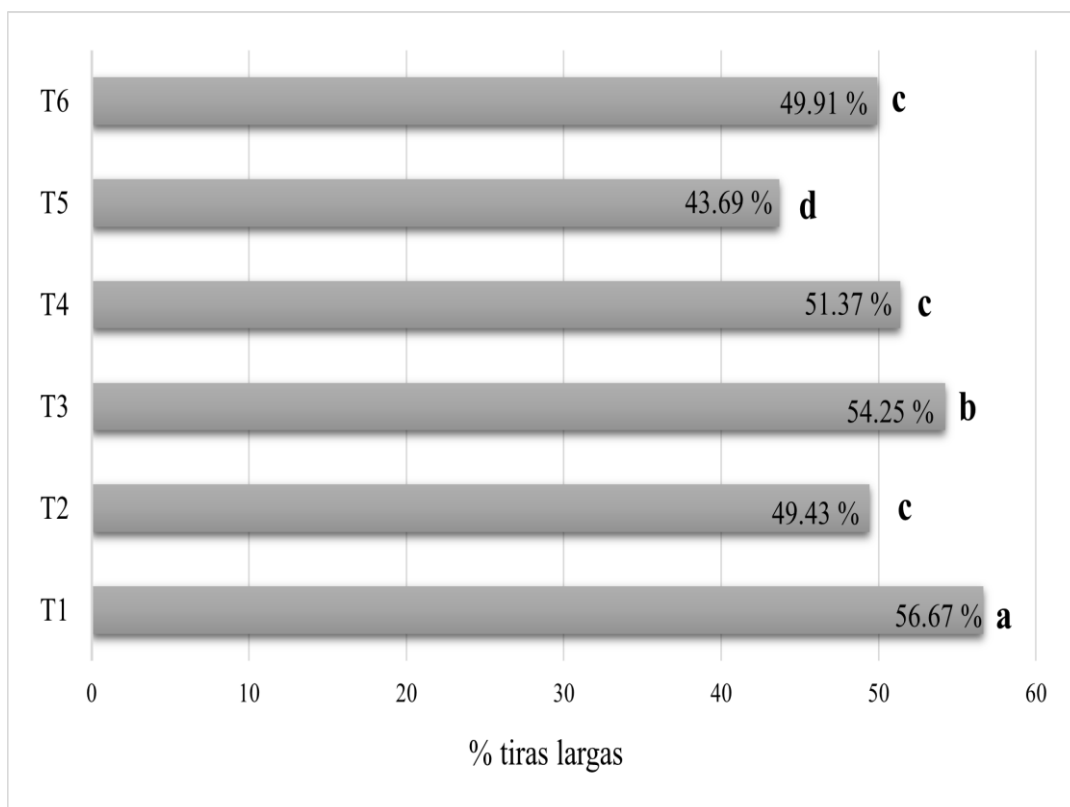


Figura 27. Prueba Tukey para rallabilidad (Tiras largas)

Marcillo (2016) sostienen que la variedad de resultados se debe a la humedad adquirida por el queso, la cual se ve afectada por la acidez, ya que al acrecentar la acidificación de la leche por añadidura de ácidos hace que decaiga la carga eléctrica de las proteínas lo causa que se desmineralicen, a su vez temperaturas bajas de trabajo favorecen al desempeño de las bacterias ácido lácticas ayudando de esta forma ganar humedad en la masa, es por esto que a menor temperatura de coagulación y acidez se obtiene quesos con mayor retención de suero.

Tiras cortas

De acuerdo con Ramírez (2010) las tiras cortas se presentan generalmente de 2.5 cm de largo y 0.6 mm de diámetro. Los datos obtenidos para esta propiedad presentaron normalidad y homocedasticidad, el procesamiento de datos se halla a continuación en la Tabla 24:

Tabla 24
Análisis de varianza para tiras cortas

Fuentes de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr(>F)
Acidez	2	693.20	346.60	469.42	4.04e-12 ***
Temperatura	1	3.33	3.33	45.09	2.15e-05 ***
Acidez-Temperatura	2	79.80	39.90	54.01	9.99e-07 ***
Residuos	12	8.90	0.70		

***: Altamente significativo

El análisis de varianza determinó que existe alta significancia entre los factores acidez, temperatura y la interacción de estos sobre la rallabilidad en tiras cortas, por esta razón se procede a efectuar la prueba Tukey al 5% (Figura 28):

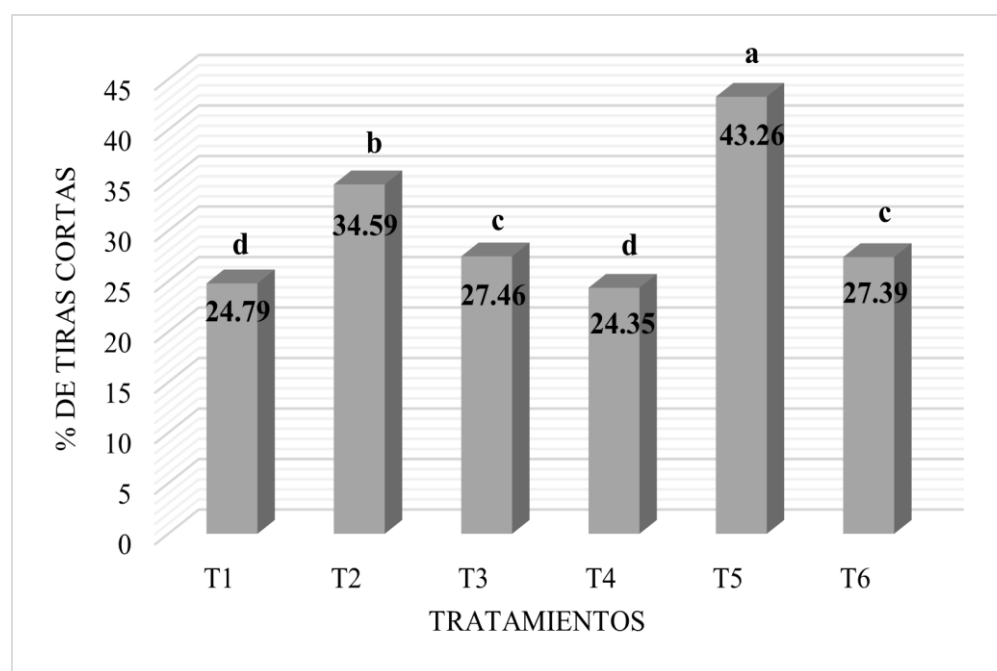


Figura 28. Tukey para tiras cortas

Se determinó cuatro grupos, siendo **a** el que posee mayor porcentaje de tiras cortas y **d** la de proporción más baja, esta diferencia es justificada por el uso de temperaturas y acidez diferentes, los resultados se relacionan a lo expuesto anteriormente en la sección de tiras largas, por Tagalpallewar (2017), quién manifiesta que la humedad del producto es un factor importante dentro de la rallabilidad ya que el queso con un contenido moderado de humedad proporciona la capacidad de rallado correcta.

Finas

De acuerdo con Guinee y Kilcawley (2004), las finas hacen referencia a la fractura o formación de polvo durante el rallado, resultado final del tamizado. A través del peso de los finos y haciendo uso de la ecuación 1 se obtuvo los datos de cada experimento, finalmente se realizó el análisis de varianza, mostrados a continuación en la tabla 25.

La cual determinó que no existe significancia en el factor A (nivel de acidificación en la leche) y la interacción de la acidez y temperatura, mientras que por su parte el factor B (temperatura de trabajo de coagulación) presentó tener alta influencia sobre la obtención de finos

Tabla 25
Análisis de varianza para finos

Fuentes de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr(>F)
Acidez	2	5.39	2.70	4.03	4.58E-02 *
Temperatura	1	41.53	41.53	62.12	4.38e-06 ***
Acidez-Temperatura	2	0.90	0.45	0.68	0.53*
Residuos	12	8.02	0.67		

*: No Significativo; ***: Altamente significativo

Esto se asevera por Ramírez (2010) quién explica que la obtención de finos se ve beneficiada a mayor rango si el queso mozzarella cuenta con una textura firme y seco, si bien recordamos esto se explica anteriormente en la sección de fragmentos largos debido a la influencia de la temperatura.

Adheridos

De acuerdo con Ramírez (2010) para evaluar la rallabilidad se procede a tomar el peso de cada conjunto de producto y así se calculó el porcentaje de queso adherido al procesador de alimento (Ralladora), por consiguiente, se procedió a realizar su respectivo análisis (Tabla 26), para la cual las diferencias significativas se evidenciaron cuando $F_0 > F_{\text{tabular}}$. A su vez haciendo uso de la prueba Shapiro-Wilks y LEVENE con el fin de verificar el supuesto de normalidad ($p = 0.41$) y homocedasticidad ($p = 0.27$) respectivamente.

Tabla 26
Análisis de varianza para adheridos

Fuentes de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr(>F)
Acidez	2	596,70	298,33	1065,28	3,09E-14 ***
Temperatura	1	118,10	118,12	421,78	1,02e-10 ***
Acidez-Temperatura	2	51,40	25,68	91,71	5,36e-08 ***
Residuos	12	3,40	0,28		

***: Altamente significativo

Se determinó que existió alta significancia estadística de los factores Acidez (Relación ácido cítrico-leche), temperatura de coagulación y su interacción sobre los adheridos, por lo cual se realizó la prueba Tukey al 5%, como se puede apreciar en la figura 29.

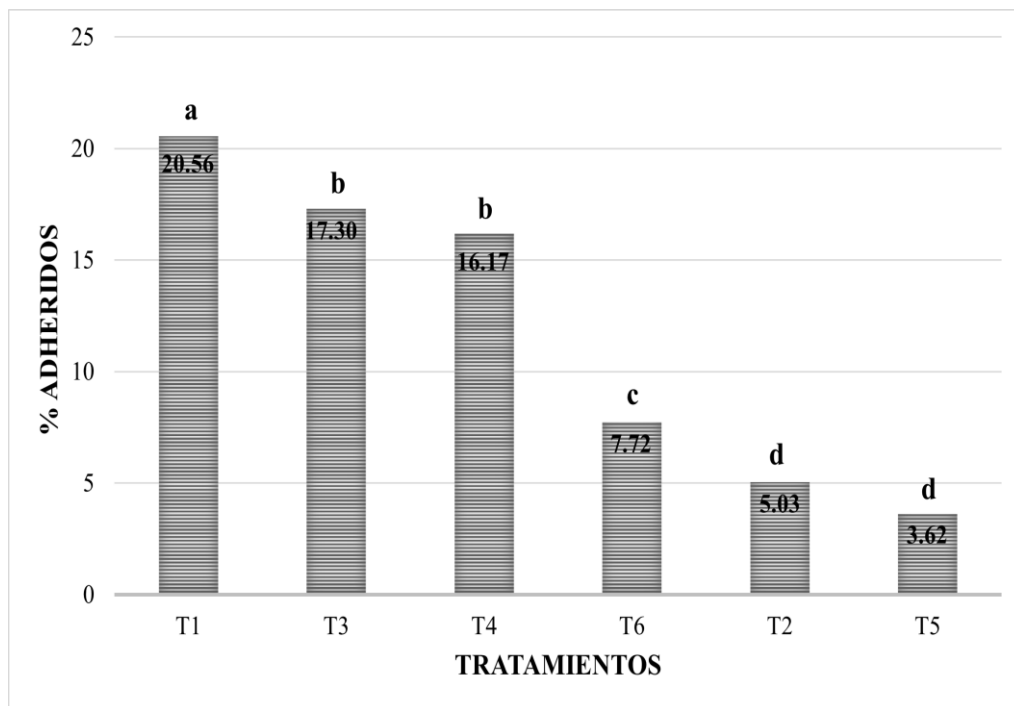


Figura 29. Tukey para rallabilidad (Adheridos)

De acuerdo a las muestras tomadas, se constató que se contó con 4 niveles o rangos, siendo el tratamiento 5 grupo **d** (relación leche ácido cítrico 35°D, técnica rápida 40°C) el que obtuvo el menor porcentaje de adheridos denominándose así el de “Mejor provecho” ya dentro de la industria procesadora de quesos para obtener ganancias es necesario evitar la mayor cantidad de desperdicios, mientras que el T1 grupo **a** (relación leche ácido cítrico 33°D, técnica lenta 33°C) concentró el porcentaje más alto de adheridos con un 20.56%.

Estos resultados se sustentan por lo expuesto por Tagalpallewar (2017) quién manifiesta que los quesos blandos generalmente presenta características de desmenuzamiento pobres, haciendo que este tipo de quesos se adhieran a la cuchilla y de manera general forma bolas gomosas, finalmente, produce ralladuras que tienden a juntarse, lo cual es contraproducente para la economía de la industria, ya que estos son considerados desperdicios.

4.1.2.3 Capacidad de fusión y flujo

Para la determinación el grado de fluidez de un queso fundido se hizo uso de la Prueba de Schreiber descrita en el capítulo 3 sección Metodología, mediante la cual se recolectó datos, los cuales contaron con normalidad ($p = 0.36$) y homogeneidad de varianzas ($p = 0.07$), mediante la verificación de estas se procedió a su respectivo análisis paramétrico, la información recolectada se sintetiza en la Tabla 27.

Tabla 27
Análisis de varianza para capacidad de fusión y flujo

Fuentes de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr(>F)
Acidez	2	1.01	0.50	26.16	4.22e-05 ***
Temperatura	1	0.28	0.28	14.36	2.58e-03 **
Acidez-Temperatura	2	0.03	0.02	0.83	0.46*
Residuos	12	0.23	0.02		

*: No Significativo; **: significativo, ***: Altamente significativo

Los tratamientos mostraron que existió alta significancia en el factor (Acidificación relación leche-ácido cítrico) y B (Temperatura de coagulación ácido-enzimática), sin embargo, la interacción de estos dos factores AxB presentó no ser influyente sobre esta propiedad.

De acuerdo con lo expuesto por Mercanti, Wolf, Meinard, Candiotti y Zalazar (2004), explican que la capacidad de fusión y flujo se ve influenciado por el contenido de materia grasa, humedad y el grado de maduración, para ende los quesos con mayor humedad, grasa y no madurados, presentan mayor desenvolvimiento al someterlos a calor, esto se debe a que en los quesos mozzarella frescos las caseínas forman una red tridimensional que confina el agua y la materia grasa, al debilitar dicha red por la acción proteolítica, el agua y la materia grasa fluyen con mayor desenvolvitura si el producto es sometido a calentamiento.

4.1.2.4 Capacidad de estirabilidad.

Con lo referente a la capacidad de estirabilidad fue evaluada de acuerdo con la información dada por Ramírez (2010), capítulo III Metodología sección propiedades funcionales, mediante la cual se recopiló datos y se realizó su referente análisis, la información fue sintetizada en la Tabla 28, en la cual las diferencias significativas se hicieron notar cuando $F_0 > F_{\text{tabular}}$. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks y LEVENE con el fin de verificar el supuesto de normalidad ($p = 0.62$) y homocedasticidad ($p = 0.41$) respectivamente.

Tabla 28
Análisis de varianza para capacidad de estirabilidad

Fuentes de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr(>F)
Acidez	2	3860	1930.00	9142.20	< 2e-16 ***
Temperatura	1	171	170.00	807.67	2.24e-12 ***
Acidez-Temperatura	2	15	7.30	34.81	1.01e-05 ***
Residuos	12	3	0.20		

*: No significativo; **: Significativo; ***: Altamente significativo

Los factores acidez, temperatura y la interacción de estos, mostraron tener alta influencia estadística sobre la capacidad de estirabilidad, por lo cual, al existir significancia entre los factores se procedió a realizar la prueba de significancia Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Con la prueba Tukey al 5% (Figura 30) se determinó 4 rangos con comportamiento diferente, siendo **a** el mejor rango cuyos tratamientos fueron: T2 y T1 con un 141.07 cm y 139.93 cm respectivamente, no siendo así para el grupo **d** que presentó tener a el tratamiento con menos elasticidad (T6 con 103.93 cm), cabe aclarar que, se consideran los de “mayor beneficio” a aquellos que se estiraron a mayor dimensión a la misma temperatura (80°C).

Esto concuerda con lo expuesto por Díaz et al. (2017) y Toro (2016), los cuales manifiestan que al existir un aumento de temperatura en el proceso de coagulación producirá quesos con menor humedad, así mismo, existirá disminución de la proteólisis la cual inicia durante la obtención del queso hidrolizando los para κ -caseinatos, responsables de la elasticidad y estructura en el queso.

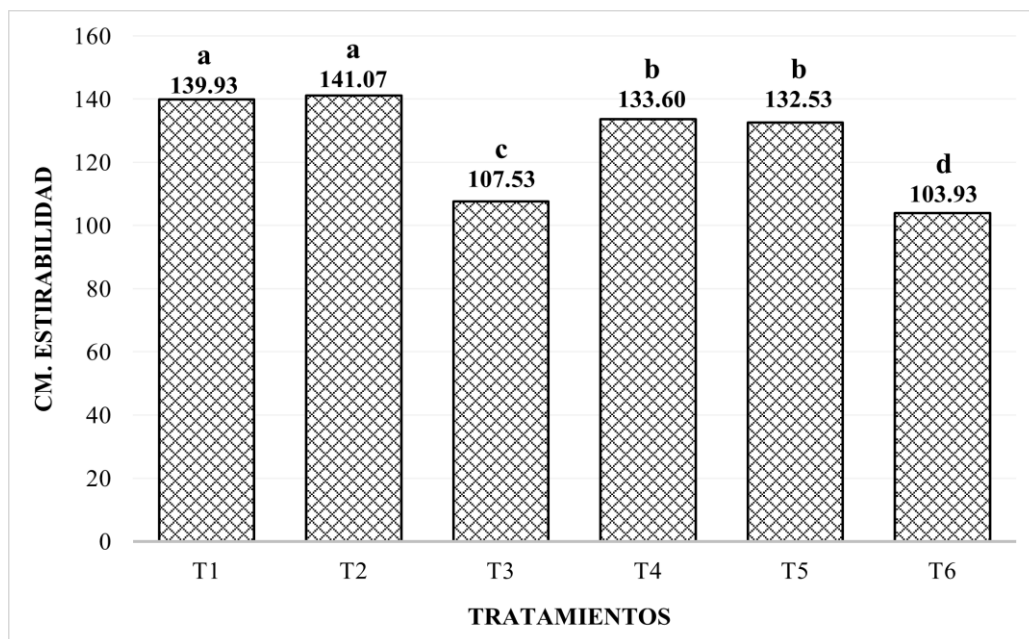


Figura 30. Tukey para capacidad de estirabilidad

Así las diferencias en la temperatura de cocción pueden afectar la composición química del queso por lo tanto causar diferencias en la proteólisis entre tratamientos, por lo tanto, a menores temperaturas y niveles de acidez en la coagulación habrá mayor elasticidad, esto a su vez depende de la relación de proteína/grasa, actividad de agua, pH y contenido de calcio, es por ello que en un queso con contenido muy bajo en grasa, humedad y calcio, resultará tener una elasticidad insuficiente (Marcillo, 2016).

A su vez se realizó una prueba de correlación tabla 29 con el fin de conocer la relación entre la carga obtenida en gramos y estirabilidad en cm. De acuerdo con Vinuesa (2016) el análisis de relación lineal y proporcional o también llamado Correlación permite describir la magnitud de relación entre dos o más variables que interactúan entre sí, donde r (índice de correlación) puede variar entre -1 y $+1$.

Tabla 29

Matriz de correlación para capacidad elástica

Matriz de correlación		
Variables	Estirabilidad(cm)	Carga (g)
Estirabilidad (cm)	1.00	0.2945
Carga (g)	0.2945	1.00

Considerando lo antes mencionado y evaluando las variables dadas mediante la matriz de correlación de Pearson, se evidenció que la relación de la estirabilidad con la carga, en la cual encontramos una carga positiva débil de 0.2945 (Figura 31).

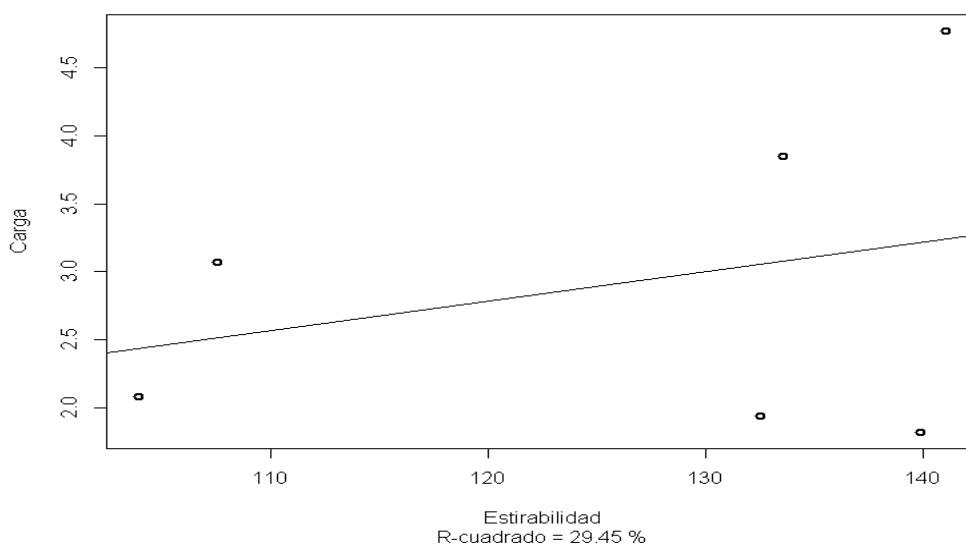


Figura 31. Diagrama de dispersión y correlación entre la carga y estirabilidad

En la figura 31 se observa que a correlación lineal es débilmente proporcional entre la carga y la capacidad de estirabilidad, adquiriendo un valor Pearson, $r = 0.2945$, de acuerdo con Ramírez (2010), este comportamiento se debe a que la estirabilidad no solo se halla ligada a la reacción de grasa en el queso sino también a la temperatura de cocción sobre la producción de ácido durante la fabricación ya que esta determina el grado de solubilidad del fosfato de calcio coloidal, por lo tanto a mayor acidez se elimina una mayor proporción en el suero.

Así mismo Ramírez (2010), manifiesta que a medida que se estira el queso (derretido) de manera vertical, se exige una carga resistente y la cual se acrecienta rápidamente desde el momento que se empieza a tirar hasta cuando el mismo peso hace que se rompan las hebras del queso, por lo cual la carga es un punto importante dentro del perfil estiramiento convirtiéndose a su vez en datos de fuerza-tiempo lo que a su vez se deriva en capacidad de distancia-carga.

En general, la cuajada con un pH bajo y menor proporción de calcio tiende a tener una textura desmenuzable y friable, mientras que aquellos con un contenido alto de calcio tienden a tener una textura elástica gomosa, es por esta razón que los quesos elaborados con menor temperatura y acidez presentaron mayor capacidad de estirabilidad, mientras que por su parte el queso elaborado a mayor temperatura y acidez presenta menor capacidad de estirabilidad, Fife, et al. (2002).

4.1.2.5 Liberación de aceite

El porcentaje de liberación de aceite fue evaluada de acuerdo con la prueba de Gerber descrita por Kindstedt y Fox (1991), mediante la cual se establecieron los datos recopilados, a su vez se sometieron a la prueba Shapiro-Wilks y Levene con el fin de conocer el supuesto de normalidad ($p = 0.62$) y homogeneidad de varianzas ($p = 0.41$) respectivamente, esta información fue sintetizada en un análisis de varianza (tabla 30).

Tabla 30
Análisis de varianza en liberación de aceite

Fuentes de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr(>F)
Acidez	2	61.78	30.89	111.20	1.80e-08 ***
Temperatura	1	25.68	25.68	92.45	5.46e-07 ***
Acidez-Temperatura	2	4.78	2.39	8.60	4.82e-03 **
Residuos	12	3.33	0.28		

** : Significativo; *** : Altamente significativo

Los resultados de análisis de varianza reflejaron que los factores acidez, temperatura y su interacción, presentaron diferencias altamente significativas en otras palabras influyen sobre la propiedad de liberación de aceite, al presentar significancia entre los factores se procedió a realizar la prueba Tukey al 5%, presentada a continuación en la figura 31.

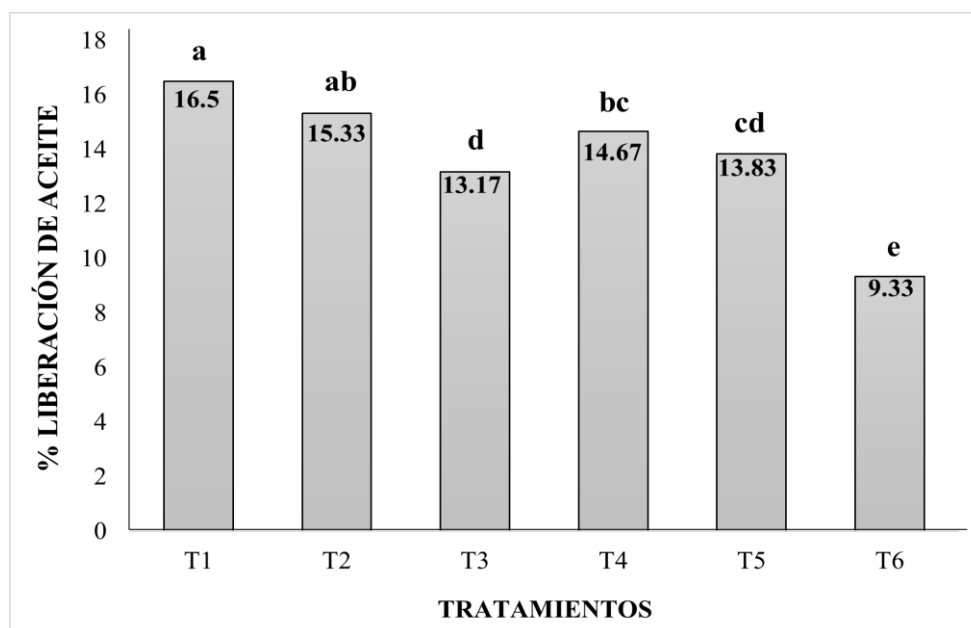


Figura 32. Tukey para la propiedad de liberación de aceite

De acuerdo a la prueba Tukey para liberación de aceite existe cinco rangos de clasificación, siendo los del grupo **a**: T1 (Acidez 33°D, técnica lenta 33°C) y T2 (Acidez 35°D, técnica lenta 33°C), los tratamientos con mayor liberación de aceite después de ser sometido a un proceso de Gerber modificado, por el contrario el tratamiento T6 (Acidez 37°D, técnica rápida 40°C) perteneciente al grupo **e** presentó un bajo desempeño en cuanto a esta propiedad, esto notablemente se debe a que las muestras fueron sometidas a temperaturas y acidez diferentes.

McSweeney (2007), manifiesta que el incremento de temperatura de coagulación y acidez conllevan a obtener quesos con niveles de humedad muy bajos, los cuales no obtienen un buen desempeño en cuanto a liberación de aceite ya que una deshidratación excesiva y una baja liberación de aceite provocará que el queso se quemé con mayor facilidad, por otra parte una moderada liberación de aceite ayuda a evitar la pérdida de humedad excesiva dotando brillo y sensaciones deseables en la boca.

Esta incidencia conlleva un gran impacto ya que las cualidades de liberación de aceite del queso son afectadas, sin embargo, hay que tomar en cuenta que este proceso se ve influenciado también por otros factores, de acuerdo con García (2019) el tiempo de maduración, el contenido de grasa inicial de la leche y la temperatura de hilado (en la cual generalmente existe una pérdida de grasa), la acidez y temperatura de coagulación.

4.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS QUESOS MOZZARELLA

Para el cumplimiento del segundo objetivo se estudió dos características fisicoquímicas de mayor importancia en la producción de quesos, grasa y humedad debido a que estas repercuten en la calidad sensorial y aceptación de producto final, a su vez se realizó el estudio de pruebas microbiológicas para *Escherichia coli* Escherich 1885 y *Staphylococcus aureus* Rosenbach 1884, al ser estos los dos principales análisis de control en queso mozzarella, estos análisis fueron realizados cinco días después de su obtención. Se efectuaron tres repeticiones con la finalidad de obtener datos precisos de cada variable.

4.2.1 Grasa en el extracto seco

Los análisis de grasa se realizaron mediante la norma INEN 0064 Método Gerber-van Gulik, haciendo uso de los quesos obtenidos por los diferentes tratamientos con 5 días de

refrigeración, en las Unidades Edu productivas de la Universidad Técnica del Norte, los resultados se detallan a continuación en la tabla 31.

Tabla 31
Grasa en el extracto seco en queso mozzarella

Tratamientos	Media (%)	Coefficiente de variación (%)
T1: (A1-M1)	62.32 ± 0.69	0.011
T4: (A1-M2)	52.20 ± 0.87	0.017
T2: (A2-M1)	52.96 ± 1.63	0.031
T5: (A2-M2)	45.97 ± 0.03	0.001
T3: (A3-M1)	45.03 ± 0.06	0.001
T6: (A3-M2)	43.36 ± 3.75	0.087

En lo referente al contenido de grasa en el extracto seco, los tratamientos registraron valores que oscilaron entre 62.32 ± 0.69 y 43.36 ± 3.75 . Los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 se hallan dentro de los rangos establecidos de acuerdo con la norma INEN (2011a) en la cual menciona que los quesos deben mantenerse con un rango mínimo de 45% de grasa en extracto seco.

Normalmente los quesos elaborados con leche estandarizada no presentan mayor variación entre tratamientos, sin embargo, debido al manejo en tina y temperaturas de coagulación esto puede variar, esto explicar el caso del T6 el cual fue elaborado mediante la técnica rápida a 40°C y 37°Dornic , con una media 43 ± 3.75 de grasa en el extracto seco, el cual se halla bajo el valor establecido por norma antes mencionada.

De acuerdo con Cabanétos (2016), esta variación se debe a la liberación de grasa en quesos, la cual surge debido a la fundición de la grasa, esto dado por el rompimiento de la membrana globular durante el esfuerzo de cizalla debido a la fuerza ejercida entre el queso, la pala y la marmita, por deshidratación o por la reducción de la matriz de paracaseína causado por el bajo pH de la masa debido a la acidificación y temperaturas altas de trabajo, dando como resultado quesos bajos en grasa.

4.2.2 Humedad en quesos mozzarella

Una vez finalizado el proceso de obtención de quesos mozzarella se procedió a la determinación de humedad del producto con 5 días (Tabla 32), mediante la norma INEN

(1974a) de la cual se habla en el capítulo III, esta prueba fue realizada en el laboratorio de análisis lácteos de las Unidades Edu-productivas, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 32
Humedad en quesos mozzarella

Tratamientos	Media (%)	Coefficiente de variación (%)
T1: (A1-M1)	55.87 ± 0.98	0.018
T4: (A1-M2)	49.87 ± 0.16	0.003
T2: (A2-M1)	48.70 ± 0.17	0.004
T5: (A2-M2)	44.17 ± 0.58	0.013
T3: (A3-M1)	51.50 ± 0.69	0.013
T6: (A3-M2)	50.80 ± 0.17	0.003

El contenido de humedad en quesos tipo mozzarella fluctuó entre 44.17 ± 0.98 % a 55.87 ± 0,98 %, de acuerdo con los datos arrojados en el experimento se determinó que todos los tratamientos se hallan bajo el rango establecido por la norma INEN (2011a), en la cual manifiesta que el límite máximo de humedad en queso mozzarella se establece en 60%, la variación entre tratamientos se debe a que todos fueron trabajados con distintos niveles de acidez y con 2 técnicas de coagulación diferentes una rápida (40°C) y lenta (33°C).

Esto concuerda con lo expuesto por Marcillo (2016), quién manifiesta que la humedad de los quesos se halla vinculada directamente con el proceso de sinéresis, de acuerdo al autor los factores que afectan al proceso de desuerado o desmineralización son tres vías principalmente estas son el descenso de pH (aumento de acidez), aumento de temperatura de coagulación, dosis de coagulante, cabe aclarar que este proceso también interviene en la textura y estructura adoptada por el queso.

4.2.3 Características Microbiológicas del producto terminado

Se realizó los análisis microbiológicos de los seis tratamientos con sus respectivas repeticiones en quesos mozzarella con seis días de refrigeración, haciendo uso de las Placas Petrfilm para el recuento de *Escherichia coli* *Escherich 1885*, Coliformes totales y *Staphilococoos aureus* *Rosenbach 1884*. Los resultados obtenidos se detallan a continuación en la tabla 33:

Tabla 33
Resultados de pruebas microbiológicas

Parámetro analizado	Identificación de muestras	Resultado inicial	Límite permisible	Estado
Recuento <i>Staphylococcus aureus</i>	T1: (A1-M1)	Ausencia	100 UFC/g	cumple
Recuento Coliformes totales		237 UFC/g	1000 UFC/g	cumple
Detección <i>E. coli</i>		Ausencia	Ausencia	cumple
Recuento <i>Staphylococcus aureus</i>	T2: (A1-M2)	Ausencia	100 UFC/g	cumple
Recuento Coliformes totales		27 UFC/g	1000 UFC/g	cumple
Detección <i>E. coli</i>		Ausencia	Ausencia	cumple
Recuento <i>Staphylococcus aureus</i>	T3: (A2-M1)	Ausencia	100 UFC/g	cumple
Recuento Coliformes totales		Ausencia	1000 UFC/g	cumple
Detección <i>E. coli</i>		Ausencia	Ausencia	cumple
Recuento <i>Staphylococcus aureus</i>	T4: (A2-M2)	Ausencia	100 UFC/g	cumple
Recuento Coliformes totales		67 UFC/g	1000 UFC/g	cumple
Detección <i>E. coli</i>		Ausencia	Ausencia	cumple
Recuento <i>Staphylococcus aureus</i>	T5: (A3-M1)	Ausencia	100 UFC/g	cumple
Recuento Coliformes totales		Ausencia	1000 UFC/g	cumple
Detección <i>E. coli</i>		Ausencia	Ausencia	cumple
Recuento <i>Staphylococcus aureus</i>	T6: (A3-M2)	Ausencia	100 UFC/g	cumple
Recuento Coliformes totales		20 UFC/g	1000 UFC/g	cumple
Detección <i>E. coli</i>		Ausencia	Ausencia	cumple

Los resultados arrojados mediante la investigación para coliformes totales, fecales y *Staphylococcus aureus* para quesos mozzarella se encuentran bajo los rangos permisibles de 10 y 100 UFC/g respectivamente de acuerdo con la norma INEN 1528:2012 (Norma general para quesos no madurados), para ser determinados como productos de calidad.

Montalvo (2017) señala que los resultados reflejan que existió inocuidad durante el proceso de producción, de manera primordial sobre higiene del personal, utensilios y equipos, así

como también en la relación al control de tiempo, temperaturas, acidez y almacenamiento, al ser estos factores fuentes contaminantes de alimentos, su vigilancia durante el proceso es primordial para obtener productos de calidad.

De acuerdo con Sandoval (2019), varios son los parámetros físicos que controlan el crecimiento de microorganismos en el queso durante su vida útil, incluido el contenido de agua, la concentración de sal y el pH. El grado de variación en estos parámetros está influenciado por el proceso de obtención del queso, por lo que debe ser controlado a fin de seguridad alimentaria y de calidad en el producto, de esta manera la industria quesera asegura su economía.

4.2.4 Características sensoriales del producto final

A fin de conocer las características de textura, apariencia, olor y flavor del queso tipo mozzarella, se realizó un examen sensorial empleando una encuesta (Anexo 1) para la cual se seleccionó a 15 panelistas previamente orientados quienes son consumidores de queso mozzarella, se realizó una evaluación subjetiva intrínseca usada para determinación de características sensoriales y una prueba discriminativa las cuales de acuerdo con Rodríguez, Generoso, Gutiérrez & Questa (2015), tienen como objetivo determinar la presencia o falta de diferencias entre los rasgos sensoriales de los tratamientos.

Los resultados se detallan a continuación en las siguientes tablas 34, 36, 38, 40, 42, 39, 40, 41, 42 y 43. Las cuales se presentan en cuatro fases: Visual, táctil, olfativa y gustativa.

4.2.4.1 Visual

Los resultados en cuanto a la apariencia externa de los quesos mozzarella (tratamientos), se evaluaron bajo el color de la corteza del queso. A continuación, se describe los datos obtenidos para dichos atributos:

Color de corteza

Mediante una escala nominal de 5 puntos se sintetizaron los rangos promedios a través de la prueba Friedman al $p < 0.05$, mostrados a continuación en la tabla 34:

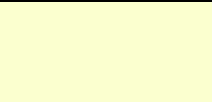
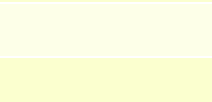
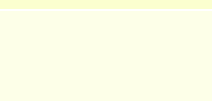
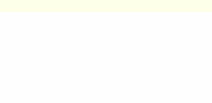
Tabla 34
Color de la corteza

Tratamientos	Ponderación	Rangos
C1	89.00	a
T4	79.00	ab
T5	75.00	ab
T6	72.50	ab
T3	69.00	b
T2	68.50	b
T1	66.50	b
C2	20.50	c

De acuerdo con la tabla Munsell 2.5Y (1994) (Anexo 2) se evaluó el color en los parámetros de Luminosidad (value) / Saturación (chroma), el color asignado de manera general por el panel degustador a los quesos frescos mozzarella, corresponde al color amarillo pálido (8 value /3 chroma).

Por su parte el tratamiento C1 corresponde al color amarillo pálido (8/3), así mismo los tratamientos T4, T5 y T6 se asimilaron estadísticamente a C1, en general el color de estos quesos es amarillo pálido en escalas (8/3) a (8/2), finalmente T3, T2 y T1 tienden a un color amarillo pálido (8/2), sin embargo, el queso comercial C2 se diferenció de todos, con un color blanco (8/1), a continuación, en la tabla 35 se muestra las escalas de color adoptadas por los tratamientos, de acuerdo a los catadores.

Tabla 35
Tabla de escala de color

Tratamientos	Munsell	Cie L*a*b	RGB	Color
C1	Amarillo pálido (8/3)	L: 98.94 a: -7.62 b: 22.99	Rojo: 251 Verde: 255 Azul: 207	
T4, T5, T6	Amarillo pálido (8/2)	L: 98.94; 99.47 a: -7.62; -3.76 b: 22.99; 10.74	Rojo: 251; 253 Verde: 255; 255 Azul: 207; 232	
T3, T2, T1	Amarillo pálido (8/2)	L: 99.47 a: -3.76 b: 10.74	Rojo: 253 Verde: 255 Azul: 232	
C2	Blanco (8/1)	L: 100 a: 1 b: -0.01	Rojo: 255 Verde: 254 Azul: 255	

De acuerdo con Haba (2017), esta variación de color depende de dos factores, el primero de su nivel de maduración, generalmente los quesos frescos cuentan con colores más claros, el segundo factor que condiciona el color es el tipo de leche con la cual se elabora, cabe recalcar, que la leche de vaca normalmente presentan tonos más amarillentos claros y pajizos, lo que indica que los tratamientos en comparación del queso comercial 1, se asemejan en cuanto a su color, por su parte el queso comercial 2 resulto ser diferente a todos los tratamientos de acuerdo con la escala de color.

Por su parte Sandoval (2019), asevera que otro factor importante es el caroteno, un pigmento amarillo con ligeros tintes naranjas, que se encuentra contenido en la grasa de la leche, que pasa en su mayor parte al queso, por lo cual se produce una concentración de este color después de la coagulación. A su vez durante el proceso de fundido una excesiva pérdida de humedad o la exudación de grasa, puede llevar a tomar colores oscuros no agradables en el producto, por lo cual es necesario mantener el control sobre las temperaturas.

4.2.4.2 Textura

Los resultados dados a través atributos de textura, adoptados por los quesos tipo pasta hilada (tratamientos), se evaluaron bajo la característica de humedad sobre la superficie del queso, para la cual se hizo uso del tacto y del sentido del gusto como medidores o evaluadores de textura en quesos.

Humedad en la superficie

Los resultados arrojados en las encuestas aplicada a 15 degustadores se sintetizan a continuación en la tabla 36:

Tabla 36
Humedad en la superficie

Tratamientos	Ponderación	Rangos
T1	101.00	a
C2	97.00	a
T2	84.00	ab
T6	72.00	b
T3	67.50	b
C1	43.50	c
T4	41.50	c
T5	33.50	c

De acuerdo con los resultados arrojados en la tabla 42 evaluados mediante la prueba de Friedman al 5%, el tratamiento T1 y C2 son considerados quesos húmedos, por su parte T6, T3 y T2, obtienen porcentajes de humedad similares estadísticamente al queso comercial 2, con una humedad en la superficie de húmedo a medio, en el caso de los tratamientos al T4, T5 y C1 adoptaron una humedad en la superficie seca, haciéndolas diferentes al resto de tratamientos y asimilándose al queso comercial 1.

La tabla 37 a continuación muestra la humedad adoptada por cada tratamiento y la consideración de cada una de estas sobre la pasta obtenida en constancia con la apreciación de los quesos mozzarella.

Tabla 37
Consideración de humedad en quesos

Tratamiento	Apreciación	Humedad real (%)	Consideración
T1, C2	Húmedos	55.87%	Pasta muy blanda
T2	Húmedo-medio	48.70%	Pasta blanda
T6, T3	Medio	51.50%; 50.80	Pasta blanda
C1, T4, T5	Seca	49.87%; 44.17%	Pasta blanda, semidura

De acuerdo Gauna (2005) esta variación se debe al proceso de sinéresis producido durante la elaboración del queso, el incremento de acidez permite la disminución del agua ligada a las caseínas, una alta acidificación logra una salida indiscriminada de suero dando como resultado quesos muy secos, por su parte el incremento de temperatura en tina favorece el desuerado y a su vez la velocidad de obtención de cuajo.

Por otro lado, Sandoval (2019), manifiesta que la composición del queso determina a gran medida la textura que este adquiere. Un incremento en el contenido de humedad (manteniéndose constante la cantidad de grasa sobre extracto seco) provoca una textura más blanda, mientras que la cantidad de proteína aumenta la dureza, por lo tanto, la grasa la disminuye la firmeza y la proteína aumenta la dureza de este.

4.2.4.3 Olfativas

Los resultados fueron obtenidos a través del sentido del olfato, mediante el cual se buscó diferenciar aromas y olores producidos por el queso, se evaluaron bajo la intensidad aromática.

Intensidad aromática

La intensidad o potencia del olor se halla relacionada estrechamente con el tiempo, ya que esta tiene dos propiedades: la persistencia y la adaptación y se evalúa tazando el tiempo que transcurre desde que se ha retirado el producto y la persona continúa percibiendo ese olor en su nariz de manera uniforme. Así a través de estos se puede medir la intensidad adoptada por el queso, la cual va a depender de distintos factores, entre estos el tipo de queso y su maduración (Haba, 2017).

Los resultados arrojados a través de la prueba de análisis sensorial para intensidad aromática en quesos mozzarella la cual contó con una escala nominal de 5 puntos se sintetizan a continuación en la tabla 38.

Tabla 38
Intensidad aromática

Tratamientos	Ponderación	Rangos
T2	83.50	a
T3	76.00	a
T5	72.00	a
T1	70.00	a
T6	70.00	a
T4	64.50	ab
C1	61.00	ab
C2	43.00	b

Los resultados arrojados mediante la prueba de Friedman al 5%, muestran que los tratamientos T2, T3, T5, T1 y T6, obtuvieron valores estadísticamente iguales, los cuales presentaron una intensidad aromática ligera, por su parte T4 y C1 consiguieron valores similares a los antes mencionados los cuales se mantuvieron en una intensidad sutil y ligera, el queso comercial 2 por su parte se halló en una intensidad aromática sutil, a continuación, en la tabla 39 se muestran descriptores y familias olfativas tomadas en cuenta para esta prueba.

Tabla 39
Propiedades olfativas

Tratamientos	Apreciación	Descriptor	Familia olfativa
T2, T3, T5, T1, T6	Ligera	Leche fresca, cuajada,	Olor láctico
T4, C1	Sutil – ligero	quesos frescos, nata, Lacto	
C2	Sutil	suero.	

De acuerdo con Hoyos (2016), el olor láctico es dominante y se da de manera especial en quesos frescos, sin embargo, su intensidad aromática puede ser débil en quesos frescos, por otra parte, depende el tipo de leche usada en la elaboración de los quesos de acuerdo con el autor los quesos elaborados con leche de vaca generalmente presentan una intensidad aromática baja. Pese a que todos los quesos eran frescos y elaborados con leche de vaca, existió una variación debido a que la percepción de los catadores es relativa de cada uno.

4.2.4.4 Atributos de la fase de boca

Haciendo uso del sentido del gusto, el catador evaluó texturas y sabores básicos producidos por el queso, mediante la cual se busca diferenciar las características gustativas de los tratamientos y los quesos comerciales, entre los cuales se distinguen; impresión de textura, sabor dulce, sabor salado, sabor ácido y persistencia, de los cuales se hablará a continuación:

Impresión de textura

La tabla 40 muestra a continuación los resultados arrojados mediante el análisis sensorial, los cuales fueron sintetizados a través de una prueba Friedman al $p < 0.05$.

Tabla 40
Impresión de textura

Tratamientos	Ponderación	Rangos
C1	97.00	a
T4	87.00	ab
T5	82.50	ab
T2	73.00	bc
T6	53.50	cd
C2	50.50	d
T1	48.50	d
T3	48.00	d

Se deduce que el tratamiento C1 cuenta con una textura muy compacta, por su parte T4 y T5 obtuvieron valores similares a C1 con una textura de queso cerrada y muy compacta, T2 y T6 también, obtuvieron valores semejantes a los tratamientos antes mencionados, adoptando como resultado una de textura gomosa y cerrada, finalmente, el queso comercial C2 y los tratamientos T1 Y T3 diferente obtuvieron una textura pastosa. En la tabla 41 se muestran los descriptores de textura de quesos tipo mozzarella.

Tabla 41
Descriptores de textura de quesos

Tratamientos	Apreciación	Descriptores
C1	Compacta	Quesos Firmes
T4, T5	Cerrada – Compacta	Quesos Firmes
T2	Gomosa	Quesos con consistencia plástica
T6	Cerrada	Quesos Firmes
C2, T1, T3	Pastosa	Quesos suaves

Cabanéto (2016) manifiesta que la variación en la textura de los quesos se debe a la variación de pH, humedad y a la proporción caseína en el queso, razón por la cual existe diferencias entre tratamientos al ser elaborados con distintos niveles de acidez, temperatura y manejo de trabajo en tina.

Sabor dulce

A través de la prueba no paramétrica Friedman al 5%, se evaluaron los datos obtenidos a través de una prueba sensorial para sabor dulce, los resultados fueron esquematizados en la tabla 42 mostrada a continuación.

Tabla 42
Sabor dulce

Tratamientos	Ponderación	Rangos
T3	76.50	a
T4	75.50	a
C2	72.00	a
T2	68.50	a
T5	68.00	a
T6	66.50	a
T1	57.00	a
C1	56.00	a

Como se puede apreciar en el análisis de Friedman con un valor $p=0.395$, para las variables sabor dulce mostró que no existe diferencia significativa entre tratamientos y los quesos comerciales, los resultados reflejan que para la percepción de los degustadores el sabor dulce es suave, sin embargo, debido a la apreciación de los catadores, cerca de 1 a 2 personas calificaron al sabor dulce de quesos con puntuaciones distintas, que no poseen mayor importancia dentro de la estadística aplicada. En la tabla 43 se muestra el valor proporcionado mediante la escala nominal para intensidad de sabor dulce en los tratamientos.

Tabla 43
Descriptores de sabor dulce

Tratamientos	Apreciación	# Escalada de intensidad
T1, T2, T3, T4, T5, T6, C1, C2	Suave	2

De acuerdo con Castro (2019), la cantidad de lactosa determina la cantidad de azúcar presente en los quesos, de manera general los quesos frescos se caracterizan al contener mayor cantidad de azúcar a comparación de un queso maduro, en el caso de los quesos mozzarella frescos contienen de manera general cerca de 2 gramos de lactosa por cada 100 gramos de producto, razón por la cual no existe mayor variación entre tratamientos y quesos comerciales al ser todos productos frescos.

Sabor salado

Los resultados arrojados a través de la aplicación de la prueba de análisis sensorial para sabor salado en quesos a 15 degustantes, con una escala nominal de 5 puntos se sintetizan a continuación en la tabla 44.

Tabla 44
Sabor Salado

Tratamientos	Ponderación	Rangos
C2	90.50	a
T1	68.00	b
T3	68.00	b
T4	68.00	b
T5	68.00	b
T6	65.00	bc
T2	64.00	bc
C1	48.50	c

Los resultados arrojados mediante la prueba de Friedman al $p < 0.5$, muestran que el queso Comercial dos C2 es diferente a todos los tratamientos con un sabor salado fuerte, por otra parte T1, T3, T4 y T5, obtuvieron valores estadísticamente iguales, definiendo el sabor salado como suave, a su vez T6 y T2 obtuvieron valores similares a los tratamientos antes mencionadas los cuales denominaron al sabor salado inapreciable y suave, finalmente 8 de 15 personas concordaron que al queso comercial uno C1 se adaptó al sabor salado suave asemejándose así a los tratamientos antes mencionados, a continuación.

En la tabla 45 se muestran los números asignados mediante la escala nominal de intensidad de sal en quesos.

Tabla 45
Descriptores de sabor salado

Tratamientos	Apreciación	# Escala intensidad sal
C2	Fuerte	3
T2, T3, T4, T5	Suave	2
T6, T2	Suave, inapreciable	1- 2
C1	Suave	2

De acuerdo con Huayllasaca (2018), el sabor salado variar dependiendo a la concentración de sal. Sin embargo, en la elaboración de quesos todos los tratamientos tuvieron la misma concentración de sal al 1% del total de la masa, por lo cual la variación se puede deber a la impresión de cada catador.

Haba (2017), por su parte reafirma que el sabor salado está asociado a la presencia de sales en el alimento como el cloruro sódico y su intensidad depende de su concentración, sin embargo, aporta qué el contenido de sal puede verse afectado por el proceso de fundido en el cual, se debe tener control sobre la temperatura y la masa, ya que un excesiva deshidratación durante este proceso hará que la sal se concentre con mayor facilidad, por lo tanto dará quesos más salados.

Como podemos constatar con los resultados, todos los tratamientos obtuvieron valores acordes a la cantidad de sal utilizada (1% del total de la masa) en todos los quesos, para los cuales los degustadores asignaron un sabor salado suave-inapreciable manteniéndose en una escala cercana de 1 y 2, lo que demuestra que se tuvo total control durante el proceso de fundido y salado, y que la leve variación entre estas se debe a la percepción o impresión de cada catador

Sabor ácido

La tabla 46 muestra los resultados arrojados del análisis sensorial para el sabor ácido en quesos mozzarella, estudiados a través de una prueba no paramétrica Friedman al 5%.

Tabla 46
Sabor ácido

Tratamientos	Ponderación	Rangos
T6	94.00	a
T3	80.50	ab
T1	69.50	bc
T4	68.50	bc
T2	65.50	bcd
T5	60.50	bcd
C2	57.00	cd
C1	44.50	d

Los resultados arrojados mediante el análisis estadístico de Friedman muestran que el tratamiento T6 (con una acidez 37°D y a una temperatura de 40°C, técnica rápida) y T3 tiende a tener un sabor ácido intenso, por otro lado para los tratamientos T1, T4, T2, T5 y C2, los catadores les asignaron el sabor ácido suave, el queso comercial 1 por su parte demostró resultados de acidez inapreciable, a continuación, en la tabla 47 se muestran los números asignados mediante la escala nominal de intensidad de sabor ácido en quesos.

Tabla 47
Descripción sabor ácido en quesos

Tratamiento	Apreciación	# Escala de intensidad
T6, T3	Intenso	4
T1, T4, T2, T5, C2	Suave	2
C1	Inapreciable	1

La variabilidad de datos de acuerdo con Huayllasaca (2018) el sabor ácido en los quesos amerita a la utilización excesiva de acidificantes y maduración de cuajadas bajo el pH de 5, dando como resultado un producto terminado con un pH por debajo de los niveles establecidos para quesos mozzarella, el cual se halla entre 5.4 a 5.1. La acidificación de la leche mediante el uso de reguladores de acidez, son las responsables de dar el sabor ácido

en el queso, por lo cual el aumento o disminución de niveles de acidez entre tratamientos influyen de manera directa en la percepción de acidez en quesos.

Sandoval (2019), por su parte mantiene que el sabor amargo viene dado por la presencia de péptidos originados sobre todo a partir de las regiones hidrofóbicas de las proteínas mediante procesos proteolíticos y de lipólisis que experimenta el queso durante la maduración. A su vez recalca que la temperatura influye directamente sobre la formación de ácido láctico durante la coagulación, por lo cual a mayor temperatura mayor acidez en el queso, por lo cual se debe tener control total durante el proceso.

Los quesos fueron elaborados teniendo un control total de temperaturas y pH (5.1-5.3), lo cual se ratifica con los resultados obtenidos, en los cuales los quesos que necesitaron mayor cantidad de ácido cítrico, obtuvieron un sabor ácido intenso en una escala 4 de intensidad, el resto de quesos no presentó mayor variación y se halló en una escala de intensidad 2 denominándolo con una acidez suave, cabe recalcar que los quesos se presentaron frescos a los catadores (no existió proceso de maduración).

Persistencia

De acuerdo con Hoyos (2016), la persistencia en quesos se refiere a la sensación olfato-gustativa y al tiempo que permanece el sabor del queso en la boca del catador. Los resultados arrojados a través de una prueba de análisis sensorial de persistencia, con una escala nominal de 5 puntos se sintetizan a continuación en la tabla 48.

Tabla 48
Persistencia del sabor

Tratamientos	Ponderación	Rangos
T5	83.00	a
T4	73.00	ab
C2	70.00	ab
T6	68.00	ab
T3	66.50	ab
T2	65.00	ab
C1	63.50	ab
T1	51.00	b

A través de la prueba no paramétrica Friedman al $p < 0.5$, el T5 mostro asumir una persistencia media, por su parte los tratamientos T4, T6, T3, T2, queso C2 y 1 obtuvieron estadísticamente similares al tratamiento antes mencionado, sin embargo, existen leves cambios entre tratamientos debida a la apreciación variable de los catadores, los cuales otorgaron la duración de persistencia corta y media, el tratamiento T1 por su lado cuenta con una persistencia corta.

A continuación, en la tabla 49 se muestra los descriptores tomados en cuenta para la prueba de persistencia.

Tabla 49
Descriptores de persistencia de sabor

Tratamientos	Apreciación	Descriptores
T5	Media	10-15 segundos
T4, C2, T6, T3, T2, C1	Media	10-15 segundo
	Corta	3 segundos
T1	Corta	3 segundos

Paredes (2018), explica que los quesos frescos presentan sabores lácticos y a medida que el pH disminuye (acidez aumenta), se incrementa su persistencia en la boca, a su vez esta va a depender del tipo de leche usada para su elaboración normalmente los quesos elaborados con leche de vaca tienen una baja persistencia.

Si bien la persistencia del sabor se halla vinculada con el tipo de leche y el pH o acidez, se debe aclarar, que todos los quesos fueron elaborados leche de vaca, sin embargo, los tratamientos contaron con niveles distintos de acidez lo que explica la diferencia de persistencia entre tratamientos, las cuales se encontraron en una escala media de apreciación en su mayoría, no siendo así para los tratamientos T2 y T1 quiénes requirieron menor acidez para su obtención, con un pH de 5.2 a 5.3, obteniendo una escala de apreciación corta.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Las propiedades funcionales y rendimiento se vieron influenciadas por la técnica de coagulación y acidez utilizada, confirmando así la hipótesis alternativa.
- Los quesos elaborados a través la técnica lenta presentaron mejores porcentajes de rendimiento, debido a que las temperaturas bajas influyen sobre la retención de humedad en quesos la cual hace que el producto gané mayor peso.
- Las propiedades funcionales para rebanabilidad y rallabilidad obtuvieron mejores resultados con el uso de la técnica rápida y acidez de 35°Dornic ya que facilitan la salida del suero dando como resultado quesos más firmes.
- Los quesos elaborados a través de la técnica lenta y acidez de 33°Dornic, presentaron mejores resultados ante el calentamiento debido a que el incremento de agua y grasa acrecienta la plasticidad y fluidez del queso en el calor.
- La humedad, grasa en extracto seco y características microbiológicas se encontraron bajo los requisitos establecidos por la normativa NTE INEN 1500 y NTE INEN 1528 para quesos tipo mozzarella.
- Las características sensoriales de los tratamientos en comparación con quesos comerciales obtuvieron variabilidad debido a las características propias adoptadas a causa del uso de las técnicas y niveles de acidez diferentes durante su elaboración, con una calificación de 8.1 sobre 10 el tratamiento 5 obtuvo mayor acogida por parte de los catadores.

5.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar la acidez de 35°D y altas temperaturas de cuajado si se requiere obtener quesos firmes, por otro lado, si el queso va a ser sometido al calor utilizar la técnica lenta de cuajado y una acidez de 35°D.
- Con la finalidad de obtener quesos más firmes, con retención de agua y grasa se propone estudiar el efecto del uso de estabilizantes alimentarios conjuntos con las técnicas de coagulación ácido-enzimática empleadas en esta tesis, sobre las propiedades funcionales y el rendimiento de queso mozzarella.

BIBLIOGRAFÍA

- Amat, J. R. (2016). *Kruskal-Wallis test*. Obtenido de RPubS: https://rpubs.com/Joaquin_AR/219504
- AOAC . (2002). *Coliform and Escherchia coli Counts in Foods 991.14*. Virginia: Oficial methods of Analysis.
- Bello, A. (2015). *Producción de enzimas en la industria láctea (lactasa y renina)*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/283140725/Produccion-Enzimas-Industria-Lactea>
- Cabanéto, R. P. (2016). *Logrando la textura ideal en quesos*. Obtenido de E. Alimentación: <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/75515-logrando-la-textura-ideal-quesos->
- Cárdenas, N., Cevallos, C., Salazar, J., Romero, E., Gallegos, P., & Cáceres, M. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias*, 4(3), 253-263.
- Castro, F. (2019). *Quesos que puedes comer aunque seas intolerante a la lactosa*. Obtenido de Food & Wine en Español: <https://foodandwineespanol.com/quesos-puedes-comer-aunque-intolerante-a-la-lactosa/>
- Chr. Hansen Holding A/S. (2002). Queso Tipo Pasta Filata. Hoersholm, Dinamarca: chr-hansen.com.
- Coaquira, Y. (2015). *Elaboración de queso mozzarella*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/doc/235677531/Elaboracion-de-Queso-Mozzarella>
- Cortés, M. (2016). Cata de queso. *22º Congreso nacional lechero*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Crespo, P. S. (2016). *Efecto de la temperatura de cuajado de la leche sobre el rendimiento quesero, la composición química y la valoración sensorial de quesos frescos de cabra* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Dalla, C. (2015). *Rendimiento quesero teórico y real de la leche de la cuenca de Villa María, Córdoba* (Tesis de maestría). Universidad Católica de Córdoba, Argentina.

- Datsa, C. (2017). *Quesos madurados, composición química, clasificación, características, formas de procesamiento y equipos y maquinarias* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Educación, Lima, Perú.
- Díaz, E., Valladares, B., Gutiérrez, A., Arriaga, C., Quinteros, B., Cervantes, P., & Valente, V. (2017). Caracterización de queso fresco comercializado en mercados fijos y populares de Toluca, Estado de México. *Mex Cienc Pecu*, 8(2), 139-146.
- Dobler, J., Espinosa, E., Hernández, P., López, L., & Márquez, O. (2016). Extracto coagulante de leche proveniente del estómago de conejo (*Oryctolagus cuniculus* sp.). *Agrociencias*, 50(5), 1405-3195.
- Fife, R., McMahon, D., & Oberg, C. (2002). Test for measuring the stretchability of melted cheese. *J. Dairy Science*, 85, 3539–3545.
- Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. (2017). *Fundamentals of Cheese Science*. Springer Nature, 2, 15-799.
- Galeano, D. (2017). *Aislamiento e identificación de staphylococcus aureus en muestras de leche cruda procedentes de diferentes predios del departamento de Risaralda* (Tesis de pregrado). Universidad Libre Seccional Pereira, Risalda, Colombia.
- García, G., Gonzales, J., Rondan, J., Yauri, L., & Zamalloa, R. (2017). *Pruebas afectivas II*, (Informe nro. 12). Callao, Perú: Universidad Nacional del Callao.
- García, M. (2019). *Estudio de una línea de elaboración de queso mozzarella ecológico a partir de leche de búfala y vaca* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Gauna, A. (2005). *Elaboración de quesos semiduros con ojos*. Obtenido de Cuaderno Tecnológico N° 3 Lácteos: www.ue-inti.gov.ar
- Gómez, I. (2018). *Acidulantes fundamentales en la industria alimentaria*. Obtenido de Agrolab Group: <https://www.agrolab.com/es/actualidades/1390-acidulantes-fundamentales-en-la-industria-alimentaria.html>
- González, I., Rabaquino, L., & Rodríguez, G. (2017). *Uso de Ophigraph para estimar capacidad coagulativa de leche de vaca en un rodeo comercial* (Tesis doctoral). Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Guine, T. P. (2002). Cheese as a food ingredient. *Academic Press*, 1, 362-364.

- Guinee, T., & Kilcawley, K. (2004). Cheese as an ingredient. En *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. *Academic Press*, 2, 1-434.
- Haba, M. (2017). *Carcaterización Físico-Química y sensorial de los quesos artesanos Andaluces* (Tesis doctoral). Universidad de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Hoyos, M. J. (2016). *Informe del Taller de quesos maduros*, (1). Quito: UNIANDES. Obtenido de https://issuu.com/mariajosehoyos/docs/informe_de_taller_de_cata_de_quesos
- Huayllasaca, L. (2018). *Estandarización de procesos de productos lácteos mediante el desarrollo de fichas técnicas* (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1974b). INEN 0064: *Quesos. Determinación del contenido de grasas*. Quito, Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1984a). INEN 0013. *Leche. Determinación de acidez titulable*. Quito, Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1984b). INEN 0011: *Leche: Determinación de la densidad relativa*. Quito, Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2008). NTE INEN 0009: *Leche cruda. Requisitos*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011a). INEN 0082. *Queso Mozzarella*. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011b). INEN 1500. *Métodos de ensayo cualitativos para la determinación de la calidad*. Quito, Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). INEN 1528. *Norma general para quesos frescos no madurados. Requisitos*. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2018). *INAMHI*. Obtenido de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: <http://186.42.174.241/InamhiPronostico/>
- Istituto Ecuatoriano de Normalización. (1974a). INEN 0063: Quesos.. *Quesos. Determinación del contenido de humedad*. Ecuador.
- Kindstedt , P., & Fox, P. (1991). Modified Gerber test for free oil in Mozzarella cheese. *Journal of food Science*, 56, 56:1115–1116. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb14658.x>
- Kindstedt. (1995). Factors affecting the functional characteristics of unmelted and melted Mozzarella cheese. *Chemistry of Structure–Function Relationships*, 75, 2913-2917.
- Marcillo, Y. (2016). *Influencia de la acidez y temperatura del proceso de hilado del queso tipo "de hoja" sobre las propiedades físico-químicas, sensoriales y microbiológicas* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
- McMahon, D., Oberg , C., & McManus, W. (1993). Functionality of Mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 48, 101-103.
- McSweeney, P. (2007). *Cheese problems solved*. New York: CRC Press.
- Mercanti, D., Wolf, I., Meinard, C., Candiotti , M., & Zalazar, C. (2004). Influencia del contenido graso y de otras variables sobre la capacidad de fusión del queso. *Grasa y aceites*, 55, 296-298.
- Montalvo, R. (2017). *Implementación de prácticas correctas de higiene en la Asociación de Productores Agropecuarios e Industriales San Vicente de Andoas* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Mullen, S. (2018). La ciencia del queso. *ChemMatters*, 1, 2-4.
- Munsell. (1994). *Munsell soil color charts*. Nueva York: Munsell Color.
- Núñez, V. (2019). *Leches fermentadas: tradición e innovación* (Tesis de pregrado). Universidad Complutense, Madrid, España.
- Paredes, C. (2018). *Caracterización sensorial y perfil de textura del queso amasado de la provincia del Carchi* (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.

- Pórras, P. (2019). *SlideShare*. Obtenido de Queso crema y doble crem ainprocess: <https://es.slideshare.net/tahisaquinones/queso-crema-y-doble-crem-ainprocess>
- Puniya, A. K. (2016). *Fermented Milk and Dairy Products*. London: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Ramírez, N. J. (2010). Propiedades funcionales: Énfasis en quesos de pasta hilada. *ReCiTeIA*, 10(2), 70-97.
- Rewati , R. B. (2015). Preparation and Quality Evaluation of Mozzarella Cheese from Different Milk Sources. *J. Food Sci. Technol*, 6 , 94-101.
- Rodríguez, S. A., Osorio, L. M., & Ramírez, N. J. (2010). *El Quesillo: un queso colombiano*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Rodríguez, S., Generoso, S., Guitiérrez, D., & Questa, A. (Abril de 2015). Apliación del análisis sensorial en la evaluación de la calidad de productos frescos cortados. *Simiente*, 85(3-4), 21-38.
- Rosales, S. (2019). *Evaluación del efecto de pH, la temperatura y el medio nutritivo en la producción de ácido cítrico a partir de la fermentación de lacto suero con Aspergillus carbonarius* (Tesis pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Rowney, M., Roupas, P., Hickey, M., & Everett, D. (1999). Factors affecting the functionality of Mozzarella cheese. *Aust. J. Dairy Technol.*, 54:94-102.
- Ruíz, G. (2017). *Evaluación de queso mozzarella elaborado con leche de tres especies zootécnicas* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Superior del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Sandoval, J. (2019). *Evolución de los atributos sensoriales de queso oaxaca, durante su vida útil y caracterización sensorial analítico-afectivas de queso oaxaca comercial* (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma del Estado de México, Ciudad de México, México.
- Sbodio, O., Tercero, E., Martinez, E., Didier, M., & Revelli, G. (2017). Caracterización de la coagulación enzimática de leche en polvo entera. *Revista Argentina de Producción Animal*, 33, 118-119.

- Serrano, P. (2017). *Elaboración de queso mozzarella basado en tres tipos de fermentación: enzimática, ácida y ácido-enzimática* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Seth , K., & Bajwa, U. (2015). Effect of acidulants on the recovery of milk constituents and quality of Mozzarella processed cheese. *J Food Sci Technol*, 52, 1561–1569.
- Tagalpallewar, G. (2017). Functional properties of Mozzarella cheese for its end use application. *J Food Sci Technol*, 54(12), 3766-3778.
- Tobar, M., Inés, C., & Gladys, T. (2018). Uso de reguladores de acidez y su incidencia en el tiempo de acidificación de la cuajada para la elaboración de queso mozzarella. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 1, 2254-7630.
- Valdivia, J. (2017). *Cambios físicos, químicos, sensoriales y nutricionales, debido a la evaporación de la leche fresca entera* (Monografía). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Vera, F. (2016). *Evaluación de las fases de pasteurización, retención de caseína-grasa y penetración de la cuajada para la estandarización del proceso de queso tipo pasta hilada tipo hoja* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
- Vinuesa, P. (2016). *Correlación: teoría y práctica*. Obtenido de CCG-UNAM: <http://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/>
- Vinueza, S. (2015). *Influencia de la temperatura de pasteurización, coagulación y de cloruro de calcio en el rendimiento de queso fresco elaborado a partir de leche de vaca* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Zúñiga, H. L., Ciro, V. H., & Osorio, S. J. (2007). Estudio de la dureza del queso EDAM por medio de un estudio de la dureza del queso EDAM por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 60(1), 3797-3811.

ANEXOS

ANEXO 1. PLANTILLA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL QUESO MOZZARELLA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

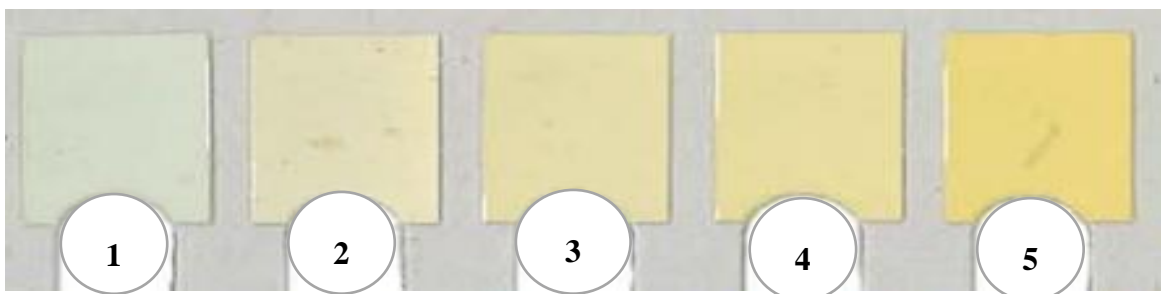
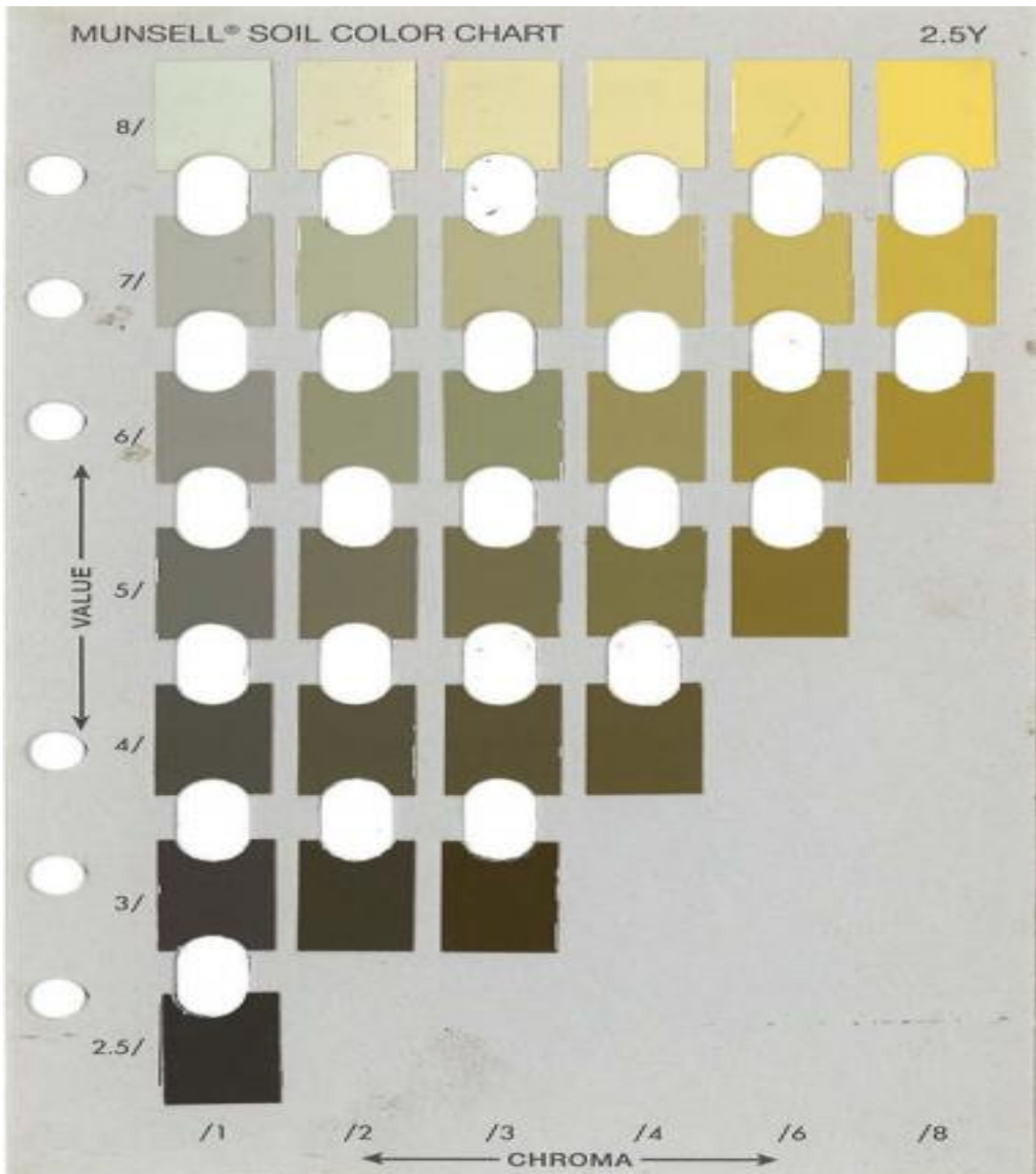
Catador (nombre y apellido)		Tratamiento:
Fecha de cata:		
Tipo de leche: leche de vaca	Maduración: Fresco	
Técnica de Coagulación:		

Indicaciones: Atributos del queso: Intensidad 1(+baja) a 5(+alta) (marcar con una cruz el grado de intensidad según la escala descrita)

Característica:	Fase	1	2	3	4	5
Color de la corteza (Guía escala de Munsell)	Visual					
Humedad en superficie (muy seca, seca, media, húmeda, muy húmeda)	Táctil					
Perfil aromático (casi inapreciable, suave, fuerte, intenso, muy intenso)	Olfativa					
Intensidad aromática (tenue, sutil, ligera, intensa, muy intensa)	Olfativa					
Impresión textura (líquida, pastosa, gomosa, cerrada, muy compacta)	Boca					
Sabor dulce (inapreciable, suave, fuerte, intenso, muy intenso)	Boca					
Sabor salado (inapreciable, suave, fuerte, intenso, muy intenso)	Boca					
Sabor ácido (inapreciable, suave, fuerte, intenso, muy intenso)	Boca					
Persistencia (muy corta, corta, media, larga, muy larga)	Boca					

Valoración global (puntuar de 1 a 10)

ANEXO 2. ESCALA DE MUNSELL PARA QUESOS



Fuente: (Munsell, 1994)