



“USO DE REGULADORES DE ACIDEZ Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE ACIDIFICACIÓN DE LA CUAJADA PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO MOZZARELLA”

Mayra Catalina Tobar Jácome

mc.tobar@uta.edu.ec

Inés Virginia Córdova Guambo

iv.cordova@uta.edu.ec

Gladys Isabel Tituaña Pulluquitin

gi.tituaña@uta.edu.ec

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Mayra Catalina Tobar Jácome, Inés Virginia Córdova Guambo y Gladys Isabel Tituaña Pulluquitin (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 (mayo 2018). En línea:

[//www.eumed.net/rev/caribe/2018/05/elaboracion-queso-mozzarella.html](http://www.eumed.net/rev/caribe/2018/05/elaboracion-queso-mozzarella.html)

RESUMEN

El queso mozzarella es un producto lácteo elaborado por medio del método tradicional de producción en la que se emplea de 30 a 48 horas, tiempo que tarda la cuajada en acidificarse y estar lista para los siguientes procesos de hilado y moldeado de la misma. Mediante la utilización de reguladores de acidez en el proceso de elaboración se reduce el tiempo de acidificación de la cuajada, evidenciándose en aspectos tecnológicos como organolépticos. Siendo los reguladores de acidez principalmente ácidos, los aditivos alimentarios que se pueden utilizar para la elaboración de quesos, principalmente mozzarella. Es por eso que se ensayó el uso de dos tipos

* Ingeniera en Alimentos en la Universidad Técnica de Ambato, Magíster en Política y Gestión de la Seguridad Alimentaria por la Universidad Nacional de Rosario – Argentina, Directora Pedagógica en el Colegio Regional de Ingenieros en Alimentos, actualmente Docente de Química en el Sistema Nacional de Nivelación y Admisión de la Universidad Técnica de Ambato desde el año 2012.

** Ingeniera en Alimentos de la (UTA), Magister en Gestión de la Producción Agroindustrial de la (UTA), Diplomado Superior en Auditoría y Aseguramiento de la Calidad para el Sector Alimenticio, Docente de Tecnología de Carnicos y Química en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (UTA), Actualmente Docente ocasional en el Sistema de Admisión y Nivelación de la (UTA) desde el 2012.

*** Ingeniera en Alimentos, Magister en Gestión de la Producción Agroindustrial en la Universidad Técnica de Ambato; Docente de Estadística, Diseño Experimental y Química en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, Tutora de Nivelación; actualmente Docente de Química en el área de Ingenierías en el Sistema de Nivelación de la Universidad Técnica de Ambato.

de reguladores de acidez (Ácido Cítrico y Ácido Láctico), con una Acidez de la Leche (28 y 32°D) y empleando dos Tipos de Cuajo (Chremilk y Marschall).

Empleando un diseño experimental 2ⁿ se obtuvo ocho tratamientos a analizarse, combinando Tipo de Regulador de Acidez, Acidez de la Leche y Tipo de Cuajo; más un tratamiento Testigo adicional empleando únicamente en análisis sensorial. Se utilizó la tecnología adecuada (Gutiérrez, 2000), para la elaboración de queso mozzarella, controlando tiempos de acidificación durante el proceso de apilonado de la cuajada.

Durante el proceso de elaboración se realizaron mediciones de valores de tiempo de acidificación, análisis proximal de la materia prima empleada; en el producto terminado se midió el contenido de humedad y materia grasa en el extracto seco, además de análisis microbiológicos permitiendo evaluar la calidad del producto elaborado y el tiempo de vida útil del mismo.

Mediante pruebas de análisis sensorial, basado en la aceptabilidad del producto elaborado se estableció el mejor tratamiento de los empleados para el estudio, siendo el tratamiento que conjuga al ácido cítrico como regulador de acidez, con una acidez de la leche de 28°D y el empleo de Chremilk como tipo de cuajo.

El tiempo de acidificación fue el parámetro más importante de medición en la presente investigación, en donde el mejor tratamiento tardó 162 min en acidificar la cuajada y presentó una reducción del 84,02% de tiempo, respecto del método tradicional de elaboración de queso mozzarella.

Pruebas microbiológicas al final de la elaboración mostraron la ausencia de microorganismos como *Coliformes totales*, *Mohos* y *Levaduras*, demostrando la calidad e inocuidad del producto terminado, de igual forma durante el período de almacenamiento del queso mozzarella en refrigeración, las pruebas microbiológicas basadas en recuento de *Coliformes totales* demostraron que el tiempo de vida útil del producto fue de 30 días.

Se realizó análisis físico químicos en el queso mozzarella, determinándose valores aceptables y permitidos dentro de la Norma INEN 82, así el contenido de humedad obtenido fue del 50,72% y materia grasa en extracto seco del 47,70%. Por lo tanto, además de reducir significativamente el tiempo de acidificación de la cuajada, se está consumiendo un producto de buena calidad.

La reducción del tiempo de acidificación de la cuajada, permitirá a los productores de queso ahorrar tiempo y cubrir mayor demanda del producto, solucionando un problema de tipo tecnológico que se presentaba en la elaboración de queso mozzarella.

Palabras claves: Ácido Cítrico, Ácido Láctico, Cuajo Chremilk, Cuajo Marschall, Grasa, Proteína, Sólidos no grasos, Sólidos Totales, Acidez Titulable, pH, Ensayo de Reductasas, Acidez Titulable Suero Lácteo, Humedad, Rendimiento, Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad.

ABSTRACT

TITLE:

"Use of regulators of acidity and its incidence in the time of acidification of the curd for the elaboration of mozzarella cheese"

Mozzarella cheese is a dairy product made by the traditional method of production in which it takes 30 to 48 hours, the time it takes the curds to acidify and be ready for the following processes of spinning and molding it. Through the use of acidity regulators in the manufacturing process the acidification time of the curd is reduced, evidencing itself in technological and organoleptic aspects. The acidity regulators being mainly acidic, the food additives that can be used to make cheese, mainly mozzarella. That is why we tested the use of two types of acidity regulators (citric acid and lactic acid), with a milk acidity (28 and 32 ° D) and using two types of rennet (Chremilk and Marschall).

Using an experimental design, eight treatments were analyzed, combining Type of Acidity Regulator, Milk Acidity and Rennet Type; plus an additional control treatment using only in sensory analysis. The appropriate technology (Gutiérrez, 2000) was used to make mozzarella cheese, controlling acidification times during the curdling process.

During the elaboration process, measurements were made of acidification time values, proximal analysis of the raw material used; In the finished product, the moisture and fat content in the dry extract was measured, in addition to microbiological analyzes, allowing to evaluate the quality of the finished product and its useful life.

Through sensory analysis tests, based on the acceptability of the elaborated product, the best treatment of the employees for the study was established, being the treatment that combines citric acid as a regulator of acidity, with a milk acidity of 28 ° D and the use of Chremilk as a type of rennet.

The acidification time was the most important measurement parameter in the present investigation, where the best treatment took 162 min to acidify the curd and showed a reduction of 84.02% of time, compared to the traditional mozzarella cheese making method.

Microbiological tests at the end of processing showed the absence of microorganisms such as total coliforms, molds and yeasts, demonstrating the quality and safety of the finished product, likewise during the storage period of mozzarella cheese in refrigeration, microbiological tests based on counting Total coliforms showed that the shelf life of the product was 30 days.

Physical chemistry analysis was performed on the mozzarella cheese, determining acceptable and allowed values within the INEN 82 standard, thus the moisture content obtained was 50.72% and fat content in dry extract of 47.70%. Therefore, in addition to significantly reducing the acidification time of the curd, a product of good quality is being consumed.

The reduction of the acidification time of the curd will allow the cheese producers to save time and cover more demand for the product, solving a technological problem that occurred in the production of mozzarella cheese.

Key words: Citric Acid, Lactic Acid, Chremilk Rennet, Marschall Rennet, Fat, Protein, Non-Fatty Solids, Total Solids, Titratable Acidity, pH, Reductases Assay, Titratable Acidity, Dairy Whey, Moisture, Yield, Color, Smell, Taste, Texture, Acceptability.

INTRODUCCIÓN

La quesería ha sido considerada como la modalidad de transformación industrial más antigua de la leche, permitiendo prolongar la conservación de la proteína más importante de la leche como es la caseína, mediante procesos microbiológicos que aumentan la digestibilidad de dicha proteína en el organismo humano. (Spreer, 1975)

El queso es la modalidad de transformación de la leche que permite prolongar la vida útil de la misma de quince a treinta días en el caso de quesos frescos y hasta cinco o diez años en el caso de quesos maduros. De tal forma que la elaboración de quesos es uno de los principales métodos de conservación de un alimento tan importante en la nutrición humana como es la leche. (Aguirre, 2009)

El queso es un producto resultante de la concentración de una parte de materia seca de la leche por medio de coagulación de la misma que puede ser producida por bacterias productoras de ácido o cuajo. El mozzarella es un queso fresco blando de consumo inmediato, de origen italiano, puede ser semigraso o magro, el producto es obtenido por un tratamiento especial de la cuajada con agua y suero caliente que la transforma en una masa blanda, fácil de estirar en largas hebras y moldear a voluntad, este tipo de queso se elabora con leche de oveja, búfala, cabra y vaca, por ser la materia prima que se dispone en mayor cantidad. (Gutiérrez, J, 2000)

En la actualidad el queso mozzarella es elaborado por el método tradicional de producción, en el cual el tiempo de elaboración es muy extenso siendo de 30 a 48 horas, debido a que el proceso de acidificación de la cuajada, punto clave para fundirla y obtener la hebra característica de este tipo de queso varía entre 24 a 28 horas, para continuar con los siguientes procesos de hilado y moldeado de la misma. (Molina, 1998)

La leche puede coagularse por medio ácido, ya sea de forma natural por fermentación o por agregado de ácidos. La coagulación ácida se produce contrariamente a la coagulación enzimática. (Equipo Regional de Fomento y Capacitación en Lechería de la FAO para América Latina).

El queso Mozzarella Elaborado por Acidificación Química se basa en la sustitución de la fermentación natural necesaria para desmineralizar la cuajada por acidificación directa de la leche mediante un ácido. Habitualmente se utiliza ácido cítrico (en solución al 10 %). Se prefiere ácido cítrico ya que cuenta con 3 grupos ácidos-carboxílicos con mayor capacidad para quelar calcio vs el ácido láctico que presenta un solo grupo COOH. (Gauna, A, 2007)

Finalmente el producto elaborado a base de la incorporación de una fuente ácida a la leche, puede servir como una técnica sencilla para aumentar el rendimiento manteniendo la buena calidad del queso e incluso mejorar sus características organolépticas.

DESARROLLO

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Según Gutiérrez, J, (2000) el queso es un producto resultante de la concentración de una parte de materia seca de la leche por medio de coagulación de la misma que puede ser producida por bacterias productoras de ácido o cuajo. El mozzarella es un queso fresco blando de consumo inmediato, de origen italiano, puede ser semigraso o magro, el producto es obtenido por un tratamiento especial de la cuajada con agua y suero caliente que la transforma en una masa blanda, fácil de estirar en largas hebras y moldear a voluntad, este tipo de queso se elabora con leche de oveja, búfala, cabra y vaca, por ser la materia prima que se dispone en mayor cantidad.

Según Aguirre, J, (2009) los quesos de pasta hilada (pasta filata) como el mozzarella presentan las siguientes características generales:

- Grasa en materia seca 20 – 60%
- Contenido de agua 35 – 60%
- Contenido de sal 0,5 – 2%

Los quesos hilados, se caracterizan por una fermentación de la cuajada, hasta alcanzar un pH de 4,9 – 5,2, seguido de un proceso donde la cuajada es hilada en agua caliente a 70 – 80°C. Esto deriva de una cuajada “similar al plástico”, y le da al queso terminado su característica estructura fibrosa, propiedades de fundido y de elasticidad correspondientes.

Según el Gauna, A, (2007) el queso Mozzarella Elaborado por Acidificación Química se basa en la sustitución de la fermentación natural necesaria para desmineralizar la cuajada por acidificación directa de la leche mediante un ácido. Habitualmente se utiliza ácido cítrico (en solución al 10 %), obteniendo el pH de filado entre pH 5,6 y 5,85. Se prefiere ácido cítrico ya que cuenta con 3 grupos ácidos-carboxílicos con mayor capacidad para quelar calcio vs el ácido láctico que presenta un solo grupo COOH.

El ácido cítrico se adiciona en leche fría para evitar floculación de las caseínas, dosis aprox. 1,2 – 1,25 g/litro.

Ventajas y desventajas respecto a la Mozzarella elaborada con fermentación biológica:

- Tiempo de producción reducido
- Fácil mecanización
- Ligero incremento del rendimiento (0,1-0,2 %)
- Sabor neutro, poco definido
- Menor conservabilidad del producto final
- Muy vulnerable a contaminantes

Según el Equipo Regional de Fomento y Capacitación en Lechería de la FAO para América Latina la leche puede coagularse por medio ácido, ya sea de forma natural por fermentación o por agregado de ácidos. La coagulación ácida se produce contrariamente a la coagulación enzimática, es decir, por modificación electrostática del sistema que neutraliza cargas negativas de las micelas hasta alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína (pH 4,6) y luego intercambia iones de calcio por iones de hidrógeno, de la misma forma que una resina intercambiadora de iones. Por lo tanto el puente bivalente capaz de mantener la estabilidad del coágulo no se forma, las cuajadas ácidas son esencialmente desmineralizadas.

La base fundamental de este proyecto fue el cumplimiento de las normas INEN pertinentes a la elaboración de queso mozzarella, materia prima y a sus análisis respectivos donde se determinó los diversos parámetros que se detallan a continuación en la Tabla 02.

Tabla 2
Normas INEN, análisis físicos - químicos y sensoriales relacionadas con la elaboración de queso mozzarella.

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
NORMA INEN 009	Leche Cruda. Requisitos
NORMA INEN 11	Leche. Determinación de Densidad relativa
NORMA INEN 12	Leche. Determinación de Contenido de grasa
NORMA INEN 13	Leche. Determinación de Acidez Titulable
NORMA INEN 18	Leche. Ensayo de <u>Reductasas</u>
NORMA INEN 63	Quesos. Determinación del Contenido de Humedad
NORMA INEN 64	Quesos. Determinación del Contenido de Grasas
NORMA INEN 82	Queso Mozzarella. Requisitos
Escala hedónica	Evaluación Sensorial.

Elaborado: Autores

Limitado Conocimiento en el Uso de Reguladores de Acidez

Los reguladores de acidez, también llamados de agentes reguladores de pH, son aditivos alimenticios utilizados para modificar o mantener el pH de los alimentos. Los reguladores de acidez son usados para alterar y controlar la acidez o alcalinidad de un nivel específico importante para el procesamiento, sabor y seguridad alimenticia. El control inadecuado del pH puede resultar en surgimiento de bacterias indeseables en el producto que podría ser un peligro potencial a la salud. (Ibañez, F, 2003).

Los reguladores de acidez que se utilizan en alimentos se conocen como acidulantes y son sustancias naturales absolutamente inofensivas en la alimentación humana y que se permiten en cantidad suficiente. Los acidulantes son sustancias que realizan una aportación nutricional positiva y se añaden para influir sobre el grado de acidez del producto. (Ibañez, F, 2003).

Uso de Aditivos Alimentarios

Según el Codex Alimentarius define a los aditivos alimentarios como cualquier sustancia que normalmente no se consume como alimento por sí misma ni se usa como ingrediente de la comida, tenga o no valor nutricional y cuyo agregado intencional en los alimentos para un propósito tecnológico (incluyendo organoléptico) en la manufactura, procesamiento, preparación, tratamiento, empaque, transporte o almacenamiento resulta – o puede resultar (directa o indirectamente)- en su incorporación (o la de algún derivado) como componente del alimento o afectar de algún modo las características de dicho alimento.” El Codex Alimentarius establece que el uso de aditivos alimentarios es justificado si su uso ofrece ventajas, no presenta riesgos ni induce a error en los consumidores.

Tipos de Ácidos y Cuajos utilizados

Ácido Cítrico E330

El ácido cítrico es el ácido y el agente de control de pH más utilizado en la industria alimentaria. Este refuerza el trabajo de los antioxidantes, tales como el ácido ascórbico (E300). Así mismo, es

utilizado como un agente acidulante en la producción de queso mozzarella. Está presente en grandes cantidades en las frutas, predominando en los cítricos. Debido a que su extracción a partir de las frutas es muy costosa, comercialmente es producido con la ayuda de bacterias y levaduras. (Miguel Calvo Rebollar, 1991).

Ácido Láctico E270

El ácido láctico es una sustancia natural producida por los organismos que hacen que la leche se corte. Considerado como conservante de alimentos, actúa como agente sinérgico de los antioxidantes, acidulante y saborizante. (Miguel Calvo Rebollar, 1991)

Cantidad de Ácidos Recomendada en Leche

La tabla que se presenta a continuación proporciona las cantidades recomendadas de diferentes ácidos por cada 100 Kg. de leche a 82°C.

Cuadro 3.
Cantidad recomendada de ácidos por cada 100 Kg. de leche a 82°C y el pH resultante en el queso.

ÁCIDO	PUREZA %	CANTIDAD/GRAMO	pH
Acético Glacial	95	165	5.30
Láctico	85	250	5.35
Cítrico	100	195	4.92
Fosfórico	85	195	5.15

Elaborado: Autores

Cuajo Chremilk

El cuajo Chremilk es elaborado a partir de una renina microbiana utilizada para la elaboración de quesos, caracterizado por ser un sistema enzimático de grado alimenticio, obtenido a través de una fermentación controlada a partir de *Rhizomucor miehei*. Contiene una proteasa con una actividad específica que la hace efectiva como una enzima para coagular la leche.

Los requerimientos de calcio para el cuajo Chremilk al igual que para las enzimas de origen animal, necesita de la presencia de iones calcio para su actividad. El calcio adicionado, en forma de Cloruro de Calcio, debe ser en un rango de 10-100 g por cada 100lts de leche para conseguir un óptimo rendimiento.

El efecto del pH para este tipo de cuajo al igual que las enzimas de origen animal, se caracteriza por ser sensible a este factor. El rango óptimo de pH va de 6.0 – 7.0; y el rango efectivo va de 5.5 – 7.5.

La estabilidad en almacenamiento para este tipo de cuajo es recomendada mantenerlo en recipientes cerrados. En lugares frescos y secos; la pérdida de actividad es menor al 10% en un

año. La vida de anaquel se puede prolongar si se almacena bajo condiciones de refrigeración a 5°C. (Ospina Andrea, 2010).

El efecto de la temperatura sobre la actividad de Chremilk va de 30 – 40°C, el rango efectivo va de 25 - 45°C. (Ospina Andrea, 2010).

Cuajo Marschall

Marschall es un tipo de cuajo líquido, el cual posee como ingrediente activo un coagulante microbiano producido por una cepa seleccionada no patógena del hongo *Mucor Pusillus y/o Mucor Miehel*. Tiene la ventaja de ser más barato por no depender de animales tiernos. Las presentaciones son en polvo, pastillas o líquido, cuando se utiliza en forma líquida es agregado a la leche a razón de 10 mililitros/100 litros de leche.

El rango óptimo de pH bajo el cual actúa este tipo de cuajo va de 6.0 – 7.0; y el rango efectivo va de 5.3 – 7.5.

La estabilidad en almacenamiento para Marschall es recomendable por un periodo de 18 meses a partir de su fecha de manufactura, tiempo en el cual su potencia permanece invariable. Para su conservación, el producto se debe almacenar en un lugar fresco y seco, bajo condiciones de refrigeración a temperaturas de 4 -15°C y protección a la luz solar.

La temperatura óptima para que actúe el cuajo es de 30-40°C, siendo la temperatura óptima de 35°C Hay que tener en cuenta que si la leche está muy fría o muy caliente el cuajo no actúa o actúa muy despacio, si hay leche ácida trabaja rápidamente. (PROES, 2005).

Acelerar el Proceso de Acidificación de la Cuajada

Según el Equipo Regional de Fomento y Capacitación en Lechería de la FAO para América Latina, el proceso de acidificación de la cuajada se basa, en una reacción específica de la leche sea la de su coagulación por la acción enzimática o ácida. Cuando se trata de una coagulación ácida, ya sea natural por fermentación o por agregado de ácidos, ésta carece de la fase enzimática de ataque a la caseína y transformación de paracaseína.

Método Rápido de Elaboración de Queso Mozzarella

Según Villegas A. (1993) existen varias técnicas para elaborar Queso Mozzarella que difieren no solamente en la aplicación de un cultivo, o un ácido, sino también en el tiempo de proceso, el cual puede ir desde unas horas (3-6h), hasta 2 días.

Estos métodos pueden ser:

- Con leche cruda fresca, acidificada directamente con un ácido, como el láctico, acético o cítrico.
- Empleando leche, pasteurizada y fría, acidificada con un ácido orgánico, antes de cuajarla.

Además, es claro, que cuando se utilizan ácidos orgánicos se logran tiempos de proceso más cortos.

Tiempo de Acidificación de la Cuajada no Adecuado

Según Aguilar B. et al. (2006) el proceso de acidificación de la cuajada representa la etapa más larga durante la elaboración de Queso Mozzarella. El tiempo de elaboración de este queso es muy largo (12 a 15 horas), debido a que el proceso de acidificación de la cuajada, punto clave para fundirla y obtener la hebra característica varía entre 6 y 8 horas.

Reducir el Tiempo de Manufactura

Según Molina B. (1998) el queso Mozzarella se elabora por el método tradicional de producción en el que se emplea cuatro días de elaboración, tiempo en el cual la cuajada está acidificada y lista para su hilado y moldeado. Este tiempo de manufactura constituye una limitante para las plantas industriales. Pero al emplear ácidos como ácido cítrico se reduce el tiempo de elaboración del queso a 2,5 horas, aumentando los rendimientos significativamente de 8,83 a 9,5% e incrementando la rentabilidad de 12 a 20%.

Mejorar el Proceso de Elaboración de Queso Mozzarella

Según Ordoñez. L (2008) la elaboración de quesos mediante la coagulación por vía ácida o acidificación química directa (AQD), se utiliza en forma tradicional en América Latina en la producción de queso blanco y también se ha incorporado en la elaboración de queso Cottage, Ricotta y Mozzarella con resultados variables. La aplicación de AQD se ha dirigido básicamente a variedades de queso que no requieren maduración. Al reemplazar los cultivos lácteos por ácido puro, solo se está reemplazando una función del cultivo, que es la producción de ácido ya que las otras actividades que desempeñan los cultivos no pueden ser reemplazadas por el ácido.

La AQD reduce los requerimientos de tiempo y mano de obra a la vez que independiza al quesero del manejo y cuidado de los cultivos lácteos. La elaboración de queso Mozzarella sin cultivos, mediante AQD, toma solo la mitad del tiempo de elaboración requerido en el método tradicional. Sin embargo, se ha encontrado, que la pérdida de sólidos en el suero puede ser mayor comparada con el proceso tradicional, además la AQD puede ser usada para reducir la cantidad de cuajo a emplear en la elaboración de queso Mozzarella, así también como para usar leches calentadas a temperatura superior a las de pasteurización con evidentes ventajas en el rendimiento.

Queso Mozzarella con Características Agradables

La incorporación de una fuente ácida a la leche, puede servir como una técnica sencilla para aumentar el rendimiento manteniendo la buena calidad del queso e incluso mejorar sus características organolépticas. La acidificación, al igual que la pasteurización, permite evitar el desarrollo de bacterias cuya presencia en los quesos no terminados no es conveniente, como son: *Escherichia coli*, Coliformes totales, Mohos y levaduras (Sánchez C. et al 1994).

RESULTADOS

PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DE LA LECHE DE VACA

En la tabla A1 se encuentra los análisis físicos químicos realizados con la leche utilizada para la elaboración de queso mozzarella.

Tabla A1
Análisis Físico – Químicos de la leche cruda fresca utilizada como materia prima en la elaboración de queso mozzarella.

ANÁLISIS	UNIDAD	RÉPLICAS			PROMEDIO	MÉTODO DE ENSAYO
		R1	R2	R3		
Densidad Relativa a 20°C	g/ml	1,032	1,031	1,028	1,03	Lactodensímetro
Materia Grasa	%	3,610	3,540	3,370	3,51	Método Gerber
Proteína	%	3,090	3,140	2,960	3,06	Ekomilk
Sólidos no Grasos	%	8,170	8,320	7,830	8,11	Ekomilk
Sólidos Totales	%	11,780	11,860	11,200	11,61	Sumatoria
Acidez Titulable	%	0,160	0,106	0,150	0,16	Acidómetro
pH	-	6,650	6,700	6,400	6,58	pH-metro
Ensayo Reductasas	h	2,000	3,000	2,000	2h 20min	Método Gerber

Elaborado: Autores

R= Réplica

Los resultados de los análisis realizados en la leche cruda se encuentran dentro de los rangos establecidos en la norma INEN 009, por lo tanto se comprobó que la leche era de buena calidad y apta para ser procesada.

A continuación se detallan los distintos análisis realizados en la leche cruda.

Grasa

Los resultados del análisis se encuentran en la Tabla A1, la cual indica el porcentaje de grasa en la leche, se analizó que el contenido de materia grasa en las muestras de leche fue 3,37; 3,54 y 3,61%, con un promedio de 3,51%; estos valores experimentales se encuentran dentro de los rangos establecidos en la Norma INEN 009, la cual establece que el contenido mínimo de materia grasa en leche cruda debe ser de 3,2%; por lo tanto la materia prima empleada para la elaboración de queso mozzarella posee un contenido de materia grasa óptimo para ser utilizada en este tipo de queso y los procesos de estandarización de la leche no fueron necesarios.

La determinación del contenido de grasa en leche se realizó bajo el Método Gerber establecido en la Norma INEN 12, para lo cual se empleó instrumentos como son Butirómetros, Centrífuga y Baño María marca Gerber; los reactivos requeridos fueron Ácido Sulfúrico con densidad 1,815 gr/cm^3 y Alcohol Amílico con densidad 0,811 gr/cm^3 . En el butirómetro se colocó 10ml de Ácido Sulfúrico, seguido de 11ml de leche, se invierte el contenido del butirómetro 3 veces con la finalidad de que el ácido sulfúrico queme los sólidos no grasos de la leche, ya que el ácido primero precipita y luego disuelve las proteínas y demás constituyentes de la leche con excepción de la

grasa, seguidamente se añadió 1 ml de alcohol amílico el cual separó los sólidos grasos de los no grasos contenidos en la leche; se centrifugó el butirómetro por 5 min con su tapa colocada hacia afuera, se llevó la muestra a un baño maría a 65°C por 5 min y finalmente se lee porcentaje de materia grasa contenido en la leche.

El contenido de grasa en la leche puede variar de menos de 3 % a más de 6 %, dependiendo de la raza, la alimentación, etc. Ésta se encuentra emulsificada en forma de glóbulos grasos de un tamaño de 0,1 a 6 micras. Los glóbulos se encuentran rodeados de una membrana de fosfolípidos y proteínas que le imparten estabilidad y evitan su coalescencia. La estabilidad de la emulsión se rompe con el batido, la congelación o la acción de agentes químicos como ácidos, detergentes, etc, y es aumentada por la homogeneización que reduce el tamaño de los glóbulos a 2 micras o menos de diámetro. (Universidad del Zulia, 2004)

Proteína

Según la Norma INEN 16, el contenido de proteínas en la leche es la cantidad de nitrógeno total de la leche, expresada convencionalmente como contenido de proteínas. Los resultados del análisis reportado en la Tabla A1, indican que el porcentaje de proteína en muestras de leche fue de 2,96; 3,09 y 3,14%, con un contenido promedio de 3,06%, estos valores se encuentran dentro del rango establecido por la norma INEN 009, siendo de 2,9%. Por lo tanto la leche empleada para elaborar queso mozzarella es de buena calidad.

El método usado para la determinación de proteína en leche, se basó en la utilización de un equipo especial para industrias de lácteos llamado Ekomilk, en el cual se colocó alrededor de 30ml de leche en un vaso plástico propio del equipo, mediante un capilar el equipo absorbe alrededor de 10 ml de muestra y procede con el análisis de proteína, al cabo de 5 minutos indicó los valores del análisis de proteína en la pantalla frontal del equipo.

Sólidos no Grasos

Los sólidos no grasos en muestras de leche es otra propiedad físico química analizada en la materia prima empleada, sus valores se encuentran en la Tabla A1, en donde se determinó que el contenido de sólidos no grasos en las muestras de leche fue de 7,83; 8,17 y 8,32%, con un valor promedio de 8,11%, el cual se encuentra cercano al rango mínimo establecido en la Norma INEN 009 siendo de 8,2%, la diferencia de 0,09% puede deberse a una posible adición de agua por parte del proveedor de leche en una de las muestras, por lo tanto se estableció que es de vital importancia el control de la materia prima ya que esto se refleja en el rendimiento del producto elaborado.

Sólidos Totales

Los sólidos totales fueron analizados en las muestras de leche, sus resultados constan en la Tabla A1, se observó que dichos valores fueron de 11,2; 11,78 y 11,86% con un valor promedio de 11,61%; al confrontar este valor frente a las especificaciones establecidas por la Norma INEN 009 reportadas en la Tabla B1, se concluye que los resultados se encuentran dentro del rango siendo de 11,4%. De tal forma que la materia prima empleada bajo este parámetro analizado es de buena calidad.

Tabla B1

Especificaciones de la Leche Cruda según la Norma INEN 009.

REQUISITOS	UNIDAD	MIN.	MAX.	MÉTODO DE ENSAYO
Densidad Relativa a 20°C	-	1,026	1,032	NTE INEN 11
Materia Grasa	%	3,200	-	NTE INEN 12
Acidez Titulable	%	0,130	0,160	NTE INEN 13
Sólidos Totales	%	11,400	-	NTE INEN 14
Sólidos no Grasos	%	8,200	-	*
Proteína	%	2,900	-	NTE INEN 16
Ensayo Reductasas	h	2,000	-	NTE INEN 18
* Diferencia entre el contenido de sólidos totales y el contenido de grasa				

Elaborado: Autores

Acidez Titulable

La acidez titulable es otro parámetro físico químico de vital importancia medido en muestras de leche cruda, los resultados del análisis se encuentran en la Tabla A1, se observó que el valor promedio de acidez es de 0,16%, expresado como contenido de ácido láctico, este valor se encuentra dentro de los rangos establecidos en la Norma INEN 009 reportada en la Tabla B1, siendo de 0,13 a 0,16%, se concluye que la materia prima empleada es de buena calidad.

Se determinó la acidez titulable empleando un acidómetro y una solución de hidróxido de sodio 0,1 N de conformidad con el método establecido en la Norma INEN 13 para Determinación de Acidez Titulable en Leche.

pH

El pH es otro indicador de calidad en leche cruda, los resultados se encuentran en la Tabla A1, sus valores fueron 6,4; 6,55 y 6,7 con un valor promedio de 6,58.

Bibliográficamente se conoce que la leche es ligeramente ácida, presentando comúnmente un pH entre 6.5 y 6.7 (Zavala, 2005); por lo tanto el resultado experimental obtenido se encuentra dentro de los rangos establecidos.

Ensayo de Reductasas

El ensayo de reductasas es un parámetro microbiológico usado para verificar, en forma indirecta, el grado de desarrollo microbiano en la leche fresca, mediante el tiempo de decoloración de una solución de azul de metileno (Norma INEN 18). Los resultados del análisis se encuentran en la Tabla A1, se observó que el valor promedio del tiempo de decoloración del azul de metileno es de 2 horas 20 minutos, este valor es superior al valor mínimo establecido en la Norma INEN 18 reportada en la Tabla B1, siendo de 2 horas, se concluye que la materia prima empleada bajo este parámetro es de categoría B regular.

Se determinó el ensayo de reductasas empleando una solución de azul de metileno y un baño maría a 35°C de conformidad con el método establecido en la Norma INEN 18 para Ensayo de Reductasas en Leche.

PROCESO DE ELABORACIÓN

Tiempo de Acidificación de la Cuajada

El tiempo de acidificación de la cuajada para la elaboración de queso mozzarella fue el parámetro de medición más importante, motivo de estudio de la presente investigación; adjunto en la Tabla A2, se encuentran los datos experimentales y en la Tabla B2, los valores promedio, los cuales varían desde 31 min para el tratamiento $a_0b_1c_1$ (Ácido Cítrico, 32°D, Marschall) hasta 263 min para el tratamiento $a_1b_0c_0$ (Ácido. Láctico 28°D, Chremilk), frente al tratamiento testigo (Sin adición de ácidos) que presentó 1014 min.

Tabla A2
Tiempos de Acidificación de la Cuajada para la Elaboración de Queso Mozzarella.

Tratamientos	Tiempo Acidificación (minutos)	
	Réplica 1	Réplica 2
Testigo	1022	1006
$a_0b_0c_0$	171	153
$a_0b_0c_1$	160	142
$a_0b_1c_0$	37	39
$a_0b_1c_1$	30	32
$a_1b_0c_0$	255	271
$a_1b_0c_1$	230	242
$a_1b_1c_0$	70	76
$a_1b_1c_1$	65	69

Elaborado: Autores

Historial:

$a_0b_0c_0$: Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk
 $a_0b_0c_1$: Ácido Cítrico, 28°D, Marschall
 $a_0b_1c_0$: Ácido. Cítrico, 32°D, Chremilk
 $a_0b_1c_1$: Ácido Cítrico, 32°D, Marschall
 $a_1b_0c_0$: Ácido Láctico 28°D, Chremilk
 $a_1b_0c_1$: Ácido. Láctico, 28°D, Marschall
 $a_1b_1c_0$: Ácido Láctico, 32°D, Chremilk
 $a_1b_1c_1$: Ácido Láctico, 32°D, Marschall

Tabla B2
Promedio de los Tiempos de Acidificación de la Cuajada para la Elaboración de Queso Mozzarella

Tratamientos	Tiempo Acidificación (minutos)
	Promedio
Testigo	1014
$a_0b_0c_0$	162
$a_0b_0c_1$	151
$a_0b_1c_0$	38
$a_0b_1c_1$	31
$a_1b_0c_0$	263
$a_1b_0c_1$	236

$a_1 b_1 c_0$	73
$a_1 b_1 c_1$	67

Elaborado: Autores

El análisis de varianza que se realizó con los valores de tiempo de acidificación de la cuajada se registra en la Tabla B13, donde se identificó que el Tipo de Regulador de Acidez (Factor A), la Acidez de la Leche (Factor B), el Tipo de Cuajo (Factor C) y el efecto combinado del Tipo de Regulador de Acidez con y la Acidez de la Leche (Interacción AB) influyen significativamente sobre la respuesta experimental; mientras que la interacción de los factores AC y BC no influyen sobre el valor experimental del tiempo de acidificación, Este análisis se realizó a un nivel de confianza del 95%.

Tabla B13.
Análisis de Varianza para el Tiempo de Acidificación de la Cuajada para la elaboración de Queso Mozzarella.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Valor de F	Probabilidad
A:Factor_A	16512,30	1	16512,30	209,49	0,0000
B:Factor_B	90902,30	1	90902,30	1153,27	0,0000
C:Factor_C	650,25	1	650,25	8,25	0,0239
D:Réplicas	2,25	1	2,25	0,03	0,8706
Interacciones					
AB	3306,25	1	3306,25	41,95	0,0003
AC	56,25	1	56,25	0,71	0,4262
BC	156,25	1	156,25	1,98	0,2020
ABC	72,25	1	72,25	0,92	0,3703
Error	551,75	7	78,82		
TOTAL	112210,00	15			

Elaborado: Autores

Se realizó la prueba de Tukey al 5% de significancia (Tabla B14) se estableció que para el factor A, el nivel a_0 (Ácido Cítrico) presentó mayor diferencia significativa frente al otro nivel, por lo tanto el ácido cítrico se consideró como el mejor nivel, ya que permite una mayor reducción del tiempo de acidificación de la cuajada. En cambio para el Factor B (Tabla B15), el nivel b_1 (Acidez de la Leche a 32°D) presentó mayor diferencia significativa y de igual forma se consideró como el mejor nivel. El Factor C (Tabla B16), el nivel c_1 (Tipo de Cuajo – Marschall), presentó diferencia significativa por lo tanto es el mejor nivel. Finalmente se analizó el efecto combinado entre los factores A y B (Tabla B17), donde todos los niveles presentaron diferencia significativa, el nivel $a_0 b_1$ (Ácido Cítrico - 32°D) se consideró como el mejor, ya que posee el menor valor promedio de tiempo de acidificación de la cuajada.

Tabla B14.
Medias Aritméticas de las pruebas experimentales (Prueba de Tukey) para el Factor A: Tipo de Regulador de Acidez. Análisis de Tiempo de Acidificación de la Cuajada.

a_0	a_1
95,5	159,75

a₀	95,5	0	64,25*
a₁	159,75		0

Elaborado: Autores

* = Diferencia Significativa

Tabla B15.

Medias Aritméticas de las pruebas experimentales (Prueba de Tukey) para el Factor B: Acidez de la Leche. Análisis de Tiempo de Acidificación de la Cuajada.

		b₁	b₀
		52,25	203
b₁	52,25	0	150,75*
b₀	203		0

Elaborado: Autores

* = Diferencia Significativa

Tabla B16.

Medias Aritméticas de las pruebas experimentales (Prueba de Tukey) para el Factor C: Tipo de Cuajo. Análisis de Tiempo de Acidificación de la Cuajada.

		c₁	c₀
		121,25	134
c₁	121,25	0	12,75*
c₀	134		0

Elaborado: Autores.

* = Diferencia Significativa

$$q_{(0,05;4;7)} = 4,68 ; \quad CME = 78,821; \quad n = 4$$

$$DMS_{Tukey} = 20,775$$

Tabla B17.

Medias Aritméticas de las pruebas experimentales (Prueba de Tukey) para la interacción entre los factores (AB): Tipo de Regulador de Acidez y Acidez de la Leche. Análisis de Tiempo de Acidificación de la Cuajada.

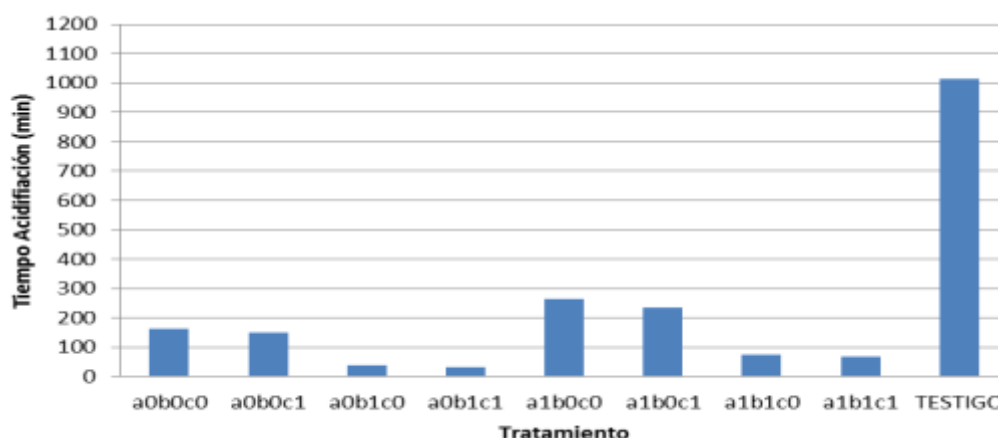
		a₀b₁	a₁b₁	a₀b₀	a₁b₀
		34,5	70	156,5	249,5
a₀b₁	34,5	0	35,5*	122*	215*
a₁b₁	70		0	86,5*	179,5*
a₀b₀	156,5			0	93*
a₁b₀	249,5				0

Elaborado: Autores

* = Diferencia Significativa

En el gráfico C1, se observa el Tiempo de Acidificación de la Cuajada (min) y en el gráfico C2, se ilustra el Porcentaje de Reducción del Tiempo de Acidificación de la Cuajada (%) en los distintos tratamientos; mediante el análisis de los gráficos mencionados, se determinó que el tratamiento $a_0b_1c_1$ (Ácido Cítrico, 32°D, Marschall) posee el menor tiempo de acidificación del cuajada siendo de 31 min, con una reducción porcentual de tiempo del 96, 94%, frente al tratamiento testigo que posee 1014 min.

Gráfico C1.
Tiempo de Acidificación de la Cuajada (min) en los distintos tratamientos, empleando reguladores de acidez: Cítrico y Láctico, acidez de la leche: 28 y 32°D y tipo de cuajo: Chremilk y Marshall.



Elaborado: Autores

Acidez Titulable Suero Lácteo

La Acidez Titulable del suero lácteo fue una respuesta experimental adicional medida en la presente investigación como un parámetro de control en el proceso de apilonado de la cuajada, los resultados no fueron sometidos a análisis estadístico.

Los Valores de Acidez Titulable (°D) obtenidas en muestras de Suero Lácteo, se registran en la Tabla A7, y los valores promedio de las mismas en la Tabla B11, los cuales varían dese 19,5 hasta 25°D; los tratamientos que presentaron mayor grado de acidez en el suero lácteo, tardaron menos tiempo en acidificarse siendo el tratamiento $a_0b_1c_1$ (Ácido Cítrico, 32°D, Marschall) y $a_0b_1c_0$ (Ácido Cítrico, 32°D, Chremilk), que presentaron valores de acidez de 24,5 y 25°D, con tiempo de acidificación de 38 y 31 minutos respectivamente.

Tabla A7
Valores de Acidez Titulable (°D) registradas en muestras de Suero Lácteo.

Tratamientos	Réplica	Duplicado	Acidez Titulable(Grados Dornic)
$a_0b_0c_0$	1	1.1	21
		1.2	22
	2	2.1	22
		2.2	21
$a_0b_0c_1$	1	1.1	23

	2	1.2	21
		2.1	20
		2.2	22
$a_0 b_1 c_0$	1	1.1	24
		1.2	25
	2	2.1	25
		2.2	26
$a_0 b_1 c_1$	1	1.1	24
		1.2	25
	2	2.1	25
		2.2	24
$a_1 b_0 c_0$	1	1.1	19
		1.2	18
	2	2.1	20
		2.2	21
$a_1 b_0 c_1$	1	1.1	22
		1.2	21
	2	2.1	20
		2.2	19
$a_1 b_1 c_0$	1	1.1	23
		1.2	22
	2	2.1	22
		2.2	23
$a_1 b_1 c_1$	1	1.1	21
		1.2	22
	2	2.1	22
		2.2	23

Elaborado: Autores

Tabla B11
Promedios de Acidez Titulable (°D) registradas en muestras de Suero Lácteo

Tratamientos	Acidez Titulable(Grados Dornic)		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
$a_0 b_0 c_0$	21,50	21,50	21,50
$a_0 b_0 c_1$	22,00	21,00	21,50
$a_0 b_1 c_0$	24,50	25,50	25,00
$a_0 b_1 c_1$	24,50	24,50	24,50
$a_1 b_0 c_0$	18,50	20,50	19,50
$a_1 b_0 c_1$	21,50	19,50	20,50

$a_1 b_1 c_0$	22,50	22,50	22,50
$a_1 b_1 c_1$	21,50	22,50	22,00

Elaborado: Autores

Humedad

La humedad en muestras de queso mozzarella es un parámetro de vital importancia que determina la calidad del producto terminado, en la Tabla A3 y A4, se registró los pesos en gramos de cápsulas, muestra antes y después del secado, mientras que en la Tabla B4 se indica el Porcentaje de humedad para las réplicas y en la Tabla B5 los valores promedio de las mismas. Se observó que la humedad contenida en muestras de queso mozzarella varía desde 45,24% para el tratamiento $a_1 b_1 c_1$ (Ácido Láctico, 32°D, Marschall) hasta 50,72 % para el tratamiento $a_0 b_0 c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk).

Tabla A3

Pesos (g) registrados de la masa de cápsulas para determinación del contenido de humedad en muestras de Queso Mozzarella de la réplica 1.

Tratamientos	Réplica 1	Masa de Cápsulas (gramos)		
		m	m_1	m_2
$a_0 b_0 c_0$	R 1.1	29,5836	32,5950	31,0748
	R 1.2	47,6968	50,8691	49,2831
$a_0 b_0 c_1$	R 1.1	61,8701	65,0050	63,4358
	R 1.2	29,4142	32,4708	30,9806
$a_0 b_1 c_0$	R 1.1	29,5864	32,7927	31,1644
	R 1.2	48,8020	52,0510	50,4562
$a_0 b_1 c_1$	R 1.1	49,2295	52,9903	51,1551
	R 1.2	32,4669	35,7675	34,1387
$a_1 b_0 c_0$	R 1.1	46,2764	49,4162	47,8959
	R 1.2	61,1396	64,1365	62,6934
$a_1 b_0 c_1$	R 1.1	81,3890	84,5563	83,0901
	R 1.2	47,6535	50,7073	49,2796
$a_1 b_1 c_0$	R 1.1	57,0752	60,2757	58,7745
	R 1.2	60,5660	63,6891	62,2695
$a_1 b_1 c_1$	R 1.1	96,3655	99,9460	98,3511
	R 1.2	29,5634	32,7316	31,2999

Elaborado: Autores

m = masa de la cápsula con arena, en g.

m_1 = masa de la cápsula con arena y muestra, en g.

m_2 = masa de la cápsula con arena y residuo seco, en g.

R= Réplica

Tabla A4

Pesos (g) registrados de la masa de cápsulas para determinación del contenido de humedad en muestras de Queso Mozzarella de la réplica 2.

Tratamientos	Réplica 2	Masa de Cápsulas (gramos)		
		m	m_1	m_2
$a_0 b_0 c_0$	R 2.1	29,4421	32,4761	30,9901
	R 2.2	61,8836	64,9745	63,3232

$a_0 b_0 c_1$	R 2.1	52,0073	55,1620	53,6348
	R 2.2	46,9058	49,9311	48,4535
$a_0 b_1 c_0$	R 2.1	29,5114	32,6179	31,0813
	R 2.2	43,9264	47,0407	45,5702
$a_0 b_1 c_1$	R 2.1	32,7951	36,2110	34,4743
	R 2.2	48,7794	52,0127	50,3550
$a_1 b_0 c_0$	R 2.1	49,2627	52,3602	50,9407
	R 2.2	46,9410	49,9464	48,5476
$a_1 b_0 c_1$	R 2.1	29,5572	32,7058	31,2290
	R 2.2	57,0162	60,2217	58,7966
$a_1 b_1 c_0$	R 2.1	47,7012	51,0600	49,4930
	R 2.2	52,0431	55,3315	53,7823
$a_1 b_1 c_1$	R 2.1	46,2589	49,4665	48,0012
	R 2.2	60,5415	63,6902	62,2564

Elaborado: Autores

m = masa de la cápsula con arena, en g.

m_1 = masa de la cápsula con arena y muestra, en g.

m_2 = masa de la cápsula con arena y residuo seco, en g.

R= Réplica

Tabla B4
Porcentajes de Humedad determinados en muestras de Queso Mozzarella.

Tratamientos	HUMEDAD (%)			
	Réplica 1		Réplica 2	
$a_0 b_0 c_0$	R1.1	50,48	R1.1	48,98
	R1.2	50,00	R1.2	53,42
$a_0 b_0 c_1$	R1.1	50,06	R1.1	48,41
	R1.2	48,75	R1.2	48,84
$a_0 b_1 c_0$	R1.1	50,78	R1.1	49,46
	R1.2	49,09	R1.2	47,22
$a_0 b_1 c_1$	R1.1	48,80	R1.1	50,84
	R1.2	49,35	R1.2	51,27
$a_1 b_0 c_0$	R1.1	48,42	R1.1	45,83
	R1.2	48,15	R1.2	46,54
$a_1 b_0 c_1$	R1.1	46,29	R1.1	46,90
	R1.2	46,75	R1.2	44,46
$a_1 b_1 c_0$	R1.1	46,91	R1.1	46,65
	R1.2	45,45	R1.2	47,11
$a_1 b_1 c_1$	R1.1	44,54	R1.1	45,68
	R1.2	45,19	R1.2	45,54

Elaborado: Autores

R= Réplica

Tabla B5
Promedio de los Porcentajes de Humedad determinados en muestras de Queso Mozzarella.

Tratamientos	Humedad (%)		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
$a_0 b_0 c_0$	50,24	51,20	50,72
$a_0 b_0 c_1$	49,40	48,63	49,02
$a_0 b_1 c_0$	49,94	48,34	49,14
$a_0 b_1 c_1$	49,07	51,06	50,06
$a_1 b_0 c_0$	48,29	46,19	47,24
$a_1 b_0 c_1$	46,52	45,68	46,10
$a_1 b_1 c_0$	46,18	46,88	46,53
$a_1 b_1 c_1$	44,87	45,61	45,24

Elaborado: Autores

El análisis de varianza que se realizó con los valores de humedad se registra en la Tabla B18, donde se identificó que el Tipo de Regulador de Acidez (Factor A) influye significativamente sobre la respuesta experimental; mientras que la Acidez de la Leche (Factor B), el Tipo de Cuajo (Factor C) y el efecto combinado del Tipo de Regulador de Acidez con y la Acidez de la Leche (Interacción AB), así como la interacción de los factores AC y BC no influyen sobre el valor experimental de humedad en muestras de queso mozzarella, Este análisis se realizó a un nivel de confianza del 95%.

Tabla B18.
Análisis de Varianza para el Porcentaje de Humedad determinadas en muestras de Queso Mozzarella.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Valor de F	Probabilidad
A:Factor_A	47,8172	1	47,8172	47,54	0,0002
B:Factor_B	1,1025	1	1,1025	1,10	0,3299
C:Factor_C	2,5760	1	2,5760	2,56	0,1536
D:Réplicas	0,0529	1	0,0529	0,05	0,8252
Interacciones					
AB	47,8172	1	0,2704	0,27	0,6201
AC	1,1025	1	0,6806	0,68	0,4379
BC	2,5760	1	1,5376	1,53	0,2562
ABC	0,0529	1	1,9321	1,92	0,2083
Error	47,8172	7	1,0058		
TOTAL	1,1025	15			

Elaborado: Autores

Se realizó la prueba de Tukey al 5% de significancia para el Factor A (Tabla B19) y se estableció que existe diferencia significativa entre los niveles a_0 (Ácido Cítrico) y a_1 (Ácido Láctico), los

valores promedio de humedad indican que el nivel a_0 correspondiente al uso de Ácido Cítrico, presenta valores de humedad mayores, por lo tanto se consideró como el mejor tratamiento.

Tabla B19.

Medias Aritméticas de las pruebas experimentales (Prueba de Tukey) para el Factor A: Tipo de Regulador de Acidez. Análisis de Humedad.

		a_1	a_0
		23,14	24,87
a_1	23,14	0	1,73*
a_0	24,87		0

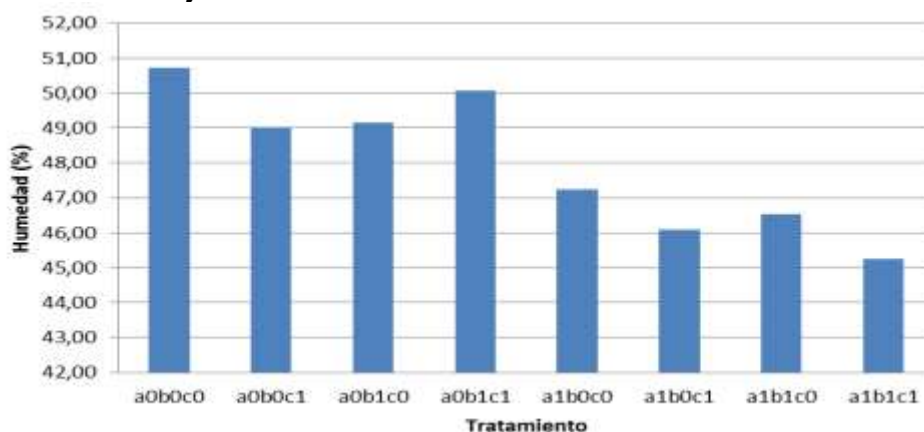
Elaborado: Autores

* = Diferencia Significativa

En el gráfico C3 (ANEXO C) se observa el Porcentaje de Humedad en las muestras de Queso Mozzarella, en donde se comprueba lo anteriormente expuesto en la prueba de Tukey, las muestras de queso mozzarella elaboradas con ácido cítrico presentan valores de humedad mayor a los determinados con el uso de ácido láctico.

Gráfico C3.

Porcentaje de Humedad en las muestras de Queso Mozzarella.



Elaborado: Autores

Sólidos Totales

Los sólidos totales se determinaron mediante método de diferencia del contenido de humedad, con la finalidad de usar estos datos para el cálculo de materia grasa en extracto seco, los resultados no fueron sometidos a análisis estadístico, en la Tabla B6 y B7, se registró los valores de sólidos totales en muestras de queso mozzarella; se analizó una variación de los mismos desde 49,28% para el tratamiento $a_0b_0c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk) hasta 54,76% para el tratamiento $a_1b_1c_1$ (Ácido Láctico, 32°D, Marschall), lo contrario a la determinación de humedad, puesto que si existe un mayor contenido de humedad evidentemente lo sólidos totales van a ser inferiores.

Tabla B6

Porcentajes de Sólidos Totales determinados en muestras de Queso Mozzarella.

Tratamientos	SÓLIDOS TOTALES (%)			
	Réplica 1		Réplica 2	
$a_0 b_0 c_0$	R1.1	49,52	R1.1	51,02
	R1.2	50,00	R1.2	46,58
$a_0 b_0 c_1$	R1.1	49,94	R1.1	51,59
	R1.2	51,25	R1.2	51,16
$a_0 b_1 c_0$	R1.1	49,22	R1.1	50,54
	R1.2	50,91	R1.2	52,78
$a_0 b_1 c_1$	R1.1	51,20	R1.1	49,16
	R1.2	50,65	R1.2	48,73
$a_1 b_0 c_0$	R1.1	51,58	R1.1	54,17
	R1.2	51,85	R1.2	53,46
$a_1 b_0 c_1$	R1.1	53,71	R1.1	53,10
	R1.2	53,25	R1.2	55,54
$a_1 b_1 c_0$	R1.1	53,09	R1.1	53,35
	R1.2	54,55	R1.2	52,89
$a_1 b_1 c_1$	R1.1	55,46	R1.1	54,32
	R1.2	54,81	R1.2	54,46

Elaborado: Autores

R= Réplica

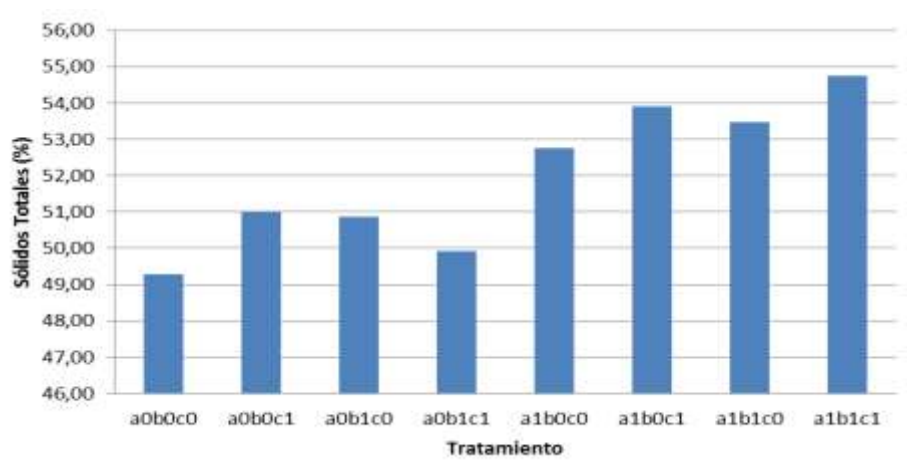
Tabla B7
Promedio de los Porcentajes de Sólidos Totales determinados en muestras de Queso Mozzarella.

Tratamientos	Sólidos Totales (%)		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
$a_0 b_0 c_0$	49,76	48,80	49,28
$a_0 b_0 c_1$	50,60	51,37	50,98
$a_0 b_1 c_0$	50,06	51,66	50,86
$a_0 b_1 c_1$	50,93	48,94	49,94
$a_1 b_0 c_0$	51,71	53,81	52,76
$a_1 b_0 c_1$	53,48	54,32	53,90
$a_1 b_1 c_0$	53,82	53,12	53,47
$a_1 b_1 c_1$	55,13	54,39	54,76

Elaborado: Autores

En el gráfico C4, se observa el Porcentaje de Sólidos Totales en las muestras de Queso Mozzarella, los tratamientos elaborados a base de Ácido Cítrico muestra valores inferiores respecto a los determinados con el uso de Ácido Láctico.

Gráfico C4.
Porcentaje de Sólidos Totales en las muestras de Queso Mozzarella.



Elaborado: Autores

Materia Grasa

La Materia grasa fue analizada en muestras de queso mozzarella, los resultados se presentan en la Tabla A5, los valores oscilan entre 21,5 % para el tratamiento $a_1b_1c_0$ hasta 23,5% para los tratamientos $a_0b_0c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk) y $a_1b_0c_0$ (Ácido Láctico 28°D, Chremilk).

Tabla A5
Porcentajes de Materia Grasa en muestras de Queso Mozzarella.

Tratamientos	Materia Grasa (%)		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
$a_0b_0c_0$	23,0	24,0	23,50
$a_0b_0c_1$	21,0	22,0	21,50
$a_0b_1c_0$	23,5	22,0	22,75
$a_0b_1c_1$	23,0	21,0	22,00
$a_1b_0c_0$	24,0	23,0	23,50
$a_1b_0c_1$	23,0	21,0	22,00
$a_1b_1c_0$	23,0	20,0	21,50
$a_1b_1c_1$	22,0	24,0	23,00

Elaborado: Autores

Se realizó el análisis de varianza con los valores de porcentaje de materia grasa, registrados en la Tabla B20, donde se identificó que el Tipo de Regulador de Acidez (Factor A), la Acidez de la Leche (Factor B), el Tipo de Cuajo (Factor C) y el efecto combinado de los mismos, interacciones AB, AC, y BC, no influyen significativamente sobre la respuesta experimental. El análisis se realizó a un nivel de confianza del 95%.

Tabla B20.
Análisis de Varianza para el Porcentaje de Materia Grasa determinado en muestras de Queso Mozzarella.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Valor de F	Probabilidad
A:Factor_A	0,015625	1	0,015625	0,01	0,9242
B:Factor_B	0,390625	1	0,390625	0,24	0,6369

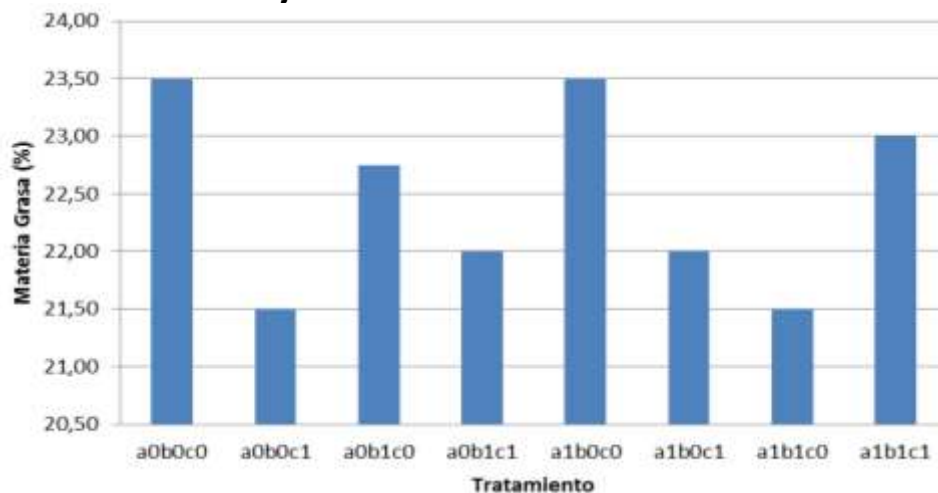
C:Factor_C	1,890630	1	1,890630	1,18	0,3137
D:Réplicas	1,890630	1	1,890630	1,18	0,3137
Interacciones					
AB	0,140625	1	0,140625	0,09	0,7758
AC	1,890630	1	1,890630	1,18	0,3137
BC	4,515630	1	4,515630	2,81	0,1374
ABC	0,765625	1	0,765625	0,48	0,5120
Error	11,234400	7	1,604910		
TOTAL	22,734400	15			

Elaborado: Autores

Mediante el grafico C7, se confirmó la aceptación de la hipótesis nula en el análisis estadístico, ya que claramente se notó valores indistintos para el Porcentaje de materia grasa en las muestras de queso mozzarella, dichos valores son independientes del Tipo de Regulador de Acidez empleado (Factor A), así como también de la Acidez de la Leche (Factor B), el Tipo de Cuajo (Factor C) usados en la presente investigación.

Gráfico C7.

Variación del Porcentaje de Materia Grasa en muestras de Queso Mozzarella.



Elaborado: Autores

Materia Grasa en el Extracto Seco

La materia grasa en el extracto seco según la norma INEN 64 es la cantidad, expresada en porcentaje de masa de sustancias, principalmente grasas, extraídas el queso mediante procedimientos normalizados. Basada en la norma mencionada se calculó el contenido de materia grasa en extracto seco, los resultados se muestran en la Tabla B8, los cuales varían desde 40,19 % para el tratamiento $a_1b_1c_0$ (Ácido Láctico, 32°D, Chremilk), hasta 47,70% para el tratamiento $a_0b_0c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk).

Tabla B8

Porcentajes de Materia Grasa en Extracto Seco en muestras de Queso Mozzarella.

Tratamientos	Materia Grasa en Extracto Seco (%)		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
$a_0 b_0 c_0$	46,22	49,18	47,70
$a_0 b_0 c_1$	41,51	42,82	42,16
$a_0 b_1 c_0$	46,94	42,59	44,76
$a_0 b_1 c_1$	45,16	42,91	44,03
$a_1 b_0 c_0$	46,41	42,74	44,57
$a_1 b_0 c_1$	43,01	38,66	40,83
$a_1 b_1 c_0$	42,74	37,65	40,19
$a_1 b_1 c_1$	39,90	44,13	42,01

Elaborado: Autores

El análisis de varianza que se realizó con los valores de materia grasa en extracto seco se registra en la Tabla B19, donde se identificó que el Tipo de Regulador de Acidez (Factor A), la Acidez de la Leche (Factor B), el Tipo de Cuajo (Factor C) y el efecto combinado de los mismos, interacciones AB, AC, y BC, no influyen significativamente sobre la respuesta experimental. El análisis se realizó a un nivel de confianza del 95%.

Tabla B19.

Medias Aritméticas de las pruebas experimentales (Prueba de Tukey) para el Factor A: Tipo de Regulador de Acidez. Análisis de Humedad.

		a_1	a_0
		23,14	24,87
a_1	23,14	0	1,73*
a_0	24,87		0

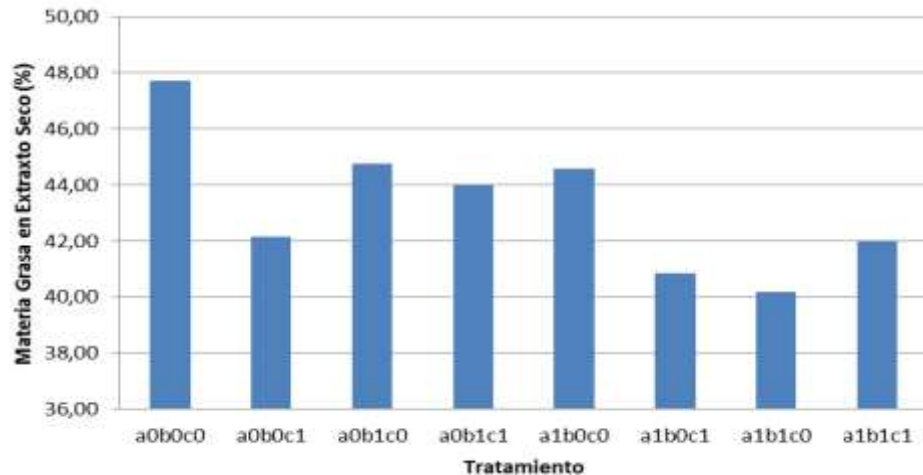
Elaborado: Autores

* = Diferencia Significativa

En el gráfico C8, se observa el Porcentaje de Materia Grasa en extracto seco en las muestras de Queso Mozzarella, se notó que el tratamiento $a_0 b_0 c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk), posee el mayor contenido de materia grasa en extracto seco con un valor de 47,70%, el resto de tratamientos poseen valores que varían desde 40,19 hasta 44,76%, siendo parecidos entre sí.

Gráfico C8.

Variación del Porcentaje de Materia Grasa en Extracto Seco en muestras de Queso Mozzarella.



Elaborado: Autores

pH

La determinación de pH se realizó en muestras de queso mozzarella como una respuesta experimental adicional, los resultados se reportan en la Tabla A8, y los valores promedio en la Tabla B10, los cuales varían desde 5,49 para el tratamiento $a_1b_1c_1$ (Ácido Láctico, 32°D, Masrchall) hasta 5,79 para el tratamiento $a_0b_0c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk), por lo cual se dedujo que no existe mucha variación y además los datos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el Reglamento Técnico del Mercosur de Identidad y Calidad del Queso Mozzarella, el cual sostiene que el pH del queso mozzarella debe situarse entre 5,0 y 6,0.

Tabla A8:
Valores de pH registrados en muestras de Queso Mozzarella.

Tratamientos	Réplica	Duplicado	pH
$a_0b_0c_0$	1	1.1	5,76
		1.2	5,78
	2	2.1	5,79
		2.2	5,81
$a_0b_0c_1$	1	1.1	5,58
		1.2	5,63
	2	2.1	5,61
		2.2	5,62
$a_0b_1c_0$	1	1.1	5,69
		1.2	5,67
	2	2.1	5,76
		2.2	5,76
$a_0b_1c_1$	1	1.1	5,48
		1.2	5,47
	2	2.1	5,61
		2.2	5,67

$a_1 b_0 c_0$	1	1.1	5,56
		1.2	5,85
	2	2.1	5,70
		2.2	5,51
$a_1 b_0 c_1$	1	1.1	5,53
		1.2	5,65
	2	2.1	5,59
		2.2	5,39
$a_1 b_1 c_0$	1	1.1	5,55
		1.2	5,58
	2	2.1	5,61
		2.2	5,61
$a_1 b_1 c_1$	1	1.1	5,58
		1.2	5,55
	2	2.1	5,42
		2.2	5,41

Elaborado: Autores.

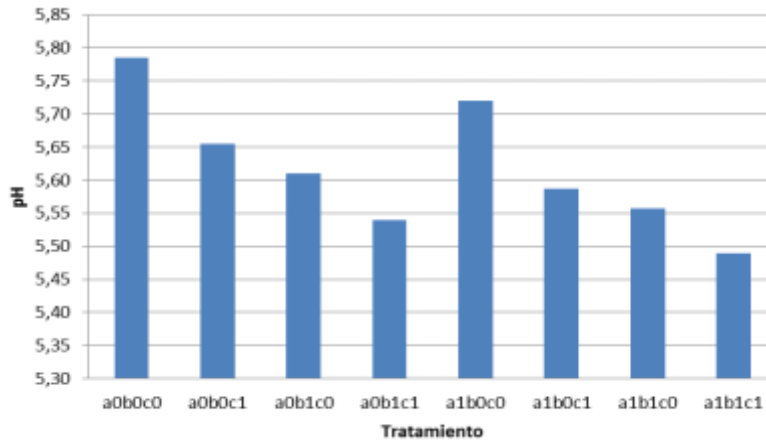
Tabla B10
Promedios de pH registrados en muestras de Queso Mozzarella.

Tratamientos	pH		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
$a_0 b_0 c_0$	5,77	5,80	5,79
$a_0 b_0 c_1$	5,71	5,61	5,66
$a_0 b_1 c_0$	5,61	5,62	5,61
$a_0 b_1 c_1$	5,59	5,49	5,54
$a_1 b_0 c_0$	5,68	5,76	5,72
$a_1 b_0 c_1$	5,57	5,61	5,59
$a_1 b_1 c_0$	5,48	5,64	5,56
$a_1 b_1 c_1$	5,57	5,42	5,49

Elaborado: Autores

El gráfico C5, ilustra los valores de pH en los distintos tratamientos de queso mozzarella los cuales no presentan diferencias significativas entre sí.

Gráfico C5.
Variación de pH en las muestras de Queso Mozzarella.



Elaborado: Autores

Rendimiento

El rendimiento de las muestras de queso mozzarella fue un parámetro adicional medido en la presente investigación, los datos experimentales se registraron en la Tabla A6, en la cual constan los pesos inicial y final de las muestras, mientras que la Tabla B9, se reporta los valores del Porcentaje de Rendimiento en muestras de queso mozzarella calculas a partir de los pesos registrados en la Tabla A6, dichos valores varían desde 8,35% para el tratamiento $a_1b_1c_0$ (Ácido Láctico, 32°D, Chremilk) hasta 10,72 % para el tratamiento $a_0b_0c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk).

Tabla A6
Pesos (g) registrados para determinación de rendimientos en muestras de Queso Mozzarella.

Tratamientos	Réplica	Pesos (gramos)	
		Peso Inicial	Peso Final
Testigo	1	3066	302,90
	2	3050	306,10
$a_0b_0c_0$	1	3043	322,00
	2	3037	329,89
$a_0b_0c_1$	1	3039	319,20
	2	3025	327,90
$a_0b_1c_0$	1	3040	311,50
	2	3060	315,20
$a_0b_1c_1$	1	3045	299,98
	2	3033	302,78
$a_1b_0c_0$	1	3050	295,45
	2	3020	291,20
$a_1b_0c_1$	1	3040	261,11
	2	3065	266,67
$a_1b_1c_0$	1	3028	253,88

	2	3010	250,15
$a_1 b_1 c_1$	1	3020	269,72
	2	3041	272,45

Elaborado: Autores

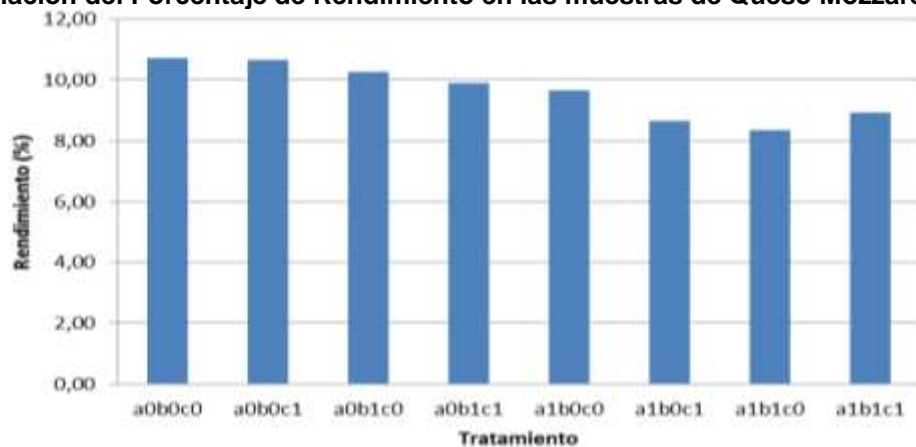
Tabla B9
Porcentajes de Rendimiento determinados en muestras de Queso Mozzarella.

Tratamientos	Rendimiento (%)		
	Réplica 1	Réplica 2	Promedio
$a_0 b_0 c_0$	10,58	10,86	10,72
$a_0 b_0 c_1$	10,50	10,84	10,67
$a_0 b_1 c_0$	10,25	10,30	10,27
$a_0 b_1 c_1$	9,85	9,98	9,92
$a_1 b_0 c_0$	9,69	9,64	9,66
$a_1 b_0 c_1$	8,59	8,70	8,64
$a_1 b_1 c_0$	8,38	8,31	8,35
$a_1 b_1 c_1$	8,93	8,96	8,95

Elaborado: Autores

En el gráfico C6, se observa los porcentajes de rendimiento en muestras de queso mozzarella, se analizó que los quesos elaborados con el uso de ácido cítrico nivel a_0 poseen mayor porcentaje de rendimiento ante las muestras elaboradas con uso de ácido láctico nivel a_1 , a pesar de que no existe mucha variación, la diferencia entre ambos niveles varía aproximadamente en un 2%.

Gráfico C6.
Variación del Porcentaje de Rendimiento en las muestras de Queso Mozzarella.



Elaborado: Autores.

PRUEBAS DE ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se lo realizó empleando un diseño de bloques incompletos, donde 36 catadores semi entrenados probaron muestras de dos tratamientos cada uno, y se obtuvieron 8 respuestas por cada tratamiento. El panel de catadores constó de 36 personas, de las cuales 17 fueron hombres y 19 Mujeres. Las cataciones fueron realizadas en estaciones de cata correctamente ubicadas para obtener confiabilidad en los datos.

En la Tabla B12, se observa los promedios de las valoraciones en muestras de Queso Mozzarella por catación para atributos: Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad.

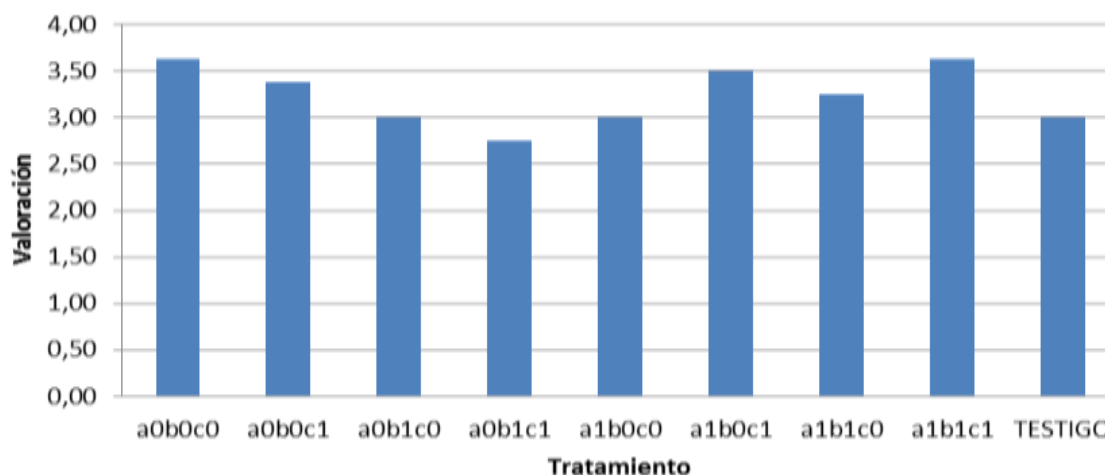
Tabla B12
Promedios de las valoraciones en muestras de Queso Mozzarella por catación para atributos: Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad.

Tratamientos	Atributos (Valoraciones promedio)				
	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
$a_0b_0c_0$	3,63	3,38	4,63	3,25	4,75
$a_0b_0c_1$	3,38	3,63	4,38	3,00	4,25
$a_0b_1c_0$	3,00	3,00	4,13	3,00	4,00
$a_0b_1c_1$	2,75	3,63	4,13	2,88	3,88
$a_1b_0c_0$	3,00	3,25	3,50	3,25	3,75
$a_1b_0c_1$	3,50	3,50	4,00	4,25	3,63
$a_1b_1c_0$	3,25	3,63	4,13	3,63	3,63
$a_1b_1c_1$	3,63	3,88	3,88	4,38	2,63
Testigo	3,00	2,75	3,38	2,88	3,00

Elaborado: Autores

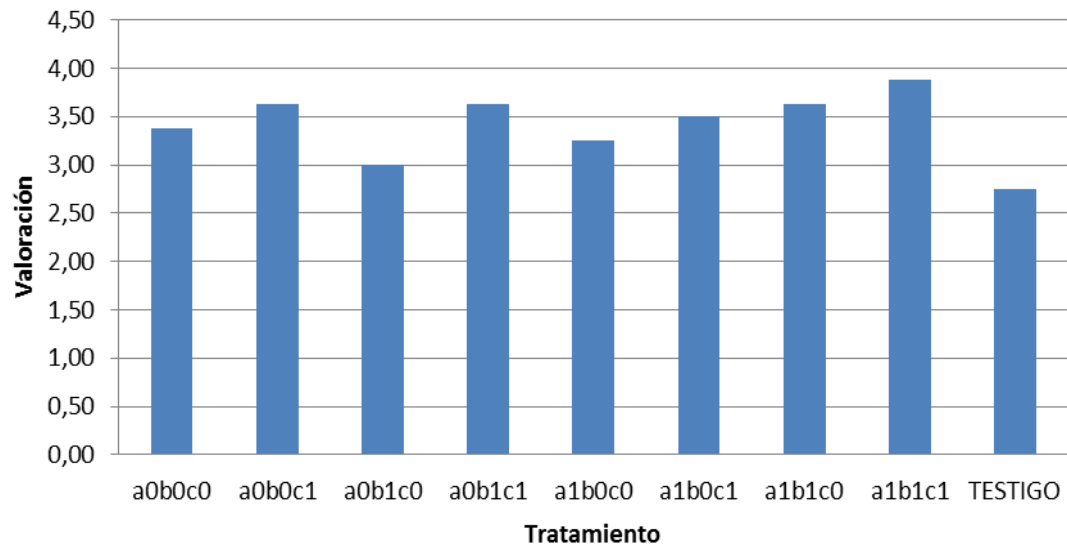
En lo gráficos C10, C11, C12, C13 y C14, se aprecian las comparaciones entre las valoraciones dadas a las muestras de queso mozzarella por parte de los catadores según el atributo analizado.

Gráfico C10.
Promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación: Atributo Color.



Elaborado: Autores

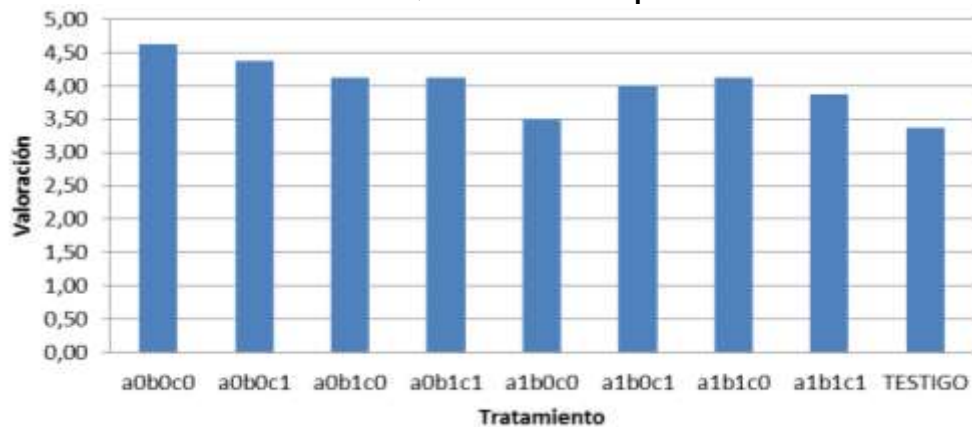
Gráfico C11
Promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación: Atributo Olor.



Elaborado: Autores

Gráfico C12.

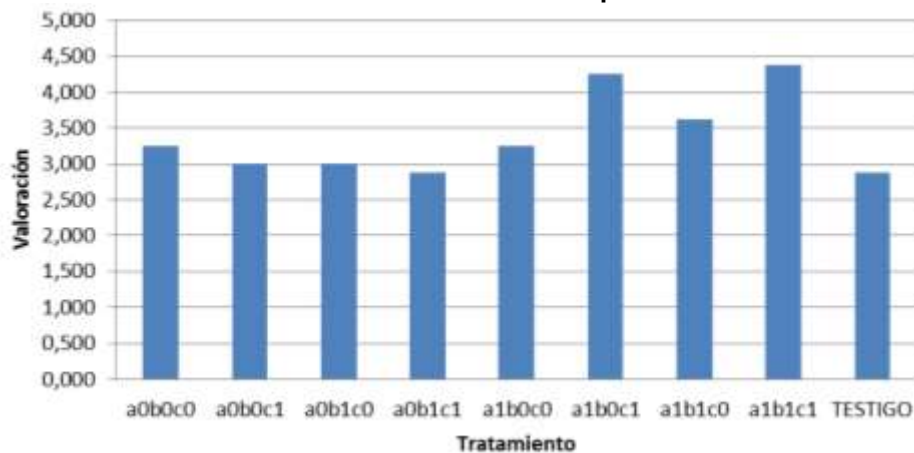
Promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación: Atributo Sabor.



Elaborado: Autores

Gráfico C13.

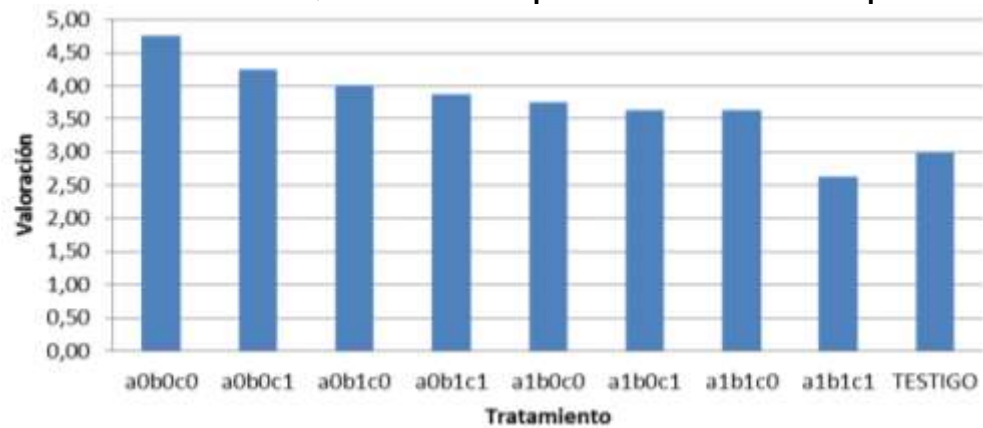
Promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación: Atributo Textura.



Elaborado: Autores

Gráfico C14.

Promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación: Atributo Aceptabilidad.



Elaborado: Autores

Color

El color fue analizado por los catadores en muestras de queso mozzarella, se utilizó una escala hedónica con 5 valoraciones, que permitió identificar el color característico de las muestras. La escala se planteó según los Requerimientos Generales para el Queso Mozzarella establecidos en la Norma INEN 82, la cual indica que “el color del queso mozzarella deberá ser uniforme y podrá variar del blanco a amarillo brillante”, de tal forma que la escala presentó asignaciones desde ‘Muy Blanco’ con una valoración de 1 hasta ‘Amarillo Brillante’ con una valoración de 5, como se muestra en el Anexo A1.

Los resultados obtenidos de las cataciones se registran en la Tabla A10 (ANEXO A), mientras que en la Tabla B12, se observa los promedios de las valoraciones en muestras de Queso Mozzarella por catación para atributos: Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad; se analizó que el promedio del color varía desde 2,75 para el tratamiento $a_0b_1c_1$ (Ácido Cítrico, 32°D, Marschall) hasta 3,63 para los tratamientos $a_0b_0c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk) y $a_1b_1c_1$ (Ácido Láctico, 32°D, Marschall); por lo tanto las muestras de queso mozzarella poseen un color entre blanco y amarillo tenue.

Tabla B12
Promedios de las valoraciones en muestras de Queso Mozzarella por catación para atributos: Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad.

Tratamientos	Atributos (Valoraciones promedio)				
	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
$a_0b_0c_0$	3,63	3,38	4,63	3,25	4,75
$a_0b_0c_1$	3,38	3,63	4,38	3,00	4,25
$a_0b_1c_0$	3,00	3,00	4,13	3,00	4,00
$a_0b_1c_1$	2,75	3,63	4,13	2,88	3,88
$a_1b_0c_0$	3,00	3,25	3,50	3,25	3,75
$a_1b_0c_1$	3,50	3,50	4,00	4,25	3,63
$a_1b_1c_0$	3,25	3,63	4,13	3,63	3,63
$a_1b_1c_1$	3,63	3,88	3,88	4,38	2,63
Testigo	3,00	2,75	3,38	2,88	3,00

Elaborado: Autores

El análisis de varianza que se realizó con las valoraciones obtenidas por los catadores para el atributo color se registra en la Tabla B22, donde se identificó que no existe diferencia significativa en el color de los tratamientos y la apreciación de los catadores, por lo tanto se acepta la hipótesis nula de la igualdad de los tratamientos. El análisis se realizó a un nivel de confianza del 95%.

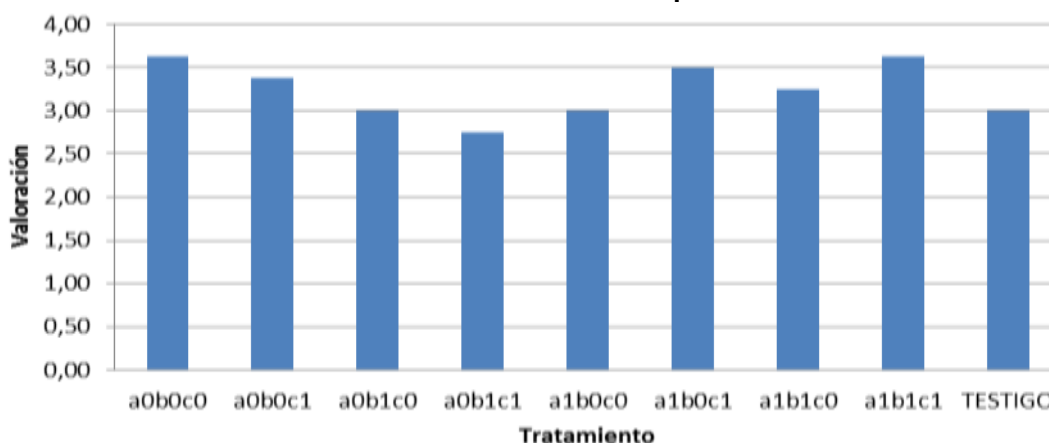
Tabla B22.
Análisis de Varianza para el Atributo Color.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	Valor de F Tablas
Tratamientos	8	6,6670	0,833	1,687	2,29
Catadores	35	26,486	0,757	1,532	1,84
Error	28	13,833	0,494		
Total	71	46,986			

Elaborado: Autores

En el gráfico C10, se observa el promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación para el Atributo Color, en donde la mayoría de tratamientos presentaron coloración blanco o blanco amarillento, cumplimiento con los requisitos establecidos en la norma INEN 82.

Gráfico C10.
Promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación: Atributo Color.



Elaborado: Autores

Olor

El olor fue analizado por los catadores en muestras de queso mozzarella, se utilizó una escala hedónica con 5 valoraciones, que permitió identificar el olor característico de las muestras. La escala se planteó según el agrado percibido por los catadores, la cual presentó asignaciones desde 'Muy Desagradable' con una valoración de 1 hasta 'Muy Agradable' con una valoración de 5, como se muestra en el Anexo A1.

Los resultados obtenidos de las cataciones se registran en la Tabla A11 (ANEXO A), mientras que en la Tabla B12, se observa los promedios de las valoraciones en muestras de Queso Mozzarella por catación para atributos: Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad; se analizó que el promedio del olor varía desde 2,75 para el tratamiento Testigo hasta 3,63 para los tratamientos $a_0b_0c_1$ (Ácido Cítrico, 28°D, Masrchall), $a_0b_1c_1$ (Ácido Cítrico, 32°D, Marschall) y $a_1b_1c_0$ (Ácido Láctico, 32°D, Chremilk), por lo tanto las muestras de queso mozzarella poseen un olor entre desagradable y Agradable.

Tabla A11

Valoración en el Queso Mozzarella mediante catación: Atributo Olor.

Catador	Tratamientos								Testigo
	$a_0 b_0 c_0$	$a_0 b_0 c_1$	$a_0 b_1 c_0$	$a_0 b_1 c_1$	$a_1 b_0 c_0$	$a_1 b_0 c_1$	$a_1 b_1 c_0$	$a_1 b_1 c_1$	
1	4								4
2	4						4		
3		3	4						
4			3			4			
5				2	3				
6					4				2
7		5				4			
8							3	4	
9				4				5	
10		5							4
11	4			3					
12		3			3				
13			3					4	
14				4			3		
15					4	4			
16						3			2
17			4				4		
18	5							3	
19			3						2
20	3				2				
21	3	2							
22			3	4					
23				4		5			
24					4		4		
25						2		3	
26							4		2
27		4						5	
28				4					3
29	1		1						
30		4					4		
31			3		4				
32		3		4					
33					2			3	
34	3					3			
35						3	3		
36								4	3

Elaborado: Autores

El análisis de varianza que se realizó con las valoraciones obtenidas por los catadores para el atributo olor se registra en la Tabla B23, donde se identificó que si existe diferencia significativa en el olor de los tratamientos y la apreciación de los catadores, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de la igualdad de los tratamientos, se acepta la hipótesis alternativa afirmando que el olor de los tratamientos es diferente. El análisis se realizó a un nivel de confianza del 95%.

Tabla B23.
Análisis de Varianza para el Atributo Olor.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	Valor de F Tablas
Tratamientos	8	8,000	1,000	2,947*	2,29
Catadores	35	41,819	1,195	3,522*	1,84
Error	28	9,500	0,339		
Total	71	59,319			

Elaborado: Autores

* = Diferencia Significativa

Se realizó la prueba de Tukey al 5% de significancia (Tabla B24), se estableció que el tratamiento $a_1b_1c_1$ (Ácido Láctico, 32°D, Marschall) presentó mayor diferencia significativa frente a los demás tratamientos, por lo tanto se le asignó la letra “a”, esto indica que posee el mayor valor promedio de las valoraciones siendo de 3,88; entonces el olor de este tratamiento es agradable considerándose el mejor tratamiento.

Tabla B24.
Medias Aritméticas de las pruebas sensoriales (Prueba de Tukey) para el Atributo Olor.

		Testigo	$a_0b_1c_0$	$a_1b_0c_0$	$a_0b_0c_0$	$a_1b_0c_1$	$a_1b_1c_0$	$a_0b_1c_1$	$a_0b_0c_1$	$a_1b_1c_1$
		2,75	3,00	3,25	3,38	3,50	3,63	3,63	3,63	3,88
Testigo	2,75	0	0,25	0,50	0,63	0,75	0,88	0,88	0,88	1,13*
$a_0b_1c_0$	3,00		0	0,25	0,38	0,50	0,63	0,63	0,63	0,88
$a_1b_0c_0$	3,25			0	0,13	0,25	0,38	0,38	0,38	0,63
$a_0b_0c_0$	3,38				0	0,13	0,25	0,25	0,25	0,50
$a_1b_0c_1$	3,50					0	0,13	0,13	0,13	0,38
$a_1b_1c_0$	3,63						0	0,00	0,00	0,25
$a_0b_1c_1$	3,63							0	0,00	0,25
$a_0b_0c_1$	3,63								0	0,25
$a_1b_1c_1$	3,88									0
			a	a	a	a	a	a	a	a
		b	b	b	b	b	b	b	b	

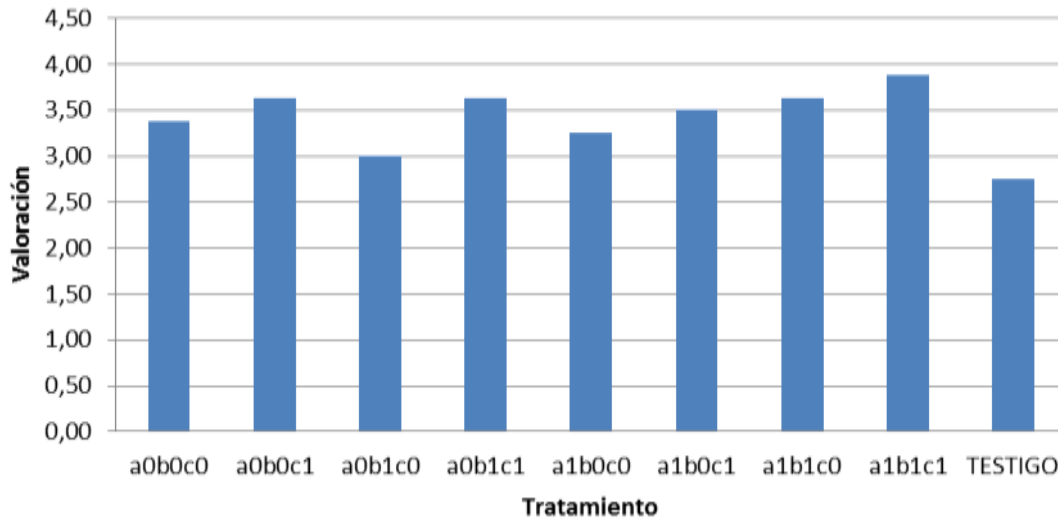
Elaborado: Autores

* = Diferencia Significativa

En el gráfico C11 (Anexo C) se observa el promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación para el Atributo Olor, en donde se ilustra lo anteriormente expuesto.

Gráfico C11

Promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación: Atributo Olor.



Elaborado: Autores

Sabor

El sabor fue un atributo sensorial de vital importancia analizado por los catadores en muestras de queso mozzarella, para lo cual se utilizó una escala hedónica con 5 valoraciones, que permitió identificar el grado de acidez de este atributo. La escala presentó asignaciones desde 'Básico' con una valoración de 1 hasta 'Ácido' con una valoración de 5, como se muestra en el Anexo A1.

Los resultados obtenidos de las cataciones se registran en la Tabla A12, mientras que en la Tabla B12, se observa los promedios de las valoraciones en muestras de Queso Mozzarella por catación para atributos: Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad; se determinó que el promedio del sabor varía desde 3,38 para el tratamiento Testigo hasta 4,63 para el tratamiento $a_0b_0c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk), por lo tanto las muestras de queso mozzarella poseen un sabor entre Ni ácido ni básico y Ligeramente ácido.

Tabla A12

Valoración en el Queso Mozzarella mediante catación: Atributo Sabor.

Catador	Tratamientos								Testigo
	$a_0 b_0 c_0$	$a_0 b_0 c_1$	$a_0 b_1 c_0$	$a_0 b_1 c_1$	$a_1 b_0 c_0$	$a_1 b_0 c_1$	$a_1 b_1 c_0$	$a_1 b_1 c_1$	
1	4								4
2	4						5		
3		4	3						
4			5			5			
5				3	2				
6					3				4
7		5				4			
8							4	4	
9				4				4	
10		5							3
11	4			4					
12		4			3				
13			4					5	
14				4			4		
15					4	4			
16						3			3
17			4				5		
18	5							4	
19			4						3
20	5				3				
21	5	5							
22			4	5					
23				4		5			
24					4		4		
25						2		3	
26							4		2
27		4						4	
28				5					4
29	5		5						
30		4					3		
31			4		5				
32		4		4					
33					4			3	
34	5					5			
35						4	4		
36								4	4

Elaborado: Autores

Tabla B12
Promedios de las valoraciones en muestras de Queso Mozzarella por catación para
atributos: Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad.

Tratamientos	Atributos (Valoraciones promedio)				
	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
$a_0 b_0 c_0$	3,63	3,38	4,63	3,25	4,75
$a_0 b_0 c_1$	3,38	3,63	4,38	3,00	4,25
$a_0 b_1 c_0$	3,00	3,00	4,13	3,00	4,00
$a_0 b_1 c_1$	2,75	3,63	4,13	2,88	3,88
$a_1 b_0 c_0$	3,00	3,25	3,50	3,25	3,75
$a_1 b_0 c_1$	3,50	3,50	4,00	4,25	3,63
$a_1 b_1 c_0$	3,25	3,63	4,13	3,63	3,63
$a_1 b_1 c_1$	3,63	3,88	3,88	4,38	2,63
Testigo	3,00	2,75	3,38	2,88	3,00

Elaborado: Autores.

El análisis de varianza que se realizó con las valoraciones obtenidas por los catadores para el atributo sabor se registra en la Tabla B25, donde se identificó que si existe diferencia significativa en el sabor de los tratamientos y la apreciación de los catadores, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, afirmando que el sabor de los tratamientos es diferente. El análisis se realizó a un nivel de confianza del 95%.

Tabla B25.
Análisis de Varianza para el Atributo Sabor.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	Valor de F Tablas
Tratamientos	8	5,778	0,722	2,318*	2,29
Catadores	35	28,486	0,814	2,613*	1,84
Error	28	8,722	0,312		
Total	71	42,986			

Elaborado: Autores

* = Diferencia Significativa

Se realizó la prueba de Tukey al 5% de significancia (Tabla B26) se estableció que el tratamiento $a_0 b_0 c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk) presentó mayor diferencia significativa frente a los demás tratamientos, por lo tanto se le asignó la letra “a”, esto indica que posee el mayor valor promedio de las valoraciones siendo de 4,63; por lo tanto el sabor de este tratamiento es Ligeramente ácido considerándose el mejor tratamiento, en cuanto a este parámetro.

Tabla B26
Medias Aritméticas de las pruebas sensoriales (Prueba de Tukey) para el Atributo Sabor.

		Testigo	$a_1 b_0 c_0$	$a_1 b_1 c_1$	$a_1 b_0 c_1$	$a_1 b_1 c_0$	$a_0 b_1 c_1$	$a_0 b_1 c_0$	$a_0 b_0 c_1$	$a_0 b_0 c_0$
		3,38	3,50	3,88	4,00	4,13	4,13	4,13	4,38	4,63
Testigo	3,38	0	0,13	0,50	0,63	0,75	0,75	0,75	1,00*	1,25*
$a_1 b_0 c_0$	3,50		0	0,38	0,50	0,63	0,63	0,63	0,88	1,13*
$a_1 b_1 c_1$	3,88			0	0,13	0,25	0,25	0,25	0,50	0,75
$a_1 b_0 c_1$	4,00				0	0,13	0,13	0,13	0,38	0,63
$a_1 b_1 c_0$	4,13					0	0,00	0,00	0,25	0,50
$a_0 b_1 c_1$	4,13						0	0,00	0,25	0,50
$a_0 b_1 c_0$	4,13							0	0,25	0,50
$a_0 b_0 c_1$	4,38								0	0,25
$a_0 b_0 c_0$	4,63									0
				a	a	a	a	a	a	a
			b	b	b	b	b	b	b	
		C	c	c	c	c	c	c		

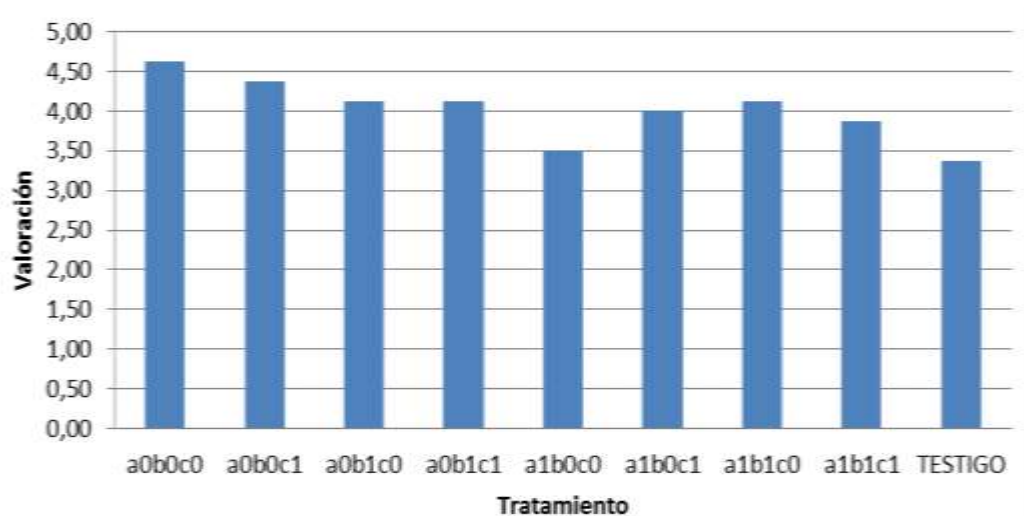
Elaborado: Autores

* = Diferencia Significativa

En el gráfico C12 (Anexo C) se observa el promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación para el Atributo Sabor, en donde se ilustra lo anteriormente expuesto.

Gráfico C12.

Promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación: Atributo Sabor.



Elaborado: Autores

Textura

La textura se midió mediante una escala hedónica con 5 valoraciones, desde Muy Blando hasta Muy Duro.

La textura fue analizada por los catadores en muestras de queso mozzarella, se utilizó una escala hedónica con 5 valoraciones desde 'Muy Blando' con una puntuación de 1 hasta 'Muy Duro' con una valoración de 5, como se muestra en el Anexo A1.

Los resultados obtenidos de las cataciones se registran en la Tabla A13 (ANEXO A), mientras que en la Tabla B12, se observa los promedios de las valoraciones en muestras de Queso Mozzarella por catación para atributos: Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad; se analizó que el promedio de la textura varía desde 2,88 para los tratamientos $a_0b_1c_1$ (Ácido Cítrico, 32°D, Marschall) y Testigo hasta 4,38 para el tratamiento $a_1b_1c_1$ (Ácido Láctico, 32°D, Marschall); por lo tanto las muestras de queso mozzarella poseen una textura entre blanda y dura.

Tabla A13
Valoración en el Queso Mozzarella mediante catación: Atributo Textura.

Catador	Tratamientos								Testigo
	$a_0b_0c_0$	$a_0b_0c_1$	$a_0b_1c_0$	$a_0b_1c_1$	$a_1b_0c_0$	$a_1b_0c_1$	$a_1b_1c_0$	$a_1b_1c_1$	
1	4								3
2	3						4		
3		4	3						
4			3			5			
5				3	4				
6					4				3
7		3				4			
8							3	4	
9				3				4	
10		4							4
11	3			3					
12		2			3				
13			2					5	
14				2			3		
15					3	5			
16						4			3
17			3				4		
18	3							4	
19			2						3
20	3				4				
21	3	3							
22			4	3					
23				4		3			
24					2		2		
25						4		4	
26							3		2
27		3						4	
28				3					3

29	3		3						
30		3					5		
31			4		3				
32		2		2					
33					3			5	
34	4					4			
35						5	5		
36								5	2

Elaborado: Autores

Aceptabilidad

La Aceptabilidad es un parámetro basado en la apreciación general del catador hacia las muestras de queso mozzarella, se midió mediante una escala hedónica con 5 valoraciones, No Gusta, Gusta poco, Ni gusta ni disgusta, Gusta, Gusta mucho.

Los resultados obtenidos de las cataciones se registran en la Tabla A14, mientras que en la Tabla B12, se observa los promedios de las valoraciones en muestras de Queso Mozzarella por catación para atributos: Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad; se analizó que el promedio de aceptabilidad varía desde 2,63 para el tratamiento $a_1b_1c_1$ (Ácido Láctico, 32°D, Marschall) hasta 4,75 para el tratamiento $a_0b_0c_0$ (Ácido Cítrico, 28°D, Chremilk), por lo tanto las muestras de queso mozzarella poseen una aceptabilidad entre Gusta Poco y Gusta Mucho

Tabla A14
Valoración en el Queso Mozzarella mediante catación: Atributo Aceptabilidad.

Catador	Tratamientos								Testigo
	$a_0b_0c_0$	$a_0b_0c_1$	$a_0b_1c_0$	$a_0b_1c_1$	$a_1b_0c_0$	$a_1b_0c_1$	$a_1b_1c_0$	$a_1b_1c_1$	
1	5								3
2	4						2		
3		4	3						
4			5			3			
5				4	3				
6					4				3
7		5				4			
8							4	3	
9				4				3	
10		5							5
11	4			3					
12		4			2				
13			5					2	
14				4			4		
15					5	4			
16						4			3
17			4				4		
18	5							3	
19			4						2
20	5				4				
21	5	4							
22			4	4					
23				3		4			
24					4		4		

25						2		3	
26							4		2
27		4						2	
28				5					2
29	5		3						
30		4					3		
31			4		4				
32		4		4					
33					4			3	
34	5					4			
35						4	4		
36								2	4

Elaborado: Autores

El análisis de varianza que se realizó con las valoraciones obtenidas por los catadores para el atributo aceptabilidad, las cuales se registran en la Tabla B29, donde se identificó que si existe diferencia significativa en la aceptabilidad de los tratamientos, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de la igualdad de los tratamientos, se acepta la hipótesis alternativa afirmando que la aceptabilidad de los tratamientos es diferente. El análisis se realizó a un nivel de confianza del 95%.

Tabla B29.
Análisis de Varianza para el Atributo Aceptabilidad.

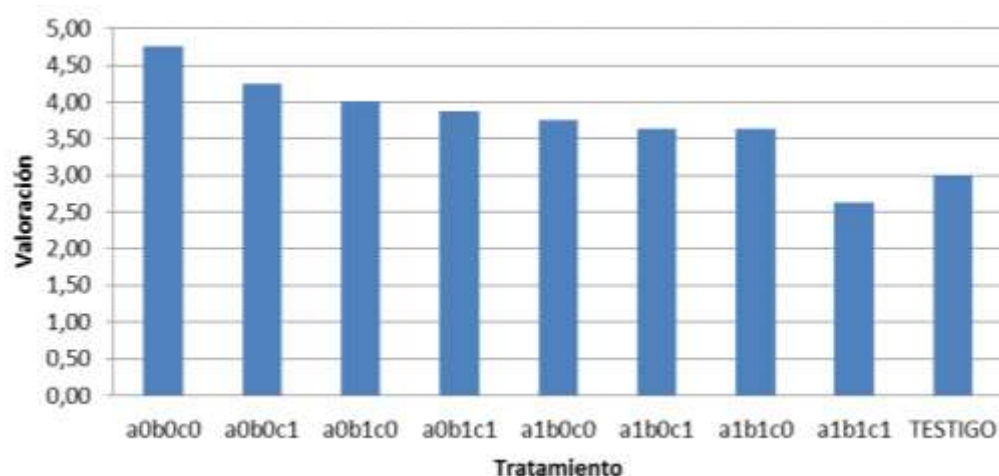
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	Valor de F Tablas
Tratamientos	8	23,556	2,944	6,132*	2,290
Catadores	35	21,444	0,613	1,2760	1,840
Error	28	13,444	0,480		
Total	71	58,444			

Elaborado: Autores

* = Diferencia Significativa

En el gráfico C14, se observa el promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación para el Atributo Aceptabilidad, en donde se observó que los tratamientos elaborados con la utilización de ácido cítrico presentan mayor grado de aceptación que aquellos que fueron elaborados a base de ácido láctico.

Gráfico C14
Promedio de las valoraciones de Queso Mozzarella por catación: Atributo Aceptabilidad.



Elaborado: Autores

CONCLUSIONES

- Los reguladores de acidez como Ácido Cítrico y Ácido Láctico incidieron en el tiempo de acidificación de la cuajada para la Elaboración de Queso Mozzarella, se comprobó experimentalmente que existe diferencia significativa entre estos dos tipos de ácidos, puesto que cuando se reguló la acidez de la leche a 28°D, los tiempos de acidificación promedio de la cuajada fueron de 156 min y 250 min, cuando se usó el ácido cítrico y láctico respectivamente, de igual forma cuando se reguló la acidez de la leche a 32°D los tiempos promedio fueron de 35 min y 70 min para el ácido cítrico y láctico; además el tiempo de acidificación de la cuajada tarda 1014 min sin el empleo de ácidos, por lo tanto cuando se usó el ácido cítrico con una acidez de la leche de 28 y 32°D, se redujo el tiempo de acidificación en un 84,56 y 96,60% respectivamente, mientras que el ácido láctico presentó reducciones del 75,39 y 93,09%, todo esto respecto del tratamiento testigo en el cual no se emplearon ácidos, se analizó que la diferencia en tiempo y porcentaje entre estos ácidos oscila en un orden de 94 min y 12,04% a una acidez de 28°D y de 35 min y 17,70%, comprobando así la diferencia significativa entre ellos.
- El ácido cítrico fue el regulador de acidez más adecuado ya que permitió reducir el tiempo de acidificación de la cuajada a 151 min cuando se regula la acidez de la leche a 28°D y a 31 min con una acidez de la leche de 32°D, lo cual significó una reducción de tiempo de acidificación de la cuajada del 85,11% y 96,94%, respecto del tratamiento testigo, el cual tardó 1014min para acidificar la cuajada, sin el empleo de ácidos; por lo tanto se analizó que el ácido cítrico a cualquier regulación de acidez de la leche presentó mayores porcentajes de reducción del tiempo de acidificación de la cuajada respecto del ácido láctico. Además el ácido cítrico fue el más adecuado, para reducir el tiempo de

acidificación de la cuajada, ya que cuenta con 3 grupos ácidos-carboxílicos con mayor capacidad para quelar calcio ante el ácido láctico que presenta un solo grupo carboxilo.

- Mediante las cataciones realizadas y el análisis estadístico de los resultados se eligió al tratamiento $a_0b_0c_0$ que conjuga al Ácido Cítrico como Tipo de Regulador de Acidez, con una Acidez de la Leche de 28°D y el empleo de Chremilk siendo el Tipo de Cuajo, como el mejor tratamiento de la presente investigación, se consideró que el atributo Aceptabilidad fue uno de los parámetros que resume de forma general la preferencia de los consumidores hacia el mejor tratamiento, por lo tanto la muestra de queso mozzarella presentó el mayor promedio en cuanto a la valoración de aceptabilidad mediante una escala hedónica, con una puntuación de 4,75 correspondiente a 'Gusta Mucho', además mediante los resultados de las cataciones se analizó que el queso mozzarella elaborado posee un color 'Amarillo Ténue', su olor 'Ni agrada ni desagrada', el sabor es 'Ligeramente ácido', la textura es 'Ni dura ni blanda' y la aceptabilidad 'Gusta Mucho' al paladar del consumidor. Además, se analizó que los parámetros físicos químicos determinados en el mejor tratamiento, se encuentran dentro de los rangos establecidos en la norma INEN 82 para los requisitos de queso mozzarella, con un contenido de una humedad del 50,72%, materia grasa en extracto seco del 47,70% y un rendimiento del 10,72%.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, B, *et al*, (2006). Uso de Suero Fermentado para Reducir el Tiempo de Acidificación del Queso Oaxaca. Universidad Autónoma del Estado de México. Agrociencia. Colegio de Postrados. México.
- AGUIRRE, J, (2009). Aprovechamiento del Suero Lácteo Fermentado en el Proceso de Fabricación del Queso Tipo Mozzarella y su Aplicación con Adición de Jamón. TESIS previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- ALVARADO, J, (1996). Principios de Ingeniería Aplicados a los Alimentos. Ed. Radio Comunicaciones - División Artes Gráficas. Primera Edición. Ambato, Ecuador.
- ARES, J, (2000). Caracterización Cualitativa de los Quesos Tradicionales Elaborados en Empresas Ganaderas de Andalucía. Centro de Investigación y Formación Agraria. Argentina.
- CENTRO DE ESTUDIOS PARA EL DESARROLLO Y LA PARTICIPACIÓN, (2008). Manual para Queserías Rurales, en Distrito de Cusca, Provincia de Corongo. Perú
- CODEX ALIMENTARIUS (2007). Norma del Codex CODEX STAN 262-2007 Para la Mozzarella, primera edición.
- EQUIPO REGIONAL DE FOMENTO Y CAPACITACIÓN EN LECHERIA DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA, (1981). Manual de Elaboración de Quesos. Chile.
- GRAJALES, M, (2009). Estandarización del Proceso de Elaboración del Queso Doble Crema Tipo Mozzarella. PROYECTO DE GRADO previo a la obtención del título de Tecnóloga Química. Universidad Tecnológica de Pereira. Escuela de Tecnología Química. Colombia
- GUTIERREZ, J, (2000). Tecnología de Lácteos. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- HERNÁNDEZ, P, (2002). Elaboración de Queso Mozzarella a Partir de Leche de *Bubalus bubalis* (Ganado Bupalino). Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v 2 n°2 p. 19 – 30 (2002). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNAP. Perú.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, Normas Ecuatorianas Obligatorias NTE INEN 11, 12, 13, 14, 16, 18, 63, 64, 82, primera edición.
- IBAÑEZ, F, *et al*, (2003). Aditivos Alimentarios. Universidad Pública de Navarra. Área de Nutrición y Bromatología. España.
- LABUZA, T, (1982). Shelf Life Dating of Foods. Ed. Food and Nutrition Press Inc. Westport, Connecticut, USA.
- MERCADO COMÚN DEL SUR, Reglamento Técnico del Mercosur de Identidad y Calidad del Queso Mozzarella N°78.
- MOLINA, G, *et al*. (1998). Elaboración de Queso Mozzarella a Partir de Métodos Rápidos de Acidificación. TESIS previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana.
- NAVARRO, R, *et al*, (2009). Resultados y Lecciones en Producción de Quesos Diferencias en Curacautín. Fundación para la Innovación Agraria – Ministerio de Agricultura de Chile. Chile.
- OÑATE, R, (2003). Informe Sobre Recursos Zootecnicos Ecuador, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ecuador
- ORDOÑEZ. L, (2008). Evaluación del Uso de Ácido Acético como Agente Coagulante de la Caseína de la Leche de Ganado Bovino. TESIS previo a la obtención del título de Técnico de Procesos Agroindustriales. Universidad San Carlos de Guatemala.

- PIÑEROS, G, et al. (2005). La Calidad como Factor de Competitividad en la Cadena Láctea. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Colombia
- RAMIREZ, J, (2008). Manual de Laboratorio de Tecnología de Lácteos. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- REYNA, R, (2011). Diseño de un laboratorio fisicoquímico y microbiológico para control de calidad en una industria de productos lácteos. TESIS previo a la obtención del título de Ingeniera Química. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
- SALTOS, A, (1993). Diseño Experimental. Ambato, Ecuador.
- SÁNCHEZ, C, *et al*, (1993). Mejoramiento del rendimiento y de las características organolépticas del queso blanco suave y crema elaborado con leche de cabra. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Lara. Venezuela.
- SPREER, E, (1975). Lactología Industrial. Ed Acribia. Segunda Edición. Zaragoza, España.
- UNIVERSIDAD DEL ZULIA, 2004. Determinación de grasa y sólidos totales en leche y derivados. Guía Práctica. Maracaibo.
- VELASTEGUÍ, L, (2003). Diseño del sistema de producción y comercialización para quesos en la agroindustria de Tinalandia en Santo Domingo. PROYECTO previo a la obtención del título de Ingeniera Comercial. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga. Facultad de Ciencias Administrativas.
- VILLEGAS, A, (2008). Dos Famosos Quesos de Pasta Hilada (Filata): El Oaxaca y Mozzarella. Universidad Autónoma de Chapingo.
- ZAMORA, S, (1998). Producción de Queso Mozzarella Utilizando el Método de Acidificación Directa. Proyecto de Graduación previo a la obtención del título Licenciada en Tecnología de Alimentos Universidad de Costa Rica. Carrera Interdisciplinaria de Tecnología de Alimentos.
- ZAVALA, J, (2005). Aspectos Nutricionales y Tecnológicos de la Leche. Dirección General de Promoción Agraria.