



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO RÁPIDO DE
COAGULACIÓN ÁCIDO-ENZIMÁTICA SOBRE LAS
PROPIEDADES FUNCIONALES DE QUESOS TIPO MOZZARELLA.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AUTOR: Cusanguá Fualtala Byron Cristopher

DIRECTOR: Ing. Cuarán Guerrero Milton Jimmy Mg. I

Ibarra-Ecuador

2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO RÁPIDO DE COAGULACIÓN
ÁCIDO-ENZIMÁTICA SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES 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:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

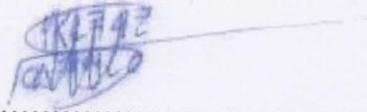
Ing. Jimmy Cuarán, Mg.I

DIRECTOR DE TESIS


Ing. Jimmy Cuarán Mg.I
18/10/2021 TT
.....
FIRMA

Bioq. Valeria Olmedo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL


.....
FIRMA

Dr. José País

MIEMBRO DEL TRIBUNAL


.....
FIRMA

Ibarra- Ecuador

2021



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 su disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401576376		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cusanguá Fuiltala Byron Cristopher		
DIRECCIÓN:	CARCHI-TULCÁN		
EMAIL:	bccusanguaf@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	(06) 2980985	TELÉFONO MÓVIL:	0959021514

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO RÁPIDO DE COAGULACIÓN ÁCIDO-ENZIMÁTICA SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE QUESOS TIPO MOZZARELLA
AUTOR (ES):	Cusanguá Fuiltala Byron Cristopher
FECHA:	20/10/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial
ASESOR/DIRECTOR:	Ing. Jimmy Cuarán, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, 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.

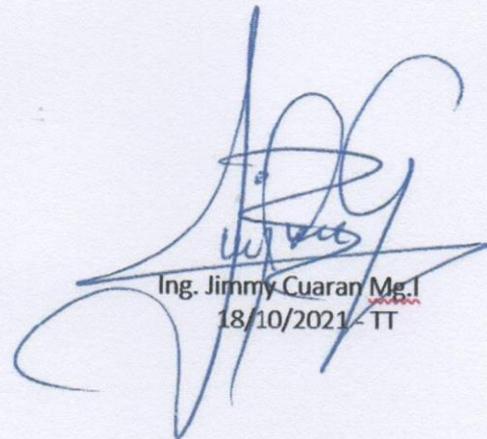
Ibarra, a los 20 días del mes de octubre de 2021

EL AUTOR:

Cusanguá Fuiltala Byron Cristopher

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Byron Cristopher Cusanguá Fuelta, bajo mi supervisión.



Ing. Jimmy Cuaran Mg. I
18/10/2021 - TT

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA UTN

Fecha: 20 de octubre de 2021

Byron Cristopher Cusanguá Fuelta: EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO RÁPIDO DE COAGULACIÓN ÁCIDO-ENZIMÁTICA SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE QUESOS TIPO MOZZARELLA. /Trabajo de titulación. Ingeniero Agroindustrial.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Agroindustria. Ibarra, 21 de octubre de 2021. X... páginas.

DIRECTOR: Ing. Jimmy Cuarán, MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue:

Evaluar el efecto del método rápido de coagulación ácido-enzimática sobre las propiedades funcionales de quesos tipo mozzarella, probando la adición de suero ácido y ácidos orgánicos con diferentes niveles de acidez y temperatura de coagulación.

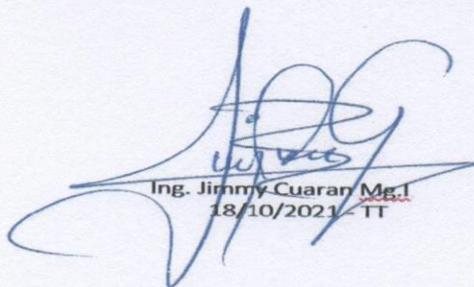
Entre los objetivos específicos se encuentran:

Caracterizar la materia prima mediante análisis fisicoquímicos.

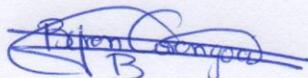
Evaluar las mezclas acidificantes en el proceso de coagulación ácido-enzimática de la leche.

Determinar el rendimiento y propiedades funcionales de los quesos obtenidos en el experimento.

Determinar las características fisicoquímicas y sensoriales del producto final y queso comercial.



Ing. Jimmy Cuarán Mg.1
18/10/2021 - TT



Byron Cusanguá
AUTOR

Agradecimiento

Con gratitud a la Universidad Técnica del Norte y al personal de la Carrera de Agroindustrias, especialmente a mis profesores por los conocimientos impartidos que han ayudado a formarme como profesional.

A Dios, por haberme brindado la oportunidad de concluir mi formación universitaria.

A mi familia por el apoyo incondicional, amor, paciencia, trabajo y sacrificio a lo largo de estos años hacia mí.

A mi director de trabajo de titulación Ingeniero Jimmy Cuarán por su tiempo, por ser un guía en el desarrollo de este trabajo, por los consejos y conocimiento técnicos. De igual forma mi gratitud a Dr. José País y Bioquímica Valeria Olmedo quienes asesoraron y dieron rumbo a esta investigación con sus conocimientos.

Agradecer de manera muy especial la colaboración de Ingeniera Edilma Jurado, Ingeniera Cecilia Cadena, Ingeniera Clara Ortega, Ingeniero Pedro Sandoval e Ingeniera Nathaly Mera por el apoyo incondicional en el desarrollo de la fase experimental de esta investigación.

Dedicatoria

A mi familia

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE IMAGENES	V
ÍNDICE DE ANEXOS	VI
RESUMEN	VII
SUMMARY	VIII
CAPITULO I	9
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. PROBLEMA	9
1.2. JUSTIFICACIÓN	10
1.3. OBJETIVOS	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. Hipótesis	11
1.4.1. Hipótesis nula	11
1.4.2. Hipótesis alternativa	11
CAPÍTULO II	12
2. MARCO TEÓRICO.	12
2.1. Leche	12
2.2. Proteínas de la leche	12
2.2.1. Caseína	13
2.2.2. Proteínas del suero	13
2.3. Queso	14
2.4. Queso de pasta hilada	15

2.4.1.	Queso mozzarella.....	16
2.4.2.	Características fisicoquímicas.....	16
2.4.3.	Características sensoriales	16
2.4.4.	Propiedades funcionales.....	17
2.3.4.1.	Clasificación de las propiedades funcionales.....	17
	Propiedades funcionales del queso antes del calentamiento	17
	Propiedades funcionales del queso inducidas por el calentamiento	18
2.4.5.	Factores que afectan la funcionalidad del queso tipo mozzarella.....	18
2.5.	Coagulación.....	19
2.5.1.	Tipos de coagulación	19
2.5.2.	Factores que intervienen en la coagulación	20
2.4.2.1.	Temperatura	20
2.4.2.2.	pH.....	20
2.4.2.3.	Punto isoelectrico de la caseína	21
2.4.2.4.	Acidez	21
2.6.	Precipitación enzimática	21
2.7.	Precipitación ácida	21
2.8.	Sustancias acidificantes.....	22
2.8.1.	Ácido láctico.....	22
2.8.2.	Ácido cítrico.....	23
2.8.3.	Ácido acético	23
	CAPÍTULO III	24
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1.	Ubicación del experimento.....	24
3.2.	Materiales y equipos.....	24
3.3.	Métodos.....	25

3.3.1.	Caracterización de la materia prima mediante análisis fisicoquímicos (acidez, densidad, grasa).....	25
3.3.2.	Evaluación de las mezclas de acidificantes en el proceso de precipitación ácido-enzimática de la leche.....	26
3.3.3.	Determinación del rendimiento y las propiedades funcionales de los quesos obtenidos en el experimento.....	30
3.3.4.	Determinación de las características fisicoquímicas y sensoriales del producto final y un queso comercial.....	34
3.4.	Manejo específico del experimento.....	36
3.4.1.	Diagrama de flujo del experimento.....	36
3.4.2.	Descripción del experimento	37
CAPÍTULO IV		46
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1.	Caracterización de la materia prima mediante análisis fisicoquímicos (acidez, densidad, grasa).	46
4.2.	evaluación de las mezclas acidificantes en el proceso de precipitación ácido-enzimática de la leche.....	47
4.3.	Determinación del rendimiento y las propiedades funcionales de los quesos tipo mozzarella	49
4.3.1.	Rendimiento.....	50
4.3.2.	Análisis de propiedades funcionales	53
2.4.2.5.	Rebanabilidad	54
2.4.2.6.	Rallabilidad	57
2.4.2.7.	Capacidad de fusión y flujo	64
2.4.2.8.	Liberación de aceite	67
2.4.2.9.	Capacidad de estiramiento	70

4.4.	Determinar las características fisicoquímicas y sensoriales del producto final y de un queso comercial.	75
4.4.1.	Humedad en quesos tipo mozzarella.....	76
4.4.2.	Grasa en extracto seco en queso mozzarella.....	77
4.4.3.	Características microbiológicas del queso tipo mozzarella	78
4.4.4.	Características sensoriales del queso tipo mozzarella y queso comercial.	78
	Fase visual	79
	Fase táctil.....	80
	Fase bucal	81
	Fase olfativa.....	84
	CAPÍTULO V	86
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1.	Conclusiones	86
5.2.	Recomendaciones.....	87
	BIBLIOGRAFÍA	88
	Anexos.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición aproximada de la leche.....	12
Tabla 2 Caseínas presentes en la leche de vaca, representando el 80% de proteínas totales	13
Tabla 3 Proteínas del suero presente en la leche de vaca, representando el 23% de proteínas totales.....	13
Tabla 4 Clasificación del queso según algunos parámetros	14
Tabla 5 Composición del queso tipo mozzarella.....	16
Tabla 6 Ubicación del experimento.....	24
Tabla 7 Materiales y equipos.....	24
Tabla 8 Pruebas de plataforma para la determinación de acidez, grasa y densidad de la leche	26
Tabla 9 Factores en estudio y niveles de aplicación.....	27
Tabla 10 Tratamientos evaluados en el experimento de acuerdo con un diseño completamente al azar más un testigo	27
Tabla 11 Análisis de varianza no paramétrico de un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial $A*B*C+1$	29
Tabla 12 Variable de respuesta para valorar el rendimiento leche-cuajada	30
Tabla 13 Factores en estudio y niveles de aplicación.....	31
Tabla 14 Tratamiento esvaluados en el experimento y sus distintas relaciones de acuerdo a un diseño completamente al azar con un testigo	31
Tabla 15 Análisis de varianza n paramétrica de un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial $A*B*C+1$	32
Tabla 16 Variables de repuesta a evaluarse para deternnar el rendimiento y propiedades funcionales.....	33
Tabla 17 Variables de respuesta para propiedades fisicoquímicas.....	34
Tabla 18 Varable de respuesta para las características sensoriales	35

Tabla 19 Características de la materia prima.....	46
Tabla 20 Prueba de efectos Inter sujetos del rendimiento leche-cuajada	47
Tabla 21 Prueba Tukey del Factor A para el rendimiento leche-cuajada.....	48
Tabla 22 Prueba Tukey del Factor C para el rendimiento leche-cuajada.....	48
Tabla 23 Prueba de efectos Inter sujetos del rendimiento leche-producto final.....	50
Tabla 24 Prueba Tukey del rendimiento Leche-Producto final para el Factor A.....	51
Tabla 25 Prueba Tukey del rendimiento Leche-Producto final para el Factor B	52
Tabla 26 Prueba Tukey del rendimeinto Leche-Producto final para el Factor C	52
Tabla 27 Prueba de efetos Inter sujetos de la capacidad de rebanabilidad.....	54
Tabla 28 Prueba Tukey de rebanabilidad para el Factor A	55
Tabla 29 Prueba Tukey de rebanabilidad para el Factor B.....	55
Tabla 30 Prueba Tukey de rebanabilidad para el Factor C.....	56
Tabla 31 Prueba de efectos Inter sujetos de rallabilidad tiras largas.....	58
Tabla 32 Prueba Tukey de rallabilidad tiras largas para el Factor A	59
Tabla 33 Prueba Tukey de rallabilidad tiras largas para el Factor B.....	60
Tabla 34 Prueba Tukey de rallabilidad tiras largas para el Factor C.....	60
Tabla 35 Prueba de efectos Inter sujetos de rallabilidad tiras cortas.....	62
Tabla 36 Prueba Tukey de rallabilidad tiras cortas para el Factor A	62
Tabla 37 Prueba Tukey de rallabilidad tiras cortas para el Factor B.....	63
Tabla 38 Prueba Tukey de rallabilidad tiras cortas para el Factor C.....	63
Tabla 39 Prueba de efectos Inter sujetos para capacidad de fusión y flujo	64
Tabla 40 Prueba Tukey de capacidad de fusión y flujo para el Factor A.....	65
Tabla 41 Prueba Tukey de capacidad de fusión y flujo para el Factor B	65
Tabla 42 Prueba Tukey de capacidad de fusión y flujo para el factor C.....	66
Tabla 43 Prueba de efectos Inter sujetos para liberación de aceite	67
Tabla 44 Prueba Tukey de liberación de aceite para el Factor A	68

Tabla 45 Prueba Tukey de liberación de aceite para el Factor B	69
Tabla 46 Prueba Tukey de liberación de aceite para el Factor C	70
Tabla 47 Prueba de efectos Inter sujetos para capacidad de estirabilidad.....	71
Tabla 48 Prueba Tukey de capacidad de estiramiento para el Factor A.....	72
Tabla 49 Prueba Tukey de capacidad de estiramiento para el Factor B.....	72
Tabla 50 Prueba Tukey de capacidad de estiramiento para el Factor C.....	73
Tabla 51 Prueba de correlación no paramétrica de Spearman para la capacidad de estiramiento	74
Tabla 52 Consideraciones de color de la corteza de quesos tipo mozzarella	79
Tabla 53 Consideración de humedad en quesos tipo mozzarella	81
Tabla 54 Descriptores de textura de queso tipo mozzarella	82
Tabla 55 Descriptores del sabor salado del queso tipo mozzarella	83
Tabla 56 Descriptores del sabor ácido del queso tipo mozzarella.....	84
Tabla 57 Descriptores de la impresión de olor del queso tipo mozzarella	85

ÍNIDE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de barras del rendimiento leche-cuajada	49
Figura 2. Diagrama de barras del rendimiento leche-producto final.....	53
Figura 3. Diagrama de barra de la rebanabilidad.....	57
Figura 4. Diagrama de barras de la rallabilidad tiras largas	61
Figura 5. Diagrama de barras de la capacidad de fusión y flujo	67
Figura 6. Diagrama de barras de la liberación de aceite.....	70
Figura 7. Diagrama de barras capacidad de estiramiento	74
Figura 8. Gráfico de dispersión y correlación entre carga (g) y capacidad de estiramiento (cm).....	75
Figura 9. Diagrama de barras de la humedad de queso mozzarella	76
Figura 10. Diagrama de barras del contenido de grasa en queso tipo mozzarella.....	77

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Pruebas de plataforma para la recepción de materia prima	37
Imagen 2. Filtración de la leche para eliminar impurezas	38
Imagen 3. Pasteurización de la leche para eliminación de patógenos	38
Imagen 4. Cuajo líquido	39
Imagen 5. Reposo de la cuajada luego de la adición de cuajo.....	39
Imagen 6. Control de temperatura en la pasteurización del suero.....	40
Imagen 7. Inoculación de cultivo activado al suero posterior a la pasteurización (24 h antes del proceso).....	40
Imagen 8. Corrección de acidez del suero con ácidos orgánicos	40
Imagen 9. Mezcla leche- suero ácido después de la agitación	41
Imagen 10. Reposo de la cuajada acidificada con suero	41
Imagen 11. Cuajada calentada antes de agitar	42
Imagen 12. Cuajada recolectada y desuerada	42
Imagen 13. Corte de la cuajada	42
Imagen 14. Cuajada cortada en reposo	43
Imagen 15. Pesado de sal al 1% de la masa de cuajada.....	43
Imagen 16. Hilado en marmita por calor directo.....	44
Imagen 17. Queso tipo mozzarella en moldes de acero inoxidable con capacidad de 3kg .	44
Imagen 18. Queso empacado al vacío	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Humedad en quesos tipo mozzarella.....	93
Anexo 2 Grasa en extracto seco en quesos tipo mozzarella	94
Anexo 3 Resultados microbiológicos de queso tipo mozzarella	95

RESUMEN

El queso tipo mozzarella es un producto de uso cotidiano como ingrediente en comidas rápidas, ya sean postres, pizzas o sánduches, por tal motivo esta investigación se ha centrado en la evaluación de las propiedades funcionales las cuales son desconocidas debido a la falta de estandarización en la técnica rápida de coagulación ácido-enzimática. En esta investigación se empleó un diseño completamente al azar más un testigo, realizando tres replicas a cada tratamiento para una mejor estandarización de los resultados; los factores en estudio fueron: sustancias acidificantes o ácido orgánicos (Ác. Cítrico, Ác. Láctico, Ác. Acético), acidez de la mezcla suero ácido-leche (40; 45 y 50 °D) y temperatura de coagulación (36; 40 y 44 °C).

Se encontró que la utilización de diferentes ácidos orgánicos no marca diferencia en cuanto a rendimientos (leche-cuajada y leche-queso), siendo los factores acidez de la mezcla y temperatura de coagulación quienes afectan esta variable de respuesta; para las propiedades funcionales antes del calentamiento (rebanabilidad y rallabilidad) la mayor capacidad se encontró en los tratamientos elaborados con ácido láctico, con acidez de la mezcla de 45°D y temperatura de coagulación de 40°C y 44°C, respectivamente.

Los tratamientos elaborados con ácido acético mostraron mayor capacidad de fusión y flujo y liberación de aceite empleando niveles de acidez de 45°D, 40°D y niveles de temperatura de coagulación de 36 °C y 44°C respectivamente.

En cuanto a la propiedad funcional de estiramiento se alcanzó la mayor capacidad en los productos elaborados con suero ácido sin la adición de ácidos orgánicos.

También se sometió los productos elaborados a pruebas fisicoquímicas y microbiológicos, cuyos resultados se encuentran entre los parámetros establecidos por la norma INEN.

Los mejores tratamientos fueron presentados a un panel catador, quienes seleccionaron el tratamiento T29 como el mejor.

SUMMARY

Mozzarella cheese is a product of everyday use as an ingredient in fast foods, whether desserts, pizzas, or sandwiches, for this reason this research has focused on the evaluation of functional properties being unknown by the non-standardization of the rapid technique of acid-enzymatic coagulation. In this research, a completely randomized design plus a witness was used, making three replications to each treatment for a better standardization of the results; the factors under study were: acidifying substances or organic acids (Ác. Citrus, Ac. Lactic, Ac. Acetic), acidity of the whey acid-milk mixture (40; 45 and 50 °D) and coagulation temperature (36; 40 and 44 °C).

It was found that the use of different organic acids does not make a difference in terms of yields (milk-curd and milk-cheese), being the factors acidity of the mixture and coagulation temperature that affect this response variable; for the functional properties before heating (sliceability and gratability) the greatest capacity was found in the treatments made with lactic acid, with acidity of the mixture of 45 °D and coagulation temperature of 40 °C and 44 °C, respectively.

The treatments made with acetic acid showed greater melting capacity and oil flow and release using acidity levels of 45 °D, 40 °D and coagulation temperature levels of 36 °C and 44 °C respectively.

As for the functional property of stretching, the highest capacity was reached in products made with acid serum without the addition of organic acids.

Processed products were also subjected to physicochemical and microbiological tests, the results of which are among the parameters established by the INEN standard.

The best treatments were presented to a taster panel, who selected the T29 treatment as the best.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

En la provincia del Carchi en los últimos años se ha incrementado la producción de queso tipo mozzarella, que por influencia del vecino país Colombia se ha empleado una nueva técnica de elaboración y a cuyo producto final se le denomina queso doble crema, sin embargo, este método no se encuentra estandarizado para la coagulación ácido-enzimática de queso tipo mozzarella, por ello se desconoce rendimientos y su efecto sobre las propiedades funcionales del producto final.

El suero de leche es un subproducto de la industria quesera que al ser desechado hacia fuentes hídricas se convierte en un problema de contaminación ambiental por cuanto su descomposición demanda de un alto consumo de oxígeno, además de significar una pérdida de recursos, ya que el suero contiene proteínas con excelentes propiedades funcionales y valor nutritivo. El incorrecto uso del suero de leche y su acidificación producen quesos con problemas en sus características organolépticas y de contaminación, por cuanto su vida útil en percha es relativamente baja.

Para los productores de queso tipo mozzarella no existe información actualizada sobre otras sustancias empleadas en la acidificación de la leche de vaca para la obtención de una cuajada ácida, por eso es común el uso de ácido cítrico, sin embargo, en ocasiones no se alcanza una correcta acidificación obteniendo un producto defectuoso que no cumple con las propiedades funcionales deseadas.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El constante crecimiento de pequeñas y medianas industrias dedicadas a la producción de queso tipo mozzarella y la influencia del mercado e industria colombiana exige la constante innovación, mejoramiento de los productos y aumento de la productividad; para así poder tener mayores oportunidades de comercialización.

En el mercado podemos encontrar una alta gama de sustancias que pueden ser usadas para acidificar la leche para el proceso de elaboración de queso tipo mozzarella, una evaluación de estos permitirá una adecuada acidificación de la cuajada, que siguiendo con el método de hilado correcto se obtendrá quesos que cumplan con las propiedades funcionales que demanda el mercado.

Con la finalidad de reducir costos y reutilizar subproductos derivados de esta industria; como el suero de leche que aporta excelentes propiedades funcionales y valor nutritivo por su composición, se opta por utilizarlo para la acidificación de la cuajada, contribuyendo así en el aspecto económico y ambiental; que benefician a la industria y a la sociedad en general.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del método rápido de coagulación ácido-enzimática sobre las propiedades funcionales de quesos tipo mozzarella.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Caracterizar la materia prima mediante análisis fisicoquímicos (acidez, densidad, grasa).
- ✓ Evaluar las mezclas acidificantes en el proceso de coagulación ácido-enzimática de la leche.
- ✓ Determinar rendimiento y propiedades funcionales de los quesos obtenidos en el experimento.
- ✓ Determinar las características fisicoquímicas y sensoriales del producto final y de un queso comercial.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS NULA

El efecto de las mezclas de acidificantes utilizados en la técnica rápida de coagulación ácido-enzimática no afectan las propiedades funcionales del queso tipo mozzarella.

1.4.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

El efecto de las mezclas de acidificantes utilizados en la técnica rápida de coagulación ácido-enzimática afectan las propiedades funcionales del queso tipo mozzarella.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.

2.1. LECHE

Para Walstra y col. (1999) la leche es una solución acuosa diluida y se comporta en consecuencia, posee una constante dieléctrica casi tan alta como la del agua pura, las sustancias polares se disuelven bien en la leche y las sales tienden a disociarse, sin embargo, esta disociación no está completa. El pH de la leche en estado natural es aproximadamente 6.7 a temperatura ambiente, con una densidad a 20 ° C de 1029 kg/m³, sin embargo, esta varía dependiendo del contenido de grasa.

En la siguiente tabla se enuncia la composición aproximada de la leche:

Tabla 1

Composición aproximada de la leche

Componente	Contenido promedio en leche (% p/p)	Rango (% p/p)	Contenido promedio en materia seca (% p/p)
Agua	87.1	85.3 - 88.7	-
Sólidos no grasos	8.9	7.9 - 10	-
Grasa en materia seca	31	22 - 38	-
Lactosa	4.6	3.8 - 5.3	36
Grasa	4	2.5 - 5.5	31
Proteína total	3.3	2.3 - 4.4	25
Caseína	2.6	1.7 - 3.5	20
Sustancias minerales	0.7	0.57 - 0.83	5.4
Ácidos orgánicos	0.17	0.12 - 0.21	1.3

Fuente:(Walstra et al., 1999)

2.2. PROTEÍNAS DE LA LECHE

Kukovics y Német (2013) afirman que las proteínas son compuestos naturales extremadamente importantes para para los procesos de la vida, ya que realizan muchas funciones en los organismos vivos tales como proporcionar estructura y ayudar a la reproducción. La leche de vaca contiene un promedio de 3.3 a 3.5 % de proteínas divididas

en cientos de tipos de proteínas, la mayoría de ellas en pequeñas cantidades, sin embargo, existen grupos más representativos como; caseínas, y proteínas del suero.

2.2.1. CASEÍNA

Según Kukovics y Német (2013) las caseínas son proteínas que se precipitan con facilidad al ser sometidas al calor y a la presencia de sustancias ácidas o cuajo. A continuación se detalla la concentración de las diferentes caseínas, destacando que estas constituyen el 80 % del total de las proteínas presentes en la leche.

Tabla 2

Caseínas presentes en la leche de vaca, representando el 80 % de proteínas totales.

Caseínas	Concentración (%)
a-Caseínas	27
β -caseínas	35
γ -caseínas	8
κ -caseínas	11

Fuente: (Kukovics & Német, 2013)

Kramm (2003), en su escrito afirma que la caseína es un complejo de proteínas fosforadas presentes en la leche, las cuales presentan una forma coloidal o micelas que contienen calcio, fosfato y magnesio y citrato en pequeñas cantidades. Además, esta se precipita cuando la leche se acidifica y alcanza un pH de 4.6 formando una masa blanca.

2.2.2. PROTEÍNAS DEL SUERO

Kukovics y Német (2013) en su documento afirman que las proteínas del suero generalmente permanecen en la solución, de igual forma afirman que estas representan entre el 17 al 20 % de proteínas totales de la leche.

Tabla 3

Proteínas del suero presentes en la leche de vaca, representando el 23 % de proteínas totales.

Proteínas del suero	Concentración (%)
a- Lactoalbúmina	13
β -Lactoglobulina	10

2.3. QUESO

Alais (1985) y Scott (1991) mencionan que el queso es una forma de conservación de los componentes insolubles de la leche como son la caseína y la materia grasa, cuyo producto es obtenido mediante la coagulación de la leche y un posterior desuerado, este producto puede estar o no fermentado y es así que se constituye como un alimento universal por su alto contenido nutritivo, además de poseer características organolépticas demandadas por el consumidor como fuente de placer al paladar.

Según Scott (1991), el queso al ser un producto elaborado universalmente presenta una gran variedad de sabores, aromas, texturas y formas; existiendo alrededor de 2000 variedades conocidas y otro gran número no estandarizado.

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial Argentino (2015) asegura que existen diversas clases y variedades de quesos, sin embargo, se los puede clasificar según algunos parámetros, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4

Clasificación del queso según algunos parámetros

Parámetro	Tipo de queso	Contenido de grasa (%)
Según contenido de grasa	Doble crema o extra graso	no menos del 60
	Grasos	entre 45 y hasta 59.9
	Semigrasos	entre 25 y hasta 44.9
	Magros	entre 10 y hasta 24.9
	De leche descremada	menos del 10
Según contenido de humedad	Tipo de queso	Contenido de humedad (%)
	Pasta dura	menor a 36
	Pasta semidura	entre 36 a 45.9
	Pasta blanda	entre 46 a 54
	pasta muy blanda	no menor a 55

Según su pasta	Tipo de queso	Variedades de queso
	Pasta blanda	Queso blanco, Petit Suisse, Cotagge, Mozzarella, Brie, Camembert, Ricota, Mascarpone
	Pasta semi dura	Gruyere, Emmenthal, Queso Gouda, Fontina, Cheddar
	Pasta dura	Reggiano, Parmesano, Sbriz, Sardo, Romano, Provolone
	Quesos fundidos o reelaborados	Queso procesado pasteurizado
	Quesos fundidos por ultra temperatura	Requesón, Requesón cremoso, Requesón manteca
	Quesos de pasta hilada	Provolone hilado, Mozzarella hilado, Queso pizza

Fuente: (Instituto Nacional de Tecnología Industrial Argentino, 2015)

2.4. QUESO DE PASTA HILADA

De acuerdo con Murieles (2010) los quesos de pasta hilada se elaboran tradicionalmente en Italia, Bulgaria, Rumania y Turquía; esta práctica se da con la finalidad y necesidad del hombre de alargar la vida útil de la cuajada inicial, sometiéndola al calor y al estiramiento ya que esta toma características como, compactación y pérdida de humedad; posteriormente estos quesos han sido sometidos a una acidificación de la cuajada y por tanto a su desmineralización parcial, para cuando estos sean sometidos al calor, esta se estire con la facilidad de formar hebras o hilos, a lo que se denomina pasta hilada.

Ramírez y col. (2010) aseguran que la masa primaria del queso de pasta hilada es la cuajada, una vez que esta hay alcanzado la acidez necesaria para ser sometida a procesos de calentamiento, amasado, salado y estirado para luego ser cortado, moldeado, enfriado, almacenado y finalmente comercializados para la elaboración de comidas rápidas que es el principal interés de fabricación.

Los quesos de pasta hilada tradicionales son:

- ✓ Provolone
- ✓ Caciocavallo
- ✓ Mozzarella

2.4.1. QUESO MOZZARELLA

Ramírez y col. (2010), los quesos de pasta hilada, textura fibrosa, y elástica son originarios de medio oriente, tecnificados en Italia y en Estados Unidos ganaron popularidad. El queso mozzarella es el más representativo de la familia de los quesos de pasta hilada.

Tobar y col. (2018) afirman que el queso mozzarella es un tipo de queso de pasta blanda que se obtiene de manera artesanal mediante la acidificación de la cuajada utilizando reguladores de acidez, lo que acelera el proceso y atribuyen aspectos organolépticos en el producto final.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1528 (2012), el queso mozzarella es un tipo de queso no madurado, escaldado, moldeado, de textura blanda; cuya cuajada puede ser o no blanqueada, estirada y en cuya preparación se utiliza leche entera, cultivos lácticos, enzimas y/o ácidos orgánicos e inorgánicos.

2.4.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

De acuerdo con Walstra y col. (1999), desde el punto de vista fisicoquímico, el queso es un sistema tridimensional formado principalmente por caseína integrada en un complejo caseinato fosfato cálcico; el cual mediante la coagulación engloba los glóbulos de grasa, agua, lactosa, albuminas, globulinas, minerales, entre otras sustancias y las mantiene dentro del sistema.

Tabla 5

Composición del queso tipo mozzarella

Características	Valores (%)
Carbohidratos	2
Proteína	20 – 22
Materia grasa	21 – 24
Humedad	49 – 51
Minerales	0
Calorías aportadas por 100 g	286 cal

Fuente: (Contreras, 2010)

2.4.3. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

Bourne (1982), afirma que los factores de aceptación sensorial son muy importantes para el consumidor, ya que las personas disfrutan mucho al consumirlos.

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 82 (1973) , establece que el queso tipo mozzarella debe presentar una forma ovoide de diferentes dimensiones, además su corteza deberá ser de consistencia semidura con un aspecto liso de color uniforme que puede variar de blanco a crema con una textura blanda, elástica, con la ausencia de agujeros y con un sabor propio de la variedad con un toque ligeramente ácido.

2.4.4. PROPIEDADES FUNCIONALES

Según Ramírez (2010), el queso es un producto empleado en una amplia gama de platos del hogar, restaurantes y sectores de comidas preparadas. Dependiendo del uso en el que el queso vaya a ser empleado como ingredientes de los alimentos, este debe cumplir algunas funciones, dando así origen a la funcionalidad o las propiedades funcionales del queso.

Las propiedades funcionales del queso son un conjunto de características que este debe cumplir al ser empleado como ingrediente en cierto alimento, que funcionan como indicadores para cuantificar los requisitos de desempeño relacionados con las expectativas o percepción del consumidor y que en su mayoría se encuentran relacionadas con la reología del queso sólido o fundido. (Ramírez, 2010)

2.3.4.1. CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES

- ✓ Propiedades funcionales del queso antes del calentamiento
- ✓ Propiedades funcionales del queso inducidas por el calentamiento

Propiedades funcionales del queso antes del calentamiento

a. Rallabilidad Gruesa (Shreddability)

De acuerdo con Ramírez (2010), la rallabilidad es la capacidad de cortar tiras largas y delgadas de dimensiones uniformes, con la no formación de polvo durante la trituración resistiendo al pegado o aglutinación durante la trituración mismo o cuando se empaqueta libremente.

b. Rebanabilidad (Sliceability)

Es la capacidad de cortar en rebanadas, lonchas o tajadas delgadas, resistiendo a la rotura, desmenuzando, pegado o fractura en los bordes de corte, sometido a altos niveles de flexión antes de romperse. (Ramírez, 2010)

c. Extensibilidad (Spreadability)

Según Ramírez (2010), la extensibilidad es la propiedad textural más importante pues es la habilidad de propagarse en el medio al ser sometido a un esfuerzo cortante, esta propiedad es subjetiva e inversamente proporcional a la cantidad de fuerza cortante en el cuchillo.

Propiedades funcionales del queso inducidas por el calentamiento

a. Capacidad de fusión (Meltability) y flujo (Flowability)

De acuerdo con Ramírez (2010) la capacidad de fusión se define como la capacidad de un queso para fundir; y la capacidad de flujo es el grado en el que el queso fundido fluye y se extiende sobre una superficie caliente.

b. Capacidad de estiramiento (Stretchability) y elasticidad (Elasticity)

La capacidad de estiramiento es la habilidad que posee el queso fundido para crear fibras cohesivas, hilos o láminas al ser extendido; y la elasticidad es la capacidad de las fibras de resistir la deformación durante la extensión y se relaciona con la masticabilidad. (Ramírez, 2010)

c. Liberación de aceite (Limited oiling-off)

Según Ramírez (2010), la liberación de aceite es la capacidad del queso de eliminar pequeñas cantidades de aceite al momento de ser sometido al calor, cuando la cantidad de grasa eliminada es insuficiente el producto tiende a quemarse, esto se da por una excesiva deshidratación en el fundido; por otro lado, lo indeseable sucede cuando estos eliminan mayores cantidades de grasa libre en forma de gotas en la superficie, originado en el queso un aspecto grasoso poco apetecible para el consumidor.

2.4.5. FACTORES QUE AFECTAN LA FUNCIONALIDAD DEL QUESO TIPO MOZZARELLA

Para Ramírez (2010), la funcionalidad o propiedades funcionales de los quesos de pasta hilada se ven afectadas por dos factores, el primero durante la elaboración cuando se establece la estructura básica de la cuajada y la segunda en el almacenamiento cuando la funcionalidad y la estructura de la cuajada sufren alteraciones. Además, la funcionalidad de

los quesos se ve afectado por otros factores y sus interrelaciones, tales como: la leche utilizada en la fabricación del producto (características fisicoquímicas), composición química del queso, condiciones de elaboración, contenido mineral del queso y la maduración.

2.5. COAGULACIÓN

Según Toro (2011), la coagulación es la acción del cuajo sobre la caseína de la leche en tres fases; en la primera fase, la enzima rompe la cadena de aminoácidos de la κ -caseína dando lugar a la formación de para- κ -caseína y de un macropeptido. La segunda coagulación ocurre cuando la temperatura es suficientemente elevada y existen en el medio iones de calcio; y finalmente en la tercera fase, la κ -caseína influye estabilizando las micelas de caseína, una vez formada la κ -caseína y existiendo iones de calcio en el medio, la influencia estabilizadora desaparece y las micelas se combinan entre sí, quedando finalmente un coagulo que engloba al resto de los componentes de la leche.

2.5.1. TIPOS DE COAGULACIÓN

Coagulación lenta

Toro (2011), afirma que esta técnica de coagulación es la más común en la elaboración de quesos, esta consiste en coagular la leche por medio de la acción de enzimas como; pepsinas, enzima microbiana del hongo *Mucor miehei*; aunque comúnmente se usa el cuajo o quimosina o renina. El principio de esta técnica es atacar al caseinato de calcio transformándolo en paracaseína de calcio que combinado con iones libres de calcio se precipita, dando lugar a la cuajada.

Coagulación Rápida

Según Toro (2011), esta técnica de coagulación se realiza agregando directamente una sustancia acidificante a la leche, comúnmente se hace uso del ácido cítrico y ácido acético. La coagulación por medio de esta técnica se da cuando el ácido desmineraliza la micela (partículas que se encuentran en suspensión coloidal y formados por las caseínas en forma de fosfocaseinatos de calcio), el coagulo formado por esta técnica no es muy estable, por cuanto, se debe procurar que la desmineralización sea parcial para así formar el gel láctico. La coagulación empieza a darse a un pH de 5.2 a 21 °C, al trabajar con temperaturas más altas se debe aumentar el pH al cual la caseína empieza a coagularse, teniendo en cuenta la

desmineralización parcial, existen quesos en los cuales la temperatura puede llegar hasta los 80 °C.

2.5.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA COAGULACIÓN

En la mayoría de los casos los quesos se elaboran con la utilización de enzimas (cuajo), los factores que intervienen en la acción enzimática de las mismas son diversos. Entre ellos están:

2.4.2.1. Temperatura

Medina (2002) y Rodríguez (2009) concuerdan que en un intervalo de temperatura de 10 a 20°C la acción del cuajo es relativamente lenta, asegurando que la temperatura óptima de cuajado es de 39-43 °C.

Rodríguez (2009), afirma que a un rango de temperatura entre 21-27 °C se producen cuajadas blandas y gelatinosas, a 30 °C se producen cuajadas firmes que no se desmenuzan fácilmente al cortarlas, a temperaturas de 33-36 °C la cuajada obtenida es firme y gomosa con un lento desuerado. Finalmente afirma que por debajo de los 20 °C y por encima de los 50 °C, la actividad del cuajo es relativamente baja.

“La temperatura afecta especialmente la tasa de floculación. En consecuencia, cuando la leche de baja temperatura se proporciona con cuajo, la κ -caseína se divide, pero las micelas no floculan. Cuando la leche se calienta posteriormente, se coagula muy rápido. El aumento del tiempo de recocado a una temperatura aún más alta se debe a la inactivación continua de la enzima”(Walstra y col., 1999)

2.4.2.2. pH

Según Rodríguez (2009) el pH es un factor que influye directamente en el tiempo de coagulación como en la firmeza de la cuajada, con un pH por debajo de lo normal (6.2-6.5) el tiempo de coagulación es más corto y con un coagulo más firme, en cambio con el pH por encima de 7 no se produce la coagulación y la enzima es inactivada muy rápido.

Chacón y Pineda (2009) coinciden con la opinión de Rodríguez afirmando que un pH cercano al punto isoeléctrico provoca fuerzas iónicas e hidrófobas fuertes resultando una red de caseína compacta propia de quesos duros, por otro lado, con un pH más alto las caseínas presentan carga negativa, generando repulsión entre los agregados proteicos, resultando un queso con mayor absorción de agua, más elasticidad y menos compacto.

2.4.2.3. Punto isoelectrico de la caseína

Según Fuentes y col. (1998) el punto isoelectrico es el pH al cual la carga eléctrica de una molécula es cero. Si el pH del medio es superior al del punto isoelectrico la carga de la molécula será negativa y se moverá hacia el ánodo, en cambio, si el pH es inferior la carga de la molécula será positiva y se moverá hacia el cátodo.

Para separar las caseínas del resto de proteínas de la leche mediante precipitación se requiere llegar a un pH aproximado de 4.6, que es el punto isoelectrico de éstas. Sin embargo, el pH es diferente para cada una de las fracciones caseínicas variando desde 4.44 a 4.97 para α_{s1} -caseína y de 5.3 a 5.8 para la genética B de la k-caseína.

2.4.2.4. Acidez

Chacón y Pineda (2009) afirman que la incidencia de la acidez en la elaboración de queso no solo influye en el sabor, sino también en los cambios que experimenta la red de proteínas de la cuajada teniendo un papel importante en los fenómenos de sinéresis y textura final del producto. Además de la acidez, la sinéresis del queso también está determinada por la cantidad de calcio libre, el cual provoca la unión de la caseína en la red proteica de la cuajada determinando las características de textura.

2.6. PRECIPITACIÓN ENZIMÁTICA

Mariño y col. (2001) ,afirman que la coagulación enzimática de la leche para la obtención del queso es un proceso en el cual la caseína, siendo el principal componente proteico de la leche, es desnaturalizada por acción de las enzimas del cuajo, precipitando y formando la cuajada; la enzima responsable de este fenómeno es la quimosina que tiene un punto isoelectrico de 5.3 aunque su mayor efectividad se logra a un pH de 3.8 - 4.0. La enzima actúa sobre el fosfocaseinato de calcio transformándolo en fosfoparacaseinato, originando la precipitación y formación del coagulo.

2.7. PRECIPITACIÓN ÁCIDA

Según Alais (1985), en este tipo de precipitación hace uso de un ácido mineral lo que provoca que los iones de hidrógeno con carga positiva penetran en las micelas de caseína, con lo que cae su carga negativa neta. Simultáneamente, la capa hidratada y el número de iones de calcio con doble carga también se reduce. La carga de polaridad idéntica y las fuerzas de repulsión se reducen, predominando las fuerzas de atracción. La energía calorífica de las

partículas hace que colisionen y se unan a agregados más grandes que son precipitados fuera de la leche.

2.8. SUSTANCIAS ACIDIFICANTES

Las sustancias acidificantes pueden ser orgánicas o inorgánicas, estas liberan hidrógeno y una parte de sal en una solución acuosa. Cuando la concentración de iones de hidrógeno aumenta, la acidez de todo el sistema aumenta y el pH disminuye. (Brenntag, 2008)

Para Bernal (1999), las sustancias acidulantes son ingredientes que se suministran a los alimentos con el afán de impartir sabor agrio o penetrante, o por razones tecnológicas con la finalidad de controlar las funciones de otras sustancias; además afirma que el sabor ácido es reducido por la presencia de azúcares.

Brenntag (2008), afirma que muchos alimentos que son conservados naturalmente o fermentados contienen una composición de varios ácidos y la sensación de sabor amargo es comúnmente una señal de alimentos de buena calidad. Además, los ácidos son usados por los productores de alimentos para lograr el pH requerido, influir en el sabor, color, textura y ayudar a la conserva de estos.

Según Bernal (1999), en la leche encontramos algunos ácidos orgánicos en muy pequeñas cantidades tales como; ácido fórmico (0.040%), ácido acético (0.038%) y ácido láctico (0.055 %). Además, afirma que en la elaboración de queso tipo mozzarella la acidez juega un papel importante ya que ayuda al estiramiento de la cuajada.

Ramírez y col. (2010) afirma que la desmineralización o descalcificación de las micelas caseínicas por adición de cualquier ácido orgánico como ácido cítrico, ácido láctico o ácido acético antes del cuajado de la leche incrementa la acidificación de la cuajada, influyendo en la estructura y textura de producto, ya que al descender el pH, el fosfato de calcio coloidal ligada a la caseína que forma la malla o red de la cuajada se vuelve soluble y migra hacia la fase acuosa dejando la matriz estructural parcialmente desmineralizada, lo cual mejora la capacidad de hilar del queso mozzarella.

2.8.1. ÁCIDO LÁCTICO

El ácido láctico se produce naturalmente en muchos alimentos fermentados, fue aislado por primera vez de la leche agria, y que comercialmente es producido por la fermentación microbiana de los sustratos de carbohidratos (Brenntag, 2008)

Según Alais (1985), la acidificación espontánea es el hecho más comúnmente observado en la leche conservada a la temperatura ambiente. La acidez se eleva muy lentamente al principio, luego, tras algunas horas dependiendo de la temperatura, muy rápidamente; en general, se frena un poco cuando el contenido en ácido láctico llega al 1 %. En este momento, solamente 1/4 de la lactosa ha sido degradada; esta detención se debe al efecto inhibitor del ácido sobre las bacterias.

2.8.2. ÁCIDO CÍTRICO

Ácido cítrico es un ácido orgánico natural que se encuentra en muchas frutas que fue aislado por primera vez en el limón, se produce comercialmente por la fermentación microbiana de sustratos de carbohidratos. (Brenntag, 2008)

Kristiansen y col. (2001), afirman que el uso del ácido cítrico en alimentos depende de tres propiedades: acidez, sabor y formación de sales; con esta última propiedad del ácido cítrico forma una amplia gama de sales metálicas incluyendo complejos con hierro, cobre, manganeso, magnesio y calcio. Sin embargo, para su uso como saborizante se toma en cuenta su acidez y su capacidad para mejorar sabores; además de ser usado como antioxidante.

2.8.3. ÁCIDO ACÉTICO

Ácido acético es el ácido orgánico más conocido, naturalmente presente en muchas frutas y alimentos fermentados, se encuentra en el vinagre, este ácido en altas concentraciones es muy corrosivo, se puede producir por fermentación o por síntesis y se aplica en muchos productos alimenticios como conservante natural. (Brenntag, 2008)

Hidalgo y Olmedo (2017) aseveran que el ácido acético se utiliza en diversas industrias y dependiendo de cada producto se emplean diferentes concentraciones, en la industria de alimentos se lo utiliza como conservante debido a su gran efecto antibacteriano evitando el crecimiento de hongos en el área de panificación; sin embargo, en general interactúan con la membrana celular ya que desmineralizan las proteínas internas e inhiben el transporte de los aminoácidos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Técnica del Norte, en las unidades edu-productivas. Los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de propiedades funcionales los quesos tipo mozzarella se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (Unidades Edu-productivas) de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

Tabla 6

Ubicación del experimento

Provincia:	Imbabura
Ciudad	Ibarra
Cantón:	Ibarra
Temperatura:	18 °C
Altitud:	2225 msnm
Humedad relativa:	73 %

Fuente: Instituto Nacional de meteorología e hidrología, 2018

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

Tabla 7

Materiales y equipos

Materia prima	Insumos	Equipos
Leche	Cuajo	Marmita
Suero de leche	Ácido cítrico	Balanza gramera
	Ácido láctico	Caldero
	Ácido acético	Meza de acero inoxidable
		Cuarto frío
		Centrífuga
		Selladora de vacío
		Ecomilk

Utensilios	Materiales de laboratorio	Reactivos
Lira	Acidómetro	Hidróxido de sodio 0,1N
Cuchillos	Vaso de precipitación	Fenolftaleína 2%
Jarras	Pipetas	
Bandejas	Gotero	
Filtro de tela	Cronómetro	
Pala	Termómetro	
Moldes de acero inoxidable		
Rallador		

3.3. MÉTODOS

3.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (ACIDEZ, DENSIDAD, GRASA).

La caracterización de la materia prima (leche) se realizó en las unidades edu-productivas de acuerdo con las pruebas de plataforma verificando acidez, grasa y densidad y cuyos detalles se encuentran en la tabla 8; para ello se implementó la técnica de muestreo según Gerber garantizando que dicha muestra sea fiel testigo del volumen total, utilizando recipientes de muestra plásticos, de acero inoxidable o latón niquelado pues no afectan la composición y características de la leche, para garantizar la veracidad de los análisis estos se realizaron en un periodo máximo de 24 horas después de la toma de la muestra, precisando atemperar la leche a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ realizando una agitación con el fin de que todos los componentes estén repartidas uniformemente, con una velocidad de agitado uniforme y tranquila evitando la formación de espuma que dificulta o altera las mediciones. Para la medición de la leche con fines analíticos se emplearon instrumentos de cristal, pues no son atacados por ácidos, ni líquidos alcalinos permitiendo la observación de los líquidos.

Tabla 8*Pruebas de plataforma para la determinación de acidez, grasa y densidad de la leche*

Análisis	Método	Unidad	Referencia
Acidez	Acidez titulable de la leche	° D	(Arroyo González y Arroyo Cerro, 1994)
Grasa	Método del Dr. N. Gerber	%	(Arroyo González y Arroyo Cerro, 1994)
Densidad	Termo-lactodensímetro	g/ml	(Arroyo González y Arroyo Cerro, 1994)

3.3.2. EVALUACIÓN DE LAS MEZCLAS DE ACIDIFICANTES EN EL PROCESO DE PRECIPITACIÓN ÁCIDO-ENZIMÁTICA DE LA LECHE.

Para evaluar las mezclas de acidificantes en el proceso de precipitación ácido-enzimática se tomaron en cuenta las medias del rendimiento leche-cuajada que fueron elaboradas utilizando tres ácidos orgánicos que interactuaron con tres niveles de acidez de la mezcla suero ácido-leche y tres niveles de temperatura de coagulación altos, acortando tiempo en el proceso de coagulación. Las variables de respuesta obtenidas en esta fase experimental fueron procesadas mediante estadística concluyente a través de un diseño que se detalla a continuación.

Características del experimento

En el experimento se tomó en cuenta tres (3) factores de estudio de tres (3) niveles cada uno, que interrelacionados aleatoriamente se obtuvieron veinte y siete (27) tratamientos y adicionalmente se trabajó un tratamiento testigo, con un total de veinte y ocho (28) tratamientos a los cuales se les realizó tres (3) repeticiones a cada uno dando un total de ochenta y cuatro (84) unidades experimentales, empleando cuarenta (40) litros de leche para cada unidad experimental.

Factores en estudio

En la siguiente tabla se presenta los factores en estudio y los niveles de aplicación del experimento y un tratamiento testigo.

Tabla 9

Factores en estudio y niveles de aplicación

Factores	Código	Niveles
Ácidos orgánicos Factor(A)	A1	Ác. Cítrico
	A2	Ác. Láctico
	A3	Ác. Acético
Acidez de la leche Factor (B)	B1	40 °D
	B2	45 °D
	B3	50 °D
Temperatura de coagulación Factor (C)	C1	36 °C
	C2	40 °C
	C3	44 °C
Testigo		

Tratamientos

Los tratamientos valorados en el experimento fueron las interrelaciones entre los niveles de los tres (3) factores de estudio y adicionalmente el tratamiento testigo, obtenidos mediante la aplicación de un diseño completamente al azar con arreglo factorial $A \times B \times C + 1$.

Tabla 10

Tratamientos evaluados en el experimento de acuerdo con un diseño completamente al azar más un testigo.

N° de tratamientos	Factor A (mezcla suero- ácido)	Factor B (Ácido-suero- leche)	Factor C (temperatura)	Combinaciones
T1	A1	B1	C1	A1B1C1
T2	A2	B1	C1	A2B1C1
T3	A3	B1	C1	A3B1C1

T4	A1	B2	C1	A1B2C1
T5	A2	B2	C1	A2B2C1
T6	A3	B2	C1	A3B2C1
T7	A1	B3	C1	A1B3C1
T8	A2	B3	C1	A2B3C1
T9	A3	B3	C1	A3B3C1
T10	A1	B1	C2	A1B1C2
T11	A2	B1	C2	A2B1C2
T12	A3	B1	C2	A3B1C2
T14	A1	B2	C2	A1B2C2
T13	A2	B2	C2	A2B2C2
T15	A3	B2	C2	A3B2C2
T16	A1	B3	C2	A1B3C2
T17	A2	B3	C2	A2B3C2
T18	A3	B3	C2	A3B3C2
T19	A1	B1	C3	A1B1C3
T20	A2	B1	C3	A2B1C3
T21	A3	B1	C3	A3B1C3
T22	A1	B2	C3	A1B2C3
T23	A2	B2	C3	A2B2C3
T24	A3	B2	C3	A3B2C3
T25	A1	B3	C3	A1B3C3
T26	A2	B3	C3	A2B3C3
T27	A3	B3	C3	A3B3C3
T28			Testigo	

Análisis estadístico

En el análisis estadístico de esta investigación para llevar a cabo este objetivo se compararon las medias de los resultados obtenidas del rendimiento leche-cujada del queso tipo mozzarella aplicados en la fase experimental, con el planteamiento de la hipótesis y la posibilidad de encontrar interacciones entre las relaciones expuestas en la tabla 5.

Tabla 11

Análisis de varianza no paramétrico de un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial $AxBxC+I$

Factor de variación	Grados de libertad
Total	83
Tratamientos	27
Factor A (mezcla acidificante-suero)	2
Factor B (acidez leche-suero ácido)	2
Factor C (temperatura de cuajo)	2
Testigo	1
Interacción AxB	4
Interacción AxC	4
Interacción BxC	4
Interacción AxBxC	8
Error experimental	56

Se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov y Levene con la finalidad de verificar el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianza respectivamente, cuyos resultados mostraron que no había distribución normal de los datos ni homogeneidad de la varianza, se aplicó el análisis univariado de varianza con la prueba de efectos Inter sujetos para conocer si existían o no diferencias significativas entre niveles de factores, interacciones entre factores y tratamientos, al existir diferencias significativas, se procedió a aplicar la prueba Tukey con nivel de significancia 0.05 para conocer la formación de subconjuntos homogéneos de los niveles de factores, interacciones de factores y tratamientos estadísticamente diferentes o semejantes, con la finalidad de conocer los mejores tratamientos.

Variables de respuesta

En este objetivo se evaluó el rendimiento leche-cuajada después de la fase de coagulación ácido-enzimática a un pH de ± 5.1 , cuyos datos se recogieron tal como se detallan en la tabla 12.

Tabla 12*Variable de respuesta para valorar el rendimiento leche-cuajada*

Variable	Indicador	Unidad	Referencia
Rendimiento leche-cuajada	$\%rend. = \frac{kg\ cuajada}{(litros\ leche)} * 100$	%	(Arciniega, 2010)

3.3.3. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS QUESOS OBTENIDOS EN EL EXPERIMENTO.

Los quesos tipo mozzarella obtenidos en la presente investigación fueron elaborados con tres diferentes ácidos orgánicos (Ác. Cítrico, Ác. Láctico, Ác. Acético) para acidificar la leche, con niveles de acidez altas (40°D, 45°D, 50°D) y tres niveles de temperatura, constituyendo una técnica rápida de coagulación ácido-enzimática, acortando tiempo de producción; del producto final fue evaluado el rendimiento de la masa después del proceso, al igual que la valoración de este en cuanto a sus propiedades funcionales. Las variables de respuesta obtenidas en esta fase experimental fueron procesados mediante una estadística concluyente a través de un diseño experimental que se detalla a continuación.

Características del experimento

El experimento contó con tres (3) factores de estudio de tres (3) niveles cada uno, que interrelacionando aleatoriamente resultaron veinte y siete (27) tratamientos y adicionalmente se trabajó un tratamiento testigo, resultando un total de veinte y ocho (28) tratamientos a los cuales se les realizó tres (3) repeticiones a cada uno, dando un total de ochenta y cuatro (84) unidades experimentales, para las cuales se utilizó cuarenta (40) litros de leche para cada unidad experimental.

Factores en estudio

En la siguiente tabla se muestra los factores en estudio y los niveles de aplicación del experimento.

Tabla 13*Factores en estudio y niveles de aplicación*

Factores	Código	Niveles
Ácidos orgánicos Factor(A)	A1	Ác. Cítrico
		Ác.
	A2	Láctico
		Ác.
	A3	Acético
Acidez de la leche Factor (B)	B1	40 °D
	B2	45 °D
	B3	50 °D
Temperatura de coagulación Factor (C)	C1	36 °C
	C2	40 °C
	C3	44 °C
Testigo		

Tratamientos

Los tratamientos evaluados en el experimento son las interrelaciones entre los niveles de los tres (3) factores de estudio y un tratamiento testigo, los cuales se obtuvieron mediante la aplicación de un diseño completamente al azar con arreglo factorial $A \times B \times C + 1$.

Tabla 14

Tratamientos evaluados en el experimento y sus distintas relaciones de acuerdo con un diseño completamente al azar con un testigo.

N° de tratamientos	Factor A (mezcla suero- ácido)	Factor B (Ácido-suero- leche)	Factor C (temperatura)	Combinaciones
T1	A1	B1	C1	A1B1C1
T2	A2	B1	C1	A2B1C1
T3	A3	B1	C1	A3B1C1
T4	A1	B2	C1	A1B2C1
T5	A2	B2	C1	A2B2C1
T6	A3	B2	C1	A3B2C1
T7	A1	B3	C1	A1B3C1
T8	A2	B3	C1	A2B3C1

T9	A3	B3	C1	A3B3C1
T10	A1	B1	C2	A1B1C2
T11	A2	B1	C2	A2B1C2
T12	A3	B1	C2	A3B1C2
T14	A1	B2	C2	A1B2C2
T13	A2	B2	C2	A2B2C2
T15	A3	B2	C2	A3B2C2
T16	A1	B3	C2	A1B3C2
T17	A2	B3	C2	A2B3C2
T18	A3	B3	C2	A3B3C2
T19	A1	B1	C3	A1B1C3
T20	A2	B1	C3	A2B1C3
T21	A3	B1	C3	A3B1C3
T22	A1	B2	C3	A1B2C3
T23	A2	B2	C3	A2B2C3
T24	A3	B2	C3	A3B2C3
T25	A1	B3	C3	A1B3C3
T26	A2	B3	C3	A2B3C3
T27	A3	B3	C3	A3B3C3
T28		Testigo		

Análisis estadístico

En el análisis estadístico de esta investigación se compararon las medias de los resultados obtenidas de cada una de las pruebas fisicoquímicas y funcionales del queso tipo mozzarella aplicados en la fase experimental, con el planteamiento de la hipótesis y la posibilidad de encontrar interacciones entre las relaciones expuestas en la tabla 5.

Tabla 15

Análisis de varianza no paramétrico de un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial $A \times B \times C$

Factor de variación	Grados de libertad
Total	83
Tratamientos	27
Factor A (mezcla acidificante-suero)	2
Factor B (acidez leche-suero ácido)	2
Factor C (temperatura de cuajo)	2

Testigo	1
Interacción AxB	4
Interacción AxC	4
Interacción BxC	4
Interacción AxBxC	8
Error experimental	56

Se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov y Levene con la finalidad de verificar el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianza respectivamente, cuyos resultados mostraron que no había distribución normal de los datos ni homogeneidad de la varianza, se aplicó una prueba de efectos Inter sujetos para conocer si existían o no diferencias significativas entre niveles de factores, interacciones entre factores y tratamientos, al existir diferencias significativas en los ítems antes mencionados se procedió a aplicar la prueba de Tukey con nivel de significancia 0.05, para conocer la formación de rangos de los niveles de factores, interacciones de factores y tratamientos estadísticamente diferentes o semejantes, con la finalidad de conocer los mejores tratamientos para posteriormente replicarlos, para realizar una degustación al público.

Variables de respuesta

Dentro de este objetivo se evaluó el rendimiento y propiedades funcionales de los quesos tipo mozzarella obtenidos en el experimento mediante coagulación ácido-enzimática, cuyos datos se recogieron mediante los respectivos análisis que se detallan en la tabla 16, 5 días después de la elaboración, dichos productos se mantuvieron en refrigeración a 4°C.

Tabla 16

Variables de respuesta a evaluarse para determinar rendimiento y propiedades funcionales

Variable	Método	Indicador	Unidad	Referencia
Rendimiento en producto final		$\%rend. = \frac{kg\ queso}{(litros\ leche)} * 100$	%	(Arciniega, 2010)
Rebanabilidad	Rebanadora	$\% = \frac{X\ lonchas\ integra}{Xq} * 100$	%	(Ramírez Navas, 2010)

Capacidad de fusión y flujo	Prueba de Schreiber		$s^2 = \frac{\sum x^4}{n}$	Cm	(Guinee y Kilcawley, 2004)
Rallabilidad	Tamizadoras 12,7 mm ² y 6,35 mm ²		$\% = \frac{Xi}{Xq} * 100$	%	(Ramírez, 2010)
Capacidad de estiramiento	Probador de resistencia a la tracción modificado	de	Capacidad de estiramiento	cm	(Fife et al., 2002)
Liberación de aceite	Prueba de Gerber modificado para quesos		Escala Butirómetro	%	(Kindstedt y Fox, 1991)

3.3.4. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL Y UN QUESO COMERCIAL.

Las características fisicoquímicas que se determinó en el experimento fueron humedad y grasa, las muestras de los quesos obtenidos en el experimento fueron evaluadas en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de las Unidades Edu-productivas de la Universidad Técnica del Norte y cuyos detalles se muestran en la tabla 17.

Tabla 17

Variables de respuesta para propiedades fisicoquímicas

Análisis	Método	Indicador	Unidad	Referencia
Humedad	Método de la estufa	$\%hum. = \frac{Pi - Pf}{Pf} * 100$	%	(NTE INEN 63: 1973)
Grasa	Gerber-van Gulik	Escala de butirómetro	%	(NTE INEN 64: 1973)

El análisis sensorial de los quesos tipo mozzarella se llevó a cabo en las instalaciones de las Unidades Edu-productivas de la Universidad Técnica del Norte, evaluando textura, sabor, aroma y visualización mediante la obtención de muestras de los mejores tratamientos del experimento (5) y un queso comercial. Las muestras para valorar fueron transportadas en un cooler con la finalidad no romper la cadena de frío a una temperatura de 4°C hasta ser catadas por un grupo de 20 personas que previo al ensayo fueron orientados para valorar las antes

mencionadas características. Las personas seleccionadas han consumido en algún momento de su vida que tipo mozzarella.

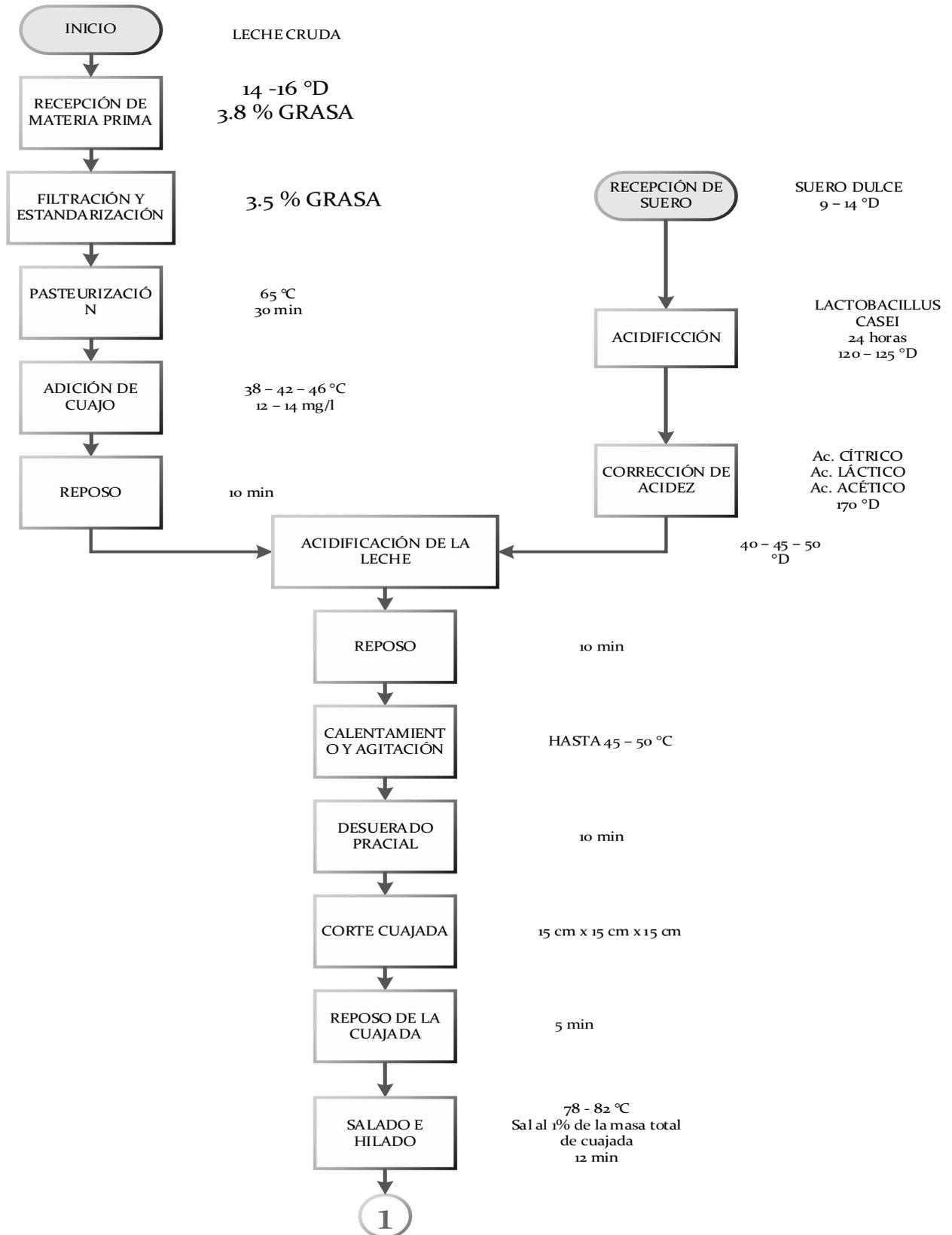
Tabla 18

Variable de respuesta para las características sensoriales

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

3.4. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL EXPERIMENTO





3.4.2. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Recepción de materia prima

El proceso inició con la recepción de la materia prima (leche de vaca) la cual cumple con parámetros de calidad establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9 (2008); como es acidez (14 a 16 °D), densidad y contenido de grasa (mayor o igual al 3,2%); esta materia prima fue trasladada desde la ciudad de Cayambe, del Centro de Acopio San Luis.



Imagen 1. Pruebas de plataforma para la recepción de materia prima

Filtración

Se procedió a realizar una filtración, con la finalidad de eliminar las impurezas físicas que llegan en la leche (suciedad, piedras, etc.);



Imagen 2. Filtración de la leche para eliminar impurezas

Estandarización

La leche filtrada fue sometida a una estandarización de la grasa llegando a 3.5%, para esto se hará uso del cuadrado de Pearson y la centrifuga para separar la crema de la leche.

Pasteurización

La leche fue sometida a un tratamiento térmico durante 30 minutos a una temperatura de 65°C, el fin de este proceso es la eliminación de organismos patógenos presentes en la leche.



Imagen 3. Pasteurización de la leche para eliminación de patógenos

Adición de cuajo

Después de pasteurizar la leche se dejó en reposo hasta que esta se enfríe hasta una determinada temperatura (36-40-44 °C); una vez alcanzada esta condición se procede a verter el cuajo (12-14mg) en la leche para empezar con la coagulación de la leche.



Imagen 4. Cuajo líquido

Reposo

Luego de agregar el cuajo en la leche se procede a dejarla en reposo durante 10 minutos.



Imagen 5. Reposo de la cuajada luego de la adición de cuajo

Suero fresco

El suero se recepto de la planta quesera FLORALP S.A, el cual tenía una acidez inicial de 9°D a 15°D, el cual fue pasteurizado e inoculado con cultivo Starter.



Imagen 6. Control de temperatura en la pasteurización del suero



Imagen 7. Inoculación de cultivo activado al suero posterior a la pasteurización (24 h antes del proceso)

Acidificación del suero

Haciendo uso de las diferentes sustancias acidificantes se mezcló con el suero hasta alcanzar una acidez de 130 a 170 °D; las sustancias usadas fueron: ácido láctico, ácido cítrico y ácido acético.



Imagen 8. Corrección de acidez del suero con ácidos orgánicos

Acidificación de la leche y agitación

Transcurrido el tiempo de reposo de la mezcla leche-cuajo y teniendo listo la mezcla suero-sustancia acidificante, se procedió a calcular el volumen que se debe poner de suero en la primera mezcla mediante un cuadrado de Pearson. Cuando estuvo mezclando se agita la mezcla durante un lapso de 3 a 5 minutos.



Imagen 9. Mezcla leche- suero ácido después de la agitación

Reposo

Dejar en reposo la mezcla final durante 10 minutos



Imagen 10. Reposo de la cuajada acidificada con suero

Calentamiento y agitación

Se procede a calentar la cuajada conjuntamente llevando una suave agitación para realizar el rompimiento de la cuajada y una posterior maduración del grano.



Imagen 11. Cuajada calentada antes de agitar

Desuerado y corte de la cuajada

Haciendo uso de la tela velo suizo se procedió a recolectar la cuajada y eliminar el suero, una vez eliminado el suero se procedió a cortar la cuajada en porciones (1.5cm*1.5cm*1.5cm),



Imagen 12. Cuajada recolectada y desuerada



Imagen 13. Corte de la cuajada

Espera de condiciones óptimas de la cuajada

Una vez cortada la cuajada se dejó reposar la cuajada hasta que este alcance las condiciones óptimas para realizar la fundición e hilado de la cuajada (pH 5.3-5.6)



Imagen 14. Cuajada cortada en reposo

Hilado y salado

El hilado se realizó durante aproximadamente 12 minutos a una temperatura de 78 a 80 °C, agregando sal en relación del 1% con respecto al total de la masa a hilar.



Imagen 15. Pesado de sal al 1% de la masa de cuajada



Imagen 16. Hilado en marmita por calor directo

Moldeo

Después de haber terminado con el hilado se pasó a la meza de acero inoxidable para su posterior moldeo en moldes de acero inoxidable con capacidad de 2 kg.



Imagen 17. Queso tipo mozzarella en moldes de acero inoxidable con capacidad de 3kg

Reposo y aclimatado

Se dejó el producto a temperatura ambiente (20 ± 2 °C) para que este siga con su proceso de endurecimiento durante un periodo de 30 minutos.

Empacado

Se procedió a empacar el producto en fundas de baja densidad con capacidad de 2 kg para luego ser llevado a la selladora de vacío, con la finalidad de resguardar la inocuidad de alimento.



Imagen 18. Queso empacado al vacío

Refrigerado y almacenado

Una vez empacado el producto se procedió a almacenarlo a una temperatura de 4 a 6 °C en la cámara de refrigeración.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (ACIDEZ, DENSIDAD, GRASA).

Los resultados de los análisis realizados tanto en leche como en suero de leche se encuentran detallados en la tabla 19, donde se puede observar los valores de acidez, densidad y grasa.

Tabla 19

Características de la materia prima

Análisis	Leche	NTE INEN 9: 2008	Suero	NTE INEN 2594: 2011
Densidad (g/ml)	1.030-1.031	1.029-1.033	1.024	-
Grasa (%)	3.5	3.2 (min)	0.3	0.3
Acidez (Contenido de ácido láctico) °D	14	13-16	150	35

Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9:2008. Leche Cruda. Requisitos, 2008; Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2594 Suero de Leche Líquido .Requisitos, 2011)

Los valores de los análisis de la leche y el suero se encuentran dentro de los requisitos fisicoquímicos detallados en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9 (2008) y Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2594 (2011); respectivamente.

Ramírez (2010) afirma que el suero ácido se obtiene de la coagulación ácida o láctica de la leche o por la fermentación ácido láctica de sueros dulces hasta alcanzar un pH de 4.5, entre 135°D a 170°, siendo un suero muy mineralizado pues contiene alrededor del 80% de los minerales de la leche de partida y cuya función es aportar acidez a la leche en el momento de la coagulación, produciendo la desmineralización de la caseína, otorgando a la cuajada la capacidad de hilar, dando al queso una consistencia plástica y facilidad de derretimiento al ser sometido al calor.

4.2. EVALUACIÓN DE LAS MEZCLAS ACIDIFICANTES EN EL PROCESO DE PRECIPITACIÓN ÁCIDO-ENZIMÁTICA DE LA LECHE.

En la tabla 20 se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas para los niveles del factor B (acidez de la mezcla suero ácido-leche), sin embargo, para el resto de los factores e interacciones las diferencias si lo son, por lo tanto, se procedió a realizar comparaciones múltiples, implementando la prueba de Tukey para cada uno de los factores que presentan diferencias significativas con la finalidad de conocer los subconjuntos homogéneos.

Tabla 20

Prueba de efectos Inter sujetos del rendimiento leche-cujada

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	139.541	27	5.168	8.166	0.000**
Intersección	6209.690	1	6209.690	9811.932	0.000**
Ácido (A)	10.150	2	5.075	8.019	0.001**
Acidez (B)	0.096	2	0.048	0.076	0.927
Temperatura (C)	24.651	2	12.325	19.475	0.000**
A*B	15.418	4	3.854	6.090	0.000**
A*C	13.079	4	3.270	5.166	0.001**
B*C	22.900	4	5.725	9.046	0.000**
A*B*C	42.101	8	5.263	8.315	0.000**
Error	35.441	56	0.633		
Total	9875.783	84			
Total, corregido	174.982	83			

** altamente significativo, * significativo

En la tabla 21 se observa la formación de dos subconjuntos homogéneos para el factor A (ácidos orgánicos), siendo las cuajadas elaboradas con ácidos orgánicos las que no presentan diferencias significativas, entre sí, en contraste con las cuajadas elaboradas con suero ácido que difieren de los otros niveles evaluados, el suero ácido se utilizó para la elaboración del tratamiento testigo.

Tabla 21*Prueba Tukey del Factor A para el Rendimiento Leche-Cuajada*

FACTOR A	Subconjunto	
	1	2
Sueros	8.777	
Ácido acético		10.488
Ácido cítrico		10.675
Ácido láctico		11.296
Sig.	1.000	0.149

Arciniega (2010) afirma que en su investigación alcanzo mayores resultados en rendimiento cuando utilizó ácido láctico, inclusive alcanzando un rendimiento del 13.40%, obteniendo un producto con mayor humedad y por ende mayor suavidad al tacto, lo cual no se aleja de lo alcanzado en esta investigación (13.22%), además, afirma que el ácido cítrico es el segundo rendimiento más alto alcanzado.

Según García (2020) el contenido de humedad es el principal factor que influye en el rendimiento, a mayor humedad el rendimiento es superior, así relacionando acidez y temperatura como los elementos directamente proporcionales responsables de la humedad y a su vez del rendimiento, además; en la investigación el factor B (acidez de la mezcla suero ácido-leche) no muestra diferencias significativas en las cuajadas obtenidas, sin embargo, con el factor C (temperatura de coagulación), como se muestra en la tabla 22, los tratamientos elaborados con la temperatura testigo (38°C) alcanza el menor rendimiento de leche-cuajada (8.777 %), el máximo rendimiento (11.494 %) es alcanzado con temperatura de 36°C, acercándose a lo mencionado por Ramírez (2010) que afirma que el rendimiento de la cuajada para queso tipo mozzarella es aproximado del 13%.

Tabla 22*Prueba Tukey del Factor C para el rendimiento Leche-Cuajada*

TEMPERATUR	Subconjunto		
	1	2	3
Testigo (38°C)	8.777		
44		10.109	
40		10.884	10.884

36			11.417
Sig.	1.000	0.176	0.492

El tratamiento testigo (T28) se encuentra con un rendimiento de cuajada muy por debajo de lo antes expresado con 8.777%, el tratamiento T15 muestra un rendimiento (13.22%) intermedio entre lo expuesto por Ramírez (2010) y Arciniega (2010). En el desarrollo de la presente investigación se observó que a mayor acidez y temperatura se obtiene una cuajada granulosa y seca al tacto. En la figura 1 se observa los valores del rendimiento leche-cuajada en orden descendente encontrando al tratamiento testigo (T28) en penúltimo lugar.

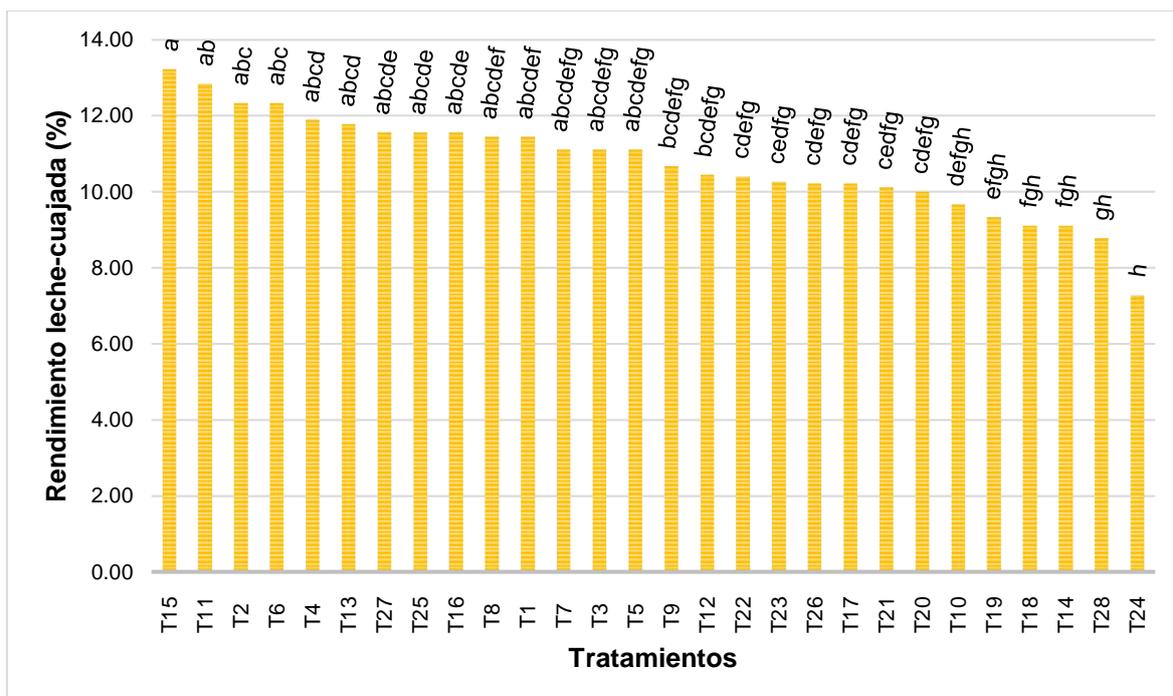


Figura 1. Diagrama de barras del rendimiento leche-cuajada

4.3. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS QUESOS TIPO MOZZARELLA

Mediante el desarrollo de la fase experimental se valoraron parámetros de rendimiento y propiedades funcionales en quesos tipo mozzarella, para lo cual se evaluó la influencia de ácidos orgánicos, acidez de la mezcla suero ácido-leche (°D) y temperatura (°C) de coagulación que afectan en la calidad del producto final; para lo cual se realizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial AxBxC+1, tomando en cuenta un tratamiento testigo (T28).

A continuación, se describe los resultados de las variables de respuesta propuestas en el experimento.

4.3.1. RENDIMIENTO

En la tabla 23 se muestran los resultados de la prueba de efectos Inter sujetos para la variable rendimiento (%) leche-producto final (kg queso/kg leche).

Tabla 23

Prueba de efectos Inter sujetos del rendimiento leche-producto

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	74.528	18	4.140	12.117	0.000**
Intersección	4201.561	1	4201.561	12295.610	0.000**
Ácido (A)	13.179	3	4.393	12.856	0.000**
Acidez (B)	0.108	1	0.108	0.315	0.000**
Temperatura (C)	25.559	2	12.779	37.398	0.000**
A*B	2.417	2	1.209	3.537	0.039*
A*C	15.756	4	3.939	11.527	0.000**
B*C	4.877	2	2.439	7.136	0.002**
A*B*C	13.586	4	3.396	9.940	0.000**
Error	12.985	38	0.342		
Total	5164.723	57			
Total, corregido	87.513	56			

** altamente significativo, * significativo

En la tabla 23 se muestra que existen diferencias estadísticamente significativas para todos sus factores en estudio e interacciones, por lo tanto, se efectuó comparaciones múltiples haciendo uso de la prueba de Tukey con un nivel de significancia 0.05, para cada uno de los factores en estudio.

En la tabla 24 se muestran los resultados de la prueba Tukey para el factor A (ácidos orgánicos), incluyendo el suero ácido con el cual fueron elaborados los quesos del tratamiento testigo (T28) sin la adición de un ácido orgánico; dando lugar a la conformación de dos subconjuntos homogéneos, el subconjunto 1 con un rendimiento promedio de 7.777% se encuentran los tratamientos elaborados con suero ácido; en el subconjunto 2, sin

diferencias estadísticamente significativas y con rendimientos promedio superior al subconjunto 1, se encuentran tratamientos elaborados con ácido cítrico, acético y láctico con rendimientos promedio de 9.177%, 9.648% y 9.765% respectivamente, mencionados rendimientos promedios alcanzados de acuerdo al factor A son inferiores a lo reportado por Reyes (2014) que en queso tipo mozzarella alcanza un rendimiento de 10.62%.

Tabla 24

Prueba Tukey del rendimiento Leche-Producto final para el Factor A

FACTOR A	Subconjunto	
	1	2
Suero ácido	7.777	
Ácido cítrico		9.177
Ácido acético		9.648
Ácido láctico		9.765
Sig.	1.000	0.202

Bernal (1999) en su investigación afirma que usando ácido cítrico, alcanzó un rendimiento de queso de 9.40%, debido al alto contenido de agua (57.46%) obteniendo un queso de buena calidad con gran capacidad de incorporación de grasa en el hilado, elasticidad, textura blanda y facilidad de hilado, al usar ácido acético alcanzó un rendimiento menor de 9.36%, con un contenido de agua de 52.79%, obteniendo un queso de buena calidad con características de elasticidad, retención de grasa y facilidad de hilado. Además, asegura que el pH de la cuajada es un factor que incide con respecto al rendimiento en queso, tomando como rango adecuado 5.1-5.3.

Los resultados de la prueba de Tukey de acuerdo con el factor B se exponen en la tabla 25 donde se observa que no existe diferencias significativas entre los niveles de 40°D (9.575%) y 45°D (9.486%), sin embargo, estos niveles son estadísticamente diferente en comparación con el nivel de acidez testigo (35°D) que alcanzó el rendimiento promedio más bajo (7.777%); para el nivel 50°D, en el experimento no se logró obtener un producto final con características comerciales aceptables, por cuanto no se pudo llevar a cabo el hilado, que según Molina (1998) se debe al pH; puesto que a pH mayor a 5.6 no se consigue que se acidifique la cuajada lo suficiente para realizar el hilado, en cambio si el pH excesivamente bajo causa que la caseína se precipite formando un coagulo muy fino, con baja elasticidad, grumoso, afectando el rendimiento final o no cumpliendo con las características propias del

queso mozzarella; en el experimento de esta investigación con la aplicación del nivel de 50°D se obtuvo una cuajada con bajo pH (4.5-4.7).

Tabla 25

Prueba Tukey del rendimiento Leche-Producto final para el Factor B

FACTOR B	Subconjunto	
	1	2
Testigo (35°D)	7.777	
45°D		9.486
40°D		9.575
Sig.	1.000	0.954

Para el factor C (temperatura de coagulación) los resultados se encuentran expuestos en la tabla 26, donde se observa que los niveles 36°C y 40°C no presentan diferencias significativas, sin embargo, los niveles 44°C y testigo (38°C) son estadísticamente diferentes. Se observa que el mayor rendimiento (10.334%) se alcanza con el nivel de 36°C, seguido por el nivel 40°C (9.602%) agrupados en el subconjunto 3, siendo el menor rendimiento (8.654%) el alcanzado con el nivel testigo.

Tabla 26

Prueba Tukey del rendimiento Leche-Producto final para el Factor C

FACTOR C	Subconjunto		
	1	2	3
Testigo (38°C)	7.777		
44 °C		8.654	
40 °C			9.602
36 °C			10.334
Sig.	1.000	1.000	0.075

Rodríguez (2009) propone que una acidez adecuada para trabajar quesos de pasta hilada es de 40 °D, si la acidez es superior a 50 °D la leche se corta a temperatura ambiente, no permitiendo la elaboración del producto o consiguiendo un producto con características no aceptables; de igual forma propone rangos de temperatura para la coagulación entre 39°C a 43°C, indicando que la temperatura es un factor que influye en el rendimiento del queso tipo mozzarella como en el tiempo de cuajado ya que a temperaturas menores a 10°C no tiene

lugar la coagulación, entre un rango de 10°C a 20°C la coagulación es lenta y con temperaturas mayores a 50°C la acción del cuajo es muy baja; y finalmente aseverando que la temperatura es un factor importante en la formación textural del queso.

En la figura 2 se observa el rendimiento (%) leche-producto final (kg queso/kg leche), encontrando tratamientos con rendimiento superior al propuesto por García (2020), de $9.30 \pm 0,7$ kg de queso/100 kg de leche, afirmando que el rendimiento es la cantidad de queso que se obtiene a partir de una cantidad de leche determinada.

Los tratamiento que superan al valor propuesto por el autor son T6 (11.56%), T11 (10.84%), T15 (10.67%), T3 (10.45%), T2 (10.45%), T13 (10.22%), T4 (10%), T1 (9.89%), T5 (9.67%), T21 (9.56%) y T22 (9.40%); y por el contrario los de menor rendimiento son los tratamientos T24 (6.77%) y el tratamiento testigo (T28) (7.78%).

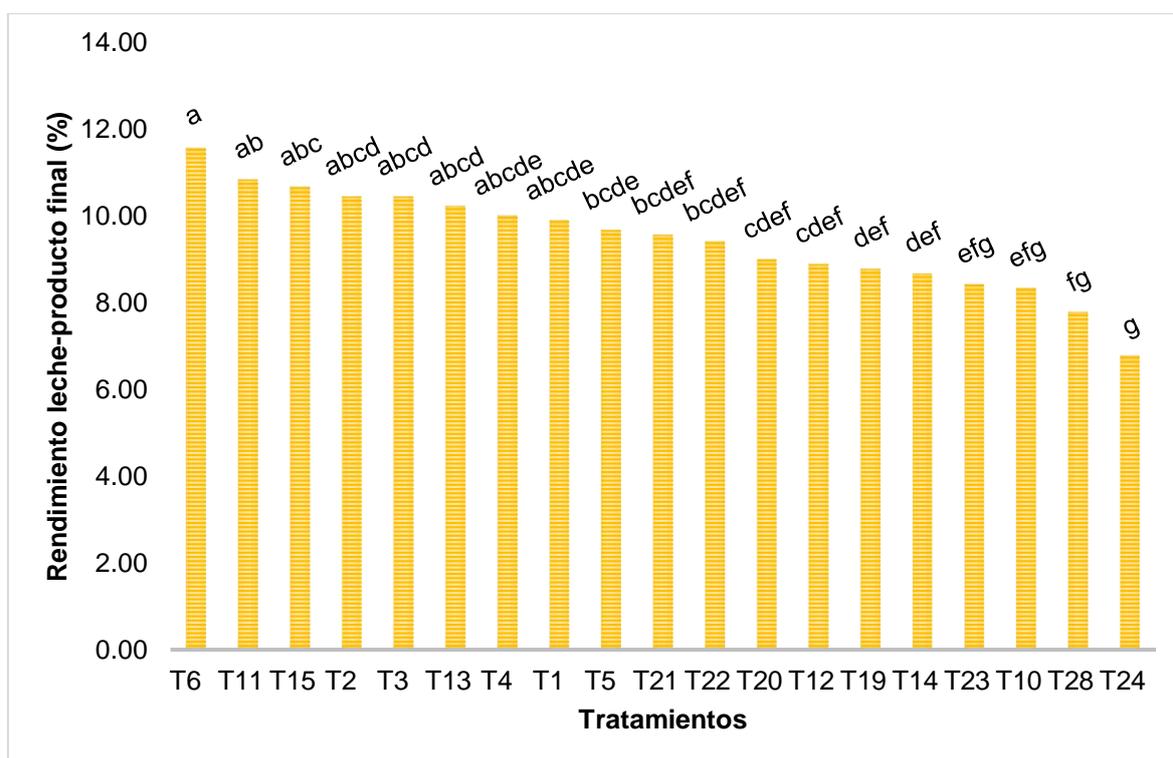


Figura 2. Diagrama de barras del rendimiento leche-producto final

4.3.2. ANÁLISIS DE PROPIEDADES FUNCIONALES

En la presente investigación se realizó la evaluación de propiedades funcionales antes del calentamiento: rebanabilidad y rallabilidad; y propiedades funcionales después del calentamiento: liberación de aceite, capacidad de estirabilidad, y capacidad de fusión y flujo. Los resultados obtenidos fueron tabulados y manejados con el programa estadístico IBM SPSS Statistics 25, con el fin de observar la dispersión de los factores y contrastar la

confiabilidad de la experimentación, con la finalidad de determinar los mejores y peores tratamientos.

2.4.2.5. Rebanabilidad

Se midió esta variable al finalizar el proceso de elaboración en el producto final antes de ser sometido al calor para cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, para la determinación del porcentaje de rebanabilidad (kg loncha integras/kg queso) se utilizó la ecuación 2 de la tabla 16, expuesta en el capítulo 3 de la presente investigación.

Tabla 27

Prueba de efectos Inter sujetos de la capacidad de rebanabilidad

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	65472.827	18	3637.379	1185.951	0.000**
Intersección	87892.977	1	87892.977	28657.114	0.000**
Ácido (A)	715.249	2	357.624	116.602	0.000**
Acidez (B)	136.136	1	136.136	44.387	0.000**
Temperatura (C)	264.818	2	132.409	43.171	0.000**
A*B	15709.126	2	7854.563	2560.945	0.000**
A*C	1516.658	4	379.165	123.625	0.000**
B*C	4083.524	2	2041.762	665.707	0.000**
A*B*C	43012.565	4	10753.141	3506.014	0.000**
Error	116.548	38	3.067		
Total	190464.881	57			
Total, corregido	65589.375	56			

** altamente significativo, * significativo

En la tabla 27 se muestra que existen diferencias significativas para todos los factores en estudio y sus interacciones, por lo tanto, se efectuó comparaciones múltiples haciendo uso de la prueba de Tukey con un nivel de significancia 0.05, para cada uno de los factores en estudio.

Tabla 28*Prueba Tukey de rebanabilidad para el Factor A*

FACTOR A	Subconjunto		
	1	2	3
Ácido acético	42.254		
Suero ácido	43.493		
Ácido cítrico		47.612	
Ácido láctico			51.104
Sig.	0.498	1.000	1.000

Los resultados de la prueba Tukey para el factor A (ácidos orgánicos) incluyendo el suero ácido, se encuentran expuestos en la tabla 28, evidenciando que existen diferencias estadísticamente significativas para todos los niveles de estudio, siendo la mayor capacidad de rebanabilidad promedio (51.104%) alcanzado con el nivel ácido láctico, seguido del nivel ácido cítrico (47.612%), siguiendo el nivel suero ácido (43.493%) incluido en el subconjunto 1 con el nivel ácido acético (42.254%) siendo el de menor capacidad de rebanabilidad.

En la tabla 29 se muestra que existen diferencias estadísticamente significativas para los niveles del factor B (acidez de la mezcla suero ácido-leche), alcanzando las capacidades de rebanabilidad promedio 43.493 % y 45.402% con los niveles testigo y 40°D respectivamente, los cuales están abarcados en el subconjunto 1 y siendo el nivel 45°D con el que se alcanzó la mayor capacidad de rebanabilidad promedio (48.578%)% en el experimento también se aplicó el nivel de 50°D con el cual no se obtuvo un producto final con características comerciales aceptables, siendo imposible la medición de esta propiedad funcional.

Tabla 29*Prueba Tukey de rebanabilidad para el factor B*

FACTOR B	Subconjunto	
	1	2
Testigo (35°D)	43.493	
40 °D	45.402	
45 °D		48.578
Sig.	0.105	1.000

Toro (2011) afirma que la retención de agua en los quesos se ve influenciada por el grado de acidez, ya que al trabajar con acidez baja (<32°D) se obtendrá quesos con estructura gomosa y húmeda, que según McSweeney (2007) los quesos con mayor humedad (>55%) se deforman fácilmente resultando mayor cantidad de lonchas dañadas, sin embargo, esto explica porque se obtiene mayor rebanabilidad a acidez más altas (40-45°D), descartando la acidez de 50°D.

En esta investigación se probaron niveles de acidez por encima de las sugeridas por Serrano (2017), que destaca que los niveles de acidez óptimos para un buen rebanado es 35°D a 39°D, además asegura que la rebanabilidad del queso se ve afectada por factores como el fundido, hilado, amasado y moldeado.

En la tabla 30 se muestra los resultados de la prueba Tukey con nivel de significancia 0.05 para el factor C (temperatura de coagulación), encontrando la formación de dos subconjuntos homogéneos, en el subconjunto se encuentran los niveles testigo y 36°C alcanzando las capacidades de rebanabilidad promedio 43.493% y 43.866% respectivamente, estos niveles son estadísticamente diferentes a los niveles 44° y 40°D que alcanzaron 48.359% y 48.744% respectivamente como capacidad de rebanabilidad promedio; mediante la información que se refleja en la tabla 30, entre los niveles probados, no siguen un patrón de secuencia, por cuanto la temperatura tal como lo afirma Serrano (2017) es responsable de la velocidad de coagulación.

Tabla 30

Prueba Tukey de rebanabilidad para el factor C

FACTOR C	Subconjunto	
	1	2
Testigo (38°C)	43.493	
36 °C	43.866	
44 °C		48.359
40 °C		48.744
Sig.	0.974	0.971

En la figura 3 se observa los tratamientos sometidos a la prueba de capacidad de rebanabilidad, los tratamientos de los cuales no se obtuvo ningún producto final con aceptables características comerciales no fueron tomados en cuenta en el diagrama, sin embargo, los tratamientos T3, T15, T19 y T23 alcanzaron características comerciales

aceptables, pero su capacidad de rebanabilidad fue nula. De acuerdo con las muestras tomadas para evaluar esta variable los tratamientos T13 (94.66%), T22 (92.71%), T20 (90.60%), T21 (86.49%), y T12 (80.10%) superan el 80% de capacidad de rebanabilidad; por otro lado, los tratamientos con más baja capacidad de rebanabilidad fueron T5 (36.35%), T1 (33.89%), T10 (32.53%), T24 (20.46%) y T11 (12.99%) no superan el 40%.

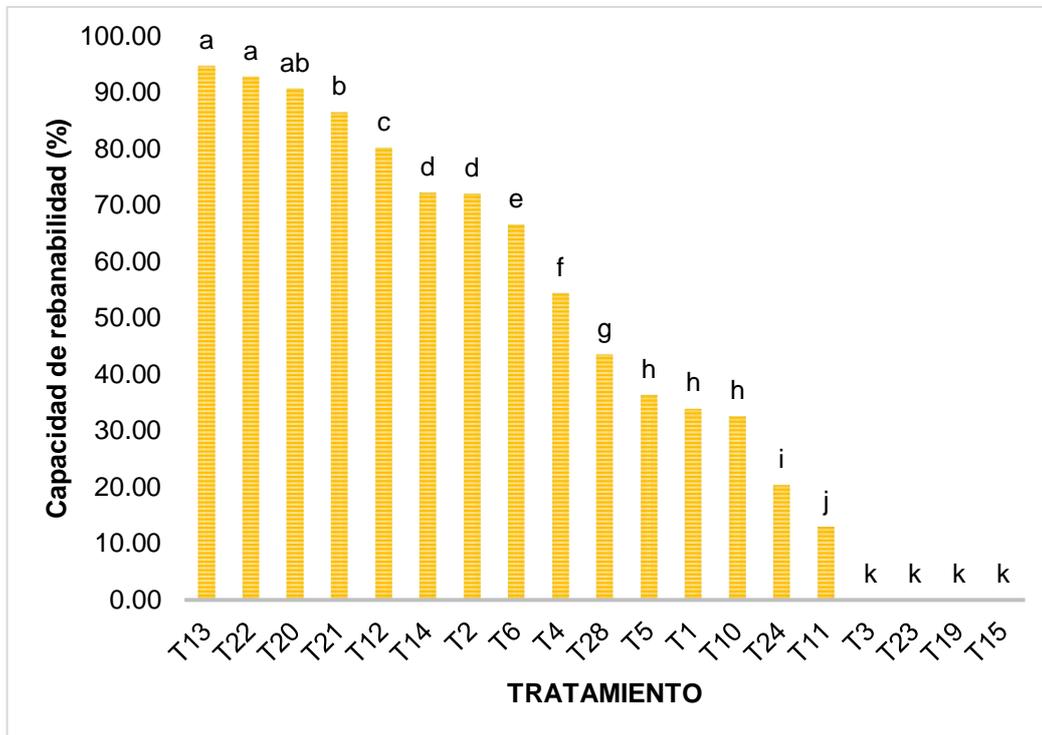


Figura 3. Diagrama de barra de rebanabilidad

2.4.2.6. Rallabilidad

La variable de respuesta rallabilidad se midió al finalizar el proceso de elaboración en el producto final después de 5 días, antes de ser sometido al calor, para cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, para la determinación del porcentaje de rallabilidad se utilizó la ecuación 4 de la tabla 16, expuesta en el capítulo 3 de la presente investigación, teniendo en cuenta tres niveles de capacidad de rallabilidad (kg queso rallado/kg queso); tiras largas, tiras cortas y finos; esta clasificación se dio mediante el uso de tamices de diferentes dimensiones.

Rallabilidad tiras largas

En la tabla 31 se muestran los resultados de la prueba de efectos Inter sujetos para la variable capacidad de rallabilidad tiras largas (%), mostrando que estadísticamente existen

diferencias significativas entre los niveles de los factores en estudio y sus interacciones, por ello se aplicó la prueba Tukey con nivel de significancia 0.05.

Tabla 31

Prueba de efectos Inter sujetos de rallabilidad tiras largas

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	27150.863	18	1508.381	681.595	0.000**
Intersección	177991.114	1	177991.114	80429.211	0.000**
Ácido (A)	3789.366	2	1894.683	856.154	0.000**
Acidez (B)	936.584	1	936.584	423.216	0.000**
Temperatura (C)	5061.532	2	2530.766	1143.582	0.000**
A*B	2355.510	2	1177.755	532.195	0.000**
A*C	5855.779	4	1463.945	661.516	0.000**
B*C	494.586	2	247.293	111.745	0.000**
A*B*C	8654.215	4	2163.554	977.650	0.000**
Error	84.095	38	2.213		
Total	275999.742	57			
Total, corregido	27234.957	56			

** altamente significativo, * significativo

En la tabla 32 se observa la formación de tres subconjuntos homogéneos, observando una capacidad de rallabilidad tiras largas estadísticamente igual entre los niveles ácido acético y suero ácido, con capacidad de rallabilidad tiras largas promedio 66.967% y 65.403%, obteniendo productos con humedad promedio de 52.33%, en cambio la más alta capacidad se la alcanza con el nivel ácido láctico (75.929%) que posee una humedad de 51.71% inferior a los antes mencionados y por último la menor capacidad de rallabilidad tiras largas (55.462%) se encuentra el nivel ácido cítrico que contiene una humedad de 53.95%, ; siendo la humedad el factor que condiciona esta propiedad funcional y la textura del queso.

Tabla 32*Prueba Tukey de rallabilidad tiras largas para el Factor A*

FACTOR A	Subconjunto		
	1	2	3
Ácido cítrico	55.462		
Suero ácido		65.043	
Ácido acético		66.967	
Ácido láctico			75.929
Sig.	1.000	0.063	1.000

En la tabla 33 se muestran los resultados de la prueba Tukey para el factor B (acidez de la mezcla suero ácido-leche) de acuerdo a la capacidad de rallabilidad tiras largas, donde existen diferencias significativas estadísticamente entre todos los niveles del factor, siendo el nivel de 45°D con el que se alcanzó mayor capacidad de rallabilidad tiras largas (70.284%), la menor capacidad (61.955%) se alcanzó con el nivel 40°D, siendo en nivel testigo el de capacidad intermedia (65.043%) en esta investigación, se coincide con Portilla y Caballero (2009) que afirman estas diferencias se deben al contenido de humedad relacionado directamente con la acidez ya que al incrementar la acidez de la leche hace que descienda la carga eléctrica de las proteínas y estas se deshidraten, llegando a comprender que esta es la razón por la cual el desuerado de la cuajada es mucho más fácil en leches ácidas, sin embargo, esta moción no se cumple para el nivel testigo (35°D) que se encuentra en el intermedio del resto de niveles con su capacidad de rallabilidad tiras largas, Jana y Tagalpallewar (2017) sostienen que los principales atributos asociados a la rallabilidad de quesos tipo mozzarella son la firmeza y la adhesividad, mientras más firme y menos adhesivo sea el queso, será mayor el grado de rallado, también asegura que un queso reposado y a bajas temperaturas da lugar a un mayor grado de rallabilidad. Sin embargo, el queso blando presente malas características para la rallabilidad o desmenuzado. Por tal razón según lo mencionado anteriormente se considera a la humedad como un elemento que afecta la textura del queso, pues a mayor humedad el producto es más blando y no permite que las tiras de rallado sean las esperadas.

Tabla 33*Prueba Tukey de rallabilidad tiras largas para el Factor B*

FACTOR B	Subconjunto		
	1	2	3
40 °D	61.955		
Testigo (35°D)		65.043	
45 °D			70.284
Sig.	1.000	1.000	1.000

Portilla y Caballero (2009) expresan que la temperatura de coagulación también interviene la capacidad de rallabilidad, es así que, la temperatura baja de trabajo favorece el desempeño de las bacterias ácido-lácticas ayudando a ganar humedad, tal como se muestra en la tabla 34 que a menor temperatura (36°C) de coagulación se obtiene como producto final quesos con menor capacidad de rallabilidad tiras largas (53.070%) y por el contrario a mayor temperatura de coagulación (44°C) se obtienen quesos con capacidad de rallabilidad tiras largas más alta (76.233%), los niveles testigo y 40°C presentan capacidades de rallabilidad tiras largas intermedias (65.043% y 69.055%; respectivamente) pero estadísticamente diferentes entre sí.

Tabla 34*Prueba Tukey de rallabilidad tiras largas para el Factor C*

FACTOR C	Subconjunto			
	1	2	3	4
36 °C	53.070			
Testigo (38°C)		65.043		
40 °C			69.055	
44 °C				76.233
Sig.	1.000	1.000	1.000	1.000

En la figura 4 se muestra los porcentajes de capacidad de rallabilidad de tiras largas, las cuales fueron pasadas por tamices que según Ramírez (2010) el rallado de esta categoría presentan en forma de tira larga y delgada de dimensiones uniformes de 2.5 cm de largo y 0.6 cm de diámetro; siendo los tratamientos T21 (92.22%), T15 (87.37%), T23 (86.74%), T11 (85.13%), T22 (83.80%), T24 (81.71%) y T2 (81.30%) los que superan el 80% de

rallabilidad tiras largas, el contenido bajo de humedad ya que no superan el 47% de humedad con la excepción de los tratamiento T23 y T24 con contenido alto de humedad 60.655% y 58.346%, respectivamente.

Los tratamientos cuya capacidad de rallabilidad tiras largas no supera el 40% de la capacidad fueron los tratamientos T10 (46.57%), T4 (42.58%) y T19 (38.05%) que poseen alto contenido de agua 57.053%, 58.175% y 56.903%, respectivamente, además el tratamiento T13 presenta capacidad nulo de rebanabilidad tiras largas.

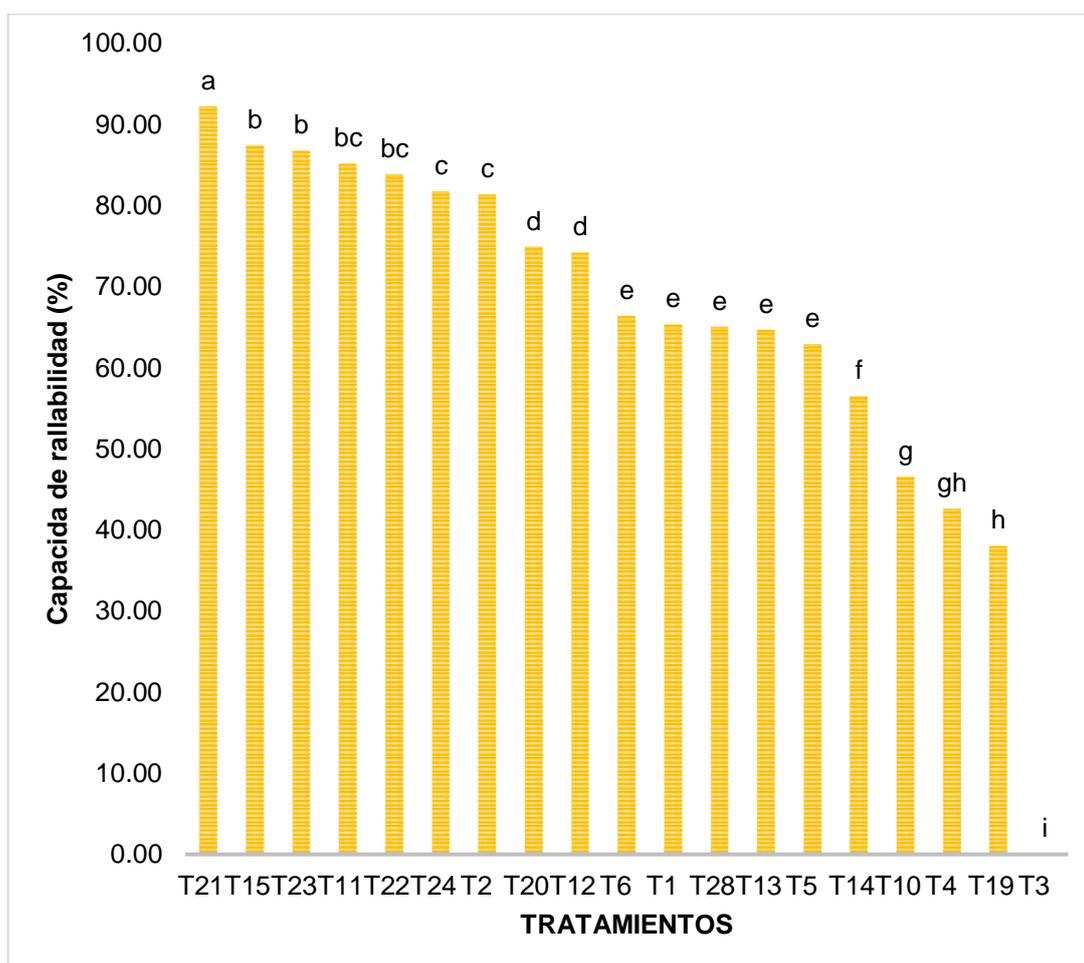


Figura 4. Diagrama de barras de rallabilidad tiras largas

Rallabilidad tiras cortas

Las tiras cortas por lo general tenían 0.3 mm de diámetro y 1.5 cm de largo de acuerdo con lo manifestado por Ramírez (2010); mediante el análisis univariado de la varianza, se encontraron diferencias significativas entre los niveles de los factores y sus interacciones, cuyos datos se encuentran expuestos en la tabla 35.

Tabla 35*Prueba de efectos Inter sujetos de rallabilidad tiras cortas*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	7624.448	18	423.580	262.786	0.000**
Intersección	15057.218	1	15057.218	9341.367	0.000**
Ácido (A)	3391.662	2	1695.831	1052.079	0.000**
Acidez (B)	70.475	1	70.475	43.722	0.000**
Temperatura (C)	319.958	2	159.979	99.249	0.000**
A*B	840.692	2	420.346	260.779	0.000**
A*C	107.996	4	26.999	16.750	0.000**
B*C	1453.468	2	726.734	450.860	0.000**
A*B*C	1335.346	4	333.836	207.109	0.000**
Error	61.252	38	1.612		
Total	26821.307	57			
Total, corregido	7685.700	56			

** altamente significativo, * significativo

En la tabla 36 se muestran los resultados de la prueba Tukey para el factor A (ácidos orgánicos) de acuerdo con la capacidad de rallabilidad tiras cortas, presentando diferencias significativas estadísticamente entre todos los niveles del factor A, alcanzando la mayor capacidad de rallabilidad tiras cortas (28.771%) con el nivel ácido cítrico, seguido del nivel suero ácido (24.077%), luego, el nivel ácido láctico (15.312%) y por ultima el nivel ácido acético (9.926%).

Tabla 36*Prueba Tukey de rallabilidad tiras cortas para el Factor A*

FACTOR A	Subconjunto			
	1	2	3	4
Ácido acético	9.926			
Ácido láctico		15.312		
Suero acido			24.077	
Ácido cítrico				28.771

Sig.	1.000	1.000	1.000	1.000
------	-------	-------	-------	-------

El factor B (acidez de la mezcla suero ácido-leche) es un factor que influye mucho en esta propiedad funcional, de acuerdo con Serrano (2017) la acidificación de la leche manejada cercano a los 35°D y 36°D en el proceso permite obtener productos firmes y humedad que faciliten la rallabilidad, en esta investigación se ha considerado a la capacidad de rallabilidad tiras cortas como una deficiencia del producto, siendo el nivel testigo el que presenta mayor capacidad de rallabilidad de tiras cortas (24.077%), considerado al nivel de 45°D como el de menor deficiencia (16.860%) en cuanto a la capacidad de rallabilidad tiras cortas, enmarcando que ha menor acidez mayor capacidad de rallado tiras cortas, además, en esta investigación se utilizó también en el experimento el nivel de 50°D del cual se obtuvo un producto con características comerciales no aceptables.

Tabla 37

Prueba Tukey de rallabilidad tiras cortas para el Factor B

FACTOR B	Subconjunto		
	1	2	3
45 °D	16.860		
40 °D		19.145	
Testigo (35°D)			24.077
Sig.	1.000	1.000	1.000

En la tabla 38 se observa que para los niveles del factor C (temperatura de coagulación), son todos estadísticamente diferentes, sin embargo, no existe un patrón de secuencia, ya dicho factor se relaciona con la acidez de la mezcla y siendo la temperatura la encargada de la velocidad de coagulación, alcanzando la mayor deficiencia en el nivel testigo (24.077%) de la capacidad de rallabilidad tiras cortas, seguido del nivel 40°C (21.210%), luego el nivel 36°C (17.482%), siendo el nivel de 44°C el que produce la menor deficiencia (15.316%)

Tabla 38

Prueba Tukey de rallabilidad tiras cortas para el Factor C

FACTOR C	Subconjunto			
	1	2	3	4
44 °C	15.316			
36 °C		17.482		

40 °C			21.210	
Testigo (38°C)				24.077
Sig.	1.000	1.000	1.000	1.000

2.4.2.7. Capacidad de fusión y flujo

Esta variable se midió al finalizar el proceso de elaboración al producto final para cada uno de los tratamientos y repeticiones, cuando este fue sometido al calor, para la determinación de esta propiedad funcional se realizó la prueba de Schreiber descrita en la tabla 16 del capítulo 3 de la presente investigación

En la tabla 39 se exponen los resultados de la prueba de efectos Inter sujetos para la propiedad funcional capacidad de fusión y flujo, cuyos resultados muestran que existen diferencias estadísticamente significativas para los factores e interacciones de estos.

Tabla 39

Prueba de efectos Inter sujetos para capacidad de fusión y flujo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	8353.704	18	464.095	136.870	0.000**
Intersección	221053.241	1	221053.241	65192.601	0.000**
Ácido (A)	2114.915	2	1057.457	311.863	0.000**
Acidez (B)	32.418	1	32.418	9.561	0.004**
Temperatura (C)	1626.338	2	813.169	239.818	0.000**
A*B	590.656	2	295.328	87.098	0.000**
A*C	829.878	4	207.470	61.187	0.000**
B*C	1342.939	2	671.470	198.029	0.000**
A*B*C	1768.126	4	442.032	130.363	0.000**
Error	128.849	38	3.391		
Total	320875.088	57			
Total, corregido	8482.553	56			

** altamente significativo, * significativo

Los resultados expuestos en la tabla 40 corresponden a la prueba Tukey con nivel de significancia 0.05 aplicada al factor A (ácidos orgánicos) de acuerdo con la capacidad de fusión y flujo con la finalidad de conocer los subconjuntos homogéneos entre los niveles del

factor, dichos resultados indican que la menor capacidad de fusión y flujo (65.482%) se alcanzó con el nivel ácido cítrico, entre los niveles ácido acético y ácido láctico no existen diferencias estadísticamente significativas, además de ser las capacidades de fusión y flujo más altas (79.688% y 77.574%; respectivamente) del queso tipo mozzarella alcanzado en el experimento, quedando el nivel suero ácido en el intermedio (70.120%). Jana y Tagalpallewar (2017) afirman que la capacidad de fusión se asocia con la humedad, sustancias no grasas y un pH bajo en el queso, ya que aumentando la proteólisis durante el envejecimiento del queso se promueve una mayor fusión del queso, además esta propiedad también se relaciona con la cantidad de grasa.

Tabla 40

Prueba Tukey de capacidad de fusión y flujo para el Factor A

FACTOR A	Subconjunto		
	1	2	3
Ácido cítrico	65.482		
Suero ácido		70.120	
Ácido láctico			77.574
Ácido acético			79.688
Sig.	1.000	1.000	0.117

Según Toro (2011) un pH bajo (4.9-5.1) o acidez mayor durante el desuerado facilitará el fundido del queso debido a un bajo contenido de calcio ligado a la caseína, en la tabla 41 se muestra que no existe diferencias estadísticamente significativas para la capacidad de fusión y flujo de los niveles 45°D (75.023%) y 40°D (73.473%), marcando diferencia estadísticamente significativa con el nivel testigo de 35°D (70.120%); sin embargo, en el experimento se trabajó con el nivel 50°D mediante el cual no se obtuvo un producto final con características comerciales aceptables.

Tabla 41

Prueba Tukey de capacidad de fusión y flujo para el Factor B

FACTOR B	Subconjunto	
	1	2
Testigo (35°D)	70.120	
40 °D		73.473

45 °D		75.023
Sig.	1.000	0.252

Jana y Tagalpallewar (2017) afirman que la fusión del queso es un rasgo funcional que refleja de cerca la calidad funcional del queso que viene establecida por los requisitos de los consumidores, la fusión del queso se ve favorecida por la utilización de leche con mayor contenido de grasa ($\geq 3.5\%$) y por un período prolongado de almacenamiento, mientras que se obstaculiza por la reducción de grasa, la homogeneización de la leche y el uso de una temperatura de coagulación más alta, en el desarrollo del experimento se evidencio que a menor temperatura de coagulación (36°C) se alcanzó la mayor capacidad de fusión y flujo (81.912%), marcando diferencias estadísticamente significativas con los demás niveles, ya que el nivel 40°C alcanzó una capacidad de fusión de 71.479% , seguido del nivel testigo (38°C) que alcanzó una capacidad de 70.120% y finalmente el nivel 44°C alcanzo el 69.354% de la capacidad para fusionarse y fundirse, estos tratamientos son estadísticamente similares. estos alcanzaron capacidades de fusión y flujo similares; concordando con el autor, de que a menor temperatura de coagulación se puede alcanzar alta capacidad de fusión y flujo.

Tabla 42

Prueba Tukey de capacidad de fusión y flujo para el Factor C

FACTOR C	Subconjunto	
	1	2
44 °C	69.354	
Testigo (38°C)	70.120	
40 °C	71.479	
36 °C		81.912
Sig.	0.114	1.000

En la figura 5 se puede observar las diferentes capacidades de fusión y flujo de los tratamientos ordenados de mayor a menor, encontrando que existen tratamientos que alcanzan más del 90% de la capacidad de fusión y flujo, siendo los tratamientos T1 (93.49%) y T13 (90.85%), cabe destacar que el tratamiento T10 (53.25%) es la capacidad de fusión y flujo más baja alcanzada, sin embargo, supera el 50% de la capacidad.

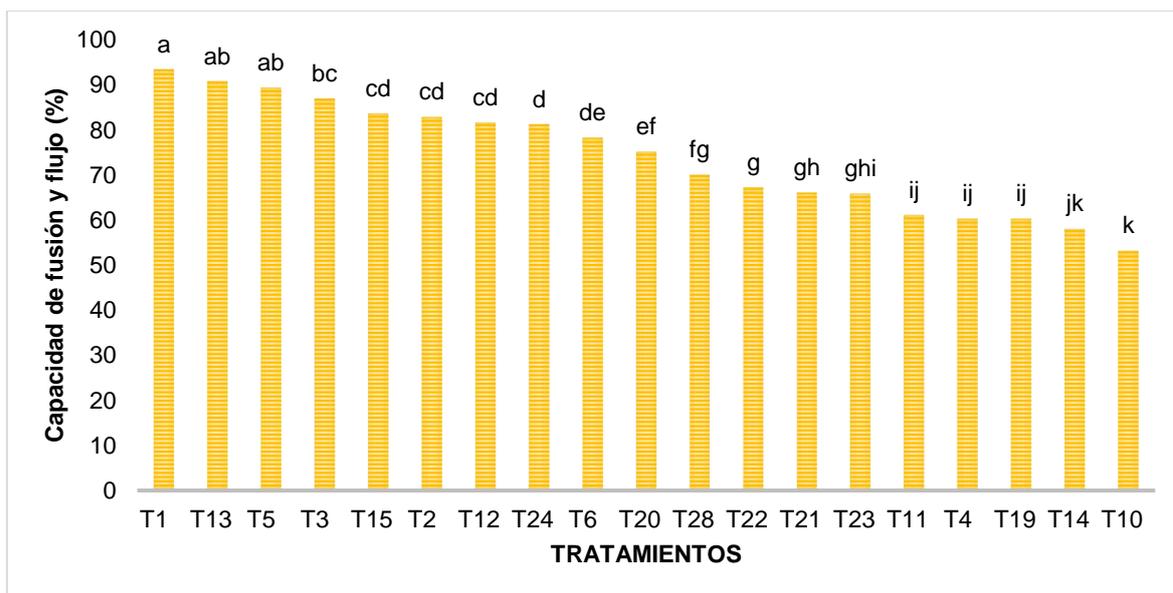


Figura 5. Diagrama de barras de capacidad de fusión y flujo

2.4.2.8. Liberación de aceite

Esta variable se midió al finalizar el proceso de elaboración en el producto final para cada uno de los tratamientos y sus repeticiones una vez sometido al calor, para la determinación de esta propiedad funcional se realizó la prueba de Gerber modificada en butirómetro.

Tabla 43

Prueba de efectos Inter sujetos para liberación de aceite

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1395.467	18	77.526	83.157	0.000**
Intersección	1879.586	1	1879.586	2016.116	0.000**
Ácido (A)	122.090	2	61.045	65.479	0.000**
Acidez (B)	86.387	1	86.387	92.662	0.000**
Temperatura (C)	24.918	2	12.459	13.364	0.000**
A*B	430.357	2	215.179	230.809	0.000**
A*C	238.847	4	59.712	64.049	0.000**
B*C	184.040	2	92.020	98.704	0.000**
A*B*C	266.781	4	66.695	71.540	0.000**
Error	35.427	38	0.932		
Total	4477.190	57			
Total, corregido	1430.894	56			

** altamente significativo, * significativo

En la tabla 43 se muestran los resultados de la prueba de efectos Inter sujetos para la propiedad funcional liberación de aceite, dichos resultados muestran que existen diferencias significativas para los niveles de los factores e interacciones de estos, por lo cual, se procedió a aplicar la prueba de Tukey con nivel de significancia 0.05; con la finalidad de conocer la formación de subconjuntos homogéneos para los niveles de los factores.

En la tabla 44 se muestra los resultados de la prueba Tukey para los niveles del factor A (ácidos orgánicos) observando la formación de tres subconjuntos homogéneos, los niveles ácido acético y ácido láctico conforman el subconjunto 3 ya que estadísticamente no son diferentes alcanzando 8.917% y 8.194% de capacidad de liberación de aceite, respectivamente. Los niveles ácido cítrico (5.428%) y suero ácido (3.667%) muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí y con los niveles abarcados en el subconjunto 3. Toro (2011) menciona que el factor más importante que influye en esta propiedad funcional es el contenido de grasa en el queso, cuanto más alto es el contenido de grasa, más alto es la liberación de aceite, sin embargo, en el desarrollo del experimento se encontró que en los quesos de menos contenido graso se liberó mayor cantidad de aceite y de acuerdo con el factor A los productos elaborados con ácido acético son los de menor contenido graso en promedio (34.56%) respecto a los demás, a lo cual Toro (2011) atribuye que puede suceder esto debido a una distribución uniforme de las cargas eléctricas en el queso ya que los iones de Na^+ sustituirán parte de los iones de Ca^{2+} ligados a la caseína aumentando la capacidad de retener el contenido graso.

Tabla 44

Prueba Tukey de liberación de aceite para el Factor A

FACTOR A	Subconjunto		
	1	2	3
Suero ácido	3.667		
Ácido cítrico		5.428	
Ácido láctico			8.194
Ácido acético			8.917
Sig.	1.000	1.000	0.450

En la tabla 45 se aprecia que existen diferencias estadísticamente para los niveles del factor B (acidez de la mezcla suero ácido-leche) encontrando que los quesos del nivel suero ácido

son los que menor cantidad de aceite liberan (3.667%), encontrando en el intermedio al nivel 45°D (6.248%) y siendo el nivel que mayor capacidad liberación de aceite se tiene al nivel 40°D (8.778%); en el experimento se aplicó también el nivel de 50°D mediante el cual no se obtuvo un producto final con características comerciales aceptables.

La acidez es el factor que más influye en esta propiedad funcional tal como lo afirma McSweeney (2007), señalando que el incremento de acidez y temperatura en el cuajado resultan quesos con niveles de humedad bajos, derivando esto en una deficiente liberación de aceite provocando que el queso se queme con facilidad ya que una moderada liberación de aceite ayuda a evitar la pérdida de humedad excesiva dotando al queso de brillo y sensaciones deseables en la boca.

Tabla 45

Prueba Tukey de liberación de aceite para el Factor B

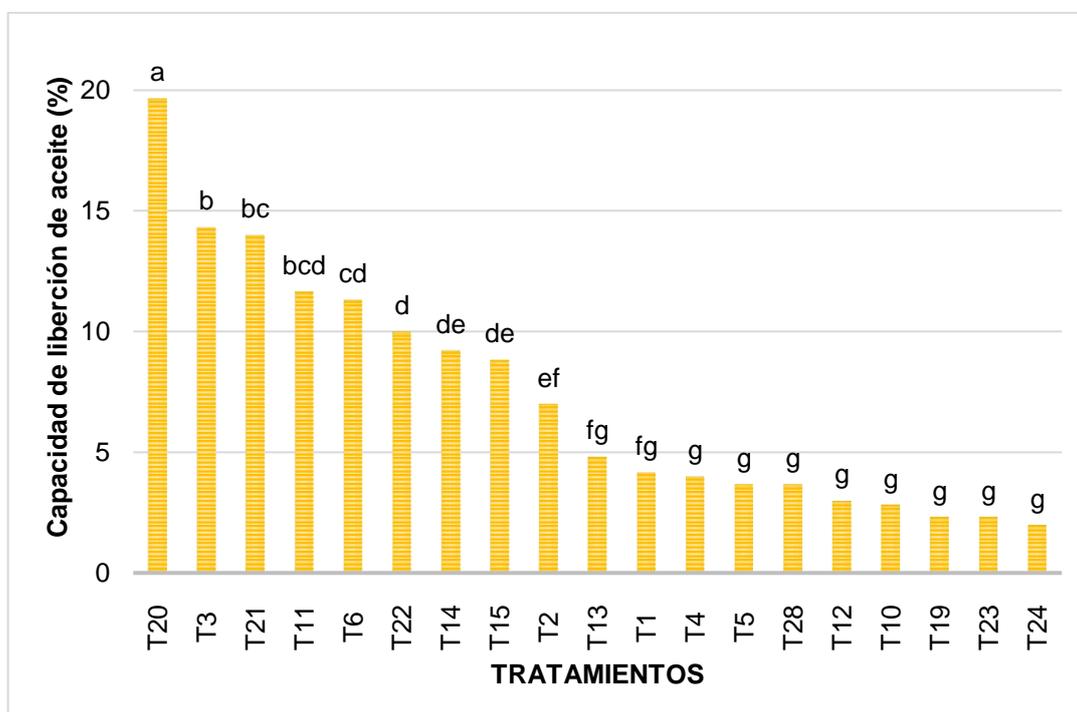
FACTOR B	Subconjunto		
	1	2	3
Testigo (35°D)	3.667		
45 °D		6.248	
40 °D			8.778
Sig.	1.000	1.000	1.000

En la tabla 46 se muestran los resultados de la prueba Tukey con nivel de significancia 0.05 para el factor C (temperatura de coagulación) donde a una temperatura de 38°C (testigo) se alcanzó la capacidad de liberación de aceite más inferior (3.667%) , por el contrario, con el nivel de 44°C se alcanzó mayor liberación de aceite (8.389%), sin embargo, no se cumple lo afirmad por McSweeney (2007), donde menciona que a mayor temperatura de coagulación menor humedad y deficiente liberación de aceite y de acuerdo a lo expresado en la tabla 46 los productos elaborados con temperatura de 36°C liberan mayor cantidad de aceite (7.417%) que los elaborados con 40°C (6.733%), cuyos efectos pudieron ser afectados como afirma Toro (2011) por la combinación de coagulantes ya que los niveles de actividad proteolítica influyen en la liberación de aceite, una actividad alta permite una mayor liberación de aceite.

Tabla 46*Prueba Tukey de liberación de aceite para el Factor C*

FACTOR C	Subconjunto		
	1	2	3
Testigo (38°C)	3.667		
40 °C		6.733	
36 °C		7.417	7.417
44 °C			8.389
Sig.	1.000	0.498	0.201

En la figura 6 se muestran los tratamientos y sus promedios de liberación de aceite, donde existe una diferencia notable entre el tratamiento T20 con una capacidad de liberar aceite del 19.67% y el resto de tratamiento que no superan el 15% y donde el tratamiento de menor capacidad de liberación de aceite es el T24 que alcanza el 2%.

**Figura 6.** Diagrama de barras de liberación de aceite

2.4.2.9. Capacidad de estiramiento

Esta variable se midió al producto final para cada uno de los tratamientos y sus repeticiones cuando este es sometido al calor, para la determinación de esta propiedad funcional se realizó la prueba del probador de resistencia a la tracción modificado.

Los resultados de la prueba de efectos Inter sujetos de acuerdo a la propiedad funcional capacidad de estiramiento (cm) se encuentran expuestos en la tabla 47, cuyos resultados muestran que existen diferencias estadísticamente significativas para los factores en estudio e interacciones de estos, se aplicó la prueba de Tukey con nivel de significancia 0.05, con la finalidad de conocer si existen o no diferencias significativas entre los niveles de los factores en estudio o como puede ser el caso sean semejantes estadísticamente.

Tabla 47

Prueba de efectos Inter sujetos para estirabilidad

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	58533.719	18	3251.873	76.594	0.000**
Intersección	86659.666	1	86659.666	2041.157	0.000**
Ácido (A)	4519.148	2	2259.574	53.221	0.000**
Acidez (B)	17568.074	1	17568.074	413.793	0.000**
Temperatura (C)	3946.704	2	1973.352	46.480	0.000**
A*B	4356.926	2	2178.463	51.311	0.000**
A*C	9474.963	4	2368.741	55.793	0.000**
B*C	1004.704	2	502.352	11.832	0.000**
A*B*C	14406.296	4	3601.574	84.830	0.000**
Error	1613.333	38	42.456		
Total	157198.000	57			
Total, corregido	60147.053	56			

** altamente significativo, * significativo

En la tabla 48 se observa los resultados de la prueba Tukey para el factor A (ácidos orgánicos), encontrando todos los niveles son estadísticamente diferentes, siendo el nivel de suero ácido el que logra la mayor longitud de estiramiento (73.333 cm), que por el contrario el nivel con menor longitud de estiramiento promedio es ácido acético (28.556 cm), encontrando en el intermedio a los niveles ácido láctico (50.944 cm) y ácido cítrico (38.944 cm).

Tabla 48*Prueba Tukey de capacidad de estiramiento para el Factor A*

FACTOR A	Subconjunto			
	1	2	3	4
Ácido láctico	28.556			
Ácido cítrico		38.944		
Ácido acético			50.944	
Suero ácido				73.333
Sig.	1.000	1.000	1.000	1.000

En la tabla 49 se muestran los resultados de la prueba Tukey aplicada para el factor B (acidez de la mezcla suero ácido-leche), encontrando diferencias significativas para todos los niveles de estudio encontrando que a menor acidez (35°D) la capacidad de estiramiento promedio es superior (73.333 cm), en cambio con altos niveles de acidez (45°D) el estiramiento promedio del queso es reducido (21.444 cm), el estiramiento promedio intermedio corresponde al nivel 40°D (57.519 cm). Según Ramírez y Vélez (2012), el pH es uno de los factores que afecta las propiedades texturales del queso, un pH cercano al punto isoeléctrico (4.5) provoca fuertes fuerzas iónicas e hidrófobas, resultando quesos duros, en cambio a pH más alto (5.3-5.6) la caseína se carga negativa generando repulsión entre los agregados proteicos, dando como resultado un queso con mayor humedad, más elástico y menos compacto; por esta razón se encontró en la experimentación quesos más duros a mayor acidez con una conformación pastosa, granulosa de no muy buena apariencia externa con una baja capacidad de estirarse y cumplir las diferentes propiedades funcionales. En el experimento se utilizó tres niveles de acidez, con el nivel de 50°D no se obtuvo un producto final con características comerciales aceptables.

Tabla 49*Prueba Tukey de capacidad de estiramiento para el Factor B*

FACTOR B	Subconjunto		
	1	2	3
45 °D	21.444		
40 °D		57.519	
Testigo (35°D)			73.333
Sig.	1.000	1.000	1.000

En la tabla 50 se muestran los resultados de la prueba Tukey aplicada para el factor C (temperatura de coagulación), existe la formación de tres subconjuntos homogéneos, siendo los niveles 44°C (32.333 cm) y 36°C (34.611 cm) estadísticamente semejantes, los niveles 40°C (51.500 cm) y testigo (73.333cm) presentan diferencias significativas. Para Toro (2011) el aumento de temperatura en el proceso de coagulación producirá quesos con menor humedad y una acidez superior, disminuyendo la proteólisis la cual inicia durante la obtención del queso hidrolizando los parac-caseinatos, los cuales son responsables de elasticidad y estructura del queso; las diferencias de temperatura de cocción pueden afectar la composición química del queso y causar diferencias entre los tratamientos, a bajas temperatura y niveles de acidez de coagulación existirá mayor elasticidad; siendo también el contenido de grasa y proteína otros factores que influyen en esta propiedad funcional, ya que con un bajo contenido de grasa la elasticidad será insuficiente, dando lugar a la explicación del porque los resultados de la tabla 50 no siguen un patrón de secuencia, siendo otro factor el contenido de grasa de la leche quien interviene en el contenido de grasa final del queso y en la propiedad funcional de estiramiento.

Tabla 50

Prueba Tukey de capacidad de estiramiento para el Factor C

FACTOR C	Subconjunto		
	1	2	3
44 °C	32.333		
36 °C	34.611		
40 °C		51.500	
Testigo (38 °C)			73.333
Sig.	0.897	1.000	1.000

Jana y Tagalpallewar (2017) manifiestan que, de acuerdo con el departamento de agricultura de los Estados Unidos, el queso mozzarella horneado a 218°C durante doce minutos debe estirarse mínimo 7.62 cm ininterrumpidamente; sin embargo, en esta investigación los tratamientos expuestos en la figura 20 superan esa medida, con excepción del tratamiento T4 que presentó nulidad para esta propiedad funcional, aunque la última palabra la tienen los consumidores con sus diversas preferencias.

Según la figura 7 los tratamientos que más se acercan al mínimo mencionado por Jana y Tagalpallewar (2017) son los tratamientos T23 (9.67 cm), T13 (10.33 cm), T2 (10.67 cm)

y T5 (11 cm), siendo el tratamiento T3 (121.67 cm) el que alcanzó la máxima capacidad de estiramiento en este experimento.

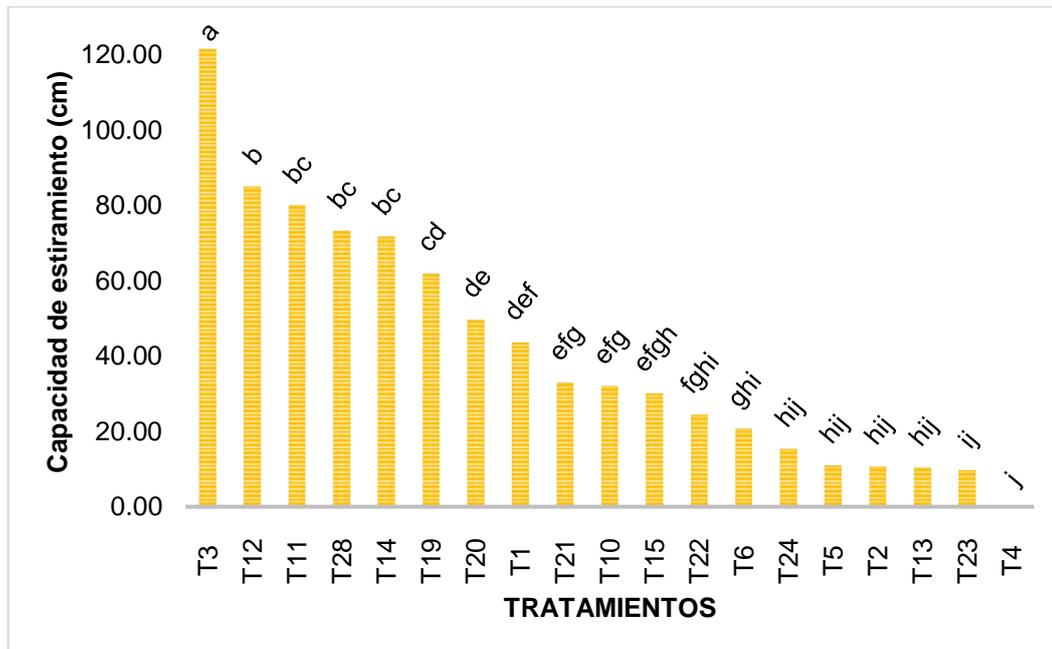


Figura 7. Diagrama de barras capacidad de estiramiento

Para esta propiedad funcional también se realizó la prueba de correlación de Spearman, según Martines y col. (2009), la correlación muestra grado de asociación entre dos variables, según el sentido de la relación de estas en términos de aumento o disminución. El estadístico de correlación la cuantifica, comprendiendo valores entre -1 y +1.

Tabla 51

Prueba de correlación no paramétrica de Spearman para capacidad de estiramiento

Correlaciones			
		EST.CARGA	EST.LONGITUD
Rho de Spearman	EST.CARGA	1.000	0.942
		.	0.000
	N	57	57

De acuerdo con lo antes mencionado, la correlación que existió entre longitud y carga es positiva fuerte por cuanto el coeficiente de correlación es cercano a +1.

De acuerdo con Ramírez (2010), la capacidad de estiramiento no se encuentra ligada solo a la cantidad de grasa en el queso, sino también a la temperatura de coagulación y a acidez.

En la figura 8 se observa que los puntos de dispersión dados por la carga (g) y la capacidad de estiramiento (cm) se apegan cercanamente a la pendiente de la recta indicando que la correlación es fuerte positiva, es decir, la carga (g) y la longitud de estiramiento son directamente proporcionales.

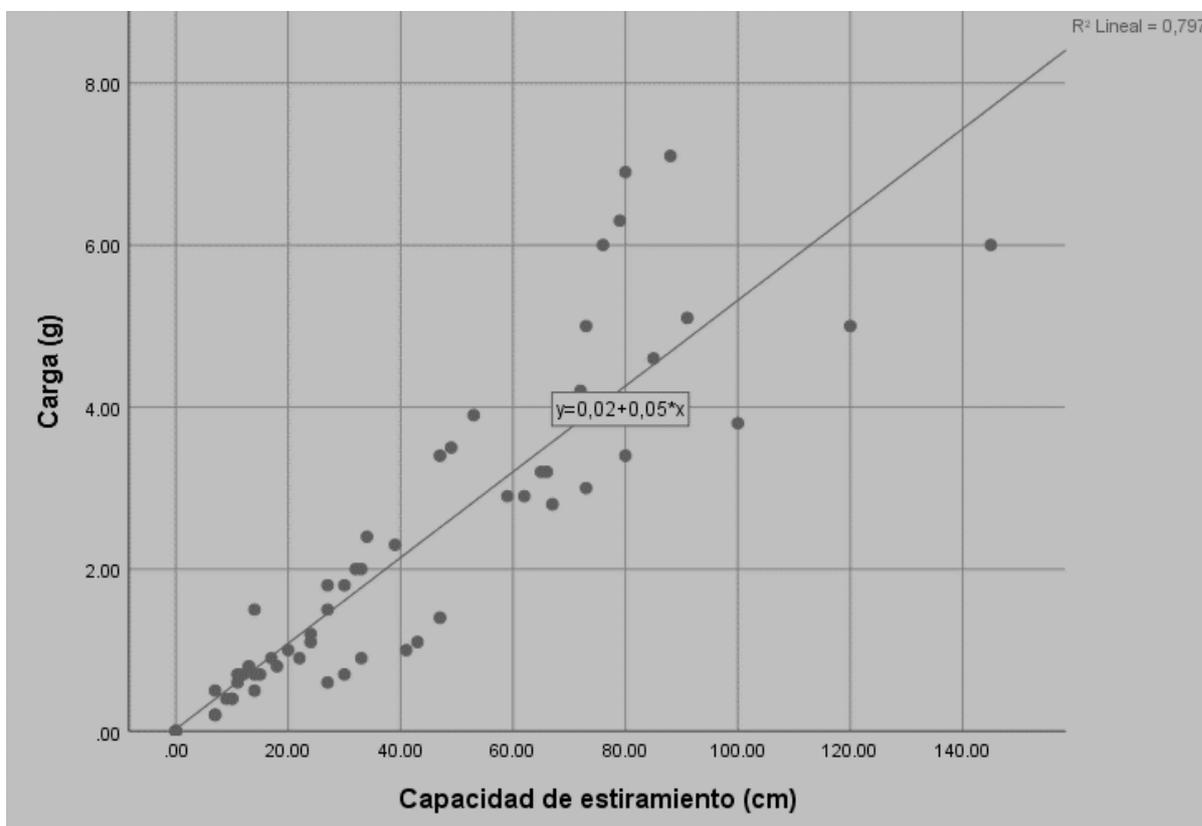


Figura 8. Gráfico de dispersión y correlación entre carga (g) y capacidad de estiramiento (cm)

4.4. DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL Y DE UN QUESO COMERCIAL.

Se estudió dos características físico químicas de mayor importancia en la producción de queso como lo es la humedad y el contenido de grasa, por cuanto estas influyen en la calidad sensorial, vida útil y aceptación del producto final; conjuntamente se realizó pruebas microbiológicas para *Escherichia coli*, porque son análisis de control de gran importancia en quesos tipo mozzarella; los análisis antes mencionados se realizaron cinco días después de la obtención del queso, efectuando tres repeticiones para así obtener datos precisos y consistentes.

4.4.1. HUMEDAD EN QUESOS TIPO MOZZARELLA

Finalizado el proceso de elaboración de queso tipo mozzarella, después de cinco (5) días, se procedió con la determinación de humedad del producto final mediante lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 63 (1973) que tuvo lugar en el laboratorio de Análisis de alimentos e las Unidades Edu-productivas de la Universidad Técnica del Norte y cuyos datos se exponen en el anexo 1.

En la figura 9 se identifica con letras los subconjuntos homogéneos formados por los tratamientos, destacando el tratamiento T23 con el contenido de humedad más alto (60.66%) y en el extremo opuesto el tratamiento T2 con el contenido de agua más bajo (36.71%), de acuerdo con lo obtenido en el experimento, los tratamientos con letras comunes no muestran diferencias significativas entre sí.

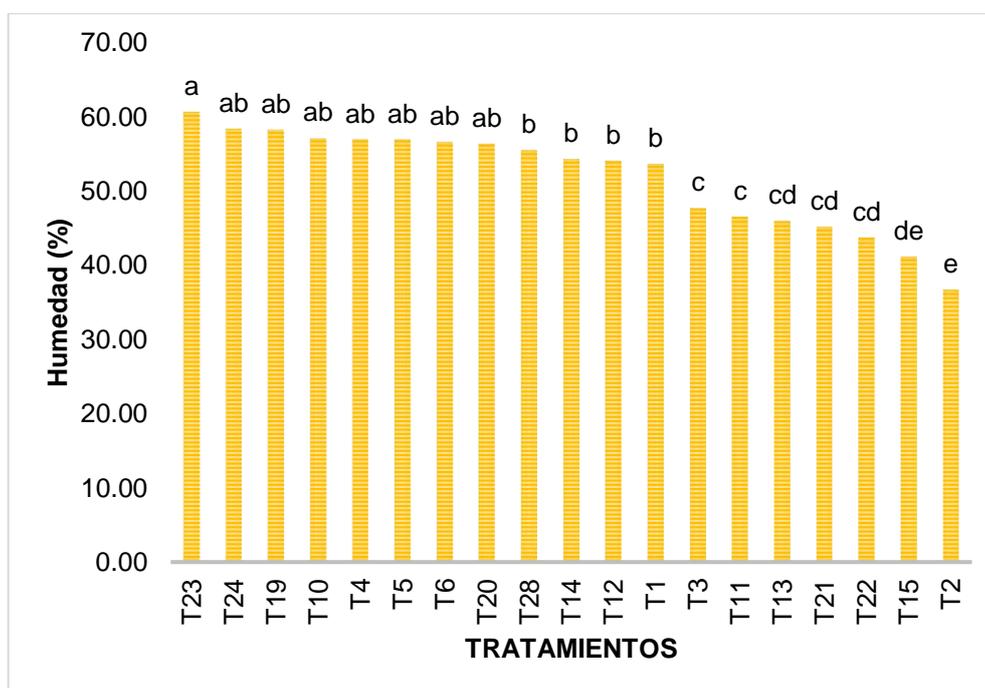


Figura 9. Diagrama de barras de humedad de queso mozzarella

El contenido de humedad de los quesos tipo mozzarella obtenidos en la presente investigación osciló entre $61.06 \pm 1.185 \%$ y $41.15 \pm 1.500\%$; que según la clasificación de Ramírez y Vélez (2012) son quesos semiduros (44-55%) y blandos (>55%); además cumpliendo con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 82 (2011) la cual estipula un rango permisible de 18% al 60% de humedad dentro de los cuales el tratamiento T2 excede el límite superior.

La diferencia de humedad entre los tratamientos según Fox y Guinee (2013) se debe al grado de sinéresis que es la expulsión o separación del lactosuero debido al re-arreglo de la red molecular de caseína, que es afectada por la concentración de grasa, proteína, calcio, pH, tamaño de partículas de la cuajada, temperatura de coagulación, agitación de la mezcla cuajada-suero y la cuajada después del drenaje del suero, que al controlar la velocidad y el alcance de esta el queso controla la humedad del queso.

4.4.2. GRASA EN EXTRACTO SECO EN QUESO MOZZARELLA

La determinación del contenido de grasa en queso tipo mozzarella se realizó conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 64 (1973) haciendo uso del método de Gerber-van Gulik y la posterior aplicación de la fórmula del Anexo C de la misma norma, dichos análisis se los realizó cinco (5) días después de la elaboración del producto para cada uno de los tratamientos, llevado a cabo en el laboratorio de Análisis de alimentos de las Unidades Educativas de la Universidad Técnica del Norte y cuyos datos se exponen en el anexo 2.

En la figura 10 se identifica con letras los subconjuntos homogéneos formados por los tratamientos, en los cuales los que poseen letras comunes no presentan diferencias significativas entre sí, encontrando nueve (9) rangos de los cuales en el rango a se encuentra el tratamiento con mayor contenido de grasa (50.51%) y en el rango i los tratamientos el contenido más bajo de grasa en el queso, siendo los tratamientos T23 (23.73%) y T24 (23.21%)

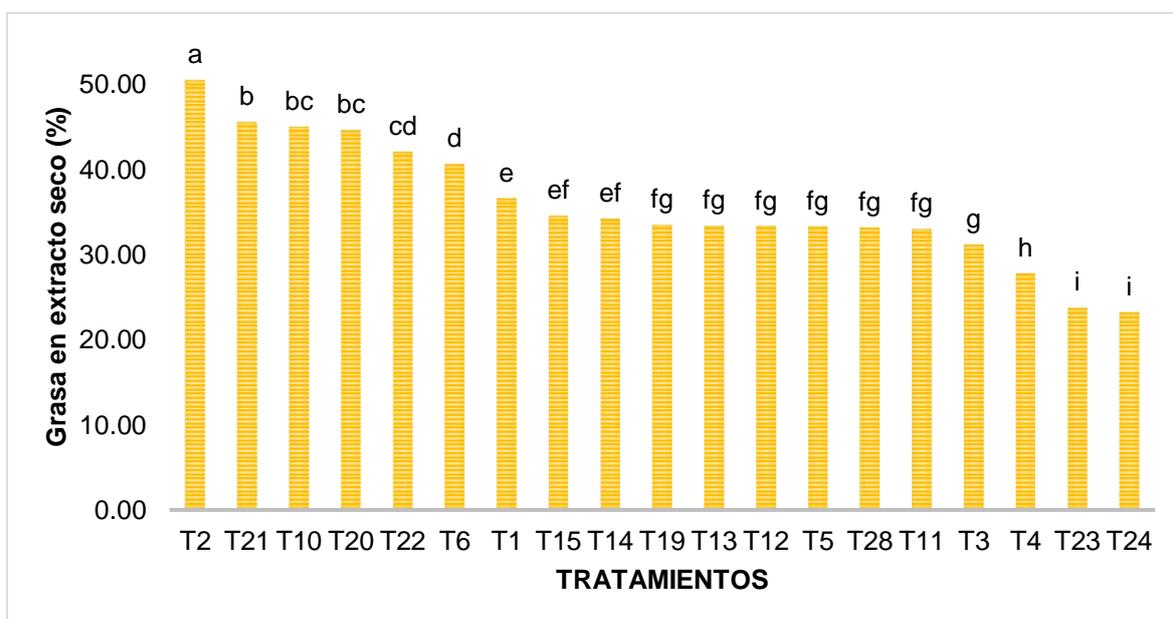


Figura 10. Diagrama de barras del contenido de grasa en queso tipo mozzarella

El contenido de grasa en extracto seco en quesos mozzarella osciló entre $50.51 \pm 1.076\%$ y $23.21 \pm 1.325\%$, que de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 82 (2011) se encuentran en el rango permitido cuyo rango establece mínimo el 18% en quesos de humedad baja y el 20% en quesos de humedad alta, con niveles de referencia de 40% a 50% según el CODEX Alimentarius: Leche y Productos Lácteos (2011).

Según Lema (2017), el tiempo prolongado permite que los glóbulos grasos se acumulen en la superficie del suero, permitiendo que estos se eliminen en el desuerado, disminuyendo el contenido graso del queso; además señala que los principales factores que afectan el contenido de grasa son la gras de la leche, la cantidad de suero que retiene el queso, la velocidad de batido de la cuajada y en menor proporción la temperatura y la acidez.

4.4.3. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL QUESO TIPO MOZZARELLA

Los análisis microbiológicos de todos los tratamientos de la presente investigación se realizaron cinco (5) días después de la elaboración del producto, utilizando Placas Petrifilm para recuento de *Escherichia coli* y *coliformes totales*, los resultados se muestran en el anexo 3. Los resultados obtenidos en la presente investigación para *coliformes totales* y *Escherichia coli*, muestran que el producto obtenido se encuentra bajo los estándares de calidad microbiológicos que establece la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 82 (2011), confirmando que el trabajo realizado se ajustó a las mayores exigencias de higiene, orden y control del proceso desarrollado.

4.4.4. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL QUESO TIPO MOZZARELLA Y QUESO COMERCIAL.

Se realizó el análisis sensorial a un panel no entrenado de veinte (20) personas aplicando una encuesta haciendo uso de pruebas objetivas discriminativas, que según Mondino y Ferratto (2006), estas pruebas sirven para detectar presencia o ausencia de atributos sensoriales entre dos o más muestras. Las características sensoriales evaluadas fueron color de la corteza, humedad de la superficie, impresión de textura, sabor ácido, sabor salado e impresión de olor; en las distintas fases visual, táctil, bucal y olfativas.

Para determinar las características sensoriales de color, textura, sabor y olor en los quesos tipo mozzarella obtenidos en el experimento se seleccionaron a los tratamientos que cumplieron condiciones de rendimiento leche-producto final, contenido de humedad entre

59% al 35% y capacidad de rebanabilidad más alta; resultado seleccionados los tratamientos T2, T6, T12, T13, T20, T21, T22; también tomando en cuenta al tratamiento testigo T28 y un queso comercial (QC).

Fase visual

De la Hava (2017), afirma que los atributos visibles de un alimento constituyen un elemento fundamental para la selección de este, siendo la primera impresión visual percibida la determinante en la decisión de aceptación o rechazo.

Color de la corteza

Los resultados de la encuesta aplicada al panel catador no entrenado se encuentran expuestos en la tabla 52. Para alcanzar estos resultados se utilizó la tabla 2.5Y de Munsell del U.S Department Agriculture (1994), con esta escala se evalúa el color en parámetros de Luminosidad (value)/Saturación(chroma).

De la Hava (2017) menciona que las propiedades ópticas (color) dependen de las modificaciones cromáticas y geométricas de la luz en interacción con el alimento. Además, enmarca que el color del queso es afectado por el tipo de leche empleada y el proceso de elaboración del queso, siendo el β -caroteno el pigmento responsable del color amarillo-anaranjado que se encuentra presente en la grasa de la leche de vaca, no así en la leche de cabra. Según Chamorro y Losada (2002) la cantidad de β -caroteno de la leche depende directamente de la cantidad de estos presentes en los pastos.

Tabla 52

Consideraciones del color de la corteza de quesos tipo mozzarella

Tratamiento	Escala Munsell	Escala Cie L*a*b	Escala RGB	Color
T2	Amarillo 8/6	L: 90.60 a: -4.75 b: 40.79	Rojo: 246 Verde: 228 Azul: 149	
T21	Amarillo pálido	L: 90.98	Rojo: 242	
T20	8/4	a: -4.59 b: 29.79	Verde: 230 Azul: 172	
T6	Amarillo pálido	L: 95.84	Rojo: 246	
T22	8/3	a: -7.51	Verde: 246	

T12		b: 22.68	Azul: 199	
T13		L: 85.81	Rojo: 244	
T28	Amarillo pálido	a: -7.35	Verde: 246	
QC	8/2	b: 19.54	Azul: 205	

En el desarrollo de esta investigación se encontró que a menor temperatura (36°D) y mayor acidez (45°D) predomina el color amarillo más intenso (8/6) en la corteza del queso, debido al alto contenido de grasa (50.51%), para los tratamientos T21 y T20 elaborados con el nivel de temperatura de 44°C y acidez de 40°D, el contenido de grasa promedio es menor (45.12%) adquiriendo el tono de color amarillo pálido (8/4), los tratamientos en los cuales predomina el tono de color amarillo pálido (8/3) fueron T6 elaborado con temperatura de coagulación de 36°C y acidez de 45°D alcanzó el 41.35% de contenido graso, T12 elaborado con temperatura de coagulación de 40°C y acidez 40°D presentó 33.34% de grasa en el queso y por último el tratamiento T22 elaborado con temperatura de coagulación 44 °C y acidez de 45°D alcanzó el contenido graso de 41.35% ; por último los tratamientos T13 elaborados con temperatura de coagulación de 40°C y acidez de 45°D y el tratamiento testigo (38°C y 35°D) con contenido de grasa 33.37% y 33.20%, respectivamente, presentaron el color amarillo pálido (8/2), juntamente con el queso comercial propuesto al panel catador; con estos detalles se coincide con la afirmación hecha por De la Hava (2017) mencionando que las variables tecnológicas de elaboración también influyen en el color del queso, siendo el tratamiento térmico de la leche, el tipo de coagulante, acidificante, acidez y la maduración del queso los factores que alteran esta característica sensorial visual.

Fase táctil

Chamorro y Losada (2002) afirman que en la fase táctil se puede hacer apreciaciones del grado de humedad de la superficie, percibiendo la presencia o ausencia de una película líquida en la superficie y por ende el grado de humedad.

Humedad de la superficie

Los resultados obtenidos mediante la aplicación una encuesta al panel de 20 catadores no entrenados de acuerdo a la humedad de la superficie de los quesos tipo mozzarella obtenidos en la investigación se sintetizan en la tabla 53; los cuales muestran que el tratamiento T2 fue calificado por el panel degustador como un queso de pasta muy seca, que se refleja con su humedad real, considerándose así como un queso de pasta dura, el tratamiento T21 alcanza un apreciación de pasta seca, por ende es un queso de pasta semidura; en el otro extremo se

muestra al tratamiento testigo con la humedad más alta de las muestras presentadas para la cata del queso y siendo considerado como un tratamiento de pasta muy blanda conjuntamente con se encuentran en esta clasificación el queso comercial y los tratamientos T6 y T20, sin embargo con una apreciación de húmedo.

Tabla 53

Consideración de humedad en quesos tipo mozzarella

Tratamiento	Apreciación	Humedad real (%)	Consideración
T2	Muy seca	36.71	Pasta dura
T21	Seca	45.17	Pasta semidura
T22	Media	43.74	
T13		45.96	Pasta blanda
T12	Húmeda	54.01	
T20		56.33	
T6		56.54	Pasta muy blanda
QC		-	
T28	Muy húmeda	55.47	

El queso mozzarella con un alto contenido de humedad se considera un queso blando con capas superpuestas pudiendo formar bolsas con líquido de apariencia lechosa, en cambio, si el contenido de humedad es bajo este es homogéneo, firme y semiduro sin agujeros; según la Norma del Codex para Mozzarella (2006), siendo comprobada en la presente investigación, en la cual el panel catador apreció la humedad con el sentido del tacto calificando en las apreciaciones propuestas y mediante el conocimiento de la humedad real analizada en laboratorio se da la clasificación como se muestra en la tabla 53. Además, Gunasekaran y Mehmet (2003) asegura que el contenido de humedad es afectado por el pH y la acidez de la cuajada.

Fase bucal

De acuerdo con Chamorro y Losada (2002), en la fase bucal del análisis sensorial se puede valorar una entremezcla de las propiedades táctiles, aromas, sabores elementales, sensaciones trigeminales, regustos y persistencia; en esta investigación se valoró la impresión de textura y los sabores salado y ácido.

Impresión de textura

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de una encuesta a un panel de veinte (20) catadores no entrenados de acuerdo con la impresión de textura del queso tipo mozzarella se sinterizan en la tabla 54.

Tabla 54

Descriptor de textura de queso tipo mozzarella

Tratamiento	Apreciación	Descriptor
T6	Gomosa (2)	Quesos con consistencia plástica
T22		
T20		
T13		
T28		
QC		
T12	Cerrada (3)	
T21	Muy compacta (4)	Quesos firmes
T2		

Según Gunasekaran y Mehmet (2003), la textura es el principal atributo de calidad en los queso, incluso antes de apreciar los sabores, asegurando que el mayor componente formador de la estructura del queso es la caseína en donde quedan atrapados los glóbulos de grasa, agua y suero, siendo el reflejo del nivel molecular. Según el trabajo de Guzmán et al. (2015) la dureza del queso incrementa debido al tiempo de almacenamiento, dependiendo de la constitución, es decir, el tamaño de las micelas de la caseína, y la composición en cuanto al contenido graso y humedad, en la experimentación se corroboró que el contenido de agua afecta la textura del queso, es así, que a mayor humedad la estructura del queso tiende a ser más plástica, es decir, que el panel de catadores califican a los tratamientos T6, T22, T20, T13, T28 y juntamente con el queso comercial con apreciación gomosa, en referencia natural a la gelatina.

Sabor salado

Los resultados de la encuesta aplicada al panel catador no entrenado de veinte (20) personas de acuerdo al sabor salado en los quesos tipo mozzarella obtenidos en la experimentación se

encuentran sintetizados en la tabla 55, donde se aprecia que en las muestras propuestas al panel catador incluyendo el queso comercial (QC) son calificadas con sabor salado suave (2) en la mayoría de los tratamientos, sin embargo, el tratamiento testigo T28 el sabor salado es inapreciable y en el polo opuesto se encuentra el tratamiento T2 en el cual según el panel catador su sabor salado es fuerte (3).

Tabla 55

Descriptor del sabor salado del queso tipo mozzarella

Tratamientos	Apreciación	# Escala intensidad de sal
T28	Inapreciable	1
T6		
T21		
T22		
T20	Suave	2
T13		
T12		
QC		
T2	Fuerte	3

Según Chacón y Pineda (2009), la sal a más de tener un papel importante en el sabor, también se encarga de la preservación del queso, pues a concentraciones altas disminuye la actividad enzimática proteolítica incrementando la presión osmótica, lo que hace que se elimine el agua atrapada en la red proteica de la cuajada.

Sabor ácido

Los resultados de la encuesta aplicada al panel catador no entrenado de veinte (20) personas de acuerdo con el sabor ácido se encuentran sintetizados en la tabla 56, en dicha tabla se aprecia que los quesos del experimento han sido clasificados en tres apreciaciones: suave (2), fuerte (3) e intenso (4).

Según el panel catador en los tratamiento T22 y T20 se puede apreciar el sabor ácido fuerte en una escala # 3, en el tratamiento testigo T28 elaborado con suero ácido los catadores aprecian un sabor intenso ácido en escala #4, sin embargo, en los demás tratamientos expuestos en la catación la apreciación del sabor ácido es suave en escala #2 y en dicha apreciación se encuentra juntamente el queso comercial QC.

Tabla 56*Descriptores del sabor ácido del queso tipo mozzarella*

Tratamientos	Apreciación	# Escala intensidad de ácido
T6		
T21		
T21	Suave	2
T13		
T12		
QC		
T22		
T20	Fuerte	3
T28	Intenso	4

Chacón y Pineda (2009) aseguran que la acidez del queso influye en el sabor e influencia directamente en los cambios que experimenta la red de proteína que compone a la cuajada del queso, teniendo lugar en los fenómenos de sinéresis y textura final.

Fase olfativa

Chamorro y Losada (2002) afirman que en la fase olfativas del análisis sensorial se pueden percibir a través de la vía nasal directa los olores que caracterizan al queso, sin embargo, los compuestos volátiles que se encuentran en el queso son numerosos y pequeños y que no todos tienen la capacidad de aportar olor.

Impresión de olor

En la tabla 57 se muestran los resultados de la encuesta aplicada a un panel catador no entrenado de veinte (20) personas, las cuales han clasificado a los tratamientos T21, T22 y al queso comercial QC en la apreciación de láctico cocido en escala #2; en la apreciación láctico acidificado se encuentran los tratamientos T20, T2, T13, T12; siendo T6 el único tratamiento con apreciación de láctico fresco.

Tabla 57*Descriptores de la impresión de olor del queso tipo mozzarella*

Tratamientos	Apreciación	# Escala de olor	Descripción
T6	Láctico fresco	1	Leche fresca, mantequilla fresca,
T21			Mantequilla
T22	Láctico cocido	2	fundida, leche cocida
QC			
T20			Cuajada
T2			acidificada,
T13	Láctico acidificado	3	yogurt, lactosuero
T12			
T28			acidificado

Mera (2021) menciona que en este tipo de quesos el olor láctico es dominante, en especial en quesos frescos, sin embargo, esta intensidad puede ser débil también dependiendo del tipo de leche utilizado en la elaboración, otro punto por el cual se pueden mostrar las diferencias marcada en la tabla 57 se debe a la percepción de cada uno de los miembros del panel catador, ya que esta es relativa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las propiedades funcionales como indicadores de calidad determinan los usos finales del queso tipo mozzarella como ingrediente para la preparación de alimentos, en esta investigación los productos elaborados con ácido láctico muestran las mejores características para las propiedades funcionales antes del calentamiento (rallabilidad y rebanabilidad) y los elaborados con ácido acético muestran mejores características en cuanto a las propiedades funcionales después del calentamiento (liberación de aceite, estiramiento, capacidad de fusión y flujo).
- Los rendimientos leche-cuajada y leche-queso no se ven influenciados por las distintas sustancias acidificantes, sin embargo, la temperatura y acidez son factores altamente influyentes en la producción de cuajada y queso tipo mozzarella, pues son responsables en la retención de humedad de los productos resultantes, ya que a mayores temperaturas y altos niveles de acidez se obtienen cuajadas granuladas y secas, consecuentemente el rendimiento y la humedad son variables directamente proporcionales.
- La adición de suero ácido como sustancia acidificante proporcionó al producto final un sabor y aroma superior al de los otros tratamientos, debido a que fue sometido a fermentación con *Lactobacillus casei*, un probiótico que actúan sobre la caseína y la lactosa transformándolos en ácidos y otras sustancias responsables del flavor en el queso, por ello el panel catador se inclinó por el tratamiento T29 como el queso de su preferencia.
- Al usar niveles de acidez mayor o igual a 50°D, se obtiene un producto final con características comerciales no deseadas, imposibilitando el hilado debido al bajo pH, haciendo que la caseína se precipite formando un coágulo muy fino, grumoso y con baja elasticidad.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar estudio de mercados en el que se identifiquen las propiedades funcionales requeridas en los comercios de comidas rápidas y postres con la finalidad de verificar el queso mozzarella idóneo para estos usos.
- Realizar investigaciones acerca de las diferentes técnicas de hilado del queso tipo mozzarella y su incidencia en las propiedades funcionales.
- Evaluar el efecto de la grasa sobre las propiedades funcionales de los quesos tipo mozzarella.
- Probar la adición de diferentes cultivos starter para la acidificación del suero.

BIBLIOGRAFÍA

- Alais, C. (1985). Ciencia de la leche, Principos de técnica lechera. In A. Lacasa Godina (Ed.), *Editoria Reverté S.A.* (Cuarta, Vol. 1).
- Arciniega, A. C. (2010). *Evaluación de ácido cítrico y láctico en la elaboración de queso Zamorella* [Escuela Agrícola Panamericana Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/228/1/AGI-2010-T004.pdf>
- Arroyo González, M., & Arroyo Cerro, M. (1994). *Tratado práctico de los análisis de la leche y del control de los productos lácteos*. Gráficas ROA, S.L.
- Bernal Neira, J. (1999). *Utilización de tres acidulantes de grado alimenticio en la elaboración de queso Mozzarella* [Escuela Agrícola Panamericana Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2682/1/CPA-1999-T020.pdf>
- Bourne, M. (1982). *Food texture an viscosity*. ACADEMI C PRESS , INC . (LONDON) LTD .
- Brenntag. (2008). *Life science food and nutrition*. Brenntag Holding GmbH.
- Chacón, A., & Pineda, M. (2009). *Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo “Crottin de Chavignol.”*
- Chamorro, C., & Losada, M. (2002). *Análisis sensorial de los quesos* (Primera). Ediciones Mundi-Prensa.
- Contreras, A. (2010). *Ficha Técnica de producto terminado. Centro Agropecuario “La Granja.”*
- Cortés, M. (2016). *La cata de Queso* [Universidad de Costa Rica Lucem Aspicio]. <http://catast.com/Documentos/Guiesdetast/Guiatastformatge.pdf>
- De la Hava, M. A. (2017). *Carcterización físico-química y sensorial de los quesos artesanos Andaluces* [Universidad de Córdoba]. <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/15085/2017000001699.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fife, R. L., McMahon, D. J., & Oberg, C. J. (2002). Test for Measuring the Stretchability of Melted Cheese. *American Dairy Science Association*, 7428, 3539–3545. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74444-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74444-5)

- Fox, P. F., & Guinee, T. P. (2013). Milk and Dairy Products in Human Nutrition. In Y. W. Park & G. F. W. Haenlein (Eds.), *Milk and Dairy Products in Human Nutrition* (1st ed.). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118534168>
- Fuentes, X., Castiñeiras, M. J., & Queraltó, J. M. (1998). *Bioquímica clínica y patología molecular*. Editorial Reverté S.A.
- García Quispe, D. H. (2020). *Optimización de parámetros de hilado y rendimiento de queso mozzarella en una marmita semiautomática* [Univercidad Nacional del Centro del Perú].
http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5703/T010_21298416_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guinee, T. P., & Kilcawley, K. N. (2004). *Cheese as an ingredient* (P. Fox, P. McSweeney, T. Cogan, & T. Guinee (eds.); 3rd ed.). Elsevier Academic Press.
- Gunasekaran, S., & Mehmet Ak, M. (2003). *Cheese Rheology and Texture* (2nd ed.). Library of Congress.
- Guzmán, L. E., Tejada, C., De la Ossa, J., & Rivera, C. A. (2015). *Análisis comparativo de perfiles de textura de quesos frescos de leche de cabra y vaca* (Vol. 13, Issue 1).
- Hidalgo, D., & Olmedo, M. (2017). *Efecto de dos conservantes orgánicos en las características fisicoquímicas de las carnes crudas de res y chanco*.
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 63: 1973. Quesos: Determinación del contenido de humedad., (1973). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/63.pdf>
- Norma técnica Ecuatoriana INEN 64: 1973. Quesos: Determinación del contenido de grasas, (1973). <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/INFORMACION PARA RESULTADOS TESIS/INEN grasa.pdf>
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9:2008. Leche cruda. Requisitos, (2008). <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2594 Suero de leche líquido .Requisitos, 003 6 (2011). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2594.pdf>
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 82 :2011. Quesos Mozzarella: Requisitos, (2011). <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/INFORMACION PARA RESULTADOS TESIS/INEN mozzarella.pdf>

- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1528: 2012. Norma general para quesos frescos no madurados: requisitos., (2012).
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial Argentino. (2015). Quesos: Concentración de nutrientes. *Nutrición y Educación Alimentaria*.
- Jana, A. H., & Tagalpallewar, G. P. (2017). Functional properties of Mozzarella cheese for its end use application. *Journal of Food Science and Technology*, 54(12), 3766–3778. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2886-z>
- Kindstedt, P. S., & Fox, P. F. (1991). Modified Gerber Test for Free Oil in Melted Mozzarella Cheese. *Journal of Food Science*, 56(4), 1115–1116.
- Kramm, J. (2003). *Composición Proteica y su Relación con las Variantes Genéticas A y B de κ -caseína y β -lactoglobulina en Leche de Vacas Frisón Negro*.
- Kristiansen, B., Matthey, M., & Linden, J. (2001). *Citric Acid Biotechnology*. Taylor y Francis e-Library.
- Kukovics, S., & Német, T. (2013). Milk major and minor proteins, polymorphisms and non-protein nitrogen. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*, 81–85.
- Lema, W. (2017). *Evaluación del queso fresco semiblando entero cuajado a diferentes temperaturas*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mariño, J., Vasek, O. M., & Fusco, A. J. V. (2001). *Efectos de la concentración de calcio libre y el pH del agente coagulante en la coagulación enzimática de la leche*.
- Martines, R., Tuya, L., Martines, M., Pérez, A., & Cánovas, A. (2009, June). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman, Caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. <https://www.redalyc.org/pdf/1804/180414044017.pdf>
- McSweeney, P. L. H. (2007). *Cheese problems solved* (1st ed.). Woodhead Publishing Limited.
- Medina, M. (2002). *Principios básicos para la fabricación de quesos*.
- Mera, N. (2021). *Efecto de técnicas de coagulación ácido enzimática sobre las características funcionales y rendimiento de quesos tipo mozzarella*. Universidad Técnica del Norte.
- Molina Baldeón, G. A. (1998). *Elaboracion de queso Mozzarella a partir de metodos*

rapidos de acidificacion. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Mondino, M. C., & Ferratto, J. (2006). El análisis sensorial, una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor. *Cátedra de Horticultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario*.
[https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/554/El análisis sensorial una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/554/El_análisis_sensorial_una_herramienta_para_la_evaluación_de_la_calidad_desde_el_consumidor.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Murieles, M. (2010). *Elaboracion de queso de capa a partir de leche ganado vacuno con adiccion de cultivos lácticos para mejorar su calidad y productividad industrial*.

Norma del Codex para mozzarella, Adoptado en Enmiendas 1 (2006).

CODEX Alimentarius: Leche y Productos Lácteos, Organización Mundial de la Salud 6 (2011).

http://www.fao.org/tempref/codex/Publications/Booklets/Milk/Milk_2011_ES.pdf

Portilla, C., & Caballero, L. (2009, December). INFLUENCIA DE LA MATERIA GRASA Y ACIDEZ DE LA LECHE SOBRE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL QUESO PERA TIPO CHITAGA. *Redalyc*, 7.
<https://www.redalyc.org/pdf/903/90312180002.pdf>

Ramírez-Navas, J. S., Osorio, M., & Rodríguez, A. (2010). Quesillo: queso colombiano de pasta hilada. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 60, 63–67.

Ramírez Lopez, C., & Vélez Ruiz, J. F. (2012). Quesos frescos : propiedades , métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 2, 131–148.

Ramírez Navas, J. S. (2010). Propiedades funcionales de los quesos: Énfasis en quesos de pasta hilada. *Revista RECITELA*, December 2010.

Reyes Molina, H. M. (2014). Evaluación de factores que afectan el rendimiento del queso Crema Y Zamorella en la Planta de Lácteos de la EAP. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*.

Rodríguez, J. (2009). *Efecto de la variación en acidez y temperatura sobre el rendimiento y la calidad de quesos tipo panela y chihuahua* [Universida Autónoma Agraria “Antonio Narro”].

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/409/60912s.pdf?sequence=1>

Scott, R. (1991). *Fabricación de queso* (1st ed.).

Serrano Alvarado, P. A. (2017). *ELABORACIÓN DE QUESO MOZZARELLA BASADO EN TRES TIPOS DE FERMENTACIÓN: ENZIMÁTICA, ÁCIDA Y ÁCIDA-ENZIMÁTICA*. Universidad de Cuenca.

Tobar, M., Córdova, I., & Tituaña, G. (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*.

Toro León, P. J. (2011). “*ELABORACIÓN DE QUESO MOZZARELLA (Utilizando leche de bovino) A PARTIR DE CUATRO TIPOS DE LECHE ACIDULADA CON UN CULTIVO TERMÓFILO (Streptococcus thermophilus), ÁCIDO CITRICO, ÁCIDO LÁCTICO y SUERO ÁCIDO, UTILIZANDO 2 TIPOS DE COAGULACION.*” (Vol. 1) [Universidad Técnica de Cotopaxi].
file:///C:/Users/Usuario/Desktop/INFORMACION PARA RESULTADOS TESIS/tesis UTC.pdf

U.S Department. Agriculture. (1994). Munsell Soil Color Charts. In *Munsell Soil Color Charts* (pp. 1–29). <https://www.southsuburbanairport.com/Environmental/pdf2/Part 4 - References/Reference 16 Munsell Color Charts/MunsellColorChart.pdf>

Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & Van Boekel, M. A. J. S. (1999). *DAIRY TECHNOLOGY. Principles of milk properties and processes* (O. Fennema, Y. H. Hui, M. Karel, P. Walstra, & J. Whitaker (eds.); 2nd ed.). Marcel Dekker, Inc.

ANEXOS

Anexo 1

Humedad en quesos tipo mozzarella

Tratamiento	Media	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
T23	60.655	2.681	0.044
T24	58.346	0.608	0.010
T19	58.175	0.652	0.011
T10	57.053	1.083	0.019
T4	56.903	1.715	0.030
T5	56.902	2.789	0.049
T6	56.536	2.013	0.036
T20	56.332	1.456	0.026
T28	55.466	2.053	0.037
T14	54.251	1.398	0.026
T12	54.011	1.553	0.029
T1	53.596	1.373	0.026
T3	47.660	1.960	0.041
T11	46.490	0.597	0.013
T13	45.962	2.331	0.051
T21	45.172	0.753	0.017
T22	43.741	0.194	0.004
T15	41.152	1.500	0.036
T2	36.709	1.64	0.04
T7	**	**	**
T8	**	**	**
T9	**	**	**
T16	**	**	**
T17	**	**	**
T18	**	**	**
T25	**	**	**
T26	**	**	**
T27	**	**	**

** “Muestra que no obtuvo producto con características comerciales aceptables”

Anexo 2

Grasa en extracto seco en quesos tipo mozzarella

Tratamiento	Media	Desv. Estand.	Coefficiente de Variación
T2	50.51	1.076	0.021
T21	45.60	0.627	0.014
T10	45.01	0.209	0.005
T20	44.64	0.481	0.011
T22	42.07	1.135	0.027
T6	40.62	0.796	0.020
T1	36.62	1.389	0.038
T15	34.58	1.778	0.051
T14	34.24	0.220	0.006
T19	33.48	0.519	0.016
T13	33.37	0.275	0.008
T12	33.34	0.745	0.022
T5	33.29	0.852	0.026
T28	33.20	0.440	0.013
T11	33.01	0.972	0.029
T3	31.19	1.482	0.048
T4	27.81	1.290	0.046
T23	23.73	0.458	0.019
T24	23.21	1.32	0.06
T7	**	**	**
T8	**	**	**
T9	**	**	**
T16	**	**	**
T17	**	**	**
T18	**	**	**
T25	**	**	**
T26	**	**	**
T27	**	**	**

** "Muestra que no obtuvo producto con características comerciales aceptables"

Anexo 3

Resultados microbiológicos de queso tipo mozzarella

Tratamiento	Parámetro analizado	Resultado inicial	Límite permisible	Estado
T1	Recuento coliformes totales	140	1000 UFC	Cumple
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
T2	Recuento coliformes totales	42	1000 UFC	Cumple
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
T3	Recuento coliformes totales	13	1000 UFC	Cumple
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
T4	Recuento coliformes totales	34	1000 UFC	Cumple
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
T5	Recuento coliformes totales	37	1000 UFC	Cumple
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
T6	Recuento coliformes totales	23	1000 UFC	Cumple
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
T7	Recuento coliformes totales	**	1000 UFC	**
	Detección E. coli	**	< 10 UFC	**
T8	Recuento coliformes totales	**	1000 UFC	**
	Detección E. coli	**	< 10 UFC	**
T9	Recuento coliformes totales	**	1000 UFC	**
	Detección E. coli	**	< 10 UFC	**
T10	Recuento coliformes totales	69	1000 UFC	Cumple

	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			Cumple
T11	totales	42	1000 UFC	
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			Cumple
T12	totales	95	1000 UFC	
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			Cumple
T13	totales	16	1000 UFC	
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			Cumple
T14	totales	12	1000 UFC	
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			Cumple
T15	totales	15	1000 UFC	
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			Cumple
T16	totales	**	1000 UFC	**
	Detección E. coli	**	< 10 UFC	**
	Recuento coliformes			**
T17	totales	**	1000 UFC	**
	Detección E. coli	**	< 10 UFC	**
	Recuento coliformes			**
T18	totales	**	1000 UFC	**
	Detección E. coli	**	< 10 UFC	**
	Recuento coliformes			Cumple
T19	totales	4	1000 UFC	
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			Cumple
T20	totales	7	1000 UFC	
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			Cumple
T21	totales	69	1000 UFC	
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple

	Recuento coliformes			
T22	totales	0	1000 UFC	Cumple
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			
T23	totales	13	1000 UFC	Cumple
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			
T24	totales	41	1000 UFC	Cumple
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
	Recuento coliformes			
T25	totales	**	1000 UFC	**
	Detección E. coli	**	< 10 UFC	**
	Recuento coliformes			
T26	totales	**	1000 UFC	**
	Detección E. coli	**	< 10 UFC	**
	Recuento coliformes			
T27	totales	**	1000 UFC	**
	Detección E. coli	**	< 10 UFC	**
	Recuento coliformes			
T28	totales	95	1000 UFC	Cumple
	Detección E. coli	Ausencia	< 10 UFC	Cumple
