

# **Evaluación de ácido cítrico y láctico en la elaboración de queso Zamorella**

**Ana Cristina Arciniega Castillo**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2010



ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Evaluación de ácido cítrico y láctico en la elaboración de queso Zamorella**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado  
Académico de Licenciatura.

Presentado por:

**Ana Cristina Arciniega Castillo**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

# Evaluación de ácido cítrico y láctico en la elaboración de queso Zamorella

Presentado por:

Ana Cristina Arciniega Castillo

Aprobado:

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Asesor principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Carrera Agroindustria Alimentaria

---

Flor Núñez, M.Sc.  
Asesora

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Miguel Ángel Álvarez, Ing.  
Asesor

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

Arciniega, A. 2010. Evaluación de ácido cítrico y láctico en la elaboración de queso Zamorella. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. 35 p.

El queso Zamorella es un queso suave y elástico que se obtiene por acidificación complementado por la acción de bacterias lácticas. El proceso tradicional de producción del queso Zamorella tarda alrededor de tres a cuatro días debido a la etapa de fermentación de la cuajada que se da en los cuartos fríos. El objetivo de éste estudio fue utilizar el método de acidificación directa por medio de ácidos para evaluar las características físico-químicas y sensoriales del queso mozzarella. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con medidas repetidas en el tiempo al día 0 y 30, obteniendo 4 tratamientos y 3 repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales. Se evaluó la acción del ácido cítrico (100%), ácido láctico (100%) y la combinación de ácido cítrico y láctico (50/50). Se realizó un análisis sensorial exploratorio de aceptación, utilizando 20 panelistas no entrenados, consumidores frecuentes de productos lácteos. Se evaluaron los atributos sensoriales de apariencia, aroma, textura, acidez, sabor y aceptación general. Las características físico-químicas evaluadas fueron textura, color y pH. El período de elaboración se redujo a 4 - 5 horas en promedio. Los quesos de los tratamientos con ácido láctico y ácido cítrico, obtuvieron las mejores calificaciones sensoriales y una aceptación general de 8.51 y 7.92 respectivamente ( $P < 0.05$ ). El tratamiento con ácido cítrico tuvo mejor apariencia y sabor y el tratamiento con ácido láctico mejor sabor, textura y mayor rendimiento (13%). El costo para producir un kilogramo del mejor tratamiento de queso mozzarella con ácido láctico es de \$ 4.66.

**Palabras clave:** acidificación directa, atributos sensoriales, queso suave.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>5 CONCLUSIONES .....</b>	<b>26</b>
<b>6 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>7 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>28</b>
<b>8 ANEXOS .....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Normas de identidad de Mozzarella Título 21 CFR.....	4
2. Soluciones utilizadas para cada tratamiento.....	10
3. Diseño Experimental. ....	10
4. Análisis físico de textura (Newtons). ....	14
5. Análisis físico de color: valor L*. ....	15
6. Análisis físico de color: valor a*. ....	16
7. Análisis físico de color: valor b*. ....	16
8. Análisis de elasticidad del queso mozzarella. ....	17
9. Análisis físico de acidez. ....	18
10. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo apariencia. ....	19
11. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo aroma. ....	19
12. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo acidez.....	20
13. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo textura.....	21
14. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo sabor. ....	21
15. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo aceptación general. ....	22
16. Análisis microbiológicos de Coliformes totales al día 0 y 30. ....	22
17. Rendimiento de queso mozzarella por acidificación directa. ....	23
18. Coeficiente de correlación del queso mozzarella entre las variables físico- químicas y las variables sensoriales al día 0 y 30. ....	24
19. Costo variable para el mejor tratamiento (TRT 2 Ácido Láctico).....	25
20. Comparación del costo unitario/kg por tratamiento para producir queso mozzarella..	25
Figura	Página
1. Flujo de elaboración de queso mozzarella por acidificación.....	9





Anexo	Página
1. Hoja de Evaluación sensorial .....	31
2. Gráficas de Textura (N).....	34
3. Gráficas de color $l^*$ .....	35



# 1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por queso el producto blando, semiduro, duro y extra duro, madurado o no madurado obtenido mediante: coagulación total o parcial de la proteína de la leche, leche descremada, leche semidescremada, crema de suero o de cualquier combinación de éstos materiales (CONACYT 2006), por acción del cuajo, y por escurrimiento parcial del suero, resultando en una concentración de proteína láctea (caseína) (Alais 2003).

En la clasificación de los quesos se encuentra las variedades pasta hilada (técnica italiana), entre los cuales se encuentra el queso mozzarella, el mismo que es un queso semi-duro, no madurado, entre sus características su cuajada es calentada hasta cerca los 55°C y el estiramiento es mecánico o manual produciendo una cuajada fibrosa y moldeable (Fox 2000).

La producción de mozzarella implica una fase de la acidificación fuerte de la leche o la cuajada. La plastificación de la cuajada se da en agua caliente y lleva a cabo por fermentación de la cuajada por el ácido láctico de bacterias (procedimiento biológico) o complemento directo de un agente acidificante a la leche (procedimiento químico) antes de la coagulación (Kindstedt 2004).

El procedimiento necesita varias horas para ser completado por el procedimiento biológico, ante esto se usa la acidificación directa que resulta en menores costos de producción y mejorar la normalización de las características del queso. Sin embargo, este método supone un paso muy crítico, que es la evaluación del nivel de acidificación de la leche (cantidad de ácido que se añadirán) para obtener un nivel adecuado de solubilización del calcio. Este es un punto crucial, la determinación no sólo de las propiedades de estiramiento de la cuajada, sino también la consistencia del producto terminado (McMahonet 2005).

## 1.1 ANTECEDENTES

En Zamorano se realizaron investigaciones con respecto al uso de ácidos como método de acidificación en el queso Zamorella. En una investigación realizada por Molina (1998) se elaboraron quesos mozzarella, en los cuales se utilizó un ácido orgánico, cultivo de yogur y cultivo láctico, como agentes para agilizar el periodo de acidificación. Al añadir ácido cítrico se redujo 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 %. A través del análisis sensorial, se demostró que no existen diferencias significativas

entre las características organolépticas (color, aroma y olor) analizadas en los quesos producidos.

La segunda investigación (Bernal 1999), consistió en la elaboración de queso Zamorella utilizando ácido cítrico, ácido acético y ácido fosfórico como acidulantes en la leche, evaluando su conveniencia económica y sensorial. Al utilizar ácido cítrico se obtuvo un rendimiento de 9.4% y se redujo el tiempo de obtención a 2.7 horas, aumentando la rentabilidad sobre costos de 9 a 17%. Finalmente el queso elaborado con ácido cítrico presentó las mejores calificaciones sensoriales en los atributos de textura y elasticidad.

Con el fin de conseguir un proceso industrial más eficiente se utiliza el método de acidificación directa en la elaboración de queso mozzarella, existiendo reducción de hasta un 50% en el tiempo de elaboración del queso (Breene 1994).

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

En la Planta de Lácteos de Zamorano se elaboran diversos tipos de quesos madurados y no madurados, dentro de los cuáles tenemos el queso mozzarella, en el que se utiliza el sistema tradicional de uso de cultivos lácticos para la acidificación de leche previo a la elaboración del mismo.

El queso Zamorella necesita alrededor de cuatro días para que se encuentre listo, con las características deseadas en cuanto a su cuajada acidificada para su hilado y moldeado. Por su tiempo prolongado de acidificación es necesario optar por un método que haga este proceso más eficiente y eficaz, para implementarlo en la Planta de Lácteos y así conseguir el queso mozzarella en menor tiempo, con buenas características físicas y sensoriales, reduciendo el tiempo de espera, costos y aumentando la rentabilidad. Con el presente estudio se pretende obtener una formulación que suplante la formulación tradicional, incrementando los rendimientos y el disminuyendo el tiempo de elaboración.

## **1.3 LIMITANTES DEL ESTUDIO**

- El presupuesto para el estudio es limitado, lo que impide realizar más repeticiones por tratamientos.
- No se cuenta con un panel sensorial entrenado que facilite la determinación de las características sensoriales ideales para el queso mozzarella.

## **1.4 ALCANCES DEL ESTUDIO**

- Elaborar queso mozzarella con excelentes características físicas, químicas y sensoriales.

- Implementar el uso de ácido cítrico y ácido láctico como agente acidificante en la leche para elaborar queso mozzarella.
- Obtener queso mozzarella con más alto rendimiento por el uso de acidulantes y reducir el tiempo de elaboración.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Evaluar el uso de ácido cítrico y láctico como método de acidificación rápida en la elaboración de queso Zamorella.

### **1.5.2 Específicos**

- Evaluar ácido cítrico en propiedades físico-químicas y sensoriales del queso Zamorella.
- Evaluar ácido láctico en propiedades físico-químicas y sensoriales del queso Zamorella.
- Evaluar la combinación de ácido láctico y cítrico en propiedades físicas y sensoriales del queso Zamorella.
- Determinar la carga de coliformes totales del producto final.
- Determinar costos variables del producto, realizando un análisis diferencial de costos para establecer el mejor tratamiento.

\

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 DEFINICIÓN

Según el Codex Alimentarius el queso mozzarella es un queso no madurado de conformidad con la Norma General para el Queso (CODEX STAN 283 -1978) y la Norma Para el Queso No Madurado incluido el queso fresco (CODEX STAN 221-2001). Se trata de un queso suave y elástico con una estructura de la proteína fibrosa de transición larga con orientación paralela a las fibras sin evidencia de gránulos de cuajada. Mozzarella es hecho mediante el proceso pasta hilada, que consiste en calentar la cuajada de un valor de pH adecuado, amasarla y estirarla hasta que la cuajada sea lisa y libre de grumos. Aún caliente, la cuajada se corta y se moldea, luego se moldea por enfriamiento (Codex Alimentarius 2007).

#### 2.1.1 Clasificación del queso mozzarella

La FDA (Food and Drug Administration) reconoce cuatro categorías de mozzarella; no hay requisitos para el pH de queso o el porcentaje de sal (Codex Alimentarius 2007). En el Cuadro 1 se muestran las normas.

Cuadro 1. Normas de identidad de Mozzarella Título 21 CFR.

	Humedad (%)	GBS (%) <sup>1</sup>
Mozzarella	52-60	≥ 45
Mozzarella de baja humedad	45-52	≥ 45
Mozzarella parcialmente descremado	52-60	30-45
Mozzarella de baja humedad parcialmente descremado	45-52	30-45

<sup>1</sup>GBS = grasa en base seca.

### 2.2 GENERALIDADES

#### 2.2.1 Efecto de la temperatura

El queso mozzarella tiene un aspecto fibroso debido a la formación de fibras de proteína durante la cocción y proceso de estiramiento (Oberg 1993). Estas fibras se forman porque los glóbulos de grasa en el queso físicamente obstaculizan la fusión de las cadenas de proteínas y son acumulados entre las fibras de proteínas.

La pérdida de matriz por temperatura se puede evitar mediante el uso de la acidificación directa debido a que más calcio se pierde durante la elaboración de queso mozzarella, que se traduce en un queso con matriz proteica más hidratada (Guinee 2002). Tal acidificación directa produce quesos típicamente con niveles más altos de humedad, con calcio a las proporciones de proteína que son 30% más bajo, y el aumento de propiedades de fusión en comparación al queso hecho por medio biológico o cultivos starter (Guinee 2002).

### **2.2.2 Efecto de la acidez (pH)**

La acidez del queso (pH) influye en las propiedades funcionales de queso, sin embargo arriba de pH 5.0, esto parece tener un efecto indirecto sobre la solubilidad del calcio. La inyección de ácido en queso para bajar el pH aumenta la proporción de calcio soluble en el queso. Entre pH de 5.3 y 5.0, el queso se vuelve más suave y aumenta su derretimiento (Pastorino 2003). Ambos cambios son indicativos del aumento de la hidratación de la red de la proteína provocada por tener menos calcio unido a las caseínas. Por debajo de pH 5.0, la pérdida de solubilidad de las caseínas se convierte en el factor predominante que influye dicha funcionalidad de que los quesos pierden su capacidad para fundir y se extienden a pesar de que el calcio disminuye (Ge 2002).

Según la investigación realizada por Guinee (2004) en quesos producidos con pH de 5.9 (por acidificación directa) y pH de 5.5 (acidificación directa y adición con cultivos starter), se observó una mayor capacidad de estiramiento y fluidez en el queso con pH de 5.5; y similares niveles de calcio para los dos valores de acidez. (Metzger 2000).

En la planta de lácteos Zamorano se estudiaron métodos para acidificación directa, utilizándose ácido cítrico, láctico y cultivo de yogurt, determinándose que el ácido cítrico resultó en incremento en el rendimiento del queso Zamorella del 8.3% al 9.5% (Molina 1998); de igual manera con la utilización de ácidos cítrico, láctico y fosfórico en una segunda investigación. Se reportó un incremento en el rendimiento de queso Zamorella del 8.3 al 9.4% con la utilización de ácido cítrico (Bernal 1999). Tanto la temperatura como la acidez tienen un papel muy importante en las características de derretimiento del queso, la misma que se refiere a la tendencia del queso rallado o picado para formar partículas en una masa continua por calentamiento (Kindstedt 1989).

## **2.3 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DE ÁCIDOS UTILIZADOS**

### **2.3.1 Ácido láctico**

El ácido láctico se obtiene por la fermentación láctica de azúcares o se prepara sintéticamente. Los productos comunes del comercio son soluciones de 50-90%. Su fórmula química es  $C_3H_6O_3$ . Al ser de grado alimenticio se usa directamente o diluido, de acuerdo a la concentración del ácido original y al producto a ser acidificado (FAO 2009).

### 2.3.2 Ácido cítrico

El ácido cítrico puede ser producido por la recuperación de fuentes como jugo de limón o la fermentación de soluciones de carbohidratos con *Candida* spp. Su fórmula empírica es  $C_6H_8O_7$  (anhídrido). Su forma de uso es de forma directa o diluida. Se usa como acidulante, secuestrante; antioxidante; agente saborizante (FAO 2009).

El manual de procedimiento la comisión del Codex Alimentarius establece los siguientes criterios para la evaluación del cumplimiento de la cantidad a utilizar de cada uno de los ácidos basado en buenas prácticas de manufactura:

- La cantidad de aditivo añadido a los alimentos se limitará al mínimo nivel posible necesario para lograr el efecto deseado.
- La cantidad de aditivo que se convierte en un componente de los alimentos como resultado de su uso en la fabricación, transformación o envasado de un alimento y que no está destinado para llevar a cabo cualquier daño físico, o de otro efecto técnico en el producto terminado en sí, se reduce a la medida de lo razonablemente posible, y el aditivo se elabora y maneja de la misma manera como ingrediente alimentario (Codex Alimentarius 2007).

### 2.3.3 Poder acidulante

Se puede medir la fuerza del acidulante calculando el nivel de ácido necesario para bajar el pH de un sistema modelo a un valor específico. Este valor de la fuerza del ácido será diferente para cada ácido, es decir que mientras más débil es el ácido, mayor es el nivel necesario para reducir el pH. Sin embargo estos valores son la fuerza del ácido por supuesto, no una predicción exacta de lo que sucedería en una matriz alimenticia, ya que un queso normal puede tener sales u otros ingredientes que influyen en el nivel de ácido necesario para bajar el pH a un valor específico. De igual manera los resultados son más inesperados si se mezclan (Sortwell 2004).

### 2.3.4 Elasticidad

Las propiedades funcionales del queso mozzarella son extremadamente importantes. La propiedad funcional más importante de queso mozzarella es su capacidad de estiramiento, la creación de cadenas largas cuando esté caliente. El estiramiento, también llamado fibrosidad, es la capacidad del queso fundido para formar bandas fibrosas que se deforman sin romperse bajo tensión. Elasticidad o "fuerza del estiramiento", es la capacidad de los filamentos fibrosos para resistir la deformación permanente. Por lo general la mayoría de investigaciones han evaluado la capacidad de estiramiento de forma manual mediante el uso de un tenedor.



## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO**

El presente estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano localizada en el Departamento de Francisco Morazán, 32 km al este de Tegucigalpa, Honduras. El proceso de uso de ácido láctico y cítrico en queso Zamorella se desarrolló en la Planta de Industria Láctea de Zamorano. Los análisis físicos se efectuaron en el laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ). Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de la planta de lácteos y las evaluaciones sensoriales se en el Laboratorio de Evaluación Sensorial.

### **3.2 MATERIALES Y EQUIPO**

#### **3.2.1 Materiales**

- Leche pasteurizada al 2% de grasa
- Ácido cítrico
- Ácido láctico al 85%
- Cloruro de calcio
- Cuajo
- Sorbato de potasio
- Sal

#### **3.2.2 Equipo**

- Pasteurizador HTST
- Tanque para recepción de leche
- Bomba para trasiego de leche
- Tanque para almacenar leche cruda
- Marmita
- Palas de acero inoxidable
- Mesa de trabajo
- Termómetros
- Quesera
- Cuarto frío para mantener almacenados los quesos a 4°C

- Empacadora al vacío
- Probetas
- Balanza analítica analítica Acculab, modelo PP201
- Potenciómetro

### **3.2.3 Materiales, ingredientes y equipos para análisis físicos-químicos, microbiológicos y sensoriales**

- Alcohol (95%)
- Medio de cultivo: Violet Red Bile Agar VRBA
- Agua destilada y agua peptonada
- Pipetas de 10ml y bulbo
- Tubo de ensayo y probeta de 100ml
- Platos petri
- Mechero
- Incubadora 37°C
- Calentador
- Colorflex Hunter L\* a\* b\*
- Potenciómetro
- Balanza analítica analítica Acculab, modelo PP201
- Instron 444
- Horno Blodgett, modelo DFG-100/200W

## **3.3 METODOLOGÍA**

El desarrollo de este estudio se basó principalmente en los siguientes puntos:

- Preparación de las soluciones con diversos acidulantes: ácido cítrico, ácido láctico, y la mezcla de los dos (50/50).
- Se determinó la cantidad correcta a utilizar de cada acidulante en solución y el pH adecuado con el método de prueba y error.
- Elaboración del queso mozzarella con los acidulantes y repeticiones de tratamientos.
- Análisis sensoriales, físicos, químicos y microbiológicos y estadísticos.

A continuación en la Figura 1 se detalla el flujo de proceso para la elaboración de queso mozzarella utilizando ácido cítrico y ácido láctico para aplicarlos directamente sobre la leche previo a la formación de la cuajada en sustitución de la bacteria normalmente utilizada para el queso Zamorella que se procesa en la planta de lácteos de Zamorano, para poder obtener un producto en menor tiempo.

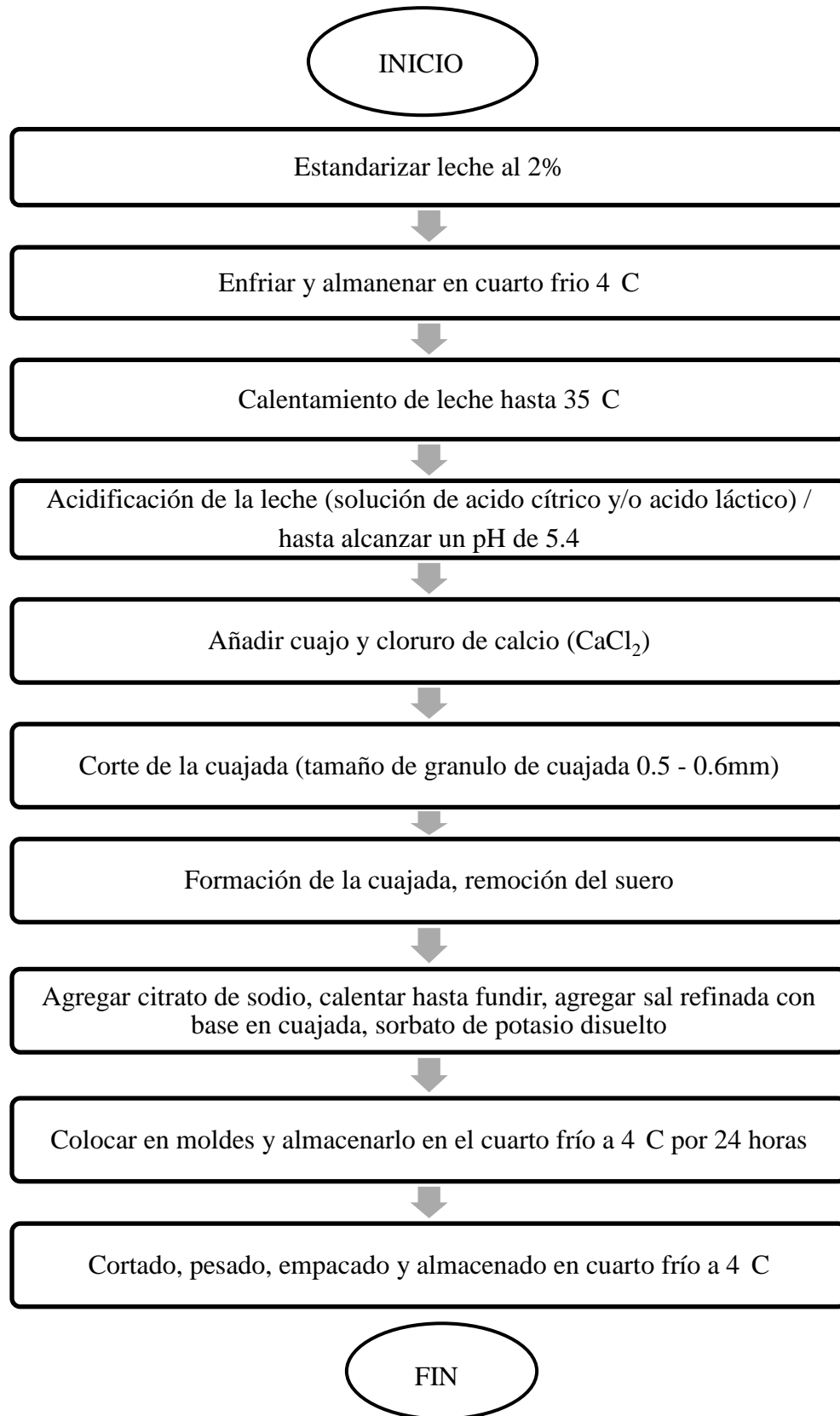


Figura 1. Flujo de elaboración de queso mozzarella por acidificación directa.

### 3.3.1 Preparación de las soluciones con los acidulantes a utilizar

Se preparó soluciones líquidas ácidas, manteniendo una temperatura de 4°C hasta agregarla a la leche. Para determinar las cantidades correctas de ácido y agua, se investigó en varias publicaciones con temas similares, por observación y también por prueba y error hasta conseguir una textura adecuada en la cuajada con características propias de la misma en cuanto a su elasticidad natural de un queso mozzarella. Todas las soluciones, se realizaron en la planta de lácteos, utilizando agua filtrada como solvente; la cantidad de ácido agregado para cada tratamiento es diferente al igual que el pH de la solución porque con éstos valores se alcanzaba el pH en la leche adecuado que es de 5.4, que es la acidez óptima para la precipitación de las proteínas para la formación de cuajada. En el cuadro 2 se muestran las soluciones utilizadas

Cuadro 2. Soluciones utilizadas para cada tratamiento.

Ácido		Agua filtrada en litros	Cantidad de ácido	pH de la solución
<b>Cítrico</b>		34	267 g	2.34
<b>Láctico</b>		24	320 ml	2.30
<b>Cítrico + láctico</b>	Cítrico	17	133 g	2.22
	Láctico	15	228 ml	

### 3.3.2 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental de Bloque Completos al Azar con 4 tratamientos, un total de 3 repeticiones por bloque y medidas repetidas en el tiempo al día 0 y 30, para un total de 24 unidades experimentales. Se evaluó el uso de ácido cítrico y ácido láctico independientemente y la combinación de los dos ácidos en proporción de 50% de ácido cítrico y 50% de ácido láctico en dilución (Cuadro 3).

Cuadro 3. Diseño Experimental.

BCA	Ácido cítrico	Ácido láctico	Ácido láctico y cítrico	Control
Repetición 1	TRT 1	TRT 2	TRT 3	TRT 4
Repetición 2	TRT 1	TRT 2	TRT 3	TRT 4
Repetición 3	TRT 1	TRT 2	TRT 3	TRT 4

De acuerdo al Codex Alimentario el valor máximo de uso en cantidad del ácido cítrico y el ácido láctico es reportado como BPM (buenas prácticas de manufactura).

Todas las variables se evaluaron a los 0 y 30 días. Los datos recolectados fueron analizados en el programa estadístico SAS con una separación de medias Tukey y una probabilidad de 0.05, mediante un análisis de varianza ANDEVA para determinar la significancia del modelo; además una separación de medias para determinar si existen diferencias entre los tratamientos.



### 3.3.3 Tratamientos

Los tratamientos a evaluar fueron cuatro, cada uno con tres repeticiones. La composición de cada tratamiento fue la siguiente:

- TRT 1: Uso de ácido cítrico
- TRT 2: Uso de ácido láctico
- TRT 3: Combinación de ácido láctico y cítrico (50/50)
- TRT 4: Sin ácido láctico ni cítrico (control: queso Zamorella de la Planta de Lácteos de Zamorano)

Las diferentes cantidades de ácido láctico y cítrico a aplicar se determinaron según investigaciones previamente realizadas encontrados en la búsqueda de literatura y según las normas del FDA y Codex Alimentario para saber cuánto es la cantidad necesaria permisible a utilizarse en un producto lácteo; además de saber que este porcentaje de ácidos nos va a permitir acelerar el proceso de acidificación de la leche y por cuál método es más efectivo sin que existan cambios en sabor y apariencia del queso Zamorella.

La toma de los datos para cada tratamiento se hará por separado, al igual que las evaluaciones químicas y sensoriales. Las repeticiones por cada tratamiento se evaluarán por separado, constituyendo cada repetición un bloque completo al azar.

### 3.3.4 Análisis físicos

**3.3.4.1 Análisis de textura.** El análisis de textura fue evaluado con el Instron 444 para medir la fuerza de corte, utilizando el acople de guillotina para determinar cuántos Newtons de fuerza requiere el acople para cortar la muestra de queso.

**3.3.4.2 Análisis de color.** El análisis de color fue evaluado con el Colorflex HunterLab® que define los colores mediante un eje de tres coordenadas, divididas en l, a y b; donde l\* define claridad en una escala de 0 (negro) a 100 (blanco), a\* mide un espectro del verde al rojo y b\* mide un espectro de -60 (azul) a 60 (amarillo).

**3.3.4.3 Análisis de Elasticidad.** El análisis de elasticidad es una prueba para evaluar dicha propiedad, la que fue utilizada según el método de Reid y Yan (2004), el mismo fue adaptado por la autora ya que no se encontró un método adecuado. Se toma una muestra de queso mozzarella que mide 50 mm \* 20 mm \* 8 mm cortándose en dirección de las fibras longitudinales. La muestra se colocó en una pinza de compresión y se colgó en el horno a 100 °C, un minuto después el queso se fundió y se estiró hacia abajo con su propio peso.

Utilizando una regla de metal de 300 mm de largo colgada al lado de la muestra, el proceso de estiramiento se pudo observar a través de la ventana de cristal en la puerta frontal del horno; la longitud de estiramiento se registró cuando la matriz estirada de queso se rompió o se llegó a medir límite de la regla. La prueba se repitió tres veces para cada muestra de los tratamientos del queso mozzarella.

### **3.3.5 Análisis químicos y microbiológicos**

**3.3.5.1 Análisis químicos.** Se realiza una calibración del pH metro con las soluciones estándar (buffers). Se toma un muestra del queso y se lo tritura hasta obtener una solución líquida. Se introduce el electrodo de vidrio en la muestra líquida de queso y se obtiene las lecturas de acidez (pH).

**3.3.5.2 Análisis microbiológicos.** Utilizando la técnica de vertido VRBA, en un erlen meyer se añadió 1000 ml de agua destilada, se colocó en el calentador-agitador con un magneto de tamaño adecuado. Cuando se suspendieron los ingredientes (solución en polvo) se ajustó el pH a  $7,4 \pm 0,2$ . Se esperó a que el líquido hierva y se bajó la temperatura del mismo hasta  $50 - 55$  °C. Se tomó una muestra del queso y se la trituró hasta obtener una solución líquida. Se realizaron diluciones consecutivas en 99 ml de agua peptonada hasta  $10^{-3}$ , luego se inoculó cada dilución en platos petri estériles por duplicado y se vertió una pequeña capa del medio VRBA (Agar Rojo Violeta de Bilis), se dejó solidificar y se vertió nuevamente una última capa de VRBA. Las placas se incubaron a una temperatura de  $32^{\circ}\text{C}$  y a las 24 horas se realizó el conteo de colonias.

Los análisis microbiológicos y químicos de coliformes y acidez (pH) se realizaron en los días 0 y 30 en el laboratorio de la planta de lácteos y el LAAZ.

### **3.3.6 Análisis sensorial**

**3.3.6.1 Análisis exploratorio de aceptación.** Se realizó un análisis exploratorio de aceptación con un panel compuesto por 20 personas relacionadas al área de lácteos, con el fin de determinar la aceptación en los distintos atributos sensoriales del producto. Los atributos que se midieron fueron:

- Apariencia
- Aroma
- Textura
- Acidez
- Sabor
- Aceptación general

Para el diseño experimental, cada panelista fue un bloque independiente sometido a tres repeticiones por cada uno de los 4 tratamientos. El diseño experimental utilizado fue Bloques Completos al Azar. En las evaluaciones realizadas por cada panelista, se utilizó una escala hedónica de 1 a 9, calificando 1 el de menor aceptación (me disgusta extremadamente) y 9 el de mayor aceptación (me gusta extremadamente).

**3.3.6.1 Análisis de preferencia.** El análisis de la prueba de preferencia pareada se hizo utilizando la tabla estadística Tstudent con un nivel de significancia del 5% y con un número de panelistas (n 100). Los resultados reportados indicaron que debe haber como mínimo un número de 59 elecciones a favor de una respuesta para considerar que hay diferencias significativas.

### **3.3.7 Rendimiento**

La cantidad total de queso Zamorella obtenido fue determinada mediante el pesado directo en una balanza de la cuajada después del desuerado. El rendimiento porcentual se definió como el número de kilogramos de queso obtenido a partir de 100 litros de leche estandarizada al 2% de grasa, de la siguiente forma:

$$\% \text{ Rendimiento} = (\text{Kilogramos de queso obtenido} / \text{Litros de leche empleados}) * 100$$

### **3.3.8 Análisis económicos**

Se evaluaron los costos variables por kilogramo de la formulación para cada uno de los tratamientos; luego se compararon los costos de elaboración, los rendimientos obtenidos en cada tratamiento y la conveniencia de aplicar un tratamiento u otro para obtener un mejor resultado, evitando tiempos prolongados de espera para acidificación de la leche, a un costo igual o menor al que tiene actualmente el queso Zamorella de la planta de lácteos.





## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS FÍSICOS

#### 4.1.1 Textura

El Cuadro 4 muestra que al día 0 los tratamientos 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico) y 4 (Mozzarella Zamorano) fueron los que necesitaron mayor fuerza de corte con la guillotina y no presentaron diferencia significativa en su textura. El tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico) fue el que menos fuerza de corte necesitó, es decir fue el queso con mayor suavidad, la cual es una de las características buscadas en los quesos de este tipo.

Se puede observar que existieron diferencias significativas en textura a través del tiempo en los tratamientos, a excepción del tratamiento 1 (Mozzarella cítrico); lo que concuerda de con el panel sensorial que encontraron cambio de textura en el tratamiento 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico) al día 30, manifestando menor aceptación por su aumento de dureza.

Al utilizar ácidos en la elaboración de queso mozzarella existe mayor retención de calcio, que a su vez juega un papel importante en la textura por las uniones (puentes) de proteínas y una reducción del calcio disminuye las uniones entre las fibras de proteínas, lo que hace el queso sea más suave (Sing 1996).

Cuadro 4. Análisis físico de textura (Newtons).

TRT	Descripción	Textura (Newtons)	
		Día 0 Calificación $\pm$ D.E.	Día 30 Calificación $\pm$ D.E.
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	36.53 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 1.51	34.53 <sup>a*(y)**</sup> $\pm$ 0.36
4	Mozzarella Zamorano	34.73 <sup>ab(x)</sup> $\pm$ 0.08	32.64 <sup>b(y)</sup> $\pm$ 0.31
1	Mozzarella cítrico	32.67 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.09	31.25 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 0.18
2	Mozzarella ácido láctico	30.00 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 0.12	27.46 <sup>d(y)</sup> $\pm$ 0.14

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05)

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).



#### 4.1.2 Color L\*

El tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico) al día 0 y 30 presentó mayor luminosidad lo que concuerda con el panel sensorial que demostró mayor aceptación por el queso más blanco. El Cuadro 5 muestra que no existieron diferencias en color a través del tiempo, pero entre tratamientos fueron significativamente diferentes en su color.

La tendencia es que el valor L disminuye durante el almacenamiento, lo que es causado por cambios dependientes del tiempo en la fase de suero del queso (Rudan 1998). La fase de suero del queso (suero), sustancia sobrenadante contiene agua, lactosa y proteínas solubles de caseína (Hurley 2010).

La matriz de caseína insoluble del queso mozzarella empieza a solubilizar con la fase acuosa del queso, la proteólisis de caseína en el queso y el aumento de las caseínas intactas en la concentración en la fase acuosa con el tiempo de almacenamiento, mientras que la concentración de proteínas de suero no. Los componentes de la fase de agua aparecen alcanzar progresivamente las concentraciones que les permitan para formar un gel que se oponga a su expulsión de agua (Guo y Kindstedt 1995).

Cuadro 5. Análisis físico de color: valor L\*.

TRT	Descripción	Color: valor L*	
		Día 0 Promedio $\pm$ D.E.	Día 30 Promedio $\pm$ D.E.
2	Mozzarella ácido láctico	78.75 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.11	78.26 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.12
1	Mozzarella ácido cítrico	77.05 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.08	76.74 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.17
4	Mozzarella Zamorano	74.67 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 0.14	74.35 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 0.29
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	72.62 <sup>d(x)</sup> $\pm$ 0.19	71.93 <sup>d(x)</sup> $\pm$ 0.10

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05)

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05)

#### 4.1.3 Color a\*

El Cuadro 6 muestra que los tratamientos 1 (Mozzarella ácido cítrico) y 2 (Mozzarella ácido láctico) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos y son los quesos que tienen una tonalidad un poco más roja en comparación con los tratamientos 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico) y 4 (Mozzarella Zamorano). Todos los tratamientos no presentaron diferencias significativas a través del tiempo hasta el día 30.

Cuadro 6. Análisis físico de color: valor a\*.

TRT	Descripción	Color: valor a*	
		Día 0	Día 30
		Promedio $\pm$ D.E.	Promedio $\pm$ D.E.
2	Mozzarella ácido láctico	2.62 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.071	2.26 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.126
1	Mozzarella ácido cítrico	2.53 <sup>a(x)</sup> $\pm$ 0.077	2.12 <sup>a(x)</sup> $\pm$ 0.089
4	Mozzarella Zamorano	1.71 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.041	1.57 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.017
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	1.59 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.041	1.26 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.062

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05)

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

#### 4.1.1 Color b\*

El Cuadro 7 indica que existen diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico) el que presentó un menor valor de b al día 0, es decir es menos amarillo en comparación a los otros tratamientos que según con el análisis sensorial los panelistas demostraron mayor preferencia con los quesos con una tonalidad no muy amarilla.

A través del tiempo no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, presentando todos los quesos un color amarillo uniforme. El tratamiento 3 (Mozzarella láctico y ácido cítrico) fue el que presentó mayor puntaje lo que se entiende como un queso con una tonalidad amarilla más acentuada que los demás quesos, lo cual no es de preferencia de los panelistas según se evaluó sensorialmente.

El color amarillo del queso está determinado según el tipo de leche utilizada, los aditivos o colorantes aplicados, el tiempo de maduración y sobretodo de la cantidad de grasa que contenga como producto final (Rudan 1998).

Cuadro 7. Análisis físico de color: valor b\*.

TRT	Descripción	Color: valor b*	
		Día 0	Día 30
		Promedio $\pm$ D.E.	Promedio $\pm$ D.E.
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	33.84 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.234	33.45 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.139
4	Mozzarella Zamorano	31.48 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.136	31.35 <sup>ab(x)</sup> $\pm$ 0.285
1	Mozzarella ácido cítrico	31.15 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 0.111	30.58 <sup>ab(x)</sup> $\pm$ 0.648
2	Mozzarella ácido láctico	30.13 <sup>d(x)</sup> $\pm$ 0.268	29.59 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.934

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05)

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

### 4.1.2 Elasticidad

En el Cuadro 8 se presentan los valores de elasticidad. Al día 0 los tratamientos 1 (mozzarella ácido cítrico) y 2 (mozzarella ácido láctico) presentaron mayor elasticidad y el tratamiento 3 (mozzarella con mezcla de ácido cítrico y ácido láctico) presentó menor elasticidad.

A través del tiempo existieron diferencias significativas para todos los tratamientos, el tratamiento 3 (mozzarella con mezcla de ácido láctico y ácido cítrico) presentó mayor elasticidad al día 30, mientras que el tratamiento 1 (mozzarella con ácido cítrico) presentó la menor elasticidad. Si comparamos los valores de elasticidad del tratamiento 3 (mozzarella con mezcla de ácido láctico y ácido cítrico) con la acidez (pH) en el cuadro 9 podemos observar que existe una correlación negativa entre estos dos factores, puesto que mientras menor acidez tenga el queso, mayor será su elasticidad.

La mayor elasticidad en el tiempo del tratamiento con mezcla de ácido cítrico y láctico se debe al endurecimiento del mismo debido a la pérdida de enlaces entre el calcio y las proteínas; el calcio migra a la fase acuosa y forman un gel que evita la expulsión de agua (Guinee 2002). Según Reid y Yan (2004), los autores del método para medición de elasticidad, obtuvieron resultados de elasticidad mayores y esto debido a que su formulación de queso mozzarella fue con leche entera, de tal manera la concentración de calcio y grasa son mayores en la leche, por lo que los enlaces entre calcio y proteínas fueron más fuertes comparados a los tratamientos realizados en la presente investigación con leche al 2.2% de grasa.

Cuadro 8. Análisis de elasticidad del queso mozzarella.

TRT	Descripción	Elasticidad (cm)	
		Día 0 Promedio $\pm$ D.E.	Día 30 Promedio $\pm$ D.E.
2	Mozzarella ácido láctico	26.7 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.7	23.6 <sup>b*(y)**</sup> $\pm$ 0.6
1	Mozzarella ácido cítrico	26.0 <sup>a(x)</sup> $\pm$ 1.1	21.8 <sup>c(y)</sup> $\pm$ 1.8
4	Mozzarella Zamorano	25.5 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.9	23.4 <sup>b(y)</sup> $\pm$ 1.7
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	24.3 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 1.4	27.3 <sup>a(y)</sup> $\pm$ 1.8

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ )

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ).

## 4.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

### 4.2.1 Acidez (pH)

El Cuadro 9 indica que existieron diferencias significativas en acidez (pH) entre los tratamientos 2 (Mozzarella ácido láctico) y 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico) al

día 0, siendo el de menor acidez el tratamiento 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico).

A través del tiempo existió diferencia en acidez (pH) en el tratamiento 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico) el cual al día 30 desarrolló mayor acidez. El pH del queso mozzarella pre-acidificado para los otros tratamientos disminuyó, el mismo que puede estar relacionado con una diferencia en la capacidad buffer como resultado de diferentes niveles en calcio, además de ganar elasticidad con menor acidez (Kindstedt 1995).

Cuadro 9. Análisis físico de acidez.

TRT	Descripción	Acidez (pH)	
		Día 0 Promedio $\pm$ D.E.	Día 30 Promedio $\pm$ D.E.
2	Mozzarella ácido láctico	5.46 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.005	5.39 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.006
1	Mozzarella ácido cítrico	5.46 <sup>a(x)</sup> $\pm$ 0.008	5.37 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.007
4	Mozzarella Zamorano	5.43 <sup>ab(x)</sup> $\pm$ 0.004	5.34 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 0.009
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	5.41 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.009	5.09 <sup>d(y)</sup> $\pm$ 0.007

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05)

\*\*.. Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

## 4.3 ANÁLISIS SENSORIAL

### 4.3.1 Apariencia

El Cuadro 10 muestra que los panelistas tuvieron mayor aceptación por la apariencia de los tratamientos 2 (Mozzarella ácido láctico) y 1 (Mozzarella ácido cítrico) debido a que presentaron un color más blanco; y manifestaron menor aceptación por los quesos con menor luminosidad como fue en el caso de los tratamientos 4 (Mozzarella Zamorano) y 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico).

Las calificaciones de los panelistas se relacionan directamente con los valores del Cuadro 5 en el que se describen los tratamientos 2 (Mozzarella ácido láctico) y 1 (Mozzarella ácido cítrico) con un valor de color b\* menor, es decir menos amarillos; y en el cuadro 7 tienen un valor más alto en el color l\* presentando mayor luminosidad.

El Cuadro 10 indica que no se encontraron diferencias significativas en la aceptación de los panelistas para el atributo apariencia a través del tiempo al día 0 y 30.

Cuadro 10. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo apariencia.

TRT	Descripción	Apariencia	
		Día 0	Día 30
		Promedio $\pm$ D.E.	Promedio $\pm$ D.E.
2	Mozzarella ácido láctico	8.43 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.38	8.63 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.26
1	Mozzarella ácido cítrico	8.17 <sup>a(x)</sup> $\pm$ 0.79	8.29 <sup>a(x)</sup> $\pm$ 0.57
4	Mozzarella Zamorano	7.62 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 1.23	7.71 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 1.29
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	7.26 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 1.56	7.19 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 1.20

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05)

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05)

### 4.3.2 Aroma

El Cuadro 11 muestra que los panelistas encontraron diferencias entre tratamientos, siendo preferido el aroma del tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico), además los panelistas no encontraron diferencias de aroma a través del tiempo al día 0 y 30.

En la actualidad se realizan estudios con transferencia de protones por espectrometría de masas (PTR-MS), las pruebas se realizan en tiempo real y a la par junto a un panel sensorial entrenado se obtienen resultados que luego serán correlacionados (Gasperi et al 2000).

En investigaciones realizada para diferenciar compuestos orgánicos volátiles utilizando PTR-MS, el queso mozzarella hecho por utilización de cultivo iniciador y el queso mozzarella hecho por acidificación directa no presentaron diferencias significativas en los compuestos volatilizados, sin embargo es probable que existan diferencias percibidas por el panel sensorial, ya que el aroma está asociado al sabor (Gasperi 2000).

Cuadro 11. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo aroma.

TRT	Descripción	Aroma	
		Día 0	Día 30
		Promedio $\pm$ D.E.	Promedio $\pm$ D.E.
2	Mozzarella ácido láctico	8.29 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.51	8.55 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.32
1	Mozzarella ácido cítrico	7.70 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 1.23	8.04 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.77
4	Mozzarella Zamorano	6.67 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 2.14	7.35 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 1.29
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	6.25 <sup>d(x)</sup> $\pm$ 1.99	6.33 <sup>d(x)</sup> $\pm$ 2.17

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05)

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05)



### 4.3.3 Acidez

El Cuadro 12 indica que los panelistas tuvieron mayor aceptación por el tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico, ya que lo calificaron como menos ácido. Según los valores de pH en el Cuadro 9, existe una correlación positiva ya que a mayor pH existe menor acidez y la preferencia entre los panelistas aumenta.

El Cuadro 12 nos indica que los panelistas no identificaron diferencias significativas entre los tratamientos a través del tiempo, con excepción del tratamiento 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico) que aumentó su acidez y fue fácil de detectar por los panelistas, lo cual fue de su desagrado, manifestando menor aceptación.

Cuadro 12. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo acidez.

TRT	Descripción	Acidez	
		Día 0 Promedio $\pm$ D.E.	Día 30 Promedio $\pm$ D.E.
2	Mozzarella ácido láctico	8.38 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.44	8.52 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.29
1	Mozzarella ácido cítrico	7.71 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 1.11	8.06 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.42
4	Mozzarella Zamorano	6.83 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 2.08	7.18 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 1.38
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	6.47 <sup>d(x)</sup> $\pm$ 1.79	6.08 <sup>d(y)</sup> $\pm$ 2.26

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ )

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ )

### 4.3.4 Textura

El Cuadro 13 indica que si existieron diferencias significativas entre tratamientos, siendo la textura del tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico) la de mayor preferencia. Los panelistas no encontraron diferencias en textura a través del tiempo, con excepción del tratamiento 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico), ya que según lo manifestaron, este queso aumenta su dureza al día 30.

Existe relación entre los resultados sensoriales con respecto a los análisis físicos de textura, en los que el tratamiento con mayor fuerza de corte fue el tratamiento 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico) con 36.53 N, los panelistas prefirieron una textura de queso más suave como es el caso del tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico) con 30.00 N de fuerza de corte.

Según Bernal (1999), la textura del queso tiene relación con la elasticidad debido a que con el paso del tiempo la matriz proteica empieza a liberar agua reduciendo la humedad del queso por lo que su fibras de proteína se alinean de mejor manera y fortalecen sus enlaces lo que al aplicar temperaturas facilita su estiramiento.

Cuadro 13. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo textura.

TRT	Descripción	Textura	
		Día 0	Día 30
		Promedio $\pm$ D.E.	Promedio $\pm$ D.E.
2	Mozzarella ácido láctico	8.41 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.33	8.65 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.30
1	Mozzarella ácido cítrico	7.77 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.87	8.05 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 0.79
4	Mozzarella Zamorano	6.75 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 1.60	7.17 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 1.39
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	6.52 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 2.21	5.73 <sup>d(y)</sup> $\pm$ 1.82

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ )

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ )

#### 4.3.5 Sabor

En la característica de sabor los panelistas encontraron diferencias entre todos los tratamientos por lo cual prefirieron el tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico) por presentar menor acidez. El Cuadro 14 nos indica que los panelistas no encontraron diferencias en sabor a través del tiempo para ningún tratamiento.

Cuadro 14. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo sabor.

TRT	Descripción	Sabor	
		Día 0	Día 30
		Promedio $\pm$ D.E.	Promedio $\pm$ D.E.
2	Mozzarella ácido láctico	8.28 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.50	8.55 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.22
1	Mozzarella ácido cítrico	7.77 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 1.37	7.94 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 1.02
4	Mozzarella Zamorano	6.61 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 2.44	6.64 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 2.15
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	6.44 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 2.30	6.42 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 2.19

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ )

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ )

#### 4.3.6 Aceptación General

Se encontraron diferencias en la aceptación de los panelistas entre todos los tratamiento previo a tomar la decisión de aceptar como su preferido uno de los cuatro. El Cuadro 15 muestra que es de su preferencia el queso del tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico). La aceptación de los tratamientos se vio influenciada por la textura, acidez y sabor; ya que los panelistas prefirieron el queso con textura más suave, menor acidez, mejor aroma y sabor según su percepción. Los panelistas no encontraron diferencias entre los quesos a través del tiempo por lo que su preferencia se mantuvo constante.

Cuadro 15. Análisis sensorial de queso mozzarella para el atributo aceptación general.

TRT	Descripción	Aceptación general	
		Día 0	Día 30
		Promedio $\pm$ D.E.	Promedio $\pm$ D.E.
2	Mozzarella ácido láctico	8.21 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.51	8.51 <sup>a*(x)**</sup> $\pm$ 0.42
1	Mozzarella ácido cítrico	7.78 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 1.01	7.92 <sup>b(x)</sup> $\pm$ 1.04
4	Mozzarella Zamorano	6.73 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 0.94	6.87 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 1.20
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	6.36 <sup>d(x)</sup> $\pm$ 1.29	6.39 <sup>c(x)</sup> $\pm$ 2.50

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ )

\*\* . Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ )

#### 4.4 ANALISIS DE PREFERENCIA

Se obtuvo 67 elecciones para el tratamiento con ácido láctico, el mismo que fue sometido a la prueba de preferencia pareada con el queso mozzarella con ácido cítrico. Esta preferencia fue porque el queso mozzarella elaborado con ácido láctico presentó una textura más suave, color más blanco, y mejor acidez en comparación con el queso que utiliza ácido cítrico, según lo que manifestaron las personas que evaluaron los quesos.

#### 4.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

El estudio de análisis microbiológicos es de gran importancia, ya que este es un parámetro de calidad, indicando la inocuidad en el lavado de utensilios e instrumentos, preparación de materiales, y elaboración de productos.

El Cuadro 16 ilustra la cantidad de Coliformes totales encontrados en el producto final los que son menores a 10 UFC/ml, sin embargo al día 30 se obtuvieron valores mayores a 0, esto se debe a que el queso Zamorella después de elaborado, se coloca en moldes, se deja permanecer por un tiempo antes de ser empacado y ésta podría ser una de las posibles razones para que estos valores se incrementen. Finalmente, se logró elaborar un producto inocuo de acuerdo a los parámetros microbiológicos establecidos por la ley hondureña.

Cuadro 16. Análisis microbiológicos de Coliformes totales al día 0 y 30.

TRT	Descripción	Coliformes (UFC/ml) Día 0	Coliformes (UFC/ml) Día 30	Máximo Legal (UFC/ml)
1	Mozzarella ácido cítrico	$\geq 0$	$\leq 1$	$\leq 10$
2	Mozzarella ácido láctico	$\geq 0$	$\leq 1$	$\leq 10$
3	Mozzarella ácido cítrico y ácido láctico	$\geq 0$	$\leq 1$	$\leq 10$
4	Mozzarella Zamorano	$\geq 0$	$\leq 1$	$\leq 10$



## 4.6 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO

El Cuadro 17 muestra los rendimientos obtenidos en los diferentes tratamientos. El tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico) presentó un rendimiento de 13.40% más alto en comparación con los tratamientos 1 (Mozzarella ácido cítrico) y 3 (Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico). Sin embargo si comparamos con el queso mozzarella elaborado actualmente en la Planta de Lácteos, éste presenta un rendimiento del 10.18%. Si se modifica el flujo de proceso cambiando el uso de cultivo láctico por ácido cítrico o láctico, el % de rendimiento del queso incrementará, obteniendo por lo tanto mayor ganancia por cada kilogramo de queso comercializado. Los datos obtenidos por las evaluaciones sensoriales demuestran que los panelistas prefieren el queso del tratamiento 2 (Mozzarella ácido láctico) que es el que además de presentar mayor rendimiento, cuenta con características sensoriales buscadas por el consumidor, ya que presenta poca acidez, mejor elasticidad y mayor suavidad según lo analizado por los panelistas.

Cuadro 17. Rendimiento de queso mozzarella por acidificación directa.

TRT	Descripción	Rendimiento (%)	
		Promedio $\pm$ D.E.*	Separación de medias Tukey*
2	Mozzarella ácido láctico	13.40 $\pm$ 0.36	A
1	Mozzarella ácido cítrico	10.63 $\pm$ 0.15	B
3	Mozzarella ácido láctico y ácido cítrico	10.33 $\pm$ 0.17	B
4	Mozzarella Zamorano	10.18 $\pm$ 0.10	B

\*. Tratamientos seguidos de letras distintas en cada columna son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ )

## 4.7 CORRELACIONES

### 4.7.1 Color – Apariencia

En el Cuadro 18 se presentan los valores de correlación del color medido con el colorímetro Hunter L a b y la apariencia calificada por los panelistas sensoriales.

Para el valor de L\* tenemos una correlación positiva de 0.996 en el día 0 y de 0.999 en el día 30, ya que a mayor es su valor el queso presenta un color mas blanco, lo que es preferido por los panelistas sensoriales.

Para el valor b\* se observa una correlación negativa, de -0.893 en el día 0 y de -0.748 al día 30, ya que mientras aumenta el valor de b\* el queso tiene una coloración más amarilla, que al ser detectado por los panelistas sensoriales, disminuye su aceptación. En conclusión de la correlación se puede saber que los consumidores buscan por lo general un queso blanco.



#### 4.7.2 Acidez (pH) – Acidez sensorial

En el Cuadro 18 se presentan los valores de correlación de la acidez obtenida mediante medición de pH y la acidez detectada por los panelistas sensorialmente. Según los datos mostrados se observa una correlación negativa de -0.981 al día 0 y de -0.963 al día 30, lo que se interpreta que mientras aumenta la acidez del queso es detectada por los panelistas sensoriales disminuyendo su preferencia; así mismo según la medición de pH el queso con el tiempo se vuelve más ácido, por lo que como resultado sabemos que los panelistas preferirán un queso con menor acidez.

#### 4.7.3 Textura Instron – Textura sensorial

En el Cuadro 18 se presentan los valores de correlación de textura obtenida mediante medición del INTRON 444 y la textura sensorial detectada por los panelistas. En el que se observa una correlación positiva al día 0 y 30, ya que a medida que pasa el tiempo la textura de los 4 tratamientos se hizo más firme lo cual fue detectado por los panelistas sensoriales al momento de la evaluación.

Cuadro 18. Coeficiente de correlación del queso mozzarella entre las variables físico-químicas y las variables sensoriales al día 0 y 30.

Correlación entre variables	Coeficiente de correlación de Pearson			
	Día 0		Día 30	
	Valor correlacionado	Probabilidad > r	Valor correlacionado	Probabilidad > r
Color (valor L*) – apariencia sensorial	0.996	0.003	0.999	0.0004
Color (valor b*) – apariencia sensorial	-0.893	0.106	-0.748	0.251
Acidez (pH) – acidez sensorial	-0.981	0.018	-0.963	0.036
Textura Instron (N) – textura sensorial	0.936	0.063	0.982	0.017

#### 4.8 ANÁLISIS DE COSTOS

En el Cuadro 19 se detallan los costos directos de producción de cuatro tratamientos utilizando 100 litros de leche.

El Cuadro 19 muestra el costo por ingrediente, para producir un kilogramo de queso Zamorella del tratamiento 2 (ácido láctico), donde el costo es de L. 87.96 y el costo por libra es de L. 39.98, que aumentándole un 30% de ganancia nos da un total de L. 51.98 por libra de queso mozzarella.

Cuadro 19. Costo variable para el mejor tratamiento (TRT 2 Ácido Láctico).

<b>Ingredientes</b>	<b>Precio L.</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo L. (kg)</b>
Leche fluida	8.65	lt	100	865
Cloruro de calcio	0.47	ml	20	9.4
Cuajo líquido	0.62	ml	10	6.2
Sal Refinada	0.007	kg	195	1.37
Sorbato de K	0.021	g	13	0.27
Ácido láctico 85% (frasco)	463.27	500 ml	320	296.5
Total por tanda de 100 l.			L.	1,178.74
Costo por kg.			L.	87.96
			\$	4.65

El cuadro 20 compara los costos unitarios/kg para los cuatro tratamientos. Se observa que los costos por producir los tratamientos 1 y 2 son los mejores, ya que presentan un mejor rendimiento en comparación con el queso elaborado en Zamorano (control), y se elaboran en menor tiempo.

En cuanto al tratamiento 3 que es la mezcla de ácido cítrico y láctico 50/50, tiene el costo más alto de los 4 tratamientos por ser una combinación de ácidos, lo cual incrementa el valor final.

Cuadro 20. Comparación del costo unitario/kg por tratamiento para producir queso mozzarella.

<b>TRT</b>	<b>Descripción</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo L. (kg)</b>
1	Mozzarella ácido cítrico	10.63	83.94
2	Mozzarella ácido láctico	13.40	87.96
3	Mozzarella ácido cítrico y láctico	10.33	106.33
4	Mozzarella Zamorano	10.18	88.27





## 5. CONCLUSIONES

- El tratamiento de queso mozzarella elaborado con ácido láctico tuvo mejor aceptación sensorialmente en todas las variables estudiadas de textura, color y sabor con respecto a los otros tratamientos.
- Los quesos mozzarella elaborados por acidificación directa mostraron un incremento significativo en su rendimiento en comparación al queso Zamorella de la planta de lácteos de Zamorano. El tratamiento con ácido láctico tuvo mayor rendimiento en comparación a los tratamientos con ácido cítrico y al tratamiento con la combinación ácido láctico y ácido cítrico.
- El tratamiento con ácido láctico presentó los mejores resultados en los análisis físicoquímicos mostrando menor fuerza de corte en el Instron (mozzarella más suave) y menor acidez (pH) con respecto a los otros tratamientos en el día 0 y 30.
- El tratamiento de queso mozzarella con ácido láctico tuvo mayor preferencia por los consumidores debido a su suavidad, elasticidad y acidez significativamente mayor.
- El tratamiento con ácido cítrico es el de menor costo de los tratamientos estudiados debido al incremento en rendimiento, el costo es de \$4.44 por Kg. de queso a producir, comparado al queso de la planta Zamorano que tiene un costo de \$4.67.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Realizar análisis proximal al mejor tratamiento.
- Realizar estudios para la elaboración de queso mozzarella usando tres concentraciones de acidez (pH) a la que se estandariza la cuajada previa formación del queso, usando valores de acidez (pH) de 5.3, 5.6 y 5.8, en 3 tipos ácidos ácido láctico, ácido acético y ácido cítrico a una concentración del 100%.
- Realizar estudios en los que se realice diferentes combinaciones de la concentración de ácido cítrico y láctico.
- Realizar estudios de retención de calcio en el queso y su interacción con la acidez.
- Realizar análisis de fase serosa (sustancia sobrenadante conteniendo agua, lactosa y proteína no soluble de caseína) en queso mozzarella mediante uso de centrifugación.

## 7. LITERATURA CITADA

Alais, C. y Lacasa, A. Ciencia de la leche: Principios de la técnica lechera. Editorial Reverté 4ta Edición Barcelona. Abril 2003. 470 págs. Consultado 25 de Mayo 2010. Disponible en: [http://books.google.com.ec/books?id=bW\\_ULacGBZMC&pg=PA617&dq=definicion+de+queso#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=bW_ULacGBZMC&pg=PA617&dq=definicion+de+queso#v=onepage&q=&f=false)

Apostolopoulos, C. 1994. Simple empirical and functional methods to determine objectively the stretchability of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Research*. Vol 61. pag 405-413.

Bernal, J. 1999. Utilización de tres acidulantes de grado alimenticio en la elaboración de queso Mozzarella. Zamorano

Breene W M, Price W V and Ernstrom C A (1964) Manufacture of pizza cheese without starter. *Journal of Dairy Science* 47 1173–1180.

Cavella, S., S. Chemin, and P. Masi. 1992. Objective measurement of the stretchability of Mozzarella cheese. *Journal of Texture Studies*. Vol 23. Pag 185-194. Codex Alimentarius. Codex para queso mozzarella. Codex stan 262 2007.

Codex Alimentarius. Métodos de análisis y muestreo para productos lácteos. Primera Edición 2007 Consultado el 27 de Mayo del 2010 (en línea). Disponible en: [www.codexalimentarius.net/download/report/58/AI99\\_11s.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/report/58/AI99_11s.pdf)

FAO, 2009. Citric Acid. Codex Alimentarius. GSFA. Disponible en línea: <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/Additive-135.pdf>

FAO. 2009. Lactic Acid. Codex Alimentarius. GSFA. Disponible en línea: <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/Additive-247.pdf>

FAO. Métodos de Análisis y Muestreo para Productos Lácteos. Consultado el 27 de Mayo del 2010 (en línea). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/005/w9503s/w9503s0q.htm>  
[http://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Milk/Milk\\_2007\\_ES.pdf](http://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Milk/Milk_2007_ES.pdf)

Fox 2000. Fundamentals of cheese manufacturing. Pasta Filata varieties. Aspen publication. Pag 410.



Ge 2002. Reversibility of pH-induced changes in the calcium distribution and melting characteristics of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Technology*. Vol 57. Pag 3–9

Guinee, O 2002. Effect of pH and calcium concentration on some textural and functional properties of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol 85. Pag 1655–1669.

Guinee, T. y Fox, P. 2004. *Cheese Chemistry : Physics and Microbiology*. Vol 1. 3era edicion.

Gasperi et al. 2000. The mozzarella cheese flavour profile: a comparison between judge panel analysis and proton transfer reaction mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol 81. Pag 357 – 363.

Guo, M. R., and P. S. Kindstedt. 1995. Age related changes in the water phase of Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci*. 78:2099–2107.

Hurley, W. 2010. Lactation biology course. Department of Animal Sciences. University of Illinois, Urbana, IL . Consultado en internet. Disponible en: [http://classes.ansci.illinois.edu/ansc438/milkcompsynth/milkcomp\\_protein.html](http://classes.ansci.illinois.edu/ansc438/milkcompsynth/milkcomp_protein.html)

Joshi, N. 2002. Development of a Stretch Test for Mozzarella Cheese. Agricultural & Biosystems Engineering Department.

Keller, B., N. F. Olson, and T. Richardson. 1974. Mineral retention and rheological properties of Mozzarella cheese made by direct acidification. *Journal of Dairy Science*. Vol 57. Pag 174-180.

Kindstedt, P. S. 2004. Mozzarella cheese: 40 years of scientific advancement. *Int. J. Dairy Technol*. 57:85–90.

Kindstedt, P. 1989. Application of helical viscometry to study commercial mozzarella cheese melting properties. *Journal of Dairy Science*. Vol 72. Pag 3123-3128.

Kindstedt, P. 1992. Revised protocol for analysis of melting properties of mozzarella cheese by helical viscometry. *Journal of Dairy science*. Vol 75. Pag 676-683

Kindstedt, P 1995. Effect of screw speed and residence time at high temperature on composition, proteolysis, functional properties, and the water phase of Mozzarella cheese. Vol 32. Pages 56–72.

Lee, C., Imoto, and Rha C. 1978. Evaluation of cheese texture. *Journal of Food Science*. Vol 43. Pag 1600-1605.

Lucisano, M., C. Pompel, and E. Cairaghi. 1987. Texture evaluation of some Italian cheeses by instrumental texture profile analysis. *Journal of Food Quality*. Vol 10. Pag 73-89.



- Masi, P. 1989. Characterization of history-dependent relaxation behavior of cheeses. *J Texture Studies* 19: 373-388.
- Molina, G. 1998. Elaboración de queso Mozzarella a partir de métodos rápidos de acidificación. Zamorano
- Oberg, C. 1993. Microstructure of Mozzarella cheese during manufacture. *Journal of Food Structure*. Vol 12. Pag 251–258.
- Olson, N. F., and D. L. Nelson. 1980. A new method to test the stretchability of Mozzarella cheese on pizza. In 17<sup>th</sup> Marshall Invitational Italian cheese seminar. WI.
- Sortwell, D. 2004. La selección de los acidulantes. Consultado en internet. Disponible en: <http://www.bartek.ca/pdfs/Newsletter/LaSelecciondelosAcidulantes.pdf>
- Pastorino, A. 2003. Effect of calcium and water injection on structure-function relationships of cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol 86. Pag 105–113.
- Paul, S. y Fox, F. (1993). Effect of manufacturing factors, composition, and proteolysis on the functional characteristics of mozzarella cheese. *Journal of Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol 33. Issue 2. pag 167 — 187
- Rudan, M. A., D. M. Barbano, M. R. Guo, and P. S. Kindstedt. 1998. Effect of the modification of fat particle size by homogenization on composition, proteolysis, functionality, and appearance of reduced fat Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* 81:2065–2076
- Sing, H., M. S. Roberts, P. A. Munro, and C. T. Teo. 1996. Acidinduced dissociation of casein micelles in milk: effects of heat treatment. *J. Dairy Sci.* 79:1340–1346



## 8. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de Evaluación sensorial

### Hoja de Evaluación

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

#### Muestra 150:

	Me disgusta extremadamente	Me disgusta moderadamente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta extremadamente
Apariencia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	1	3	5	7	9
Aroma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acidez	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aceptación General	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Muestra 580:**

	Me disgusta extremadamente	Me disgusta moderadamente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta extremadamente
Apariencia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	1	3	5	7	9
Aroma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acidez	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aceptación General	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Muestra 772:**

	Me disgusta extremadamente	Me disgusta moderadamente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta extremadamente
Apariencia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	1	3	5	7	9
Aroma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acidez	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aceptación General	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Muestra 309:**

	Me disgusta extremadamente	Me disgusta moderadamente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta moderadamente	Me gusta extremadamente				
Apariencia	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> 9
Aroma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acidez	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Textura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aceptación General	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Comentarios:

---



---



---



---

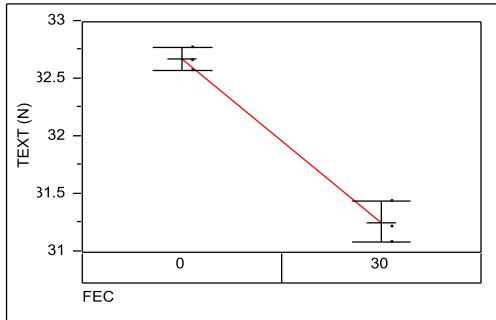


---

Anexo 2. Gráficas de Textura (N)

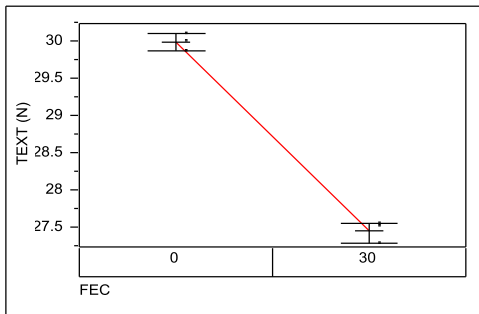
Variability Gauge TRT=1

Variability Chart for TEXT (N)



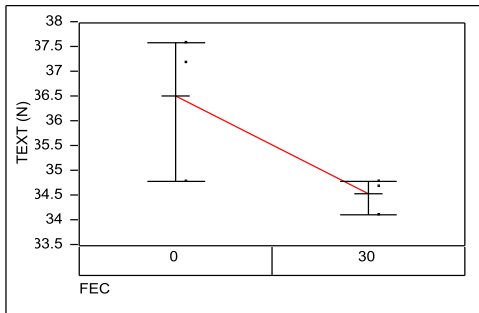
Variability Gauge TRT=2

Variability Chart for TEXT (N)



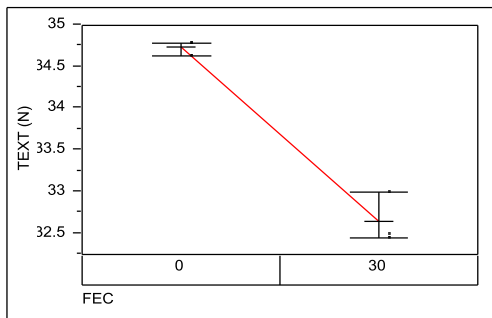
Variability Gauge TRT=3

Variability Chart for TEXT (N)



Variability Gauge TRT=4

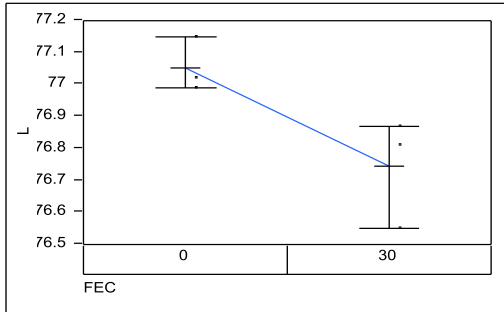
Variability Chart for TEXT (N)



Anexo 3. Gráficas de color 1\*

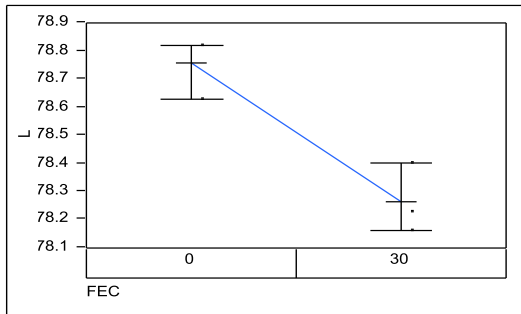
Variability Gauge TRT=1

Variability Chart for L



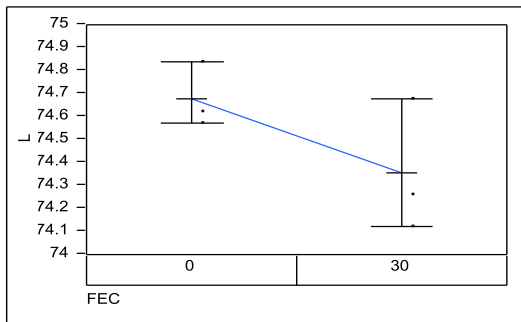
Variability Gauge TRT=2

Variability Chart for L



Variability Gauge TRT=3

Variability Chart for L



Variability Gauge TRT=4

Variability Chart for L

