

**Efecto de la temperatura de fermentación y tipo  
de cultivo láctico en el tiempo de elaboración,  
propiedades físicas, químicas y sensoriales  
del queso Zamorela**

**Juan Francisco Guarderas Heredia**

**Honduras**  
Diciembre, 2006

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**Efecto de la temperatura de fermentación y tipo  
de cultivo láctico en el tiempo de elaboración,  
propiedades físicas, químicas y sensoriales del  
queso Zamorela**

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

presentado por:

**Juan Francisco Guarderas Heredia**

**Honduras**  
Diciembre, 2006

El autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Juan Francisco Guarderas Heredia

Zamorano, Honduras  
Diciembre, 2006

**Efecto de la temperatura de fermentación y tipo de cultivo láctico en el tiempo de elaboración, propiedades físicas, químicas y sensoriales del queso Zamorela**

presentado por:

Juan Francisco Guarderas Heredia

Aprobado

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Asesor principal

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Director  
Carrera de Agroindustria

---

Wilfredo Domínguez, M.Sc.  
Asesor

---

George Pilz, Ph.D.  
Decano Académico

---

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

## **DEDICATORIA**

A DIOS todo poderoso y guía de mi vida.

A mi MADRE y PADRE, por darme la vida.

A mi Abuelita, nuestro ángel.

A mi Hermana y mi Mateo.

A mis Tíos y primos.

A mis amigos.

A mi asesor y amigo.

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS todo poderoso, que ha guiado cada uno de mis pasos durante toda mi vida, quien me ha dado fuerzas para continuar en los momentos más duros que he vivido, quien ha levantado mi alma y mi espíritu para llenarlos de esperanza y alegría. Aquel DIOS que siempre esta junto a mí en las buenas y en las malas, el único DIOS que sabe la verdad y el destino de nuestras vidas.

A mi madre, Verónica, que ha sido nuestro Padre y Madre, mi más grande ejemplo a seguir por su valor, sabiduría, fuerza y amor, mi mejor amiga en momentos de tristeza, debilidad y fracasos, quien día tras día me ha regalado esa voz, esa frase de aliento, de superación, de cariño, de amor incondicional, de fortaleza, a Mi Madre que no solo le debo la vida, le debo todo lo que soy y seré en mi futuro.

A mi padre, Gonzalo, por darme la vida y por que sé que siempre me ha protegido desde el cielo.

A mi abuelita, Esmeralda, la piedra angular de nuestra familia, nuestro ángel de la guarda, por sus consejos sabios y su amor incondicional, por ser la persona que escucha y siempre resuelve todo con paciencia, amor y sabiduría.

A mi hermana, Verónica, por ser mi amiga, por cuidarme y protegerme siempre, por ser un ejemplo a seguir y por darme el mejor regalo de la vida a mi sobrino Mateo.

A mi tío, Juan Carlos, por ser esa persona que me ha dado su amor de padre siempre y ha cuidado de mí como de sus propios hijos, por haberme ayudado que los sueños se hagan realidad.

A mi tía, Amparito y mis Primos, Andy, Mishus y Juanes, por siempre darme su amor y apoyo y ser más que mis primos, mis hermanos.

A mi asesor, Dr. Luis Fernando Osorio, por darme la oportunidad de realizar éste trabajo y por sus consejos y amistad.

A mi asesor secundario, Ing. Wilfredo Domínguez, por su ayuda conocimiento entregado.

A Emilio y Rigo por siempre estar presentes y ayudarme a hacer realidad éste proyecto de graduación

A mis amigos DX-CROJ2, por enseñarme que la amistad es para siempre en las buenas y en las malas.

## RESUMEN

Guarderas, Juan. 2006. Efecto de la temperatura de fermentación y tipo de cultivo láctico en el tiempo de elaboración, propiedades físicas, químicas y sensoriales del queso Zamorela. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria, Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano”, Honduras. 26p.

El queso Zamorela se obtiene por hilado de una masa acidificada complementada por la acción de bacterias lácticas. El método tradicional de producción del queso Zamorela 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 reducir el tiempo de elaboración del queso Zamorela en la Empresa de Industrias Lácteas Zamorano. El tiempo es el factor más delimitante de este proceso debido a que genera un aumento de costos y una demanda insatisfecha en el mercado. Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo factorial 2x2, evaluando dos cultivos lácticos (RA021 y RA022) y dos temperaturas de incubación de la cuajada (35 °C y 42 °C). Las propiedades fisico-químicas y conteos microbiológicos del queso elaborado fueron evaluados. Asimismo, se condujo un análisis sensorial exploratorio descriptivo para establecer diferencias en apariencia, color, aroma, textura, sabor, acidez y apreciación general del producto. El período de elaboración se redujo a un promedio entre 4 y 5 horas en todos los tratamientos con diferencias significativas al control ( $P < 0.05$ ). En general los quesos de los tratamientos RA021-35 °C y RA022-42 °C, presentaron las mejores calificaciones sensoriales y una aceptación general de 4,33 y 4,16, respectivamente ( $P < 0.05$ ). El tratamiento RA021-35 °C mostró la mejor apariencia, color, textura y sabor, lo que se correlacionó con el análisis fisico-químico; aunque un rendimiento menor en 0.3% al obtenido actualmente en la planta. Los conteos de aerobios totales en promedio fueron de 300 UFC/ml y de coliformes totales  $< 1$  UFC/ml. Se concluyó que el queso Zamorela mediante una temperatura constante de incubación de la cuajada pudo ser elaborado el mismo día de producción sin afectar de una manera significativa la aceptación general de los consumidores.

**Palabras clave:** hilable, ácido láctico, textura, sabor, apreciación general, coniformes, aerobios

## CONTENIDO

Portadilla .....		i
Autoría .....		i
Páginas de firmas.....		ii
Dedicatoria .....		iv
Agradecimientos.....		v
Resumen.....		vi
Contenido.....		viii
Índice de Cuadros .....		ix
Índice de Figuras .....		x
Índice de Anexos .....		xi
<b>1.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>1</b>
1.1	EL QUESO.....	1
1.2	TRATAMIENTO DE LA LECHE.....	1
1.3	PAPEL DEL CULTIVO STARTER.....	1
1.4	COAGULANTE.....	2
1.5	COCCIÓN.....	2
1.6	HILADO Y MOLDEO .....	2
1.7	EFFECTO EN LA MICROESTRUCTURA.....	3
1.8	EFFECTOS TÉRMICOS .....	3
1.9	SALADO DIRECTO.....	3
<b>2.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>5</b>
3.1	MATERIALES Y EQUIPO .....	5
3.1.1	Ingredientes y materiales para la elaboración de queso Zamorela.....	5
3.1.2	Maquinaria y equipo utilizado.....	5
3.2	METODOLOGÍA.....	5
3.2.1	Manufactura del queso Zamorela.....	5
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	9
3.4	MEDICIONES DURANTE EL PROCESO .....	9
3.4.1	Acidez titulable.....	9
3.4.2	Temperatura .....	9
3.4.3	Tiempo de elaboración.....	10
3.4.4	Rendimiento .....	10
3.4.5	Porcentaje de grasa .....	10
3.5	ANÁLISIS FÍSICO .....	10
3.5.1	Color .....	10
3.5.2	Textura .....	11

3.6	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	11
3.7	EVALUACIÓN SENSORIAL.....	11
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>12</b>
4.1	ANÁLISIS PRELIMINARES.....	12
4.1.1	Acidez titulable.....	12
4.1.2	Tiempo de elaboración.....	13
4.1.3	Rendimiento.....	13
4.1.4	Grasa.....	14
4.2	ANÁLISIS FÍSICO.....	14
4.2.1	Color.....	14
4.2.2	Textura.....	15
4.3	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	16
4.4	EVALUACIÓN SENSORIAL.....	16
4.4.1	Apariencia.....	16
4.4.2	Color.....	17
4.4.3	Aroma.....	17
4.4.4	Textura.....	17
4.4.5	Acidez.....	18
4.4.6	Sabor.....	18
4.4.7	Apreciación general.....	19
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>22</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>24</b>

## INDICE DE CUADROS

### Cuadro

1.	Diseño experimental .....	9
2.	Análisis Atecal por horas de producción .....	12
3.	Medición de Acidez Final Lactosuero .....	13
4.	Análisis de Rendimiento .....	13
5.	Análisis del porcentaje de grasa .....	14
6.	Análisis de color por ColorFlex Huntelab .....	14
7.	Medición de textura Instron® .....	15
8.	Conteo Microbiológico Zamorela Experimental.....	16
9.	Análisis sensorial de apariencia queso Zamorela.....	16
10.	Análisis sensorial de color queso Zamorela.....	17
11.	Análisis sensorial de aroma queso Zamorela.....	17
12.	Análisis sensorial de textura queso Zamorela.....	17
13.	Análisis sensorial de acidez queso Zamorela.....	18
14.	Análisis sensorial de sabor queso Zamorela .....	18
15.	Análisis sensorial de apreciación general queso Zamorela.....	19

## INDICE DE FIGURAS

### Figura

1.	Diagrama de flujo queso Zamorela (A) .....	6
2.	Diagrama de flujo queso Zamorela (B) .....	7
3.	Diagrama de flujo queso Zamorela (C) .....	8
4.	Curva desarrollo ATECAL queso Zamorela.....	12
5.	Gráfica ColorFlex Hunter Lab, tonalidad color amarillos queso Zamorela ..	15

## INDICE DE ANEXOS

### Anexo

1.	Hoja de Evaluación Sensorial .....	26
2.	Gráficas de color queso zamorela.....	26
3.	Gráfica Fuerza-Desplazamiento queso Zamorela .....	27

## **1. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.1 EL QUESO**

El queso Mozzarella genuino, original, presenta una forma esferoidal u ovoidal, y un peso que oscila entre 30 y 600 gramos. Su nombre, “Mozzarella”, proviene del verbo “mozzare”, debido que, para “hilar” la cuajada, se corta ésta en pequeñas porciones que se plastifican y estiran al amasarlas con agua caliente (Bourgault, 2002).

### **1.2 TRATAMIENTO DE LA LECHE**

Partiendo desde un estado de sanidad microbiológica, es indispensable que se elabore el queso Mozzarella empleando leche pasteurizada. Así mismo otros autores recomiendan el uso de temperaturas de pasteurización más altas de las normales para incrementar el rendimiento a través de la desnaturalización y la incorporación de proteínas de suero (Lelievre, 1995). La homogeneización de la leche para la elaboración de Mozzarella no es muy habitual en la industria. La leche para la producción de Mozzarella casi siempre se estandariza a un valor específico de la relación caseína/grasa (C/F), para obtener quesos con el contenido grasa/ extracto seco deseado, el cual es normalmente exigido por el comprador (Barbano, 1996). Para el consumidor es muy importante dado que afecta varias propiedades funcionales como la firmeza, la capacidad de desmenuzamiento, la derretibilidad y la formación de desprendimiento de aceite (Kindstedt, 1990).

### **1.3 PAPEL DEL CULTIVO STARTER**

El rol principal del cultivo es la producción de suficiente ácido láctico durante la elaboración para transformar la cuajada en una masa hilable en agua caliente. La capacidad de la cuajada de ser hilada está principalmente relacionada con la cantidad de calcio disponible para el corte de las uniones de caseína (Kosikowski, 1997; Lucey, 1993). Demasiado calcio asociado a la caseína producirá una cuajada dura que se desgarrará y se fractura durante el hilado, mientras que muy bajo calcio producirá una completa pérdida de estructura y elasticidad. El nivel de calcio asociado a la caseína se determina por dos factores claves: 1) cantidad de calcio total (por unidad de caseína) y 2) la distribución del calcio total entre la caseína asociada y los estados solubles en suero. Éste último se rige por el pH de la cuajada, por ejemplo un alto pH favorece el calcio en el estado asociado a la caseína, mientras que un bajo pH favorece calcio en el estado soluble (Lawrence, 1987). Por ello, los dos parámetros que mejor definen los requerimientos de hilabilidad son la proporción calcio a proteína y el pH de la cuajada. Estos parámetros son inversamente proporcionales, implicando que la cuajada con baja proporción calcio/proteína requiere un nivel de pH relativamente alto para el hilado, mientras que la que tiene una proporción alta requiere relativamente un pH bajo para el hilado.

La cantidad de calcio presente antes vs. después del drenaje del suero es esencialmente definida por el pH de drenaje. Éste más que ningún otro parámetro influencia la relación calcio/proteína en el queso, ya que la mayor pérdida de calcio en suero ocurre al momento del drenaje (Kindstedt, 1993; Lucey, 1993).

#### **1.4 COAGULANTE**

Como en todo proceso de elaboración de quesos, también en la elaboración de mozzarella el coagulante tiene por papel primordial la coagulación de la leche y de esa forma inicia el proceso de selectiva concentración que finalmente determina la composición química del queso. En consecuencia, la actividad y especificidad del coagulante usado en la elaboración, como así también la estabilidad térmica y la extensión de inactivación térmica durante el hilado causan gran impacto sobre la proteólisis, las características funcionales y el comportamiento de maduración (Kindstedt, 1993 y Yun, 1993).

#### **1.5 COCCIÓN**

Las funciones principales de la etapa de cocción, drenaje en la elaboración de mozzarella son el control de la humedad y contenido de calcio en la cuajada durante el hilado y en el producto final. Esto es complementado, en parte, por el control de la actividad del cultivo y los tiempos de acidificación. La temperatura durante la cocción es uno de los parámetros más útiles que se puede emplear para cambiar el contenido de humedad del queso. En general, temperaturas menores de cocción provocan menos sinéresis y mayor contenido de humedad en el producto final. Sin embargo, los cultivos termófilos muestran una producción óptima de ácido en un rango de temperatura de alrededor de 42-45°C, lo cual está a nivel o aún por sobre las temperaturas de cocción tradicionales (McCoy, 1997; Oberg y Broadbent, 1993). Por lo tanto, menores temperaturas de cocción tienden además a generar tasas más lentas de producción de ácido y de elaboración, y mejoran las condiciones de sinéresis (Yun, 1993). Consecuentemente, el efecto de los cambios en las temperaturas de cocción/chedarización en el contenido de humedad será mayor cuando se tomen las precauciones necesarias para mantener constante el tiempo de elaboración. Cerca del final de la cocción se abre una 'ventana' de pH, la cual se extiende en unas 0.2-0.3 unidades de pH, dentro de las cuales la cuajada puede hilarse. Si el hilado se hace en el mínimo nivel del rango de pH (a veces llamado en la industria 'hilado en maduro') resulta en niveles menores de pH y un contenido de humedad levemente menor, como así también en el caso de la proporción calcio/proteína del producto final. Yun (1993), observó que el hilado a menor pH producirá un queso con menor viscosidad aparente durante la maduración, indicando una consistencia menos fibrosa y más gomosa y derretida, que requiere una menor maduración para alcanzar una funcionalidad óptima.

#### **1.6 HILADO Y MOLDEO**

El calentamiento e hilado de la cuajada acidificada es la operación clave en la elaboración de la mozzarella. El hilado tiene un gran impacto sobre la microestructura y la composición química y rendimiento del queso, y además representa un tratamiento térmico sustancial, todo lo cual afecta las características funcionales del queso (Ober y colaboradores, 1993).

## **1.7 EFECTO EN LA MICROESTRUCTURA**

El hilado transforma la matriz proteica tridimensional de la cuajada del queso en una red de fibras proteicas paralelamente alineadas, tal como puede verse en un microscopio electrónico (Ober, 1993; McMahon et al., 1993). El hilado genera una textura elástica y flexible cuando el queso no está derretido, y una textura altamente estructurada, fibrosa y masticable cuando está derretido. Es posible obtener variaciones de mozzarella que no son hiladas, sino prensadas en forma de bloques (Chen, 1996).

## **1.8 EFECTOS TÉRMICOS**

El historial de temperatura (tiempos y temperaturas de tratamiento) de la cuajada durante el hilado influencia profundamente dos aspectos del queso final que son fundamentales para el proceso de maduración: la actividad del cultivo y la actividad coagulante residual (Barbano, 1993). Los coagulantes y las actividades de los cultivos parecen ser extremadamente dependientes de la temperatura en este rango crítico. De esto se deduce que una diferencia de unos pocos grados en la temperatura de la cuajada durante el hilado puede ocasionar importantes diferencias en las características microbiológicas de la mozzarella durante la maduración.

## **1.9 SALADO DIRECTO**

La sal puede incorporarse por agregado directo a la cuajada inmediatamente antes del hilado, durante el mismo o entre el hilado y el moldeo (Barbano, 1994; Bylund, 1995; Fernández, 1986). Cuando la sal se agrega antes del hilado, se disuelve salmuera más que agua, para evitar que se pierda sal en la cuajada en el agua del mezclador (Barbano, 1994). El agregado de sal durante el hilado provoca mayores pérdidas de humedad que cuando el salado se realiza por salmuera de bajas temperaturas (1-2%) (Barbano, 1994). Por lo tanto, el contenido de humedad del producto final será significativamente más bajo a menos que se realicen acciones para producir una cuajada con un nivel superior de humedad en el salado. Ya sea que la sal se agregue antes o después del mezclador, es importante optimizar la operación de moldeo ya que la cuajada salada es más dura y propensa a resistir la fusión en un bloque uniforme que la cuajada sin salar.

## 2. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una metodología que logre uniformizar y mantener las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales del queso Zamorela, reduciendo a la vez el tiempo empleado en su elaboración fue el principal reto del presente estudio. Para lograrlo, se analizaron diversos métodos de elaboración de queso Zamorela, desarrollando un flujo de procesos que permitiese obtener un producto uniforme y eficiente de producción. Con éste fin se evaluó el efecto de la temperatura de incubación de la cuajada (35 °C y 42 °C) y el tipo de cultivo láctico (RA021 y RA022) y sus efectos en las características previamente citadas.

En Zamorano se han hecho estudios tratando de minimizar el tiempo que lleva producir el queso Zamorela; uno de ellos lo realizó Molina (1998), quien desarrolló un estudio para tratar de reducir el tiempo de producción de éste queso haciendo uso de ingredientes como ácido cítrico, cultivos lácticos y cultivo de yogurt. También Bernal (1999), realizó un estudio en el que utilizó tres tipos de acidulantes: ácido cítrico, ácido acético y ácido fosfórico, para disminuir el tiempo de acidificación de la cuajada y así optimizar el tiempo de producción. La compañía Chr. Hansen, ha realizado estudios, en los que se demuestra el descenso del pH del queso, según el tipo de cultivo que sea utilizado, este descenso se desarrolla en aproximadamente 4 horas y los cultivos utilizados en el estudio son congelados o liofilizados.

Según Barbano (1994), el cultivo de inicio es determinante en el tiempo final de producción influenciado por: la tasa de producción de ácido y la cantidad de ácido producido antes del drenaje del suero. Con respecto a las propiedades físico-químicas Barbano (1994), dice que: el cultivo de inicio según sus aportes de acidificación, tendrá impactos en la humedad, contenido de calcio, lo cual afectaría enormemente las características funcionales y los tiempo de maduración y son variables que se deben tomar en cuenta al momento de elaborar un nuevo proceso de elaboración del queso Mozzarella.

McCoy (1997), dice que las temperaturas de incubación de la cuajada tienen relación directa con los cultivos starters que se pueden interpretar como una producción óptima de éstos en la producción de ácido láctico a cierto rango de temperaturas. Así las tasas de producción de ácido láctico dependen mutuamente de la relación cultivo/temperatura que determinarán finalmente el tiempo de elaboración final del queso Mozzarella.

Yun et al. (1993), reportaron que el historial de temperaturas y cultivos empleados influyen en dos aspectos del queso final para el proceso maduración: obtención del atecal óptimo de hilabilidad del queso Mozzarella y la actividad del starter en la influencia directa de los tiempos de elaboración del queso Mozzarella.

El objetivo general de éste estudio fue analizar el efecto de la temperatura de fermentación y tipo de cultivo láctico en el tiempo de elaboración, propiedades físicas, químicas y sensoriales del queso Zamorela.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIALES Y EQUIPO**

##### **3.1.1 Ingredientes y materiales para la elaboración de queso Zamorela**

1. Leche de vaca estandarizada al 2% de grasa y pasteurizada (lotes de 50 L.)
2. Cultivos lácticos RA021 y RA022 DANISCO, Copenhagen, Dinamarca.
3. Cuajo líquido doble potencia Chymax Ultra Chr. Hansen, WI, USA
4. Cloruro de Calcio Cal Sol ; Chr. Hansen, WI, USA
5. Sal refinada
6. Citrato de sodio
7. Agua Caliente (80-85 °C)
8. Sorbato de Potasio
9. Bolsas de empaque al vacío, CRYOVAC®, USA

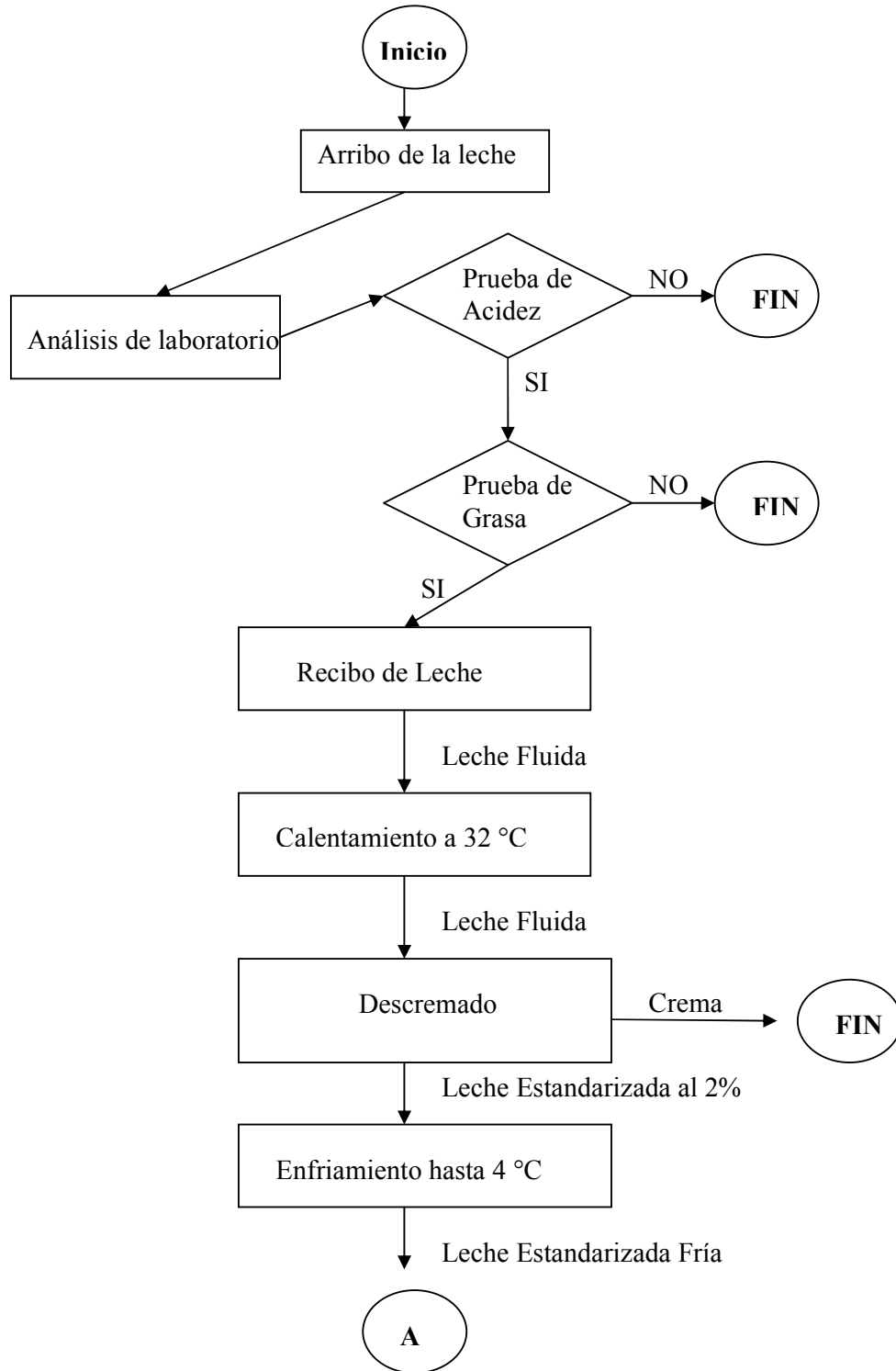
##### **3.1.2 Maquinaria y equipo utilizado**

1. Quesera de 200 litros de capacidad
2. Pala de acero inoxidable
3. Liras vertical y horizontal con 1 cm de separación
4. Probeta graduada de 10 mL
5. Balanza electrónica
6. Pipeta de 9 mL
7. Fenolftaleína
8. Hidróxido de Sodio 0.1 N
9. Medio de cultivo VRBA
10. Medio de cultivo PCA
11. Incubadora a 35 °C
12. Material de laboratorio
  - Reactivos
  - Instron® (Modelo 444), Instron Corp.
  - Colorflex Hunter Lab®

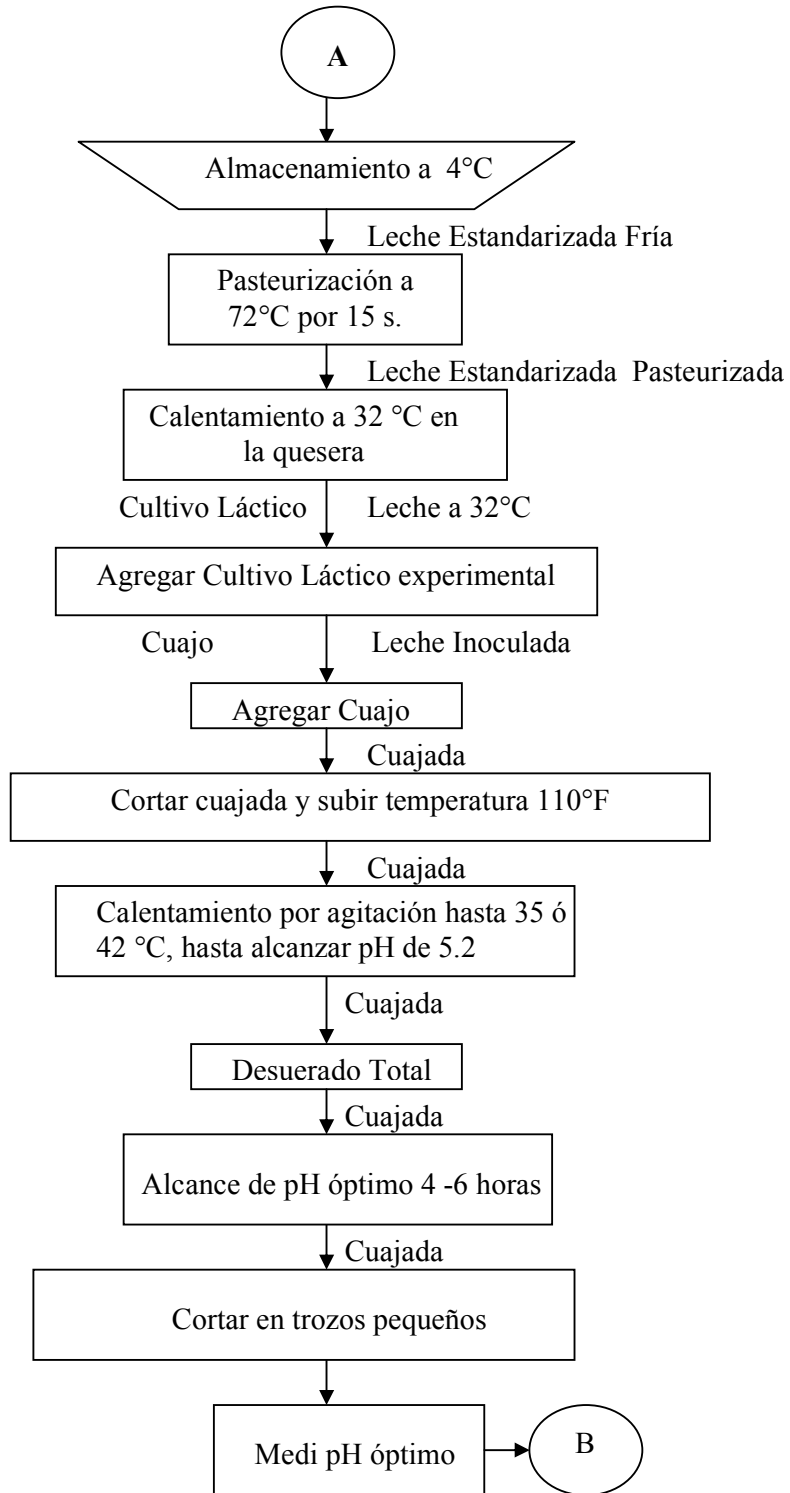
#### **3.2 METODOLOGÍA**

##### **3.2.1 Manufactura del queso Zamorela**

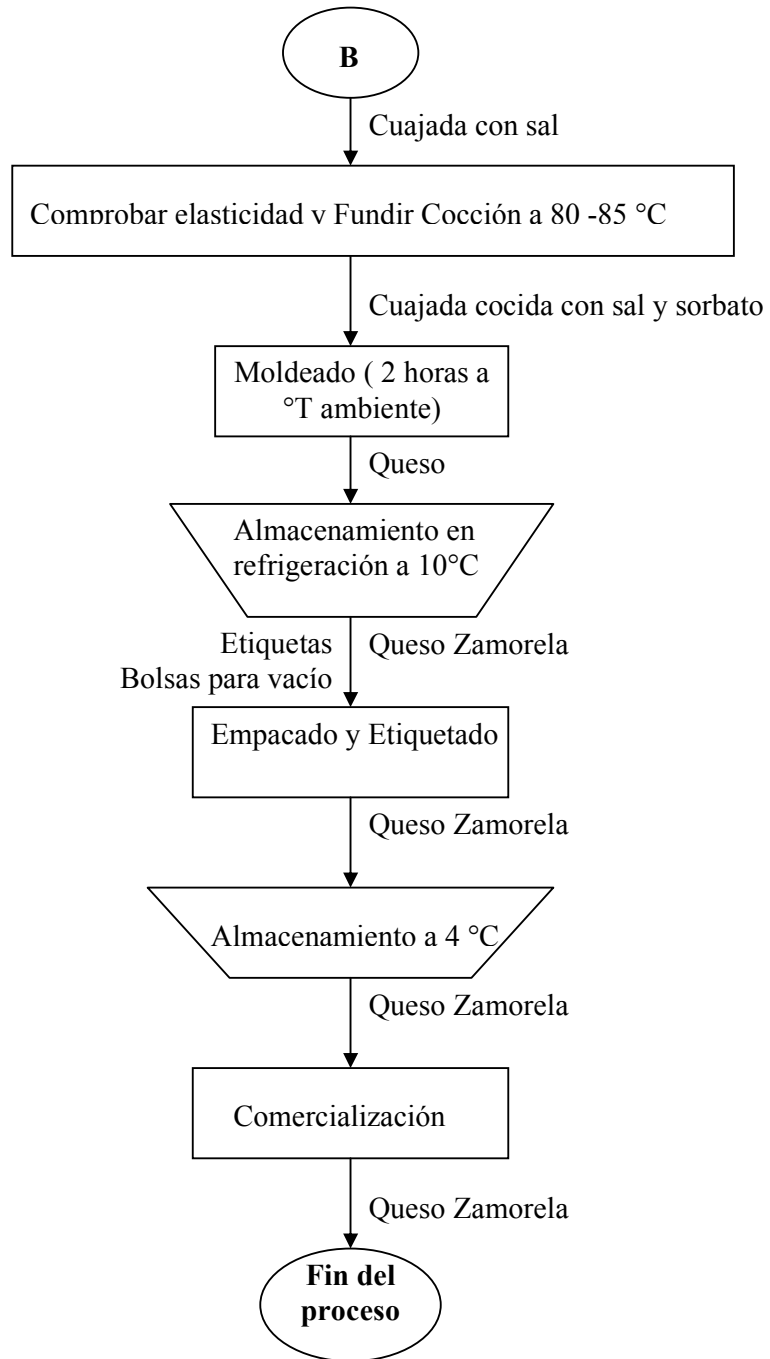
Cuatro tipos distintos de queso Zamorela fueron elaborados, variando el tipo de cultivo láctico inoculado (RA021 y RA022) y la temperatura de incubación de la cuajada (35 °C y 42 °C). Los pasos restantes del proceso de elaboración y formulación fueron estandarizados. Se utilizó leche estandarizada al 2% de grasa y pasteurizada a 72 °C por 15 segundos, añadiendo 10 % de Cloruro de Calcio y 10 % de cuajo por cada tanda de 50 litros. Se elaboró el siguiente proceso de elaboración representado por el diagrama de flujo (Figuras 1, 2 y 3).



**Fig. 1 Diagrama de flujo queso Zamorela (A)**



**Fig. 2 Diagrama de flujo queso Zamorela (B)**



**Fig. 3 Diagrama de flujo queso Zamorela (C)**

### 3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un modelo experimental de Bloques Completos al Azar con un arreglo 2X2 factorial.

**Cuadro 1. Diseño experimental**

CULTIVOS	TEMPERATURA	
	35 °C	42 °C
RA021	TRT1	TRT2
RA022	TRT3	TRT4

Tres repeticiones de cada tratamiento fueron efectuadas; produciendo cuatro diferentes tipos de queso Zamorela, empleando distintos procedimientos con el fin de evaluar el efecto de la temperatura de incubación de la cuajada y tipo de cultivo láctico como muestra el cuadro 1. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), donde cada repetición constituyó un bloque y cada una de las combinaciones un tratamiento distinto. Las variables evaluadas fueron: acidez titulable del lactosuero, temperatura de incubación, tiempo de elaboración, rendimiento, porcentaje de grasa, color, textura y análisis microbiológico. Los atributos sensoriales: apariencia, color, aroma, textura, sabor y acidez; así como una apreciación general del conjunto de características manifestadas. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con medias ajustadas utilizando el modelo lineal general (GLM, por sus siglas en inglés) y separación de medias Tukey; del Sistema de Análisis Estadístico (SAS®), versión 8.0, fijando un nivel de significancia de  $P < 0.05$ .

### 3.4 MEDICIONES DURANTE EL PROCESO

#### 3.4.1 Acidez titulable

La acidez del lactosuero fue medido durante todo el proceso, en intervalos de hora cronometrados. Se determinó un ATECAL óptimo de 0.8 % de Hidróxido de Sodio 0.1N utilizando Fenolftaleína como indicador y expresada en equivalentes de ácido láctico, según el método descrito por Revilla (2000). El procedimiento seguido se detalla a continuación:

1. Se midió 9ml. de lactosuero en una probeta graduada
2. Se añadió tres gotas de Fenolftaleína.
3. Se tituló la muestra con Hidróxido de Sodio, gota por gota, mezclando bien después de cada adición hasta evidenciar un color rosado pálido.
4. Se tomó la lectura de acidez directamente del instrumento de titulación.

#### 3.4.2 Temperatura

Las temperaturas fueron medidas cada cinco minutos durante el periodo de incubación. Se utilizó un solo termómetro calibrado para todos los tratamientos. Se mantuvieron las temperaturas (35 °C y 42 °C) siempre constantes.

### 3.4.3 Tiempo de elaboración

Para la determinación del tiempo se contó con un cronómetro de mano activado al momento de la entrada de la leche a la marmita hasta el empacado final del queso Zamorela. Éste fue dependiente del tiempo que duró la cuajada en alcanzar su ATECAL óptimo de 0.8 %.

### 3.4.4 Rendimiento

La cantidad total de queso Zamorela obtenido fue determinada mediante el pesado directo en una balanza una vez empacado el producto, sustrayendo del peso total, el del empaque que lo contenía. El rendimiento porcentual se ha definido como el número de kilogramos de queso obtenido a partir de 50 litros de leche estandarizada al 2% de grasa, de la siguiente forma:

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

### 3.4.5 Porcentaje de grasa

Se determinó la composición del quesillo siguiendo los métodos de la AOAC (1997).

- Grasa: Método de Babcock, AOAC # 933.05
  - Muestra homogenizada
  - Pesar 9 grs. de muestra
  - Agregar 10 ml de agua a 160 °F
  - Agregar 17,5 ml de ácido sulfúrico con gravedad específica de 1,83 a 68 °F
  - Centrifugar durante 5 min
  - Agregar agua a 140°F
  - Centrifugar durante 2 min
  - Agregar agua a 140°F
  - Centrifugar durante 1 min
  - Agregar agua a 140°F
  - Medir % de grasa

## 3.5 ANÁLISIS FÍSICO

### 3.5.1 Color

Colorflex Hunter Lab®. Se midieron los valores de L\*, a\*, b\* que describen los colores de acuerdo a su oposición en un eje de tres coordenadas, tercera dimensión. L\* es la claridad y el brillo, es una medida de cuan blanco o negro es el producto; el eje de a\* va del rojo al verde y el eje b\* va del amarillo al azul (Colourware, 2004).

### 3.5.2 Textura

INSTRON 444®, acople de guillotina Compression Warner Bratzer Crosshead Speed No. 2, el acople midió la fuerza del corte del quesillo en KN (Kilo Newtons).

### 3.6 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizaron conteos de coliformes totales en el laboratorio de la Empresa Universitaria de Industrias Lácteas, teniendo como límite máximo 1000 UFC/g de Aerobios Totales, incubando la muestra a una temperatura de 35 °C por 24 horas. Se utilizó un medio de cultivo VRBA para las placas.

#### Preparación de placas:

1. Transferir de la dilución al plato petri 1 ml de muestra.
2. Agregar medio VRBA de 5 a 6 ml en el plato petri. Y mezclar bien el medio de cultivo con la muestra haciendo movimientos suaves.
3. Dejar reposando hasta que solidifique.
4. Agregar de 5 a 6 ml de medio de cultivo para formar una sobre capa.
5. Dejar los platos incubados a 35°C por 24 horas.

### 3.7 EVALUACIÓN SENSORIAL

Se realizó un análisis sensorial exploratorio descriptivo. Se empleó un grupo de doce panelistas que incluyó a los trabajadores de la Empresa Universitaria de Industrias Lácteas. Los panelistas recibieron una inducción acerca del estudio y los objetivos del mismo, la forma de evaluación y las características a evaluar en el producto, procedieron a calificar individualmente las muestras según su criterio. El análisis fue realizado con tres repeticiones en días distintos. Se desarrolló la siguiente metodología:

1. Se preparó el lugar de la prueba, cada muestra de queso fue rotulada con números randomizados, incluso del control que fue el queso Zamorela actual comercializado
2. Se proporcionó a cada panelista su propio material de degustación, agua y galletas de soda como limpiadores del paladar entre cada una de las muestras. Así también, una boleta de evaluación con las instrucciones y características a evaluar en cada muestra. Una escala hedónica de 5 puntos (5= muy bueno, 1= muy malo), fue utilizada para la evaluación de apariencia, color, textura, sabor y apreciación general del producto. Para las variables de aroma y acidez, una escala de 5 puntos fue igualmente empleada, aunque expresando la magnitud del atributo evaluado (5= muy pronunciado, 1= imperceptible).

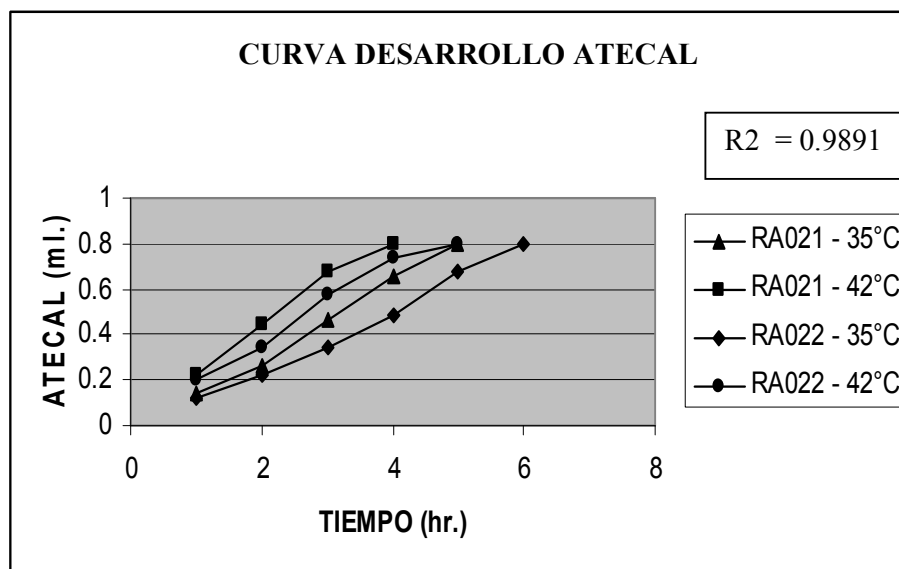
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS PRELIMINARES

#### 4.1.1 Acidez titulable

**Cuadro 2. Análisis Atecal por horas de producción**

ATECAL ÓPTIMO (%) EN HORAS DE PRODUCCIÓN						
TRATAMIENTOS	1	2	3	4	5	6
RA021 - 35°C	0.14	0.26	0.46	0.66	0.8	
RA021 - 42°C	0.22	0.44	0.68	0.8		
RA022 - 35°C	0.12	0.22	0.34	0.48	0.68	0.8
RA022 - 42°C	0.22	0.34	0.58	0.74	0.8	



**Fig 4 Curva desarrollo ATECAL queso Zamorela**

En el cuadro 2 se observa que según el cultivo láctico y la temperatura de incubación de la cuajada, se determinó el tiempo óptimo de obtención del ATECAL final en el lactosuero. Consecuentemente, la mayor acidez fue registrada por el tratamiento RA021- 42 °C, debido a su mayor facilidad de producir ácido láctico a 42 °C, lo cual fue determinante en la reducción del tiempo de elaboración del queso Zamorela. Asimismo, se observó un efecto directo en el análisis sensorial, mostrando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), en la percepción de acidez por parte de los panelistas.

#### 4.1.2 Tiempo de elaboración

**Cuadro 3. Medición de Acidez Final Lactosuero**

MUESTRA	Tiempo de elaboración $\pm$ DE (horas)	Separación de Medias Tukey* (P<0.05)
RA021 – 42 °C	4.05 $\pm$ 0.033	A
RA021 – 35 °C	4.30 $\pm$ 0.033	B
RA022 – 42 °C	5.25 $\pm$ 0.033	C
RA022 – 35 °C	5.40 $\pm$ 0.033	D
ZAMORELA**	3 - 4 días	

\*Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P <0.05)

\*\* Datos del queso control Zamorela, variables en producción y no analizados estadísticamente (SAS).

El cuadro 3 muestra que las diferencias estadísticas son significativas (P <0.05) entre los cuatro tratamiento y el control. El tiempo final de elaboración es directamente proporcional a la cantidad de ácido láctico producido. El tratamiento RA021 – 42 °C presentó el menor tiempo de elaboración a consecuencia de la mayor cantidad de ácido láctico producido siendo proporcional a la calificación de acidez por el panel sensorial.

#### 4.1.3 Rendimiento

La relación entre la capacidad de retención de agua, la actividad proteolítica, y la relación proteína/grasa están relacionados directamente con el rendimiento del queso Zamorela.

**Cuadro 4. Análisis de Rendimiento**

MUESTRA	Rendimiento (Kg) $\pm$ DE	Separación de Medias Tukey* (P<0.05)
RA022 – 42 °C	10.28 $\pm$ 0.31	A
ZAMORELA	10.18 $\pm$ 5.40	A
RA021 – 35 °C	9.73 $\pm$ 0.31	B
RA021 – 42 °C	8.64 $\pm$ 0.31	C
RA022 – 35 °C	8.35 $\pm$ 0.31	D

\* Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P <0.05).

En el cuadro 4 podemos observar que se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (P<0.05). Se pudo concluir que un menor tiempo de maduración tiene una relación directa en el rendimiento del mismo. Los mayores rendimientos se obtuvieron con RA022 - 42°C y el control, siendo estos tratamientos significativamente mayores al resto de tratamientos. En general los rendimientos en los tratamientos fueron menores o similares al queso control producido en la planta.

#### 4.1.4 Grasa

**Cuadro 5. Análisis del porcentaje de grasa**

MUESTRA	Grasa(%) ± DE	Separación de Medias Tukey* (P<0.05)
RA021 – 35 °C	22 ± 0.28	A
RA022 – 42 °C	22 ± 0.28	A
ZAMORELA	22 ± 0.28	A
RA021 – 42 °C	23 ± 0.28	B
RA022 – 35 °C	23 ± 0.28	B

\* **Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P < 0.05)**

En el cuadro 5 podemos observar que se encontraron diferencias estadísticas significativas (P<0.05) en el contenido de grasa de los tratamientos. Los tratamientos RA021 – 35 °C, RA022 – 42 °C y el control presentaron el mismo porcentaje de grasa. Se pudo concluir que el nuevo proceso de elaboración del queso Zamorela no afecta directamente al porcentaje de grasa en los quesos.

## 4.2 ANÁLISIS FÍSICO

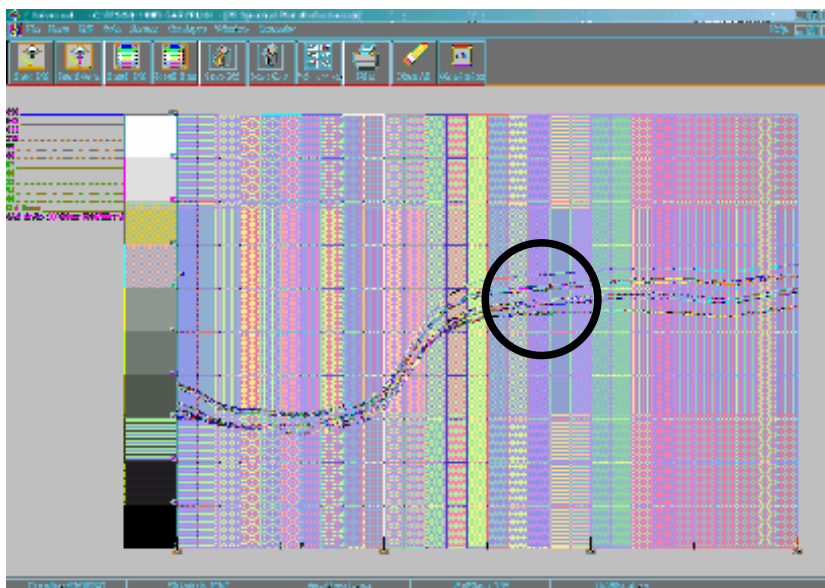
### 4.2.1 Color

**Cuadro 6. Análisis de color por ColorFlex Huntelab**

MUESTRA	L MEDIA	Medias Tukey* (P<0.05)	b MEDIA	Media Tukey* (P<0.05)
ZAMORELA	75.13 0,24	A	21.09 0.13	A
RA021 – 35 °C	73.44 0,24	B	20.70 0.13	B
RA022 – 42 °C	71.37 0,24	BC	20.65 0.13	B
RA022 – 35 °C	70.62 0,24	C	19.97 0.13	C
RA021 – 42 °C	70.03 0,24	C	18.97 0.13	C

\* **Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P<0.05)**

En el cuadro 6 se puede observar que los tratamientos RA021 – 35 °C y RA022 – 42 °C son los más cercanos al color del control tanto en claridad como en el color amarillo del queso original; sin embargo presentan diferencias estadísticas significativas (P<0.05). Existe una correlación entre el análisis físico del ColorFlex Hunterlab y el análisis sensorial, ambos identifican diferencias de color entre los quesos de los tratamientos y el queso control de planta. Ambos tratamientos son los que más se acercan al color del zamorela original, sin embargo el instrumento de medición de color, ColorFlex Hunter Lab, en su gráfica define diferencias mínimas con respecto a la tonalidad el color amarillo de los quesos experimentales con relación al queso zamorela original.



**Fig. 5 Gráfica ColorFlex Hunter Lab, tonalidad color amarillos queso Zamorela**

#### 4.2.2 Textura

Referente a la textura de los quesos se tomaron precauciones previas para no afectar su textura final. Un desuerado no muy pronunciado y en tandas cada 5-10 minutos, se evitó que las bacterias no desarrollen su actividad proteolítica óptima; un desuerado insuficiente; presencia de antibióticos; proporción de aglutininas; control de temperatura de afinado. Éstos fueron factores que se controlaron para evitar la pérdida de textura en los tratamientos de queso Zamorela.

**Cuadro 7. Medición de textura Instron®**

MUESTRA	Textura (KN) $\pm$ DE	Separación de Medias Tukey* (P<0.05)
ZAMORELA	0.0200 $\pm$ 0.0010	A
RA021 – 35 °C	0.0222 $\pm$ 0.0010	B
RA022 – 42 °C	0.0227 $\pm$ 0.0010	C
RA022 – 35 °C	0.0228 $\pm$ 0.0010	C
RA021 – 42 °C	0.0229 $\pm$ 0.0010	C

**\*Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P < 0.05)**

Observando los resultados del cuadro 7 los quesos obtuvieron texturas muy similares entre ellos sin embargo existen diferencias estadísticas significativas (P<0.05). Correlacionando los resultados del equipo medidor de textura Instron® y el análisis sensorial los tratamientos RA021 – 35 °C y RA022 – 42°C fueron los mejores. La interpretación de los resultados para la textura de los quesos fue representada por la fuerza de corte o fuerza de mordida que un consumidor debería realizar al momento del consumo de los quesos.

### 4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

**Cuadro 8. Conteo Microbiológico Zamorela Experimental**

TRATAMIENTO	AEROBIOS TOTALES (UFC/g)	COLIFORMES TOTALES (UFC/g)
ZAMORELA	320	ND*
RA021 - 35°C	360	ND*
RA021 - 42°C	240	ND*
RA022 - 35°C	310	ND*
RA022 - 42°C	280	ND*

\*N.D. No detectado. Límite de detección 10 UFC/g

En el cuadro 8 podemos observar que la carga bacteriana de aerobios totales encontrados en los cinco quesos analizados se mantuvieron dentro del rango máximo permitido < 10000 UFC/ml. Los cuatro tratamientos en general obtuvieron 0 UFC/ml de coliformes totales. Esto demuestra que el proceso de elaboración cumple con la inocuidad alimentaria. Se pudo concluir que las características microbiológicas se mantuvieron en los tratamientos con relación al queso Zamorela control.

### 4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL

#### 4.4.1 Apariencia

**Cuadro 9. Análisis sensorial de apariencia queso Zamorela**

MUESTRA	MEDIA ± DE	Separación de Medias Tukey* (P<0.05)
RA021 – 35 °C	4.083 ± 0.41	A
RA022 – 42 °C	3.694 ± 0.41	B
ZAMORELA	3.333 ± 0.41	BC
RA022 – 35 °C	3.111 ± 0.41	C
RA021 – 42 °C	2.833 ± 0.41	D

\*Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P < 0.05)

Como se puede apreciar en el cuadro 7 existieron diferencias estadísticas significativas (P<0.05) entre tratamientos; las mismas que fueron determinadas por las evaluación sensorial en 3 repeticiones de cada tratamiento por parte de los panelistas. Los tratamientos RA021 – 35 °C y RA022 – 42 °C, fueron los mejores evaluados en el atributo de apariencia.

#### 4.4.2 Color

**Cuadro 10. Análisis sensorial de color queso Zamorela**

MUESTRA	MEDIA ± DE	Separación de Medias Tukey (P<0.05)
RA021 – 35 °C	4.333 ± 0.44	A
RA022 – 42 °C	3.944 ± 0.44	A
RA022 – 35 °C	3.805 ± 0.44	B
RA021 – 42 °C	3.416 ± 0.44	B
ZAMORELA	3.277 ± 0.44	C

**Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P <0.05)**

Según muestra el cuadro 8 se detectaron diferencias estadísticas significativas (P <0.05) entre los tratamientos, lo cual podemos correlacionar directamente con el análisis físico realizado. Los tratamientos RA021 – 35 °C y RA022 – 35 °C obtuvieron las calificaciones más altas, lo que representa que el panelista observó el mejor color en cada tratamiento. Los equivalentes a la expresión cuantitativa de la mezcla de blanco, rojo y amarillo responsables del color del queso. La absorbancia mínima fue registrada en 460 nm y la máxima en 690 nm.

#### 4.4.3 Aroma

**Cuadro 11. Análisis sensorial de aroma queso Zamorela**

MUESTRA	MEDIA ± DE	Separación de Medias Tukey* (P<0.05)
RA021 – 35 °C	3.694 ± 0.45	A
RA022 – 42 °C	3.055 ± 0.45	B
ZAMORELA	2.916 ± 0.45	B
RA021 – 42 °C	2.833 ± 0.45	B
RA022 – 35 °C	2.638 ± 0.45	B

**\*Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P <0.05)**

En el cuadro 9 se puede observar que la magnitud del aroma percibido fue evaluada, detectando diferencias significativas entre tratamientos (P <0.05). La magnitud del aroma detectado fue mayor en el caso del tratamiento RA021 – 35 °C y el resto fueron estadísticamente iguales incluyendo el queso Zamorela control en los demás tratamientos, sugiriendo un aroma menos pronunciado y probablemente más cercano al aroma del queso original.

#### 4.4.4 Textura

**Cuadro 10. Análisis sensorial de textura queso Zamorela**

MUESTRA	MEDIA ± DE	Separación de Medias Tukey* (P<0.05)
ZAMORELA	4.138 ± 0.46	A
RA021 – 35 °C	3.861 ± 0.46	A
RA022 – 42 °C	3.694 ± 0.46	A
RA022 – 35 °C	2.250 ± 0.46	B
RA021 – 42 °C	2.194 ± 0.46	B

**\*Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P <0.05)**

Como se puede observar en el cuadro 10 existieron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, con relación al análisis físico de textura esas diferencias fueron menores dentro de cada tratamiento. El análisis sensorial demostró que los consumidores al igual que el Instron®, establecieron a los tratamientos RA021 – 35 °C y RA022 – 42 °C como los más suaves, esto fue el significado de la fuerza que tuvieron que hacer los panelistas al momento de morder el queso.

#### 4.4.5 Acidez

**Cuadro 12. Análisis sensorial de acidez queso Zamorela**

MUESTRA	MEDIA ± DE	Separación de Medias Tukey* (P<0.05)
RA021 – 42 °C	3.750 ± 0.46	A
RA021 – 35 °C	3.583 ± 0.46	A
ZAMORELA	3.083 ± 0.46	B
RA022 – 42 °C	3.000 ± 0.46	B
RA022 – 35 °C	2.583 ± 0.46	C

**\*Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P <0.05)**

Además de los valores de acidez titulable del queso obtenido, el grado de acidez percibido fue evaluado sensorialmente, resumiendo los resultados en el cuadro 11. No obstante, mientras la acidez titulable final del lactosuero obedeció tanto a la temperatura y tipo de cultivo láctico empleado; la acidez percibida dependió en mayor medida de la acidez percibida en la boca del panelista. El análisis sensorial tiene una correlación alta y positiva con el análisis físico dando a los tratamientos RA021 – 42 °C y RA021 – 35 °C como los de mayor grado de acidez en ambos análisis.

#### 4.4.6 Sabor

**Cuadro 13. Análisis sensorial de sabor queso Zamorela**

MUESTRA	MEDIA ± DE	Separación de Medias Tukey* (P<0.05)
RA021 – 42 °C	3.750 ± 0.46	A
RA021 – 35 °C	3.583 ± 0.46	A
ZAMORELA	3.083 ± 0.46	B
RA022 – 42 °C	3.000 ± 0.46	B
RA022 – 35 °C	2.583 ± 0.46	C

**\*Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P <0.05)**

El efecto de los tratamientos en el sabor del queso Zamorela se muestra en el cuadro 12, apreciando una relación entre la temperatura utilizada y el tipo de cultivo láctico en la evaluación del sabor del queso. En general, los tratamientos RA021 – 42 °C y RA021 – 35 °C obtuvieron calificaciones más altas en cuanto a sabor. Sin embargo, la acidez percibida pareció no tener relación con la evaluación de sabor de los tratamientos, encontrando distintos grados de acidez dentro de un mismo rango de apreciación por parte de los panelistas. Se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos y el queso Zamorela control de la planta.

#### 4.4.7 Apreciación general

**Cuadro 14. Análisis sensorial de apreciación general queso Zamorela**

MUESTRA	MEDIA $\pm$ DE	Separación de Medias Tukey* (P<0.05)
RA021 – 35 °C	4.083 $\pm$ 0.41	A
RA022 – 42 °C	3.694 $\pm$ 0.41	B
ZAMORELA	4.138 $\pm$ 0.41	B
RA022 – 35 °C	2.250 $\pm$ 0.41	C
RA021 – 42 °C	2.194 $\pm$ 0.41	D

**\*Tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes (P <0.05)**

Los resultados obtenidos de la en la evaluación general del queso, detallados en el cuadro 13, muestran un patrón semejante a la evaluación del resto de atributos. Los tratamientos RA021 – 35 °C y RA022 – 42 °C fueron los mejores evaluados con las calificaciones más altas incluso sobre el queso Zamorela original. Sin embargo, si se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Correlacionando con el sabor y textura los atributos de mayor importancia en la valoración del producto final, se pudo concluir que éstos tratamientos fueron los mejores del modelo experimental.

## 5. CONCLUSIONES

- Los tratamientos a 42 °C lograron reducir en 68 horas el tiempo total de producción.
- Se observó que el cultivo RA021 fue el que desarrolló una cantidad mayor de ácido láctico, a una tasa de 0.8% en 4 horas.
- El tratamiento RA021 – 35 °C fue el que presentó mejores características físico-químicas representadas por la textura, el color y el % de grasa respectivamente.
- Sensorialmente los tratamientos RA021 – 35 °C y RA022 – 42 °C obtuvieron la mejor calificación en el parámetro de apreciación general.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Realizar un estudio técnico, de factibilidad y rentabilidad financiera
- Realizar estudios con cultivos de alta acidificación para poder comprobar si el queso Zamorela experimental aún puede reducir más sus tiempos de producción.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- BARBANO, D. 1994. Mozzarella cheesemaking. J.Dairy Sci. 77 p.
- BARBANO, D. 1994. Mozzarella cheesemaking by a stirred-curd, no-brine procedure. J.Dairy Sci. 77 p.
- BARBANO, D. 1996. Mozzarella cheese yield: factors to consider, in proc. Seminar on Maximizing Cheese Yield, Center for Dairy Research, WI, USA. p.29-38.
- BERNAL, J. 1998. Tesis. Utilización de tres acidulantes de grado alimenticio en la elaboración de queso Mozzarella. Tegucigalpa, Honduras: EAP. 53 p.
- BOURGAULT P. “Mozzarella di bufala campana. Le succès d’un fromage local”, en Revue Laitière Française. No 625. Octubre 2002. INCO. 1990. Reporte especial sobre quesos. Revista del Consumidor. No 159, mayo de 1990. México.
- BYLUND, G. 1995. Cheese, in Dairy Processing Handbook, Tetra Pak processing Systems AB, Lund, Sweden.
- CHR. HANSEN. 2002. Queso Tipo Pasta Filata. (en línea). Harsholm, Ho. Consultado el 4 de septiembre de 2005. Disponible en [http://www.infoleche.com/fepale/fepale/foro/muza/PastaFilata-SP-2rev\\_0502.pdf](http://www.infoleche.com/fepale/fepale/foro/muza/PastaFilata-SP-2rev_0502.pdf)
- COLOURWARE. 2004. L\* a\* b\* colour space. Somerset Villa, 106 London Road, Newcastle-under-Lyme. Disponible en: [www.colourware.co.uk](http://www.colourware.co.uk). Accedido Sep 09.
- FERNANDEZ, A. 1986. Mozzarella cheese. J. Dairy Tech. 53 p.
- KINDSTEDT, P. 1990. Diffusion phenomena in brine salted Mozzarella cheese. Aust, J. Dairy Technol. 52 p.
- KINDSTEDT, P. 1993. Impact of whey pH at draining on the transfer of calcium to Mozzarella cheese, in Cheese Yield and Factors Affecting its Control, International Dairy Federation, Brussels, 29-34 p.
- KOSIKOWSKI, F. 1997. Cheese and Fermented Milk Foods. 3er Edn. Vol 1 and 2. Westport, CT.
- LAWRENCE, R. 1987. Texture development during cheese ripening. J.Dairy Sci. 70 p.
- LEVIEVRE, J. 1995. Whey proteins in cheese: an overview, in Chemistry of Structure-Function Relationships in Cheese, Plenum Press, New York. 359 p.

LUCEY, J. 1993. Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture. J. Dairy. Sci 77 p.

McCOY, D. 1997. Italina type cheese, in Cultures for the Manufacture of Dairy Products, Chr. Hansen. Inc. Milwaukee, WI. 75-83 p.

McMAHON, 1995. Functionality of Mozzarella sheese. Aust. J. Dairy Technol. 48 p.

MOLINA, V. 2004. s.n. (en línea). Planta piloto, Universidad Nacional Agraria La Molina, Consultado el 4 de noviembre de 2004. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/cproduccion/ppl/default.htm>

OBERG, C. and BROADBENT, J. 1993. Thermophilic starter cultures: another set of problems. J Dairy Sci. 76 p.

REVILLA, A. 2000. Tecnología de la leche. 3a. Ed. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras, Centro América. 396 p.

YUN, J. 1993. Mozzarella cheese. J Dairy Sci. 78 p.

## **8. ANEXOS**



**Anexo 1. Hoja de Evaluación Sensorial**

Carrera de Agroindustria  
Panel De Evaluación Sensorial

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

Código de Muestra: \_\_\_\_\_

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

A continuación se le presentan varias muestras de un producto. Por favor evalúe los siguientes atributos sensoriales de dicho producto usando la escala de cinco puntos. En esa escala 5 representa el mayor grado de aceptación y 1 el menor grado de aceptación.

## 1. Apariencia

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

## 2. Color

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

## 3. Aroma

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

## 4. Textura

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

## 5. Acidez

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

## 6. Sabor

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

## 7. Apreciación general

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

COMENTARIOS ADICIONALES:

---



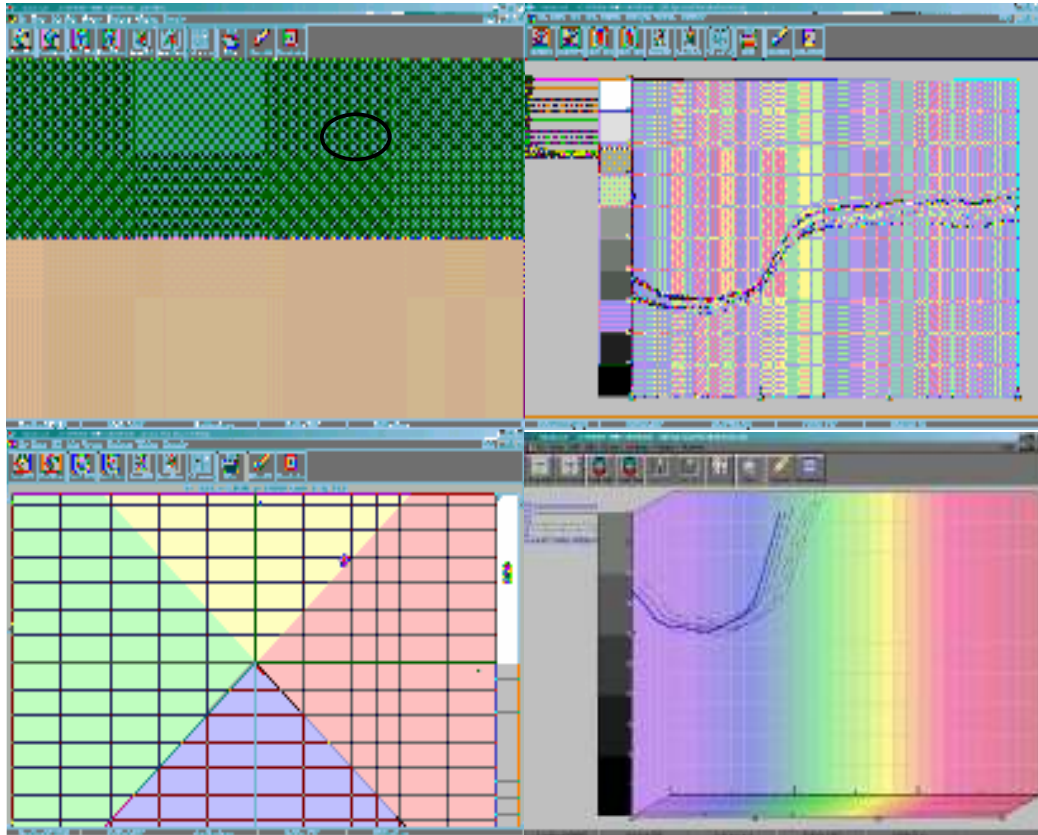
---



---

**Muchas gracias por su valiosa colaboración en este análisis.**

**Anexo 2. Gráficas de color queso zamorela**



**Anexo 3. Gráfica Fuerza-Desplazamiento queso Zamorela**

