UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E NGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ANÁLISIS DEL CMC Y XANTHAN EN LA TRANSFERENCIA DE CALOR EN QUESO MOZZARELLA

Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Por: Luis Gabriel Guano Real

Tutor: César A. German T.

AMBATO – ECUADOR

2011

APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS

Ing. César German

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación realizado bajo el tema: “ANÁLISIS DEL CMC Y XANTHAN EN LA TRANSFERENCIA DE CALOR EN QUESO MOZZARELLA”, del egresado Luis Gabriel Guano Real; considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos y meritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Jurado Examinador designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, Enero del 2011

_____

Ing. César German

TUTOR

AUTORÍA DE LA TESIS

Los criterios emitidos en el siguiente trabajo de investigación: "**ANÁLISIS DEL CMC Y XANTHAN EN LA TRANSFERENCIA DE CALOR EN QUESO MOZZARELLA",** así también como los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones, corresponden exclusivamente a Luis Gabriel Guano Real; Ing. César German, Tutor del Proyecto de Investigación.

Ambato, Enero del 2011

Luis Guano	Ing. César German
AUTOR	TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E NGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Enero del 2011

Para constancia firman:

_____

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

_____ _____

MIEMBRO DEL TRIBUNAL **MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación con mucho amor, a mi madre Enma Real Donoso quien es lo más grande que me ha pasado en mi vida, quien ha sido mi gran inspiración para seguir adelante con mis estudios por ser ejemplo a copiar por todo su sacrificio que a echo por nosotros sus hijos, a mi padre Héctor Guano, a mis hermanos Andrés y Pablo junto a mi sobrino Pablito Leonel que los amo muchísimo.

A mis abuelitos Luis Real y Genoveva Donoso quienes estuvieron junto a mí incondicionalmente en los momentos más difíciles de mi vida al igual que toda mi familia Real Donoso.

A Deuri Semanate con quien compartí mi vida universitaria y ha estado siempre en las buenas y en las malas, con quien aprendí muchas cosas, deseándole muchos éxitos en su porvenir profesional y a toda su familia quienes me abrieron las puertas de sus hogares brindándome toda su confianza.

A todos mis amigos y compañeros de clase con quienes conllevé momentos muy hermosos en el aula, a más del futbol que ha sido mi otra gran pasión donde el curso ha ganado el respeto y dejó el nombre en alto.

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos a sus autoridades, maestros y a todas las personas que hacen de esta institución digna de reconocimiento ya que impartieron su sabiduría y experiencias durante mi vida estudiantil para poder culminar mis metas propuestas.

A mi director de tesis Ingeniero César German quien me impartió sus valiosos conocimientos, ayudándome a perseverar y realizar un trabajo de investigación de valioso nivel profesional.

Mi más sincero respeto por tener como profesor al Ingeniero Juan de Dios Alvarado quien ha compartido toda su sabiduría y conocimientos, por lo que me inspiro a realizar este tema de investigación por ser un gran referente de la Carrera de Ciencia e Ingeniería en Alimentos a nivel nacional como internacional.

Al Ingeniero Freddy Del Pozo quien me ayudo incondicionalmente tanto en lo teórico como en lo práctico para poder programar y simular la transferencia de calor en queso Mozzarella.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

Carátula	I
Aprobación del Tutor de Tesis	II
Autoría de la Tesis	III
Aprobación del Tribunal de Grado	IV
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Índice	VII
Resumen Ejecutivo	XV
Introducción	XVII

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento del Problema	1
Contextualización	1
Análisis Crítico	5
Prognosis	7
Formulación del Problema	8
Preguntas Directrices	8
Delimitación	9
1.3 Justificación	9
1.4 Objetivos	11
Objetivo General	11
Objetivos Específicos	11

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos	12
Productos Lácteos	13
Definición de Productos Lácteos	13
Definición de Leche	13
Elección de la Materia Prima	14
Quesos de Pasta Hilada	15
Queso Mozzarella	15

Composición Nutricional 16

Proceso de Elaboración 16

Aditivos Utilizados en los Productos Lácteos 18
Clasificación de los Hidrocoloides 18
Selección y Aplicación de Hidrocoloides 20
Estabilizantes 21
Características de las Gomas 21

Microbiología Involucrada 23
Bacterias mesófilas 24
Coliformes fecales y *E. coli* 24

Transferencia de Calor 25

Transferencia de Calor Asociada al Proceso de Moldeo de Queso Mozzarella 25

Mecanismos de transferencia de calor 26
- Conducción 26
- Convección 27
- Radiación 27

Ecuación General de Transferencia de Calor por Conducción 28

Ecuación General de Transferencia de Calor por Convección 29

Condiciones de Frontera 30
- Condición de primera clase 30
- Condición de segunda clase 30
- Condición de tercera clase 30

Parámetros de la Velocidad de Transferencia de Calor 31

Propiedades Termofísicas de los Alimentos 31
- Conductividad Térmica 32
- Calor Específico 32
- Densidad 33
- Difusividad Térmica 33
- Modelos utilizados para predecir las propiedades térmicas de los alimentos 34

Coeficiente Convectivo de Transferencia de Calor 36

Conducción de calor en estado transitorio 38

Método del elemento finito 39
Conceptos generales del método del elemento finito 40
Aplicación del método numérico de diferencias finitas 43
Red nodal 43
Método del balance de energía 45
Método de inversión de ecuaciones 46
Condiciones de frontera 48
Nodos frontera 49

COMSOL 50

Tiempo de Vida Útil 52

Análisis Sensorial 53

2.2 Fundamentación Filosófica 54

2.3 Fundamentación Legal 55

2.4 Categorías Fundamentales 56

2.5 Hipótesis 56

2.6 Señalamiento de Variables de la Hipótesis 57

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 El Enfoque de la Investigación 58

3.2 Modalidad Básica de la Investigación 58

3.3 Nivel o Tipo de Investigación 59

3.4 Población y Muestra 60

3.5 Operacionalización de Variables 61

3.6 Plan de Recolección de Información 62

3.7 Plan de Procesamiento y Análisis de la Información 63

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis Sensorial 64
Característica Sensorial Olor 64
Característica Sensorial Color 65
Característica Sensorial Sabor 66
Característica Sensorial Textura 66
Característica Sensorial Aceptabilidad 67

4.2 Obtenciones graficas de distribución de temperatura Simulado en la Transferencia de Calor en queso Mozzarella 68

4.3 Comparación de Perfiles de Temperatura Experimentales y Simulados 70

4.4 Análisis Microbiológicos y tiempos de Vida Útil 73

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones 77

5.2 Recomendaciones 79

CAPÍTULO VI. PROPUESTA

6.1 Datos Informativos 80

6.2 Antecedentes de la Propuesta 81

6.3 Justificación 82

6.4 Objetivos 83
Objetivo General 83
Objetivos Específicos 83

6.5 Análisis de Factibilidad 83

6.6 Fundamentación 95

6.7 Metodología. Modelo Operativo 96

6.8 Administración 98

6.9 Previsión de la Evaluación 100

CAPÍTULO VII. MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía 101

Anexos 106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1. Producción de queso fresco en el Suramérica

Tabla Nº 2. Industrias principales lácteas ecuatoriana

Tabla Nº 3. Composición por 100 g de queso Mozzarella

Tabla Nº 4. Grupo de modelos de los componentes principales de alimentos

Tabla Nº 5. Valores aproximados del coeficiente convectivo de transferencia de calor

Tabla Nº 6. La concentración de las gomas CMC y xanthan.

Tabla Nº 7. La evaluación sensorial del queso Mozzarella.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Árbol de problemas

Gráfico 2. Estructura de la goma xanthan

Gráfico 3. Estructura de la carboximetilcelulosa

Gráfico 4. La formulación en diferencias finitas de problemas que depende del tiempo comprende puntos discretos en el tiempo como en el espacio

Gráfico 5. Discretización con elementos finitos

Gráfico 6. El método de los elementos finitos

Gráfico 7. Discretización del dominio

Gráfico 8. Red nodal para la formulación en diferencias finitas de la conducción de calor

Gráfico 9. Elemento de volumen de un nodo interior general (*m, n*) para la conducción de calor

Gráfico 10. Elemento de área de un nodo sujeto a frontera convectiva.

Gráfico 11. Elemento de área de un nodo sujeto a convección en sus fronteras.

Gráfico 12. Elemento de área de un nodo esquina interno sujeto a convección en sus fronteras.

Gráfico 13. Red de inclusión

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A RESPUESTAS EXPERIMENTALES
Anexo A-1 Datos Obtenidos de Evaluación Sensorial
Anexo A-2 Datos Obtenidos de Dimensiones y Peso
Anexo A-3 Datos Obtenidos de Historial de Temperaturas
Anexo A-4 Propiedades Térmicas de queso Mozzarella

ANEXO B RESULTADOS

ANEXO C RESUMEN DE ECUACIONES

ANEXO D CÁLCULO DE COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR

ANEXO E MANUAL COMSOL

ANEXO F DIAGRAMA DE FLUJO
HOJA DE CATACIÓN

NOMENCLATURA

Símbolos

A = Área [m^2]
C_P = Calor especifico [J/kg ºC]
d = diferencia
h = Coeficiente convectivo de transferencia de calor [W/m^2 ºC]
k = Conductividad térmica [W/m ºC]
m = Masa [kg]
q = Flujo de calor [W]
r = Distancia en dirección radial [m]
t = Tiempo [s]
T = Temperatura [ºC]
V = Volumen [m^3]
x = Distancia en sentido horizontal [m]
X = Fracción en peso de un componente
y = Distancia en sentido vertical [m]

Subíndices

∞ = Medio fluido
e = Exterior
i = Componente
s = Superficie
v = Fracción en volumen
w = Agua o humedad

0 = Posición o condición inicial
1 = Posición o condición uno
2 = Posición o condición dos
3 = Posición o condición tres

Números dimensionales

Bi = Numero de Biot
Fo = Numero de Fourier

Letras griegas

ρ = Densidad [kg/m^3]
α = Difusividad térmica [m^2/s]
Δ = Diferencia o cambio
$\sum$ = Sumatoria

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación consistió en la elaboración de queso Mozzarella siguiendo cada uno de los pasos a seguir en el proceso tecnológico, donde al momento de tener la cuajada en su punto óptimo para el hilado se procedió a añadir los respectivos estabilizantes teniendo dieciséis tratamientos en total mediante un diseño factorial A x B, de carboximetilcelulosa como de goma xanthan con las respectivas concentraciones, una vez realizado esto, se hiló la cuajada con estabilizante para dar luego la forma cilíndrica del queso mediante la utilización de moldes de acero inoxidable que permitió obtener los historiales de temperatura registrados con un termocupla colocado en el centro, tanto horizontal como vertical de la figura geométrica, para finalmente determinar los respectivos valores de las propiedades térmicas como de dimensiones con los cuales permitió simular el enfriamiento del queso Mozzarella mediante la utilización de un software.

Para determinar el mejor tratamiento una vez elaborado nuestro producto y registrado el historial de temperaturas, se sometió a un análisis sensorial evaluando cinco características (olor, color, sabor, textura y aceptabilidad) utilizando una escala hedónica. Una vez registrados estos datos se realizó el respectivo análisis estadístico aplicando un diseño de bloques incompletos. Mediante la prueba de Tukey en el caso de los tratamientos al 5% de significancia, se diferencia del resto de tratamientos el tratamiento quinto (a0b4 “0,30% carboximetilcelulosa”) influenciando en tres de las cinco características analizadas (sabor, textura y aceptabilidad), de acuerdo con los resultados logrados y en comparación con la hipótesis planteada se puede concluir que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, que la incorporación de estabilizantes en queso Mozzarella si influye sobre la características sensoriales planteadas.

Los datos registrados del queso Mozzarella en el mejor tratamiento para la programación utilizando el programa COMSOL se obtuvieron los siguientes datos: diámetro 11 [cm], altura 6,1 [cm], las propiedades térmicas aplicando las ecuaciones propuestas por CHOI y OKOS dando valores de α = 9,647E-08 [m^2/s], k = 0,375 [W/m °C], ρ = 1513 [kg/m^3] y C_P = 2,555 [kJ/kg °C]. Además, se especifica la Temperatura del medio que se encuentra a 5 ºC y la del queso a 50 ºC, el coeficiente de transferencia de calor por convección dando un valor de h_C = 283 [W/m^2 ºC], con estos datos se procede a la respectiva programación.

Una vez simulado el enfriamiento del queso extraemos imágenes y valores numéricos que permiten visualizar de la mejor manera como produce este proceso, y comparar los historiales de temperatura experimentales con los datos simulados teniendo una aproximación en los tratamientos sin adición de estabilizantes, donde a mayor concentración tiende a enfriarse mucho más rápido ya que tienen la capacidad de retener agua, pero esto provoca un mal aspecto al queso ya que forma pequeños cristales de hielo en su entorno y cambiando sus propiedades organolépticas expresadas por los catadores semi-entrenados al momento de realizar la evaluación sensorial.

La vida útil del queso Mozzarella aplicando la ecuación de primer orden, para lo cual se realizaron pruebas microbiológicas de recuento de bacterias mesófilas que determinan un tiempo de vida útil, comprende 12 días a temperatura ambiente 20 ºC con funda, mientras que 27 días en refrigeración a 5 ºC con funda, también se realizaron pruebas de coliformes y *E. coli*.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como tema Análisis del CMC y Xanthan en la Transferencia de Calor en Queso Mozzarella.

De tal manera para que una investigación profunda sobre esta problemática se plantea el proyecto con los siguientes capítulos.

CAPÍTULO I, EL PROBLEMA.- Consta de: El planteamiento del problema, contextualización, análisis crítico, prognosis, formulación del problema, preguntas directrices, delimitación, justificación y objetivos.

CAPÍTULO II, MARCO TEÓRICO.- Consta de: Antecedentes investigativos, fundamentación filosófica, fundamentación legal, categorías fundamentales, hipótesis y señalamiento de variables de la hipótesis.

CAPÍTULO III, METODOLOGÍA.- Consta de: Modalidad básica de la investigación, nivel o tipo de investigación, población y muestra, operacionalización de variables, plan de recolección de información, plan de procesamiento y análisis de la información

CAPÍTULO IV, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.- Tiene en su contenido los resultados de: Análisis sensorial, obtención de perfiles de temperatura experimentales y simulados, comparación de perfiles de temperatura experimentales y simulados, análisis microbiológicos y tiempos de vida útil.

CAPÍTULO V, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.- Contiene las conclusiones más relevantes del trabajo de investigación con las recomendaciones correspondientes a cada una de ellas, las mismas que se vinculan con la propuesta.

CAPÍTULO VI, PROPUESTA.- Se inicia con el título, datos informativos, antecedentes de la propuesta, justificación, objetivos, análisis de factibilidad, fundamentación, metodología, modelo operativo, administración, previsión de la evaluación, además de bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de Investigación

Análisis del CMC y Xanthan en la Transferencia de Calor en Queso Mozzarella.

1.2 Planteamiento del Problema

Contextualización

Macro

El origen de las palabras queso proviene de la raíz latina *caseus*, que quiere decir caseína, principal proteína de la leche que entra a formar parte del queso, además es un producto muy conocido y popular, que tiene características propias para cada uno de los tipos.

El queso es un alimento completo y nutritivo que se produce en casi todas las regiones del globo a partir de leche de diversas especies de mamíferos, indispensables para una correcta alimentación en cualquier edad. Los conocidos popularmente como quesos frescos se obtienen a partir de leche pasterizada, generalmente de vaca. Los principales productores de leche a nivel mundial son EE.UU con 76 millones de toneladas, la India, seguido de

Rusia con 73.1 y 31.8 millones de toneladas, respectivamente (www.fao.org/inpho/vlibrary).

Tabla Nº 1. Producción de queso fresco en el Suramérica.

PRODUCCIÓN DE QUESOS EN SURAMÉRICA PARA FINES DE 2004	
Sur América	**Producción Quesos (Toneladas)**
Argentina	360.000
Venezuela	98.000
Chile	65.709
Colombia	55.500
Brasil	39.000
Uruguay	28.550
Perú	9.282
Ecuador	8.977
Bolivia	6.873

Fuente: FAOSTAT

Meso

El mercado ecuatoriano de quesos es muy dinámico; de acuerdo con las investigaciones de Pulso Ecuador, un 84.3% de los hogares urbanos de las principales 15 ciudades consumen regularmente este producto; esto representa algo más de un millón de hogares. En base a investigación directa realizada con varios agentes intermedios (fuera del consorcio) se detecto que estos comercializaban el queso fresco a un promedio de $. 2,80 el Kg. y de 3,20 a 3,50 el Kilo, según el destino (Quito más barato, Guayaquil más alto).

De acuerdo al último levantamiento de información sobre plantas de producción de productos derivados de leche, se registraron de entre los más importantes, 25 establecimientos con una capacidad instalada total de procesamiento de 504 millones de litros anuales.

Tabla Nº 2. Industrias principales lácteas ecuatoriana.

Principales Industrias Lácteas y Capacidad Instalada		
Industria	**Ubicación**	**Millones de litros anuales**
PASTEURIZADORA CARCHI	TULCAN	17
PRODUCTOS GONZALES	SAN GABRIEL	15
PASTEURIZADORA FLORALP	IBARRA	7
NESTLE	CAYAMBE	61
LEANSA	SANGOLQUI	9
HERTOB C.A.	CAYAMBE	19
PASTEURIZADORA QUITO	QUITO	55
GONZALES CIA. LTDA.	CAYAMBE	15
PARMALAT	LASSO	37
PASTEURIZADORA INDULAC	LATACUNGA	66
Pasteurizadora LACTODAN	LATACUNGA	16
DERILACPI	SALCEDO	3
PROCESADORA MUU	SALCEDO	2
INLECHE (INDULAC)	PELILEO	20
LÁCTEOS SAN ANTONIO	AZOGUEZ	16
PROLACEM	CUENCA	13
COMPROLAC	LOJA	12
INDULAC	GUAYAQUIL	43
NESTLE BALZAR	BALZAR	9
VISAENLECHE (INDULAC)	LA CONCORDIA	15
PLUCA	GUAYAQUIL	4
LA FINCA	LATACUNGA	4
CHIVERIAS	GUAYAQUIL	4
LA AVELINA	LATACUNGA	37

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, (2008).

De estas Industrias el 90% se encuentran ubicadas en el callejón interandino con una fuerte concentración en las provincias del centro norte de la sierra (Pichincha, Cotopaxi, Imbabura, Carchi) y se dedican principalmente a la producción de leche pasteurizada, quesos, crema de leche y otros derivados en menor proporción.

Durante el último quinquenio, y gracias al proceso de liberalización económica y apertura comercial, se han establecido otras Empresas como PARMALAT CEDI, INDUSTRIAS LACTEAS TONY, CHIVERIAS, ALPINA, REY LECHE, y la Planta Pulverizadora de la Asociación de Ganaderos de la Sierra y el Oriente (AGSO), implementada durante el año 2002, que no se encuentra aún en funcionamiento (www.magap.gov.ec).

Micro

Entre las empresas medianas se encuentran: El Ranchito con una producción de 80 a 100 mil litros diario; Lácteos Tanicuchi, con unos 50 mil litros de leche diarios procesados en yogurt, quesos y leche fluida pasteurizada en funda de polietileno; Ecualac, con una producción de 30 a 40 mil litros de leche diarios; La Finca con unos 15 mil litros.

También se encuentra un sin número de plantas artesanales dedicadas a la producciones de quesos frescos con una producción diaria de hasta 10 mil litros diarios (www.magap.gov.ec).

Análisis Crítico

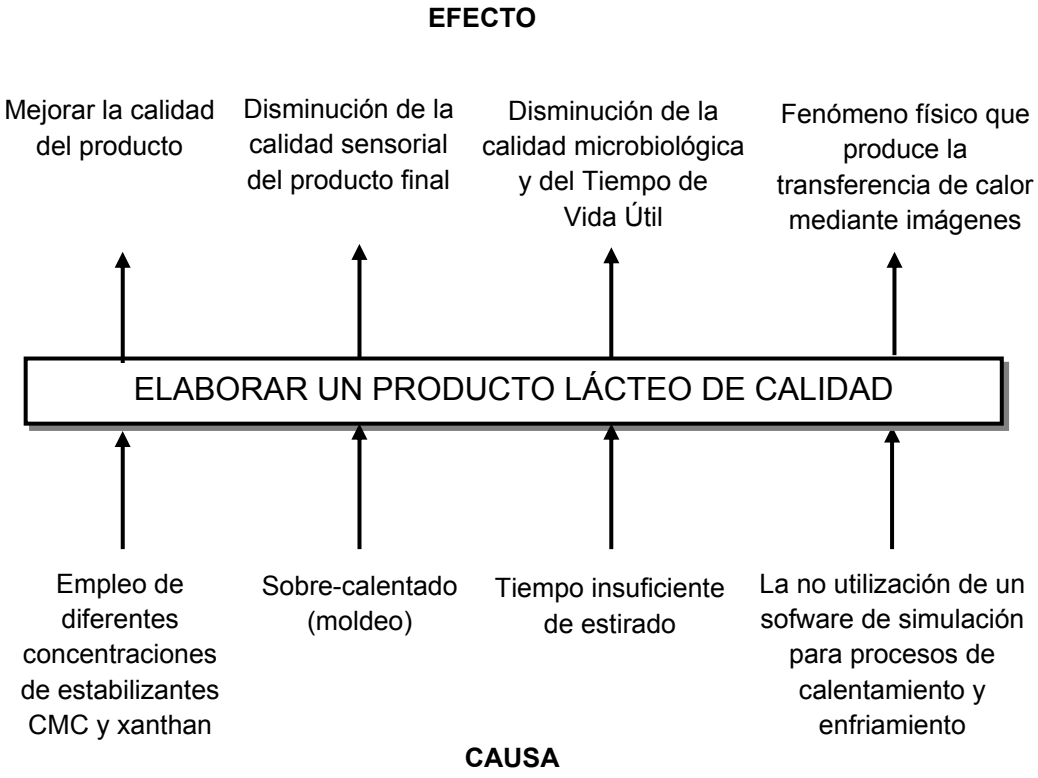


Gráfico 1. Árbol de problemas

Elaborado por: Luis Guano

La existencia de muchas empresas lácteas como artesanales ha hecho que se mantenga una línea de quesos considerado fresco, donde el mercado nacional se siente saturado por este producto, el cual se trata de dar apertura al queso Mozzarella, mejorando sus características organolépticas mediante la aplicación de estabilizantes.

El queso Mozzarella es un producto que responde perfectamente a las modernas tendencias del consumo: es un alimento saludable y completo (proteínas, un nivel de grasas aceptable, calcio, fósforo, vitaminas A, B y D), conveniente (adecuado para múltiples usos) y de atractivo sabor.

Entre las causas de este último comportamiento se mencionan: el fuerte crecimiento del consumo del queso Mozzarella (por introducción de la pizza en la dieta diaria y la incorporación a las comidas rápidas), y la adaptabilidad a las mayores exigencias dietéticas y nutricionales.

El uso de aditivos tiene que estar regulado por la ética profesional, donde se deben reportar un beneficio al alimento ya sea mejorando sus características organolépticas como aumentando la vida útil del mismo. La Organización Mundial de la Salud (OMS), así como otras organizaciones internacionales para la Agricultura y Alimentación como lo es la FAO.

Además en nuestro medio el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), ha sugerido una ingesta diaria aceptable (IDA), en base al peso corporal del individuo que puede ser ingerido diariamente en la dieta, durante toda la vida sin que presente riesgos para la salud humana, basándose en estudios de toxicidad aguda y prolongada.

Mediante la línea de elaboración del queso Mozzarella puede existir contaminación microbiana por diferentes factores, por lo tanto, el control de la población microbiana de *E. coli* y *Salmonella*, pertenecientes al grupo de las coliformes, dentro del proceso térmico (estirado) aplicado al queso, constituye el punto crítico de control para garantizar la inocuidad del producto terminado. Estos microorganismos son destruidos a temperaturas entre 60 – 70ºC; esto nos indica que debemos alcanzar estas temperaturas en todo el producto.

De esta manera, un proceso térmico no adecuado repercutirá en el final del producto terminado, el cual, existirá una gran contaminación microbiana donde al ser consumido llegaría a perjudicar gravemente en la salud del ser humano, esto indica que la calidad del producto se

obtiene mediante los respectivos procesos térmicos en nuestro caso de estudio (estirado-moldeado-enfriado) donde se reducirá casi en su totalidad la población bacteriológica existente en el producto final y en el caso de no ser así permita el corto tiempo de vida útil del mismo, lo cual va a ser perjudicial para el productor.

Por otro lado, un sobre-estirado, llevaría al producto a presentar perdidas a nivel industrial de las características sensoriales del queso Mozzarella (características como: color, olor, sabor y textura) lo cual llegaría a ser rechazado por el consumidor final, además cuando un alimento es expuesto al efecto de la temperatura por mucho tiempo tiende a perder su valor biológico disminuyendo la calidad nutricional que por bibliografía se conoce que existe perdida de vitaminas y otro componentes necesarios para la dieta diaria del ser humano.

Por todo lo mencionado, el disponer de programas de simulación que permita visualizar el efecto del calor en el proceso de moldeo-enfriado, nos permitirá determinar en qué tiempo llegaría alcanzar la temperatura deseada en el punto frio del producto, para lo cual, debemos simular las condiciones reales de frontera y el estudio en transferencia de calor en estado transitorio, para poder observar de mejor manera el efecto físico que produce la transferencia de calor dentro del queso Mozzarella, con lo cual ayudaría mucho a las industrias lácteas a mejorar en los procesos de producción para la prolongación de la vida útil del producto final.

Prognosis

Al no realizarse el presente estudio, no se incentivaría a la investigación de incorporar aditivos alimentarios que ayuden al mejoramiento de las características organolépticas del producto y a la vez al estudio de la ingeniería, el cual, nos permita determinar el

comportamiento que tiene físicamente la transferencia de calor en procesos de calentado-enfriado mediante la simulación y conocer en qué tiempo tarda en llegar la temperatura deseada al punto frio del producto, donde ayudara a retener el crecimiento microbiano el cual permita prolongación de la vida útil del queso Mozzarella.

Formulación del Problema

¿Cómo afecta la incorporación de aditivos alimentarios (Estabilizantes como: CMC y xanthan) en las características organolépticas del queso Mozzarella?

Preguntas Directrices

- ¿Qué porcentaje CMC y xanthan es adecuado agregar en la elaboración de queso Mozzarella?

- ¿Cuál sería la aceptabilidad del producto terminado mediante evaluación sensorial?

- ¿Cuál sería el rendimiento y la vida útil del queso Mozzarella mediante la incorporación del CMC y xanthan como aditivo alimentario?

- ¿Cómo se produce la transferencia de calor en el proceso de moldeo-enfriado mediante un programa didáctico de simulación?

Delimitación

Campo : Agroindustrial

Área : Lácteos

Aspecto : Comercialización

Tema : Queso Mozzarella

Problema: Incorporación de estabilizantes CMC y xanthan

La parte experimental se realizó en la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos en los laboratorios de Procesamiento de Alimentos, Microbiología de los Alimentos e Ingeniería de Alimentos.

1.3 Justificación

La investigación está basada en el planteamiento de mejorar la tecnología en la elaboración del queso Mozzarella, al momento de aplicar aditivos alimentarios en este caso la incorporación de los estabilizantes CMC y xanthan el mismo que se aspira mejorar tanto las propiedades nutricionales, sensoriales y determinarla la vida útil del mismo.

Los derivados lácteos aportan elementos inorgánicos esenciales para el organismo humano y son la fuente más importante de calcio biodisponible en la dieta diaria. Por esta razón se propone mejorar la tecnología mediante la aplicación de estabilizantes que genere en los niños el hábito de ingerir productos con diferentes propiedades tanto físico-químicas como organolépticas para reducir la desnutrición en nuestro país.

En Ecuador la mayoría de queseras son denominadas artesanales, las mismas que se limitan al mejoramiento de la tecnología como al engrandecimiento de sus queserías donde ayudaría al desarrollo del país.

Al existir empresas de renombre en nuestro país, las queserías artesanales al realizar mejorías podrían introducir sus productos a diferentes nichos de mercado, como el queso Mozzarella mediante la adición de estabilizantes CMC y xanthan puedan ser adquiridas en pizzerías, despensas, entre otras, los mismos que pueden ser competentes con los productos que ofertan empresas de renombre en nuestro país.

Buscar un producto que no sea solo de calidad, sino también estabilidad durante su comercialización, es el principal interés en esta investigación ya que con la incorporación del CMC y xanthan se va a obtener un producto donde presente mejores características, ya que con esta incorporación se rectificará las funciones que los estabilizantes poseen, el cual permita la aceptación por los consumidores.

Uno de los problemas en los alimentos que han sufrido cambios es la contaminación microbiana, el cual es provocado por la mala manipulación del mismo. El crecimiento bacteriano depende de las condiciones que se encuentre el producto si fue elaborado con mucha precaución de no contaminar ya que si se encuentran bacterias patógenas causara enfermedades e inclusive la muerte de las personas.

Por ello el uso de una herramienta computacional de simulación ayudara a determinar efectos de procesos de transferencia de calor donde permita visualizar de la mejor manera lo que sucede

físicamente dentro del queso y poder determinar el tiempo en que llegaría a tardar para alcanzar la temperatura deseada, donde se pueda controlar de la mejor manera el crecimiento bacteriano en el queso Mozzarella.

1.4 Objetivos

Objetivo General

Analizar los estabilizantes CMC y xanthan en la transferencia de calor en queso Mozzarella.

Objetivos Específicos

Determinar los porcentajes de incorporación del CMC y xanthan mediante el estudio de los efectos que pueden ocurrir en la elaboración de queso Mozzarella.

Realizar una evaluación sensorial del producto terminado para identificar cual es el mejor tratamiento para la aceptación además visualizar el proceso de transferencia de calor mediante un programa didáctico de simulación.

Establecer el tiempo de vida útil del producto terminado mediante el estudio de la incorporación de estabilizantes CMC y xanthan, en el mejor tratamiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

A nivel de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, se han reportado trabajos similares, a manera de ejemplo citamos lo siguiente:

- HERRERA e IZA. 1995. “Elaboración de Queso Mozzarella”. Ambato – Ecuador.

- BETANCOURT y POVEDA. 2006. “Elaboración de Queso Quark No Madurado con Empleo de CarrageninaCarralactVL”. Ambato - Ecuador.

- JARRIN y SALGUERO. 2002. “El Efecto de las Gomas Guar y Carragenato en el proceso de Elaboración del Queso Fresco”. Ambato - Ecuador.

- GAVILANES y SALAZAR. 2003. “Comparación del uso de un Aditivo Estabilizante (*Gelatina*) en el Queso Freso”. Ambato - Ecuador.

PRODUCTOS LÁCTEOS

Definición de Productos Lácteos

Los **lácteos**, también denominados **productos lácteos**, es un grupo de alimentos que incluye la leche, así como sus derivados procesados (generalmente fermentados). Las plantas industriales que producen estos alimentos pertenecen a la industria láctea y se caracterizan por la manipulación de un producto altamente perecedero, como es la leche, que debe vigilarse y analizarse correctamente durante todos los pasos de la cadena de frío hasta su llegada al consumidor.

Los productos lácteos se analizan con el objeto de determinar la calidad y las propiedades de los mismos en contraste con su vida de consumo. Los productos lácteos se pueden analizar por métodos químicos, físicos, microbiológicos y sensoriales (http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1cteo).

Definición de Leche

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9:2003

Leche cruda es el producto de la secreción normal de las glándulas mamarias obtenido a partir del ordeño integro e higiénico de vacas sanas, sin adición ni sustracción alguna y exento de calostro, destinado al consumo en su forma natural o a elaboración ulterior.

Desde el punto de vista dietético la leche es el alimento más complejo donde su principal proteína, la caseína, contiene los aminoácidos esenciales y como fuente de calcio, fósforo y riboflavina (vitamina B12), contribuye significativamente a los requerimientos de

vitamina A y B1 (tiamina). Por otra parte, los lípidos y la lactosa constituyen un importante aporte energético.

Químicamente, la leche es uno de los fluidos más complejos que existen, en término “sólidos totales” se utiliza ampliamente para indicar todos los componentes con exclusión del agua y el de “sólido no grasos” cuando se excluye el agua de la grasa. El agua representa aproximadamente entre un 82% y un 82.5% de la leche, los sólidos totales alcanzan habitualmente la cifra de 12% hasta un 13% y los sólidos no grasos casi siempre están muy próximos al 9%.

Físicamente, señala que la leche es un líquido de color blanco opalescente característico, este color se debe a la refracción que sufren los rayos luminosos que inciden en ella al chocar con los coloides en suspensión (AGUDELO, 2005).

Elección de la Materia Prima

La leche cruda debe cumplir con los siguientes requisitos para ser destina a la elaboración de diferentes productos lácteos:

- Requisitos organolépticos
- Requisitos físicos y químicos
- Requisitos microbiológicos

Donde para cumplir con estos requisitos debemos acudir a las normas establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), la Norma para leche cruda es (INEN 2003) – 9.

Quesos de Pasta Hilada

Bajo esta denominación distintiva y especial, los quesos de pasta hilada se comprenden los productos lácteos que, para su transformación en queso, han sufrido un proceso bioquímico especial que, ha dado por resultado que la leche coagulada, presente un aspecto, textura y consistencia particulares, gracias a las que es posible extender e "*hilar*" la cuajada que adquirido, oportunamente, una cierta plasticidad que permite, entonces, extender y estirar la masa que, por otra parte mantiene casi intactas la composición y propiedades de la leche original, salvo la migración o pérdida de una parte del calcio primitivo que constituyó el fosfocaseinato de calcio de la leche (MUÑOZ, 1978).

Queso Mozzarella

La Mozzarella se elabora mediante el proceso de "pasta filata", que consiste en calentar el requesón con un valor de pH adecuado antes de someterlo al tratamiento subsiguiente de mezcla y estiramiento hasta que quede suave y sin grumos. Mientras que el requesón esté caliente debe cortarse y colocarse en moldes para que se enfríe en salmuera o agua refrigerada para que adquiera firmeza. Se permiten otras técnicas de producción que garanticen un producto final con las mismas características físicas, químicas y organolépticas (CODEX, 2007).

El queso Mozzarella es un miembro de los quesos hilados (Pasta Hilada) de la familia de los quesos que se originaron en Italia. Se utiliza un tratamiento único de cocción e hilado de la cuajada ácida-madurada a un pH óptimo en agua caliente, lo cual imparte una estructura fibrosa con propiedades de fusión y elasticidad que distingue a este queso (CONTE y Colaboradores, 2010).

Composición Nutricional

Según bibliografía, se detalla la siguiente composición nutricional para queso Mozzarella.

Tabla Nº 3. Composición por 100 g de queso Mozzarella.

Código	51	52	53	54
Alimento [Quesos]	Mozzarella de leche entera	Mozzarella de leche entera, menor humedad	Mozzarella de leche semidescremada	Mozzarella parcialmente descremado, menor humedad
Proteína [g]	19.4	21.6	24.3	27.5
Grasa [g]	21.6	24.6	15.9	17.1
Carbohidratos [g]	2.2	2.5	2.8	3.1
Fibra [g]	0	0	0	0
Ceniza [g]	2.6	2.9	3.3	3.7

Fuente:http://www.scribd.com/doc/6339330/Tabla-de-Composicion-de-Los Alimentos

Proceso de Elaboración

Las principales operaciones de la elaboración de queso Mozzarella con la incorporación de estabilizantes CMC y xanthan se realizaron con el siguiente procedimiento:

Leche: Se usa leche fresca bien filtrada sin materia extraña para la recepción de la misma.

Recepción: Es un conjunto de operaciones mediante las cuales se recepta la leche, comprobando los requisitos generales que se especifican en la Norma (INEN 2003) - 9.

Tratamiento: A veces ninguno. El tratamiento térmico de la leche puede oscilar desde temperaturas de 65°C por 30 min.

Coagulación: Temperatura 31 - 32 °C. Adición de ácido cítrico 0.5 - 1.5 g/L de leche dependiendo del nivel de acidez hasta alcanzar los 28 - 30 °D. Como último elemento debe ser adicionado el cuajo disuelto en agua pasteurizada fría y sal, el tiempo de coagulación podrá variar hasta llegar a su punto óptimo (45 minutos).

Cortado: Cortar la cuajada en cubos de 1 - 1.5 cm (tamaño avellana). Entonces agitar hasta flotar la cuajada durante 5 min. Dejar sedimentar durante 30 min. Mantener caliente (algunos queseros calientan el suero a 40 °C y lo vierten de nuevo sobre las cuajadas) mientras alcanza la acidez adecuada de la cuajada.

Desuerado: Drenar el suero muy lentamente; prensar las cuajadas para hacer una capa. Cortar las cuajadas en bloques de 20 cm. Lavar en agua fría y dejar drenar.

Maduración cuajada: Empaquetar los bloques de cuajada en telas y mantenerlos en local frio a 4 - 5 °C. El queso ácido puede necesitar ser cubierto con hielo picado.

Estirado: Someter la cuajada a la prueba de estiramiento. Colocar la cuajada (estiramiento de la cuajada) en agua caliente a 82 °C. Cuando la cuajada este caliente deberá estirarse hasta 1 m de longitud si la acidez es correcta, pH 5.1 - 5.4, sacar las cuajadas de las telas y trocearlas en pequeñas piezas. Sumergir las piezas de cuajada en agua caliente suficiente para cubrir la cuajada. Temperatura 70 - 80 °C en una mezcladora. Esperar cierto tiempo hasta que la cuajada se caliente. Mezclar la cuajada hasta obtener

una masa plástica muy flexible y suave o lisa. No calentar la cuajada a más de 57 °C.

Aditivos: CMC (0.2 - 0.5% en mezcla total) y goma xanthan (0.2 - 0.5% en mezcla total) en caso de ser necesario utilizar preservantes autorizados deben ser agregados en este momento.

Moldeo: Llenar la cuajada caliente plástica en moldes rígidos (acero inoxidable) o dar forma al queso según necesidades. Enfriar en agua helada durante aproximadamente 1 h.

Salazón: La sal, 0.75%, puede mezclarse con la cuajada plástica. Alternativamente, sumergir el queso formado frio en salmuera con 16.20% de la sal a 8 - 10 °C durante tiempo suficiente (1 - 2 h) para dejar que el queso adquiera el 1.6% de sal. La fuerza o concentración de salmuera y el tamaño del queso determinan el tiempo de inmersión. Secar el queso durante 1 h después de la salazón en salmuera.

Maduración: El queso normalmente se consume en fresco pero puede almacenarse durante corto tiempo a 4 °C.

Empaquetado: Frecuentemente los quesos se empaquetan al vacio en película de PVDC (impermeable a la humedad y al aire) o en bolsas laminadas.

Aditivos Utilizados en los Productos Lácteos

Las modificaciones de procedimientos y tecnologías producirán nuevas definiciones de productos y el empleo de nuevos aditivos o ayudas tecnológicas. Los productos de adición utilizados en las leches y productos lácteos pertenecen a las siguientes:

- Colorante
- Conservante
- Antioxidante
- Hidrocoloides (emulgente, estabilizador, gelificante)
- Aroma
- Edulcorantes

En cuanto a los productos lácteos el empleo de aditivos en estos productos es siempre limitado. El desarrollo industrial ligado al de la investigación permite proceder a operaciones de separación de los constituyentes y dominar las fermentaciones empleando nuevos vectores activos, lo que es también una evolución profunda que se está llevando a cabo (MULTON, 2000)

Clasificación de los Hidrocoloides

Las gomas alimenticias son obtenidas a partir de una variedad de fuentes: exudados y semillas de plantas terrestres, algas, productos de la biosíntesis de microorganismos, y la modificación química de polisacáridos naturales (PASQUEL, 2001).

- **Gomas extraídas de plantas marinas:** Los alginatos, la goma agar y la goma carragenana son extractos de algas rojas y marrones, que en conjunto, en inglés, son conocidas como *seaweeds*.

- **Gomas extraídas de semillas de plantas terrestres:** Un segundo grupo importante de gomas son las galactomanas obtenidas de las semillas de ciertas plantas: goma locuste y goma guar.

- **Gomas obtenidas como exudados de plantas terrestres:** Un tercer grupo importante de gomas usadas en la industria de los alimentos es el grupo de las gomas exudadas por árboles: goma arábica, goma ghatti, goma karaya y goma tragacanto.

- **Gomas obtenidas a partir de procesos microbiológicos:** Son importantes las gomas producidas por algunas especies de Xantomonas y Pseudomonas, que presentan propiedades poco comunes en lo que respecta a textura.

- **Gomas obtenidas por modificación química de productos vegetales:** Destacan en este grupo las modificaciones químicas de la celulosa y de la pectina, conducentes a la obtención de hidrocoloides con propiedades gelificantes.

Selección y Aplicación de Hidrocoloides

El empleo de estabilizantes ofrece las siguientes ventajas:

- Aumenta la viscosidad de la mezcla.
- Mejoran el cuerpo y textura.
- Mejoran la estabilidad durante el almacenamiento.
- Mejoran las propiedades de fusión y derretido.

La leche y productos lácteos son de una composición química muy compleja y, por consiguiente, se pueden presentar fácilmente interacciones entre los estabilizantes y los componentes de la leche que den por resultado la precipitación de la proteína de ésta y/o de los estabilizantes. El empleo de mezclas de estabilizantes hace posible obtener un efecto intensificado debido al sinergismo existente entre los diferentes tipos de estabilizantes (http://www.alimentariaonline.com/media/MLC028_HELADOS.pdf).

Estabilizantes

Las gomas o estabilizantes pueden ser definidas en términos prácticos como moléculas de alto peso molecular con características hidrofílicas o hidrofóbicas que, usualmente, tienen propiedades coloidales, con capacidad de producir geles al combinarse con el solvente apropiado. Sin embargo, es más común la utilización del término goma para referirse a polisacáridos o sus derivados, obtenidos de plantas o por procesamiento microbiológico, que al dispersarse en el agua fría o caliente, producen soluciones o mezclas viscosas (PASQUEL, 2001).

Características de las Gomas

Las estabilizantes más importantes en la industria alimentaria y que con frecuencia son utilizados en la industria láctea aplicados en diferentes productos, el cual por efecto de este estudio se mencionaran los siguientes:

Goma Xanthan

La goma xanthan es un polisacárido con un esqueleto de β-D-glucosa como la celulosa, pero cada segunda unidad de glucosa está conectada a un trisacárido de manosa, ácido glucurónico, y manosa. La manosa más cercana a la cadena principal tiene un éster de ácido acético en el carbono 6, y la manosa final del trisacárido tiene un enlace entre los carbonos 6 y 4 al segundo carbono de un ácido pirúvico. La goma xanthan es producida por la bacteria *Xanthomonascampestris* que se encuentra en vegetales crucíferos como la col y coliflor. Las cargas negativas en los grupos carboxilos de las cadenas laterales causan que las moléculas formen fluidos muy espesos al ser mezclados con agua (http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohidratos2.html).

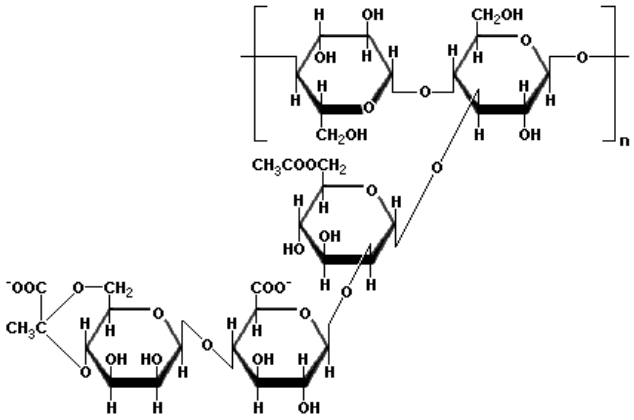


Gráfico 2. Estructura de la goma xanthan

Carboximetilcelulosa (CMC)

Es un polisacárido aniónico obtenido por la hidrólisis ácida y posterior alcalinización de la celulosa, usado ampliamente en la industria de los alimentos forma soluciones claras, se disuelve rápidamente en agua fría o caliente, actúa como ligador de humedad,

estabiliza emulsiones, mejora la viscosidad y textura de muchos productos (BAYARRIS, 2008), citado en (VALENCIA, 2008).

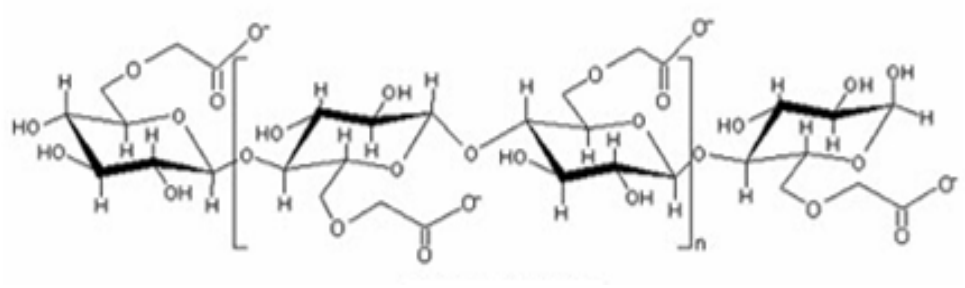


Gráfico 3. Estructura de la Carboximetilcelulosa

Microbiología Involucrada

El queso, un alimento preparado con materiales biológicos (leche, cuajo y microorganismos), es un producto en continua modificación. Sus características finales dependen en gran parte de las condiciones en que se produce y almacena y para lograrlas se requiere un periodo madurativo más o menos largo.

Para estudiar la microbiología del queso es necesario enumerar y aislar los principales grupos de bacterias presentes en la leche, cuajada y el queso en maduración. Con otras finalidades, puede ser necesario detectar microorganismos responsables de alteraciones o patógenos, así como la formación potencial de toxinas (ROBINSON, 1987).

Bacterias Mesófilas

Son bacterias lácticas que desarrollan entre 20 - 30 ºC y entre las cuales podemos citar: *Streptococcus lactis, Streptococcus lactisvar diacetilactis, Streptococcus cremoris, Leuconosto ccremoris, Leuconostoc lactis, Lactobacillus casei y Lactobacillus plantarum.* Muchas de ellas se logran desarrollar a 10 ºC.

Las bacterias lácticas obtienen la energía indispensable para su metabolismo de los azúcares, compuestos que son utilizados además como fuentes de carbono. De acuerdo a los productos obtenidos en la fermentación de los monosacáridos y en relación a la glucosa pueden dividirse en homofermentantes y heterofermentantes, aunque ese carácter puede ser obligado o facultativo, cuando se considera más de un tipo de carbohidratos.

Coliformes fecales y *Escherichia coli*

Los coliformes fecales, incluyendo *E*. coli, como microorganismos indicadores se basa en que estas bacterias son destruidas por los tratamientos de pasteurización, térmicos. Por esto, la presencia de altos valores de bacterias en los alimentos es síntoma de fallos en el proceso de elaboración o de conservación que pueden acarrear riesgos para el consumidor.

Su empleo como indicadores es preferible al simple análisis de coliformes (bacterias lactosa positivas) porque la frecuencia de estos últimos puede ser menor, su determinación incierta (caso de cepas de *Escherichia coli* fermentadoras lentas o caso de cepas no fermentadoras en *Enterobacter*) y a la menor sensibilidad de las pruebas para coliformes.

Transferencia de Calor

El calor siempre fluye desde una región con temperatura más alta hacia otra región con temperatura más baja. La transferencia o dispersión del calor puede ocurrir a través de tres mecanismos posibles, conducción, convección y radiación.

Transferencia de Calor Asociada al Proceso de Moldeo - Enfriado del Queso Mozzarella

Durante la elaboración o procesamiento de alimentos ocurren cambios marcados de temperatura, se debe señalar que las variaciones de temperatura provocan numerosos cambios y reacciones enzimáticas y/o químicas entre los compuestos que constituyen a los alimentos o que están en contacto con ellos.

En el momento actual la transferencia de calor es considerada como una disciplina propia, sin embargo, en el sector alimentario los aspectos siguientes pueden ser mencionados como fundamentales: Modos de transferencia de calor, conducción, convección, radiación y transferencia conjunta. Propiedades físicas y térmicas de los alimentos. Calentamiento y enfriamiento en estado estacionario y estado variable o transitorio, en sus múltiples formas y casos (ALVARADO, 1996).

En el proceso de calentamiento o enfriamiento en estado transitorio, el cual se lleva a cabo en el periodo intermedio antes que el equilibrio se establezca, el análisis debe ser modificado para tomar en cuenta los cambios en energía interna del cuerpo con el tiempo, y las condiciones de frontera deben ajustarse para igualar la situación física que prevalece en el problema de transferencia de calor en estado transitorio. El análisis de este tipo de transferencia se obviamente de gran interés práctico, debido al gran número de

procesos de calentamiento y enfriamiento que deben calcularse en aplicaciones industriales (HOLMAN, 1999).

Sabemos ahora que muchos problemas de transferencia dependen del tiempo. Este tipo de problema no estable o transitorio, normalmente surgen cuando cambian las condiciones de frontera de un sistema. Por ejemplo, si se altera la temperatura superficial de un sistema, la temperatura en cada punto del sistema también comenzará a cambiar. Los cambios continuaran ocurriendo hasta que se alcance una distribución de temperaturas de estado estable (INCROPERA, 1999).

Mecanismos de transferencia de calor

La transferencia de calor puede identificarse por uno o más de los tres mecanismos: conducción, convección y radiación.

Conducción: La transferencia de calor por conducción implica regiones de energía, traslado de mayor a temperaturas más bajas. Esta transferencia de energía ocurre principalmente por el contacto de la materia en un lugar determinado con la materia adyacente. No hay movimiento físico de la masa de un lugar a otro. La norma de transferencia de calor debido a la conducción fue descrita por Fourier, también llamada ley de Fourier (HELDMAN y LUND, 2007).

Cuando existe un gradiente de temperatura en un cuerpo, la experiencia ha mostrado que existe una transferencia de energía de la región de alta temperatura a la región de baja temperatura. Decimos que la energía se transmite por conducción y que la razón de transferencia de calor por unidad de área es proporcional al gradiente normal de temperatura (HOLMAN, 1999).

Convección: La transferencia de calor por convección implica la transferencia de calor de un lugar a otro a través del movimiento real o el flujo de un fluido. Cuando el flujo de líquido en cuestión es producido enteramente por diferencias en la densidad del fluido como consecuencia de los cambios de temperatura, la transferencia de calor se llama convección natural y si el flujo de fluidos es ayudado por bombeo / ventilador o algún otro tipo de dispositivo mecánico, la transferencia de calor se denomina convección forzada (SINGH y VALENTAS, 1997).

Debe recordarse que el mecanismo físico de la transferencia de calor en la pared es un proceso de conducción. Para expresar el efecto total de convección usamos la ley de Newton de enfriamiento. Aquí la razón de transferencia de calor está relacionada con la diferencia de temperatura total entre la pared y el fluido, y el área de la superficie. Al coeficiente de transferencia de convección (h), se le llama algunas veces *conductancia de película*, debido a su relación con el proceso de conducción en la capa delgada estacionaria de fluido en la superficie da la pared (HOLMAN, 1999).

Radiación: La radiación térmica es la energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura finita. Aunque centraremos nuestra atención en la radiación de superficies sólidas, esta radiación también puede provenir de líquidos y gases. Sin importar la forma de la materia, la radiación se puede atribuir a cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas constitutivos. La energía del campo de radiación es transportada por ondas electromagnéticas (o alternativamente, fotones). Mientras la transferencia de energía por conducción o por convección requiere la presencia de un medio material, la radiación no lo precisa. De hecho, la transferencia de radiación ocurre de manera más eficiente en el vacío (INCROPERA, 1999).

El calentado y enfriado, involucran dos de los tres mecanismos de transferencia de calor conocidos; estos son la convección y la conducción. El mecanismo de radiación no se presenta en estos casos ya que éste es relevante sólo cuando la transferencia de calor se manifiesta a través del espacio o de los gases, y no a través de los fluidos utilizados en los procesos en estudio, como el agua o el vapor.

Ecuación General de Transferencia de Calor por Conducción

La ley básica que da relación entre el flujo de calor y el gradiente de temperatura, es atribuida al físico francés Joseph Fourier quien desarrolló esta ley basándose en observaciones experimentales.

La ecuación de difusión o de Fourier, en coordenadas cartesianas en dirección del eje x, es expresada como:

$$q = -k\,A\,\frac{dT}{dx} \qquad (1)$$

El *flujo de calor* o *transferencia de calor por unidad de área q*(W/m^2) es la velocidad con que se transfiere el calor en la dirección *x* por área unitaria *perpendicular* a la dirección de transferencia, y es proporcional al gradiente de temperatura, *dT*/*dx* en esta dirección. La constante de proporcionalidad, *k*, es una propiedad de *transporte* conocida como *conductividad térmica* (W/m. K) y es una característica del material de la pared. El signo menos es una consecuencia del hecho de que el calor se transfiere en la dirección de la temperatura decreciente (INCROPERA, 1999).

Ecuación General de Transferencia de Calor por Convección

La transferencia de calor por convección que ocurre entre un fluido en movimiento y una superficie limitante cuando éstos tienen diferentes temperaturas. Considere el flujo del fluido sobre la superficie calentada de una consecuencia de la interacción fluido - superficie es el desarrollo de una región en el fluido en la que la velocidad varía de cero en la superficie a un valor finito asociado con el flujo. Esta región del fluido se conoce como *capa límite hidrodinámica* o *de velocidad*. Más aún, si las temperaturas de la superficie y del fluido difieren, habrá una región del fluido a través de la cual la temperatura varía de T_s en $y = 0$ a T_∞ en el flujo exterior.

Sin importar la naturaleza particular del proceso de transferencia de calor por convección, la ecuación o modelo apropiado es de la forma

$$q = h A \left(T_s - T_\infty\right) \tag{2}$$

Donde q, el flujo de calor por convección (W/m^2), es proporcional a la diferencia entre las temperaturas de la superficie y del fluido, T_s y T_∞, respectivamente. Esta expresión se conoce como la *ley de enfriamiento de Newton*, y la constante de proporcionalidad h ($W/m^2.K$) se denomina *coeficiente de transferencia de calor por convección*.

Éste depende de las condiciones en la capa límite, en las que influyen la geometría de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido y una variedad de propiedades termodinámicas del fluido y de transporte (INCROPERA, 1999).

Condiciones de Frontera

Las ecuaciones diferenciales de conducción de calor en estado transiente presentadas anteriormente pueden tener numerosas soluciones a menos que se defina un conjunto de condiciones de frontera y una condición inicial. La condición inicial especifica la distribución de temperaturas en el sistema, para el inicio del proceso (t = 0), y las condiciones de frontera especificarán la temperatura y/o el flujo de calor en el límite entre el producto y el medio, ya sea calentamiento o enfriamiento.

Condición de primera clase

En general para materiales homogéneos se asume que la temperatura no varía con la posición esto es:

$$T_s = T_\infty \text{ para } t > 0 \qquad (3)$$

Condición de segunda clase

Fija el flujo de calor en la superficie, siendo en términos rigurosos definido en función del tiempo y la posición, pero se asume que el flujo de calor es igual en cualquier punto superficial cuando el material es homogéneo.

$$q = -k A \left[\frac{dT}{dx} \right]_{x=0} \qquad (4)$$

Condición de tercera clase

Indica esencialmente que la transferencia de calor es proporcional a la diferencia de temperatura y el calor es retirado en forma convectiva por el medio:

$$h\ (T_\infty - T_s) = -\left[k_{(T)} \frac{dT}{dx}\right]_{x=0} \qquad (5)$$

Las tres condiciones de frontera mencionadas anteriormente cubren la mayoría de los casos prácticos del proceso de escaldado-enfriado siendo todas condiciones límites lineales.

Parámetros de la Velocidad de Transferencia de Calor

La velocidad con que ocurre el fenómeno de transferencia de calor por conducción está determinada por las características físicas del producto, así como por las propiedades del medio circundante. Las propiedades termofísicas determinan la velocidad de transferencia de calor en el interior del producto debe considerarse la velocidad a la que fluye el fluido que rodea el producto la que determinará el valor del coeficiente convectivo de transferencia de calor así como el tipo de flujo y, por lo tanto, la velocidad a la que ocurra la transferencia de calor convectiva en la superficie del producto (SINGH y HELDMAN, 1993).

Propiedades Termofísicas de los Alimentos

En la industria de los alimentos, gran parte de los procesos presentan operaciones de transmisión de calor. Calentamiento, enfriamiento, congelación, esterilización y secado son ejemplos de procesos que involucran transmisión de calor. Para analizar este fenómeno en el proceso de alimentos, es necesario conocer las propiedades térmicas de los mismos, a fin de que se pueda obtener procesos eficientes desde el punto de vista energético y en el diseño adecuado de equipos.

En situaciones de conducción de calor en estado estacionario, la conductividad térmica es la única propiedad que se necesita conocer. Sin embargo, cuando la transmisión de calor ocurre en estado transitorio se requiere utilizar la difusividad térmica (ALVARADO y AGUILERA, 2001).

Propiedades tales como la difusividad térmica, conductividad térmica, calor específico, y densidad, juegan un papel importante en el diseño y análisis de los procesos de alimentos y de los equipos de procesamiento. En situaciones de transferencia de calor en estado transiente, la temperatura cambia con el tiempo y las propiedades antes mencionadas también (SINGH y HELDMAN, 1993).

Conductividad térmica

La conductividad térmica de alimentos con un alto contenido de humedad tiene valores cercanos al de la conductividad térmica del agua (SINGH y HELDMAN, 1993).

En los métodos transitorios, la muestra es sometida a un flujo de calor dependiente del tiempo y se mide la temperatura en uno o más puntos en el interior de la muestra. Este conjunto de datos es utilizado en la determinación de la conductividad térmica. En la literatura científica se encuentran diversas técnicas transitorias de medida de conductividad térmica (ALVARADO y AGUILERA, 2001).

Calor específico

El calor específico depende de la composición del alimento, su contenido de humedad, temperatura y presión. Sin embargo, en muchas aplicaciones de procesamiento de alimentos, normalmente se

considera que esta propiedad permanece constante en el intervalo de temperatura de trabajo (SINGH y HELDMAN, 1993).

Densidad

La densidad es la masa de una sustancia o de un alimento contenida en una unidad de volumen.

$$\rho = m / V \tag{6}$$

ρes la densidad [kg/m^3], **m** es la masa y **V** el volumen. Es una propiedad utilizada extensamente, en especial para determinar la concentración de compuestos que se encuentran en solución, los sólidos presentes en un producto y para identificar diversos materiales (ALVARADO y AGUILERA, 2001).

Difusividad térmica.

La difusividad térmica es una propiedad importante para la simulación de procesos en que la transmisión de calor se efectúa en estado transitorio. El significado físico de la difusividad térmica consiste en determinar lo rápido que el calor se propaga o difunde a través de un material. Esta propiedad también es definida como la relación entre tres propiedades diferentes, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{k}{\rho\, C_P} \tag{7}$$

La difusividad térmica de un material recibe influencia, en especial, de la humedad y temperatura, pero también puede variar con la composición y porosidad (ALVARADO y AGUILERA, 2001).

Modelos utilizados para predecir las propiedades térmicas de los alimentos

Según CHOI y OKOS (1986), las propiedades térmicas de un componente sólido puro fueron determinados por el modelo propuesto, que se basa en la fracción de peso y las propiedades térmicas de los principales componentes puros de los productos alimenticios, en un rango de temperatura de - 40 a 150 ºC a partir de los valores experimentales de 0%, 10%, 30%, 60% y 95% las suspensiones de contenido sólido.

Para los alimentos congelados, los factores de agua no congelada fueron predichos por la depresión del punto de congelación proyectada. El valor de las propiedades térmicas previstas por los modelos propuestos por puros componentes principales en este estudio se encontraron dentro de 3 - 9% de error de la literatura para los valores de alimentos líquidos y dentro de un 4 - 7% de error a los valores determinados experimentalmente para la leche evaporada, jugo de naranja y salchichas

Conductividad Térmica: $$k = \sum k_i X_i^v \quad (8)$$

Densidad: $$\rho = \frac{1}{\sum X_i^w / \rho_i} \quad (9)$$

Difusividad Térmica: $\alpha = \sum \alpha_i X_i^v$ (10)

Calor Específico $C_P = \sum C_{Pi} X_i^w$ (11)

Donde:

$$X_i^w = X_i^w/\rho_1/\sum X_i^w/\rho_1 \quad (12)$$

$$k_i = a_1 + a_2 T + a_3 T^2 \quad (13)$$

$$\rho_i = C_1 + C_2 T \quad (14)$$

$$\alpha_i = b_1 + b_2 T + b_3 T^2 \quad (15)$$

$$C_{Pi} = d_1 + d_2 T + d_3 T^2 \quad 16)$$

i = componente (agua, proteína, grasa, carbohidratos, fibra y minerales)

X_i^w = es la fracción en peso del componente i

ρ_i = es la densidad del componente puro

X_i^v = la fracción de volumen estimado

Tabla Nº 4. Grupo de modelos de los componentes principales de alimentos.

Propiedad térmica	Componente principal	Grupo de modelos en función de la temperatura
k [W/m ºC]	Proteína	$1.7881x10^{-1} + 1.1958x10^{-3}T - 2.7178x10^{-6}T^2$
	Grasa	$1.8071x10^{-1} - 2.7604x10^{-3}T - 1.7749x10^{-7}T^2$
	Carbohidratos	$2.0141x10^{-1} + 1.3874x10^{-3}T - 4.3312x10^{-6}T^2$
	Fibra	$1.8331x10^{-1} + 1.2497x10^{-3}T - 3.1683x10^{-6}T^2$
	Minerales	$3.2962x10^{-1} + 1.4011x10^{-3}T - 2.9069x10^{-6}T^2$
	Agua	$5.7109x10^{-1} + 1.7625x10^{-3}T - 6.703x10^{-6}T^2$
ρ [Kg/m^3]	Proteína	$1.3299x10^{3} - 5.1840x10^{-1}T$
	Grasa	$9.2559x10^{2} - 4.1757x10^{-1}T$
	Carbohidratos	$1.5991x10^{3} - 3.1046x10^{-1}T$
	Fibra	$1.3115x10^{3} - 3.6589x10^{-1}T$
	Minerales	$2.4238x10^{3} - 2.8063x10^{-1}T$
	Agua	$9.9718x10^{2} + 3.1439x10^{-3} - 3.7574x10^{-3}T^2$
C_P [kJ/kg ºC]	Proteína	$2.0082 + 1.2089x10^{-3}T - 1.3129x10^{-6}T^2$
	Grasa	$1.9842 + 1.4733x10^{-3}T - 4.8008x10^{-6}T^2$
	Carbohidratos	$1.5488 + 1.9625x10^{-3}T - 5.9399x10^{-6}T^2$
	Fibra	$1.8459 + 1.8306x10^{-3}T - 4.6509x10^{-6}T^2$
	Minerales	$1.0926 + 1.8896x10^{-3}T - 3.6817x10^{-6}T^2$
	Agua	$4.1762 - 9.0864x10^{-5}T + 5.4731x10^{-6}T^2$
α [m^2/s]	Proteína	$6.8714x10^{-2} + 4.7578x10^{-4}T - 1.4646x10^{-6}T^2$
	Grasa	$9.8777x10^{-2} - 1.2569x10^{-4}T - 3.8286x10^{-6}T^2$
	Carbohidratos	$8.00842x10^{-2} + 5.3052x10^{-4}T - 2.3218x10^{-6}T^2$
	Fibra	$7.3976x10^{-2} + 5.1902x10^{-4}T - 2.2202x10^{-6}T^2$
	Minerales	$2.2461x10^{-2} + 3.7321x10^{-4}T - 1.2244x10^{-6}T^2$
	Agua	$1.3168x10^{-1} + 6.2477x10^{-4}T - 2.4022x10^{-6}T^2$

Fuente: Choi y Okos (1986)

Coeficiente convectivo de transferencia de calor

En los procesos de tratamiento térmico de alimentos es muy importante conocer las características de transmisión de calor. El conocimiento de los coeficientes de transmisión de calor por convección es necesario en las distintas aplicaciones de procesado de alimentos, en aquellas operaciones unitarias en las que existe

transmisión de calor entre un fluido y un sólido, tales como escaldado, refrigeración, congelación, secado.

Cuando un objeto de pequeñas dimensiones y conductividad térmica elevada, a una temperatura inicial T_0, se coloca inmerso en un fluido que se halla a una temperatura externa T_e, distinta de la del objeto, existe una transmisión de calor desde o hacia el mismo a través del fluido externo. Al realizar un balance energético, el calor transmitido a través del fluido será igual al acumulado por el objeto, de tal forma que se obtiene la siguiente expresión:

$$\rho \; V \; C_P \frac{dT}{dt} = h \; A \; (T - T_e) \tag{17}$$

Al integrar la ecuación (17) con la condición límite de que para el tiempo inicial la temperatura del objeto es T_0, se obtiene la expresión:

$$\ln\left(\frac{T - T_e}{T_0 - T_e}\right) = -\left(\frac{h\,A}{\rho\,C_P\,V}\right)t \tag{18}$$

El término logarítmico recibe el nombre de relación de temperatura (RT). Al representar la variación de la relación de temperatura frente al tiempo se obtiene una recta que pasa por el origen, a partir de cuya pendiente es posible obtener el valor del coeficiente externo de transmisión de calor por convección, si se conocen las dimensiones y propiedades térmicas del material del que está construido el objeto (BARBOSA e IBARZ, 2000).

Tabla Nº 5. Valores aproximados del coeficiente convectivo de transferencia de calor.

Fluido	Coeficiente convectivo de transferencia de calor [W/m^2 K]
Aire	
Convección natural	5 - 25
Convección forzada	10 - 200
Agua	
Convección natural	20 - 1000
Convección forzada	50 - 10.000
Agua en ebullición	3.000 - 100.000
Condensación de vapor de agua	5.000 - 100.000

Fuente: Singh y Heldman (1993)

Conducción de calor en estado transitorio

La solución obtenida es válida para cualquier instante, dado que en condiciones estacionarias las temperaturas no cambian con el tiempo. Sin embargo, en los problemas de régimen transitorio, las temperaturas cambian con el tiempo así como con la posición y, de este modo, la solución en diferencias finitas de este tipo de problemas requiere la *diferenciación en el tiempo y el espacio*, como se muestra en la gráfico 4.

Esto se realiza al seleccionar un intervalo apropiado de tiempo, Δt, y resolver para las temperaturas nodales desconocidas varias veces para cada Δt hasta que se obtiene la solución en el instante deseado.

En los problemas en régimen transitorio se usa en el *superíndice p* como el *índice o contador* de los intervalos de tiempo, correspondiendo $p = 0$ a la condición inicial especifica (CENGEL, 2007).

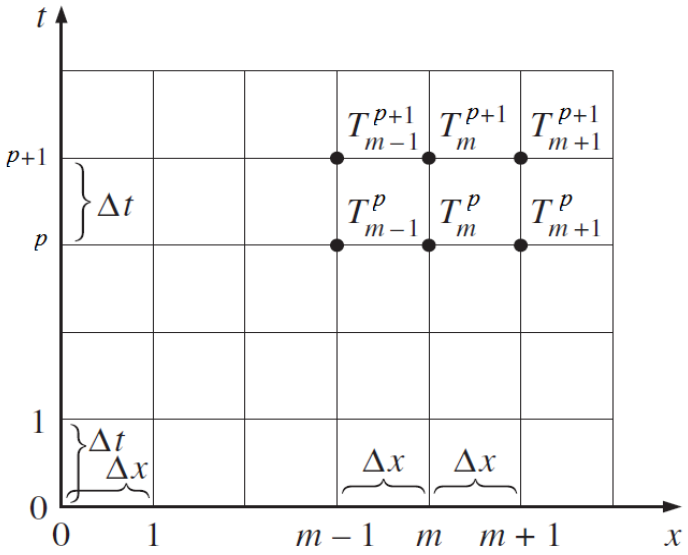


Gráfico 4. La formulación en diferencias finitas de problemas que depende del tiempo comprende puntos discretos en el tiempo como en el espacio.

Método del elemento finito

Introducción

El método de los elementos finitos (MEF) ha adquirido una gran importancia en la solución de problemas ingenieriles, ya que permite resolver casos que hasta hace poco tiempo eran prácticamente imposibles de resolver por métodos matemáticos tradicionales.

Esta circunstancia obligaba a realizar prototipos, ensayarlos e ir realizando mejoras de forma iterativa, lo que traía consigo un elevado coste tanto económico como en tiempo de desarrollo.

El MEF permite realizar un modelo matemático de cálculo del sistema real, más fácil y económico de modificar que un prototipo. Sin embargo no deja de ser un método aproximado de cálculo debido a las hipótesis básicas del método. Los prototipos, por lo tanto, siguen

siendo necesarios, pero en menor número, ya que el primero puede acercarse bastante más al diseño óptimo.

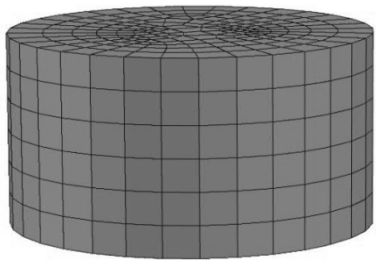


Gráfico 5. Discretización con elementos finitos

El método de los elementos finitos como formulación matemática es relativamente nueva; aunque su estructura básica es conocida desde hace bastante tiempo, en los últimos años ha sufrido un gran desarrollo debido a los avances informáticos. Han sido precisamente estos avances informáticos los que han puesto a disposición de los usuarios gran cantidad de programas que permiten realizar cálculos con elementos finitos.

Pero no hay que llevarse a engaño, el manejo correcto de este tipo de programas exige un profundo conocimiento no solo del material con el que se trabaja, sino también de los principios del MEF. Sólo en este caso estaremos en condiciones de garantizar que los resultados obtenidos en los análisis se ajustan a la realidad.

Conceptos generales del método del elemento finito

La idea general del método de los elementos finitos es la división de un continuo en un conjunto de pequeños elementos interconectados por una serie de puntos llamados nodos. Las ecuaciones que rigen el comportamiento del continuo regirán también el del elemento.

De esta forma se consigue pasar de un sistema continuo (infinitos grados de libertad), que es regido por una ecuación diferencial o un sistema de ecuaciones diferenciales, a un sistema con un número de grados de libertad finito cuyo comportamiento se modela por un sistema de ecuaciones, lineales o no lineales.

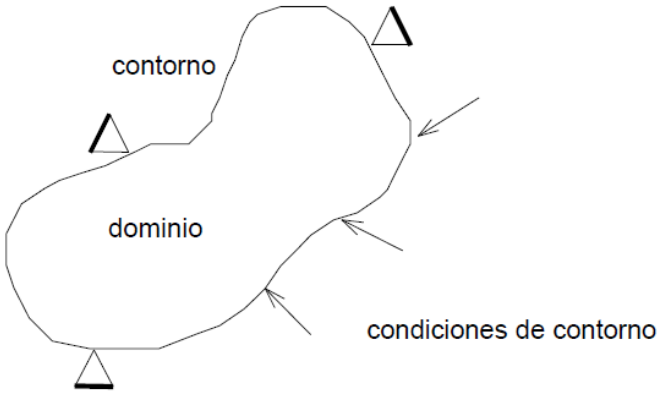


Gráfico 6. El método de los elementos finitos

En cualquier sistema a analizar podemos distinguir entre:

- Dominio: Espacio geométrico donde se va a analizar el sistema.
- Condiciones de contorno: Variables conocidas y que condicionan el cambio del sistema: cargas, desplazamientos, temperaturas, etc.
- Incógnitas: Variables del sistema que deseamos conocer después de que las condiciones de contorno han actuados sobre el sistema: desplazamientos, tensiones, temperaturas.

El método de los elementos finitos supone, para solucionar el problema, el dominio discretizado en subdominios denominados

elementos. El dominio se divide mediante puntos (en el caso lineal), mediante líneas (en el caso bidimensional) o superficies (en el tridimensional) imaginarias, de forma que el dominio total en estudio se aproxime mediante el conjunto de porciones (elementos) en que se subdivide.

Los elementos se definen por un número discreto de puntos, llamados nodos, que conectan entre si los elementos. Sobre estos nodos se materializan las incógnitas fundamentales del problema.

En el caso de elementos estructurales estas incógnitas son los desplazamientos nodales, ya que a partir de éstos podemos calcular el resto de incógnitas que nos interesen: tensiones, deformaciones,... A estas incógnitas se les denomina grados de libertad de cada nodo del modelo. Los grados de libertad de un nodo son las variables que nos determinan el estado y/o posición del nodo.

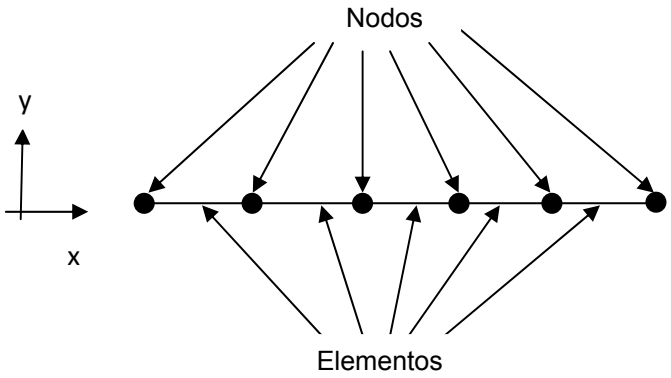


Gráfico 7. Discretización del dominio

Los grados de libertad de cada nodo serán:

- Desplazamiento en dirección x
- Desplazamiento en dirección y
- Giro según z
- Temperatura

También sería posible obtener la evolución temporal de cualquiera de los grados de libertad. Planteando la ecuación diferencial que rige el comportamiento del continuo para el elemento, se llega a fórmulas que relacionan el comportamiento en el interior del mismo con el valor que tomen los grados de libertad nodales. Este paso se realiza por medio de unas funciones llamadas de interpolación, ya que éstas interpolan el valor de la variable nodal dentro del elemento (http://www.iit.upcomillas.es/~carnicero/Resistencia/Introduccion_al_MEF.pdf).

Aplicación del método numérico de diferencias finitas

Las soluciones analíticas a problemas transitorios se restringen a geometrías simples y a condiciones de frontera, sin embargo, en muchos casos la geometría y/o las condiciones de frontera evitan el uso de las técnicas analíticas, y hay que recurrir a los métodos de *diferencias finitas*. Estos métodos, que se introdujeron para condiciones de estado estable, abarcan fácilmente problemas transitorios (INCROPERA, 1999).

Existen varias maneras de obtener la formulación numérica de un problema de conducción de calor, como los métodos de las *diferencias finitas*, de *elementos finitos*, de *elementos frontera* y de *balance de energía* o volumen de control (CENGEL, 2007).

Red nodal

En contraste con una solución analítica, que permite la determinación de la temperatura en *cualquier* punto de interés de un medio, una solución numérica permite determinar la temperatura sólo en puntos discretos.

- Cualquier análisis numérico debe ser, por tanto, seleccionar estos puntos.

- Se hace al subdividir el medio de interés en un número de pequeñas regiones y asignar a cada una un punto de referencia en su centro.

- El punto de referencia suele denominarse *punto nodal* (o simplemente *nodo*), y el agregado de puntos se conoce como *red nodal*, *malla* o *rejilla.*

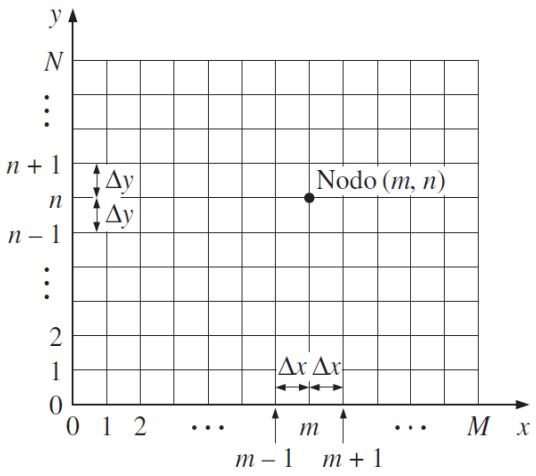


Gráfico 8. Red nodal para la formulación en diferencias finitas de la conducción de calor.

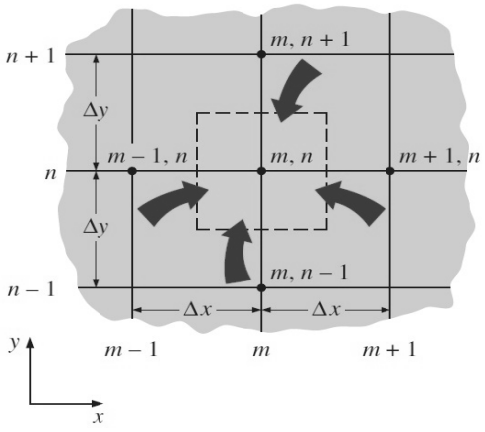


Gráfico 9. Elemento de volumen de un nodo interior general (*m, n*) para la conducción de calor.

Los puntos nodales se designan por un esquema numérico, las posiciones *x* y *y* se designan con los índices *m* y *n*, respectivamente (INCROPERA, 1999).

Método del balance de energía

Los nodos y los elementos de volumen en los problemas en régimen transitorio se seleccionan igual que en los de estado estacionario y una vez más, si se supone por conveniencia que toda la transferencia de calor es hacia el elemento, el balance de energía sobre un elemento de volumen durante un intervalo de tiempo Δt se puede expresar como

$$\begin{bmatrix}\text{Calor transferido hacia}\\ \text{el elemento de volumen}\\ \text{desde todas sus superficies}\\ \text{durante } \Delta t\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{Calor generado}\\ \text{dentro del elemento}\\ \text{de volumen}\\ \text{durante } \Delta t\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{Cambio en el contenido}\\ \text{de energía interna}\\ \text{del elemento de volumen}\\ \text{durante } \Delta t\end{bmatrix}$$

o bien

$$\Delta t \quad x \quad \sum_{\text{Todos los lados}} \dot{Q} \quad + \quad \Delta t \quad x \quad \dot{E}_{\text{gen. elemento}} \quad = \quad \Delta E_{\text{elemento}} \tag{19}$$

donde la razón de la transferencia de calor, Q, normalmente consta de término de conducción para los nodos internos, pero puede comprender convección, flujo de calor y radiación en los nodos frontera.

Dado que $\Delta E_{elemento} = mCp\Delta T = \rho V_{elemento} Cp\Delta T$, donde ρ es la densidad y Cp el calor específico del elemento, al dividir la relación entre la relación anterior entre Δt da

$$\sum_{\text{Todos los lados}} \dot{Q} + \dot{E}_{\text{gen.elemento}} = \frac{\Delta E_{\text{elemento}}}{\Delta t} = \rho V_{\text{elemento}} Cp \frac{\Delta T}{\Delta t} \qquad (20)$$

o bien, para cualquier nodo *m* en el medio y su elemento de volumen,

$$\sum_{\text{Todos los lados}} \dot{Q} + \dot{E}_{\text{gen.elemento}} = \rho V_{\text{elemento}} Cp \frac{T_m^{p+1} - T_m^p}{\Delta t} \qquad (21)$$

donde T_m^{p+1} y T_m^p son las temperaturas del nodo m en los instantes $t_p = p\Delta t$ y $t_{p+1} = (p+1)\Delta t$, respectivamente, $T_m^{p+1} - T_m^p$ representa el cambio de temperatura del nodo durante el intervalo de tiempo Δt entre los intervalos de tiempo p y p+1.

Note que la razón $(T_m^{p+1} - T_m^p)/\Delta t$ es simplemente la aproximación en diferencias finitas de la derivada parcial $\partial T/\partial t$ que consta en las ecuaciones diferenciales que aparecen de los problemas en régimen transitorio. Por lo tanto, se obtendría el mismo resultado para la formulación en diferencias finitas si se sigue un proceso matemático estricto en lugar del procedimiento de balance de energía antes usado (Cengel, 2007).

Método de inversión de ecuaciones

Considere un sistema de *N* ecuaciones algebraicas generadas por diferencias finitas que corresponden a *N* temperaturas desconocidas. Identifique los nodos mediante un solo subíndice entero, en lugar del doble subíndice (m, n); el procedimiento para llevar a cabo una inversión de matrices comienza por la expresión de las ecuaciones como

$$\begin{aligned} a_{11}T_1 + a_{12}T_2 + a_{13}T_3 + \cdots + a_{1N}T_N &= C_1 \\ a_{21}T_1 + a_{22}T_2 + a_{23}T_3 + \cdots + a_{2N}T_N &= C_2 \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots & \\ a_{N1}T_1 + a_{N2}T_2 + a_{N3}T_3 + \cdots + a_{NN}T_N &= C_N \end{aligned} \tag{22}$$

donde las cantidades a_{11}, a_{12}, …. C_1,… son coeficientes y constantes conocidos que implican cantidades como Δx, k, h y T_∞. Con las notación matricial, estas ecuaciones se expresan como

$$[A][T] = [C] \tag{23}$$

donde

$$A \equiv \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{N1} & a_{N2} & \cdots & a_{NN} \end{bmatrix}, \qquad T \equiv \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_n \end{bmatrix}, \qquad C \equiv \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_N \end{bmatrix}$$

La *matriz de coeficientes* [A] es cuadrada (N x N), y sus elementos se designan con una notación de doble subíndice, en la que el primer y segundo subíndices se refieren a renglones y columnas, respectivamente. Las matrices [T] y [C] tienen una sola columna y se conocen como *vectores columna*, y suele llamárseles *vectores solución y del lado derecho*, respectivamente. Si la multiplicación de matrices implicada por el lado izquierdo de la ecuación (23) se lleva a cabo, se obtiene la ecuación (22).

El vector solución se expresa ahora como

$$[T] = [A]^{-1}[C] \tag{24}$$

donde $[A]^{-1}$ es la inversa de [A] y se define como

$$[A]^{-1} \equiv \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1N} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{N1} & b_{N2} & \cdots & b_{NN} \end{bmatrix}$$

Al evaluar el lado derecho de la ecuación (24), se sigue que

$$\begin{aligned} T_1 &= b_{11}C_1 + b_{12}C_2 + \cdots + b_{1N}C_N \\ T_2 &= b_{21}C_1 + b_{22}C_2 + \cdots + b_{2N}C_N \\ &\vdots \quad\quad \vdots \quad\quad \vdots \quad\quad \vdots \\ T_3 &= b_{N1}C_1 + b_{N2}C_2 + \cdots + b_{NN}C_N \end{aligned} \tag{25}$$

y el problema se reduce a determinar $[A]^{-1}$. Es decir, si [A] se invierte, sus elementos b_{11}, b_{12},… se determinan y las temperaturas desconocidas se calculan de las expresiones anteriores.

La inversión de matrices se lleva a cabo fácilmente en una calculadora programable o una computadora personal, dependiendo del tamaño de la matriz. Por tanto, el método proporciona un medio *conveniente* para resolver problemas de conducción bidimensional. A pesar de esta ventaja, la inversión de matrices rara vez es numéricamente eficiente y a menudo es preferible usar un procedimiento numérico iterativo (INCROPERA, 1999).

Condiciones de frontera

Se ha desarrollado una relación general para la obtención de la ecuación en diferencias finitas para cada nodo interior de una red plana. Sin embargo, esta relación se puede aplicar a los nodos sobre las fronteras, ya que requiere la presencia de nodos en ambos lados

del nodo que se considera, y un nodo frontera no tiene nodo vecino en el al menos uno de los lados. Por lo tanto, se necesita obtener por separado las ecuaciones en diferencias finitas de los nodos frontera (CENGEL, 2007).

Nodos frontera

El desarrollo de la formulación en diferencias finitas de los nodos *frontera* en los problemas bidimensionales (o tridimensionales) es semejante al caso unidimensional. Una vez más, la región se divide entre los nodos mediante la formación de *elementos de volumen* alrededor de ellos y se escribe un *balance* de *energía* para cada nodo frontera.

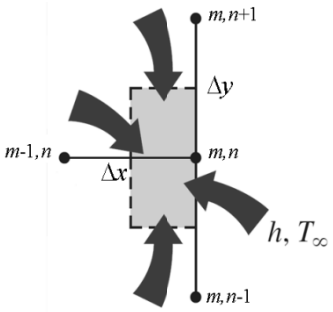


Gráfico 10. Elemento de área de un nodo sujeto a frontera convectiva.

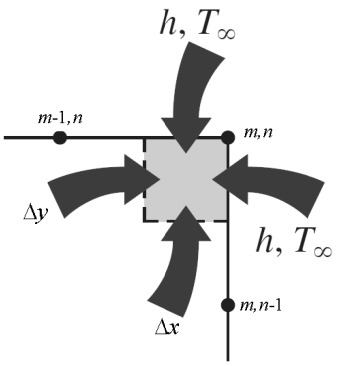


Gráfico 11. Elemento de área de un nodo sujeto a convección en sus fronteras.

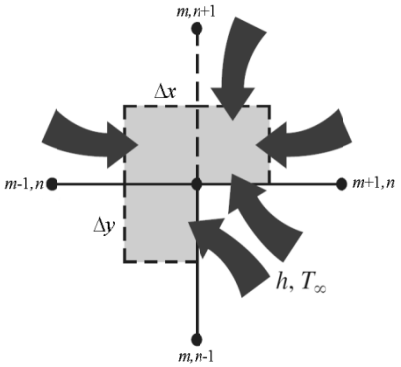


Gráfico 12. Elemento de área de un nodo esquina interno sujeto a convección en sus fronteras.

Sea el problema unidimensional, bidimensional o tridimensional, de nuevo, por conveniencia en la formulación, se supone que toda la transferencia de calores *hacia* el elemento de volumen desde todas las superficies excepto para el flujo especifico de calor, cuya dirección está ya determinada, para varias condiciones de frontera (CENGEL, 2007).

COMSOL

Introducción

Simular por computadora se ha convertido en una parte esencial de la ciencia y la ingeniería. El análisis digital de los componentes, en particular, es importante en el desarrollo de nuevos productos o la optimización de diseños. Hoy en día un amplio espectro de opciones disponibles, para la simulación es, todo lo que los investigadores utilizan lenguajes de programación básica para varios paquetes de alto nivel de la aplicación de métodos avanzados. Aunque cada una de estas técnicas tiene sus propios atributos únicos, todos ellos

comparten una preocupación común: ¿Se puede confiar en los resultados?

Cuando se considera lo que hace un software fiable, es útil recordar el objetivo: usted quiere un modelo que se describen con precisión lo que sucede en el mundo real. Un entorno de simulación por computadora es simplemente una traducción de la vida real de las leyes físicas en su forma virtual. Cómo se lleva a cabo la simplificación tanto en el proceso de traducción ayudará a determinar la exactitud del modelo resultante.

Lo ideal sería, entonces, tener un entorno de simulación que incluye la posibilidad de añadir algún efecto físico a su modelo. Eso es lo que tiene que ver con COMSOL. Es una plataforma flexible que permitirá a los usuarios novatos, incluso para modelar todos los aspectos físicos de su diseño. Los usuarios avanzados pueden ir más profundo y utilizar sus conocimientos para desarrollar soluciones aplicables a sus circunstancias únicas. COMSOL le da la confianza necesaria para construir el modelo que desea con precisión el mundo real.

Otro rasgo notable de la plataforma COMSOL es la adaptabilidad. A medida que cambian las necesidades de modelado, lo mismo ocurre con el software. Si usted se encuentra en la necesidad de incluir otro efecto físico, sólo puede agregar. El uso de herramientas como la geometría con parámetros, mallado interactivo, y las secuencias personalizadas resuelve, usted puede adaptarse a los flujos y reflujos de tus necesidades.

COMSOLMultiphysics también tiene varios beneficios para resolver problemas. Al iniciar un nuevo proyecto, utilizando COMSOL le ayuda a comprender su problema. Usted es capaz de probar diferentes

características geométricas y física de su modelo, por lo que realmente puede afinar en los retos de diseño importante. La naturaleza flexible del entorno de COMSOL facilita su posterior análisis por hacer casos fáciles de configurar y de ejecución. Usted puede tomar la simulación a nivel de la producción mediante la optimización de cualquier aspecto de su modelo. Varios los parámetros y las funciones de destino se pueden ejecutar en el mismo interfaz de usuario. De principio a fin, COMSOL es una completa herramienta de resolución de problemas (http://www.comsol.com/shared/downloads/comsol_v4_building_model.pdf).

Tiempo de Vida Útil

Los consumidores en la actualidad exigen que en los envases se registren datos informativos como fecha de elaboración y vencimiento el cual garantiza el consumo de los productos alimenticios en un tiempo determinado y de no ser así deben ser retirados de las perchas para evitar posibles enfermedades a los consumidores.

Labuza (1982) indico que el concepto de reacción puede ser extendido a la pérdida de la calidad para muchos alimentos, y también puede ser presentado por una ecuación matemática en la forma siguiente:

$$(dA/dt) = k\, A^n \qquad (26)$$

Siendo A el factor de calidad medido, t el tiempo, k es una constante que depende en especial de la temperatura y de la actividad de agua, y n es un factor potencial llamado orden de reacción.

En mucho de los casos, el valor de n es diferente de cero; puede ser un valor entero o fraccionado entre 0 y 2. En el caso de ser 1, corresponde a una ecuación de primer orden. Aplicando el método propuesto por Alvarado (1996). Se aplica entonces la ecuación:

$$\ln C = \ln C_o + k\,t \qquad (27)$$

Donde:

C = parámetro escogido como límite de tiempo de vida útil

Co = concentración inicial

t = tiempo de reacción

k = constante de velocidad de reacción

Análisis Sensorial

El análisis sensorial es una disciplina muy útil para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos. La evaluación sensorial es innata en el hombre ya que desde el momento que se prueba algún producto, se hace un juicio acerca de él, si le gusta o disgusta, describe y reconoce sus características de sabor, color, olor, textura y aceptabilidad.

El análisis sensorial se realiza a través de los sentidos. Para este caso, es importante que los sentidos se encuentren bien desarrollados para emitir un resultado objetivo y no subjetivo.

El análisis sensorial de los alimentos es un instrumento eficaz para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento, ya que cuando ese alimento se quiere comercializar, debe cumplir los requisitos mínimos de higiene, inocuidad y calidad del producto, para que éste sea aceptado por el consumidor, más aún cuando debe ser protegido por un nombre comercial los requisitos son mayores, ya que debe

poseer las características que justifican su reputación como producto comercial.

Para llevar a cabo el análisis sensorial de los alimentos, es necesario que se den las condiciones adecuadas (tiempo, espacio, entorno) para que éstas no influyan de forma negativa en los resultados, los catadores deben estar bien entrenados, lo que significa que deben de desarrollar cada vez más todos sus sentidos para que los resultados sean imparciales y no personales.

En general el análisis se realiza con el fin de encontrar la fórmula adecuada que le agrade al consumidor, buscando también la calidad, e higiene del alimento para que tenga éxito en el mercado (http://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos/Introducci%C3%B3n).

2.2 Fundamentación Filosófica

Se inclina por el objetivismo, el racionalismo y sobre todo el relativismo el cual sostiene que las cualidades de un elemento provienen de sus relaciones con otras cosas. El mundo no es absoluto, como lo es para los realistas, sino relativo, en relación con lo ideal.

Dicho de otra manera, la forma en que percibimos cualquier hecho depende de la situación en su conjunto.

En consecuencia, la verdad, la realidad e inclusive lo bueno dependen de la situación del entorno en su conjunto. El conocimiento es lo que el hombre interpreta que es, a través de la cual va logrando una modificación adaptiva y durable de la conducta, está ligada a los principios del paradigma interpretativo de las ciencias que se interesan por las nociones de comprensión, significado y acción.

2.3 Fundamentación Legal

Existe la Norma (INEN 2003) – 9; y Norma (INEN, 2003) – 10, requisitos de leche cruda y leche pasteurizada respectivamente.

El Instituto Nacional Ecuatoriano Normalizado establece los requisitos que debe cumplir un queso fresco, (INEN, 1987) – 1 528. La indicada norma señalada requisitos generales de los quesos frescos, requisitos complementarios, muestreo y características esenciales del método de fabricación del queso fresco. Además la Norma (INEN 1973) – 82, requisitos que debe cumplir el queso Mozzarella.

La Mozzarella es un queso no madurado conforme con la Norma General para el Queso (CODEX STAN 283-1978); la Norma para el Queso no Madurado, Incluido el Queso Fresco (CODEX STAN 221-2001) y para Queso Mozzarella (CODEX STAN 262-2007).

2.4 Categorías Fundamentales

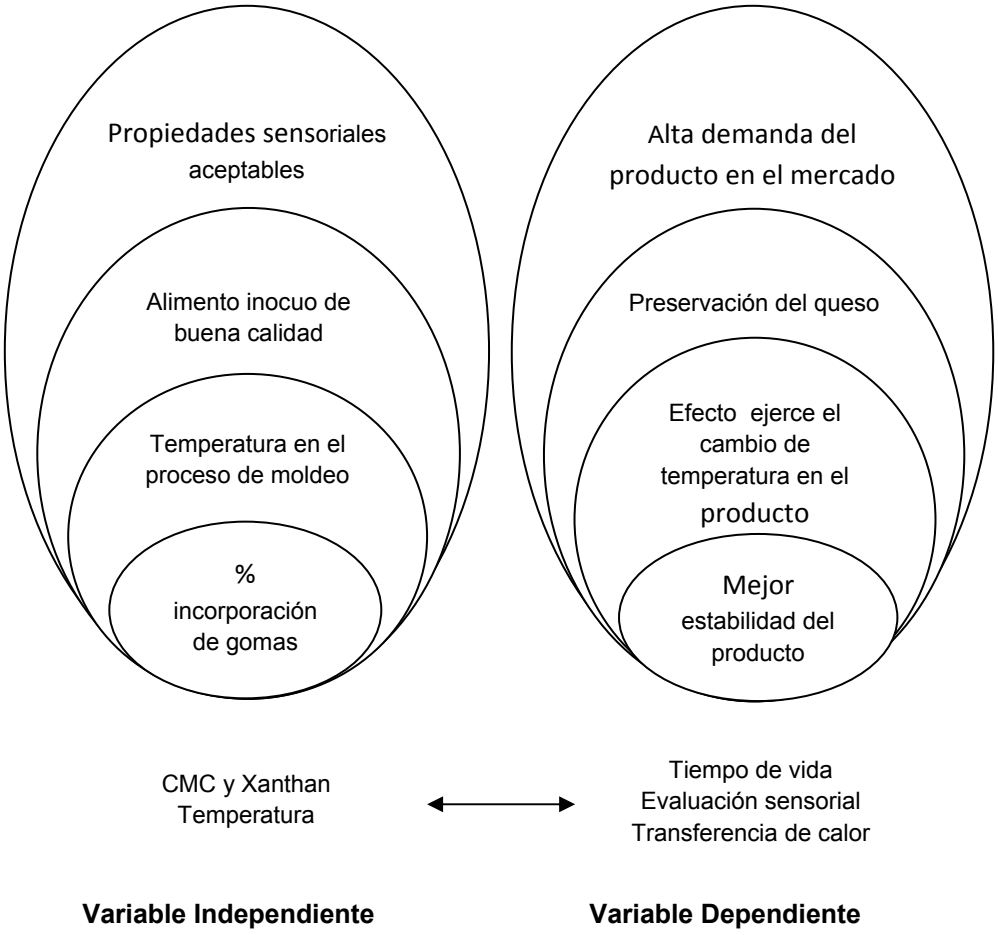


Gráfico 13. Red de inclusión
Elaborado por: Luis Guano

2.5 Hipótesis

Hipótesis Nula Ho: La Incorporación de CMC y xanthan no tiene incidencia significativa en las características organolépticas del queso Mozzarella.

Hipótesis Alternativa H1: La Incorporación de CMC y xanthan si tiene incidencia significativa en las características organolépticas del queso Mozzarella.

2.6 Señalamiento de Variables de la Hipótesis

VARIABLE INDEPENDIENTE

Porcentaje de incorporación de CMC y xanthan.

Temperatura en el proceso de moldeo.

VARIABLE DEPENDIENTE

Evaluación sensorial

Vida útil

Transferencia de calor

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 El Enfoque de la Investigación

Desde el paradigma crítico propositivo, la investigación tiene un enfoque de carácter cuantitativo-cualitativo. Cuantitativo porque los resultados de la investigación de campo serán sometidos a cálculos matemáticos y estadísticos. Cualitativo porque los resultados, serán procesados con análisis e interpretaciones críticas, con apoyo en la experiencia profesional del investigador y del contenido científico del marco teórico.

3.2 Modalidad Básica de la Investigación

Este documento tiene como objetivo fundamental fomentar el desarrollo de la pequeña industria en nuestro país en la elaboración de productos lácteos para lograr obtener una adecuada ingesta de aditivos alimentarios sin causar daños perjudiciales a la salud de los consumidores ecuatorianos.

El presente estudio tiene como finalidad incorporar CMC y xanthan (estabilizantes) para el mejoramiento de la tecnología, el cual puede ser beneficioso para los productores de quesos, para lo que se aplicara un estudio de transferencia de calor el mismo que con la ayuda de un programa de simulación permitirá tener conocimiento

más claro del fenómeno físico “penetración de calor (caliente-frio)” en el queso, donde ayuda al estudio de Ingeniería en Alimentos.

El desarrollo del trabajo de investigación se basa en fuentes bibliográficas de consulta como: revistas, libros, tesis de grado, bibliografía obtenida del internet y básicamente pruebas experimentales de laboratorio, normas permitidas para el uso de aditivos alimentarios, dado que la parte experimental se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato y con los resultados obtenidos de los diferentes ensayos a estudiados se dará a conocer sugerencias, recomendaciones y conclusiones para mejorar la calidad del queso Mozzarella.

3.2 Nivel o Tipo de Investigación

Tenemos una investigación de campo porque se estará en contacto en forma directa con el problema para obtener datos directos a través de una observación de carácter Descriptiva - Explicativa.

Investigación Exploratoria: La incorporación de estabilizantes CMC y xanthan mediante el estudio de transferencia de calor permitió conocer si hay o no propiedades diferentes del producto mediante un análisis sensorial y además se registró el historial de tiempo-temperatura para la utilización de un programa de simulación que basado en los principios de transferencia de calor de un cuerpo cilíndrico en estado transitorio, considerando estado de convección y conducción permite visualizar este proceso en el interior del queso Mozzarella.

Investigación Explicativa: Este tipo de investigación permite un análisis profundo de las causas del problema en donde se puede identificar las posibles soluciones e implementar estrategias necesarias.

3.3 Población y Muestra

El presente proyecto investigativo se ejecutó en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos en los Laboratorios de Procesamiento e Ingeniería de Alimentos, donde los datos fueron recopilados mediante la colaboración de estudiantes de la Facultad.

El diseño aplicado es de tipo factorial A*B (2*8): el factor A tienen dos niveles y el factor B tiene ocho niveles, lo que corresponde a 16 tratamientos que con una réplica dan un total de 32 tratamientos.

FACTORES	**NIVELES**
A: Estabilizantes	a_0 = CMC
	a_1 = xanthan
B: Concentraciones	b_0 = 0.00%
	b_1 = 0.10%
	b_2 = 0.20%
	b_3 = 0.25%
	b_4 = 0.30%
	b_5 = 0.35%
	b_6 = 0.40%
	b_7 = 0.45%

Para evaluar el mejor tratamiento, se valoraron las siguientes características organolépticas como olor, color, sabor, textura y aceptabilidad, utilizando una escala hedónica que consta de las siguientes características:

1. Disgusta mucho
2. Disgusta poco
3. Ni gusta ni disgusta
4. Gusta poco
5. Gusta mucho

Para los resultados obtenidos del original como de la réplica, se empleo un diseño factorial de Bloques Incompletos para el análisis del mejor tratamiento en el queso Mozzarella (SALTOS, 1986).

3.4 Operacionalización de Variables

Variable Independiente

Tabla Nº 6. La concentración de las gomas CMC y xanthan.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El empleo de dos estabilizantes CMC y xanthan en diferentes concentraciones	Aditivo Alimentario	CMC xanthan	¿Habrá diferencia significativa entre CMC y la goma xanthan?	Visión balanza

Elaborado por: Luis Guano

Variable Dependiente

Tabla Nº 7. La evaluación sensorial del queso Mozzarella.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Elaboración de queso Mozzarella	Evaluación sensorial	Color, olor, sabor, textura aceptabilidad	¿Habrá diferencia significativa en los indicadores sensoriales?	Hoja con escala hedónica, ver anexo F
	Tiempo de vida útil	Recuento total	¿Habrá diferencia significativa en el recuento total en placa?	Hoja guía de microbiología "Recuento Total" (Paredes, 2006)
	Modelos matemáticos	Transferencia de calor	¿Habrá diferencia significativa en la transferencia de calor mediante el moldeo de queso mozzarella?	Método numérico de diferencias finitas para calcular cambio de temperatura en alimentos cilíndricos (Alvarado, 1996)

Elaborado por: Luis Guano

3.5 Plan de Recolección de Información

La recolección de datos del registro de historial de tiempo y temperatura en el proceso de moldeo y enfriado en la elaboración de queso Mozzarella, se utilizó una termocupla introducido en la mitad del queso para registrar los datos obtenidos de temperatura para luego simular e identificar lo que sucede físicamente el proceso de transferencia de calor.

Para determinar el mejor tratamiento se utilizó un análisis sensorial el cual se propusieron las características organolépticas de olor, color, sabor, textura y aceptabilidad utilizando una escala hedónica para determinar las características ante mencionadas. También recurrimos a catadores semi-entrenados para obtener la información necesaria, luego ser procesada y determinar el mejor tratamiento.

3.6 Plan de Procesamiento y Análisis de la Información

Investigando y procesando los resultados del mejor tratamiento se procedió a realizar un estudio estadístico, para obtener resultados finales del procesamiento efectuado de igual manera se utilizó para el procesamiento de datos en EXCEL y Statgraphics.

Los datos obtenidos se lo aplicó en el paquete computacional de simulación COMSOL, el mismo que da a conocer visualmente como se da el fenómeno de transferencia de calor en dimensiones de 1D, 2D y 3D, donde el programa puede utilizar las ecuaciones discretizadas y muchas ecuaciones más para poder obtener los resultados deseados.

El texto del informe y cálculos fue realizado en el paquete informático Microsoft Word y Excel respectivamente.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis Sensorial

Las características sensoriales (olor, color, sabor, textura y aceptabilidad) para obtener los datos correspondientes se utilizó una escala hedónica, los dieciséis tratamientos determinados mediante a partir de un diseño factorial A x B.

Para determinar el mejor tratamiento se utilizó un diseño de bloques incompletos, y al reportar los datos expuestos por los catadores semi-entrenados se obtuvieron datos originales y una réplica, el cual se determinamos los valores promedios de cada una de las cinco características sensoriales para luego realizar el respectivo análisis estadístico donde los resultados se encuentran en el anexo B.

Característica Sensorial Olor

En la Tabla Nº B.1.1. el análisis de varianza indica que existe diferencia significativa tanto para los bloques (catadores) como para los tratamientos, por lo tanto para determinar el mejor tratamiento desarrollamos la prueba de Tukey que se aplica únicamente para el caso de los tratamientos.

En la Tabla Nº B.1.2. mediante la prueba de Tukey en el caso de los tratamientos al 5% de significancia, se diferencia del resto de tratamientos el tratamiento nueve que se encuentra el valor más alto 4,865 equivalente a "gusta mucho" en la escala hedónica empleada que corresponde al código 648 (a1b0 "0,00% goma xanthan") estimado como el mejor tratamiento.

De acuerdo con los resultados logrados y en comparación con la hipótesis planteada se puede concluir que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, que la no y la incorporación de estabilizantes en queso Mozzarella si influye sobre la característica sensorial del olor.

Característica Sensorial Color

En la Tabla Nº B.1.3. el análisis de varianza indica que existe diferencia significativa tanto para los bloques (catadores) como para los tratamientos, por lo tanto desarrollamos la prueba de Tukey que se aplica únicamente para el caso de los tratamientos que permite obtener el mejor tratamiento.

En la Tabla Nº B.1.4. mediante la prueba de Tukey en el caso de los tratamientos al 5% de significancia, se diferencia del resto de tratamientos el tratamiento cuatro que se encuentra el valor más alto 4,348 equivalente a "gusta poco" en la escala hedónica empleada que corresponde al código 356 (a0b3 "0,25% carboximetilcelulosa") estimado como el mejor tratamiento.

De acuerdo con los resultados logrados y en comparación con la hipótesis planteada se puede concluir que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, que la

incorporación de estabilizantes en queso Mozzarella si influye sobre la característica sensorial del color.

Característica Sensorial Sabor

En la Tabla Nº B.1.5. el análisis de varianza indica que existe diferencia significativa tanto para los bloques (catadores) como para los tratamientos, por lo tanto para determinar el mejor tratamiento desarrollamos la prueba de Tukey que se aplica únicamente para el caso de los tratamientos.

En la Tabla Nº B.1.6. mediante la prueba de Tukey en el caso de los tratamientos al 5% de significancia, se diferencia del resto de tratamientos el tratamiento quinto que se encuentra el valor más alto 4,322 equivalente a "gusta poco" en la escala hedónica empleada que corresponde al código 937 (a0b4 "0,30% carboximetilcelulosa") estimado como el mejor tratamiento.

De acuerdo con los resultados logrados y en comparación con la hipótesis planteada se puede concluir que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, que la incorporación de estabilizantes en queso Mozzarella si influye sobre la característica sensorial del sabor.

Característica Sensorial Textura

En la Tabla Nº B.1.7. el análisis de varianza indica que existe diferencia significativa tanto para los bloques (catadores) como para los tratamientos, por lo tanto desarrollamos la prueba de Tukey que se aplica únicamente para el caso de los tratamientos que permite obtener el mejor tratamiento.

En la Tabla Nº B.1.8. mediante la prueba de Tukey en el caso de los tratamientos al 5% de significancia, se diferencia del resto de tratamientos el tratamiento quinto que se encuentra el valor más alto 4,401 equivalente a “gusta poco” en la escala hedónica empleada que corresponde al código 937 (a0b4 “0,30% carboximetilcelulosa”) apreciado como el mejor tratamiento.

De acuerdo con los resultados logrados y en comparación con la hipótesis planteada se puede concluir que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, que la incorporación de estabilizantes en queso Mozzarella si influye sobre la característica sensorial de la textura.

Característica Sensorial Aceptabilidad

En la Tabla Nº B.1.9. El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa tanto para los catadores como para los tratamientos, por lo tanto para determinar el mejor tratamiento desarrollamos la prueba de Tukey que se aplica únicamente para el caso de los tratamientos.

En la Tabla Nº B.1.10. Mediante la prueba de Tukey en el caso de los tratamientos al 5% de significancia, se diferencia del resto de tratamientos el tratamiento quinto que se encuentra el valor más alto 4,562 equivalente a “gusta mucho” en la escala hedónica empleada que corresponde al código 937 (a0b4 “0,30% carboximetilcelulosa”) apreciado como el mejor tratamiento.

De acuerdo con los resultados logrados y en comparación con la hipótesis planteada se puede concluir que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, que la

incorporación de estabilizantes en queso Mozzarella si influye sobre la característica sensorial aceptabilidad.

Para seguir con el desarrollo del estudio a seguir hemos escogido el tratamiento cinco (a0b4 “0,30% carboximetilcelulosa”), el cual, reitera al aplicar la prueba de Tukey en las características sensoriales evaluadas de sabor, textura y aceptabilidad del producto, en donde este tratamiento se lo aplica en la simulación y vida útil de queso Mozzarella.

4.2 Obtenciones Gráficas de Distribución de Temperaturas Simulado en la Transferencia de Calor en Queso Mozzarella

Al conseguir el mejor tratamiento mediante la evaluación sensorial del queso Mozzarella, Tratamiento a0b4 “0,30% carboximetilcelulosa” procedemos a simular donde la programación se detalla en el ANEXO E, lo cual se debe tener todos los datos correspondientes que el programa requiere para la respectiva programación:

Los datos registrados del queso Mozzarella como es el caso del diámetro 11 [cm], altura 6,1 [cm] y peso de 582,45 [g] obtenidos en la Tabla Nº A.2.5 del anexo A-2.

Las Propiedades térmicas del queso Mozzarella utilizando las ecuaciones propuestas por CHOI y OKOS se obtuvieron los siguientes respuestas de Difusividad Térmica 9,647E-08 [m^2/s], Conductividad Térmica 0,375 [W/m °C], Densidad 1513 [kg/m^3], y Calor Especifico 2,555 [kJ/kg °C] registrados en la Tabla Nº A.4.1 del anexo A-4.

Además, se especifica la Temperatura del medio que se encuentra a 5 ºC y la del queso Mozzarella a 50 ºC, y el coeficiente de transferencia de calor por convección que se detalla la forma de cálculo en el ANEXO D dando un valor de h_C = 283 [W/m^2 ºC], con estos datos se procede a la respectiva programación.

Una vez obtenidos los respectivos valores procedemos a la programación respectiva, el cual, sin estos datos no se podría ejecutar la programación pertinente al caso de estudio que se está realizando.

Mediante el proceso de moldeo (calentamiento-enfriamiento) de queso Mozzarella, se obtuvo el historial de temperatura, con lo cual, al obtener gráficos mediante la utilización del programa COMSOL se puede conseguir un registro de temperatura que permitirá comparar los datos experimentales con los obtenidos mediante el programa de simulación.

Los siguientes gráficos reportados son obtenidos después de la programación con el cual nos permite visualizar como se realiza el proceso de enfriamiento del queso Mozzarella los mismos resultados se los encuentra en el anexo B-2.

Los gráficos observamos en dimensiones de 3D con lo cual la forma cilíndrica, se presenta con una vista externa donde el enfriamiento en esta zona es mucho más rápida en comparación de lo que sucede en el interior del queso, que presenta los gráficos tanto en vista longitudinal como transversal, el cual es muy importante conocer lo que sucede en este punto, donde se registro el historial de temperaturas al ser introducido un termocupla y luego ser comparados los valores simulados con los experimentales.

4.3 Comparación de Perfiles de Temperatura Experimentales y Simulado

Mediante el proceso de moldeo (calentamiento-enfriamiento) en la elaboración del queso Mozzarella, donde se añadieron a la vez los respectivos estabilizantes de acuerdo al tratamiento estimado, el historial de temperatura se registro de forma experimental mediante la utilización de una termocupla colocada en el centro geométrico del queso, que se reportan en el anexo A-3 y los gráficos en el anexo B-3.

En el Grafico B.3.1. observamos que el programa de simulación nos permite a demás de visualizar el efecto físico del proceso de enfriamiento del queso Mozzarella el historial de temperatura para luego ser comparadas con las temperaturas experimentales, donde al no añadir ningún estabilizante que son los tratamientos a0b0 y a1b0 estos valores tienden a semejarse por lo que debemos tomar en cuenta que al momento de registrar las temperaturas existieron complicaciones ya que la muestra no fue estandarizada en su totalidad a la temperatura de 50 ºC, sino que se lo realizó de una manera muy peculiar como es en si la elaboración del queso, el proceso de moldeo donde la pasta está caliente y se lo enfría inmediatamente para que tome su forma deseada, para nuestro caso de estudio un cilindro mientras que de una manera comercial lo podemos encontrar de diferentes tamaños y formas.

En el Grafico B.3.2. al incorporar estabilizantes de acuerdo al respectivo porcentaje de incorporación en los tratamientos a0b1 y a1b1, observamos que comienza a existir una pequeña diferencia de temperatura al comparar con los tratamientos sin adición de estabilizante y simulado que tiende a enfriar, donde el queso es un cuerpo poroso en su totalidad, en el cual existe también transferencia de masa por lo que los estabilizantes tienen la capacidad de absorber

agua y puede generar la variabilidad de temperatura ya que el medio se encuentra a 5 ºC y así tiende a enfriar poco más rápido el queso como observaremos en los gráficos siguientes dependiendo del porcentaje de incorporación de estabilizantes de acuerdo al respectivo tratamiento.

En los Gráficos B.3.3. y B.3.4. el enfriamiento de queso Mozzarella permite obtener las propiedades térmicas que fueron determinadas mediante la aplicación de las ecuaciones propuestas por CHOI y OKOS, los mismos que al disponer de la composición proximal del producto y con el historial de temperaturas podemos conseguir las propiedades térmicas, las mismas que al incorporar estabilizantes no influenciaron mucho con los valores logrados para luego ser utilizados en la programa de simulación así tenemos que para los tratamientos a0b2 la conductividad térmica es 0,3750 [W/m ºC], para el tratamiento a0b3 un valor de 0,3747 [W/m ºC], concentraciones de Carboximetilcelulosa de 0,20% - 0,25% respectivamente, para los tratamientos a1b2 y a1b3 con adición de goma Xanthan con similares porcentajes de incorporación la conductividad térmica es: para el tratamiento a1b2 un valor de 0,3751 [W/m ºC], y para el tratamiento a1b3 con un valor de 0,3749 [W/m ºC], con esto nos damos cuenta que la aplicación de estabilizantes no influye directamente en las respuestas, al igual que en el resto de propiedades como son la difusividad térmica, densidad y calor especifico, como sucede en el resto de los tratamientos.

En el Gráfico B.3.5. para este caso el enfriamiento del queso Mozzarella no interfiere para nada en cuanto se refiere a las características organolépticas las mismas que resulto como el mejor tratamiento a0b4 “0,30% carboximetilcelulosa” a pesar que el enfriamiento del queso en el tratamiento a1b4 “0,30% goma xanthan” es similar, los catadores semi-entrenados determinaron que en tres de

las cinco características organolépticas como: sabor, textura y aceptabilidad del producto no influye directamente en el queso a comparación de los tratamientos con mayor concentración de estabilizante.

El coeficiente de convección (h_C) calculado mediante el método propuesto por BARBOSA e IBARZ se lo debe realizar mediante la utilización de un cilindro de aluminio con las mismas características en sus dimensiones ya que las propiedades térmicas varían en cuanto al material que está compuesto cada uno de elementos a utilizar, por ende si comparamos las propiedades del aluminio con la del queso Mozzarella nos damos cuenta que la densidad 2707 [Kg/m^3] y el calor específico de 0,896 [kJ/kg ºC] del aluminio difieren con los del queso donde en los tratamientos a0b5 y a1b5 la densidad es 1513 [Kg/m^3] y el calor especifico de 2,555 [kJ/kg ºC], es necesario utilizar los datos del aluminio ya que al reemplazar en la ecuación (18) obtendremos el valor real del coeficiente de transferencia de calor por convección siendo el mismo de h_C = 283 [W/m^2 ºC].

Donde al reemplazar los valores de las propiedades térmicas del queso se obtiene un valor del coeficiente de convección incoherente de esta manera nos permite seguir con la simulación del proceso físico de transferencia de calor de queso Mozzarella que está muy claramente visualizado mediante las imágenes obtenidas.

Al incorporar mayor cantidad de estabilizante tiende a enfriarse mucho más rápido al observamos en los Gráficos B.3.6. y B.3.7. donde los estabilizantes carboximetilcelulosa y goma xanthan utilizados en los tratamientos a0b6 - a0b7 “0,40 % - 0,45% Carboximetilcelulosa” respectivamente y a1b6 - a1b7 “0,40% - 0,45% goma xanthan” correspondientemente.

En el grafico B.3.8 se observa que tiende a enfriar más rápido que los tratamientos con menos concentración de estabilizantes, pero al momento de realizar el enfriamiento del queso comienza absorber mayor cantidad de agua, mientras recorre el tiempo el queso tiende a formar pequeños cristales de hielo alrededor, dando un desagradable aspecto en cuanto a sus características organolépticas donde su color, sabor y textura ya no es el característico del queso Mozzarella las mismas que fueron comprobadas en el momento de realizar el respectivo análisis estadístico.

4.4 Análisis Microbiológico y Tiempo de Vida Útil

Mediante la aplicación del análisis estadístico correspondiente se determino el mejor tratamiento el mismo que es el tratamiento a0b4 “0,30% carboximetilcelulosa”. En este tratamiento se procedió a realizar el respectivo análisis microbiológico teniendo como muestra patrón almacenada a temperatura ambiente de 20 ºC y otra en condiciones de refrigeración a 5 ºC, con funda de polipropileno, determinado recuento de bacterias durante dos semanas.

En las Tablas Nº B.4.1. y B.4.2. se reporta el número de microorganismos mesófilos aerobios encontrados en el queso Mozzarella por el método del recuento en placa es uno de los indicadores microbiológicos de la calidad de los alimentos más frecuentemente usados. Este índice de microorganismos en productos obtenidos por medio de procesos fermentativos como el queso es muy elevado donde se procedió a realizar una dilución 10^{-3}.

Al aplicar la ecuación para determinar el tiempo de vida útil del producto donde el valor de C que es la concentración, el valor es de 50200 UFC/g en queso fresco (JARRIN y SALGUERO, 2002), donde al graficar Ln de la Concentración de microorganismos vs. Tiempo de queso Mozzarella en almacenamiento a temperatura ambiente de 20 ºC y a temperatura de refrigeración a 5 ºC con funda se obtiene las respectivas ecuaciones las mismas que se encuentran reportadas en el Anexo B-4 en los Gráficos B.4.1. y B.4.2. respectivamente con lo cual permite obtener el tiempo de vida útil del queso Mozzarella.

- Tiempo de vida útil de queso Mozzarella a temperatura ambiente de 20 ºC con funda

$$\mathbf{\ln C = k\,t + \ln C_o}$$

$$\ln C = 0{,}0051\,t + 9{,}3041$$

$$\ln 50200 = 0{,}0051\,t + 9{,}3041$$

$$10{,}8237 = 0{,}0051\,t + 9{,}3041$$

$$t = [10{,}8237 - 9{,}3041] / 0{,}0051$$

$$t = 298 \text{ [horas]}$$

$$t = 12{,}4 \text{ [días]}$$

- Tiempo de vida útil de queso Mozzarella a temperatura de refrigeración a 5 ºC con funda

$$\mathbf{ln\ C = k\ t + Ln\ C_o}$$

$$\ln C = 0{,}004\ t + 8{,}1862$$

$$\ln 50200 = 0{,}004\ t + 8{,}1862$$

$$10{,}8237 = 0{,}004\ t + 8{,}1862$$

$$t = [10{,}8237 - 8{,}1862] / 0{,}004$$

$$t = 659\ [\text{horas}]$$

$$t = 27{,}5\ [\text{días}]$$

La determinación del tiempo de vida útil, establece el tiempo límite para el consumo seguro del queso Mozzarella en el tratamiento a0b4 “0,30% carboximetilcelulosa” el mismo que obtenemos tiempos coherentes que están establecidas según las Normas INEN, donde normalmente un queso puede ser consumido hasta los 30 días en refrigeración, con esto se puede decir que el adicionar estabilizantes no influye directamente con el deterioro cuando está en refrigeración [5 ºC] con 27 días y permite estabilidad del producto, mientras que a temperatura ambiente [20 ºC] solo puede ser consumido hasta 12 días donde el queso comienza a tener características sensoriales diferentes al originario producidos por reacciones químicas e inclusive por los propios microorganismos presentes en el queso Mozzarella.

Este análisis microbiológico permite determinar el control de temperaturas durante los procesos de tratamientos térmicos en la elaboración del producto sea a nivel de laboratorio o industrial, el cual involucra directamente el transporte y almacenamiento en la conservación del producto; también permite obtener información sobre alteraciones incipientes en el alimento y con esto saber la vida útil del producto.

Además, se realizaron pruebas microbiológicas de coliformes y *Escherichia coli* donde obtuvimos resultados incoherentes al ser comparados con las normas INEN, por lo que no se pudo determinar el tiempo de vida útil con este tipo de recuento microbiológico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El desarrollo del presente trabajo de investigación permitió conocer la metodología de elaboración del queso Mozzarella, y mejorar la características organolépticas mediante la adición de estabilizantes “carboximetilcelulosa y goma xanthan”, donde el estudio de transferencia de calor permite conocer cómo se desarrolla el enfriamiento del mismo mediante la utilización de un programa de simulación COMSOL.

A través del análisis sensorial se evaluaron cinco características (olor, color, sabor, textura y aceptabilidad) la última siendo principal parámetro de control para determinar el mejor tratamiento, siendo el tratamiento (a0b4 “0,30% carboximetilcelulosa”) que reincide en tres de las cinco características sabor, textura y aceptabilidad; y en consecuencia se establece que efectivamente la incorporación de estabilizantes ejerce influencia significativa sobre la aceptabilidad general del producto.

El estudio de transferencia de calor se lo realizó mediante la ayuda del programa de simulación COMSOL que mediante imágenes observamos el enfriamiento del queso Mozzarella tanto en la parte

exterior como interior, con lo cual se obtienen los valores simulados para luego ser comparados con los experimentales que tienen cierta proximidad esto debe ser que existen deslices al momento de realizar la parte experimental.

De acuerdo con los análisis microbiológicos realizados, se establece que el almacenamiento del queso Mozzarella a temperatura de refrigeración [5 ºC] permite retardar el crecimiento microbiano teniendo una estabilidad del producto durante 27 días, puesto que de no ser así y dejarlo a temperatura ambiente [20 ºC] el queso posee un tiempo de vida útil máximo de hasta 12 días.

5.2 Recomendaciones

La incorporación de carboximetilcelulosa y goma xanthan se lo debe añadir al momento de realizar el hilado de la cuajada, ya que estos estabilizantes no son termorreversibles, esto complica con este proceso si se lo adiciona al momento de realizar la pasterización de la leche para poder mezclar el estabilizante; luego al efectuar el hilado de la cuajada se obtiene una masa compacta y dura que no es el originario del queso Mozzarella.

Para tener resultados coherentes del programa de simulación con los experimentales es necesario realizar un estudio de transferencia de masa donde los estabilizantes tienen la capacidad de retener agua, al igual que se puede realizar otros estudios relacionados al mismo tema aplicando ecuaciones de discretización por método de diferencias finitas, creando un propio lenguaje de programación. Para el registro de historial de temperaturas se recomendaría hacerlo mediante la utilización de un sistema de termocuplas computarizados y así no tener desfases al momento de ser comparados los datos simulados con los experimentales.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos Informativos

- **Título:** “Estudio de prefactibilidad para fomentar el desarrollo de la pequeña industria ecuatoriana en la elaboración de queso Mozzarella”

- **Institución Ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

- **Beneficiarios:** Estudiantes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

- **Ubicación:** Ambato – Ecuador

- **Tiempo estimado para la ejecución:** 6 meses
  Inicio: Marzo 2011 **Final:** Septiembre 2011

- **Equipo técnico responsable:** Egdo. Luis G. Guano R, Ing. César German.

- **Financiamiento:** Recursos propios del autor

6.2 Antecedentes de la Propuesta

La presente propuesta se la realiza considerando que se puede seguir en la misma línea de estudio como es la elaboración de queso mozzarella mediante la incorporación de aditivos alimentarios que no causen daños en la salud de los consumidores ecuatorianas y pueda fomentar el crecimiento de las pequeñas industrial lacteas donde en la actualidad las pizzerías demandan mucho de este producto.

En el país la mayor parte de industrias lecheras se encuentran ubicadas en la región interandina; el procesamiento de leche en su mayor porcentaje alrededor del 62% se orienta a leche pasterizada, sin embargo cerca del 17% de leche procesada industrialmente se designa para la producción de quesos, mientras que el 21% esta designado a la elaboración de otro tipo de productos lácteos (www.sica.gov.ec).

La producción tradicional de productos lácteos depende de la acidificación natural o artificial de la leche para obtener productos seguros bajo las normas condiciones de higiene de una producción típica. Las mejoras no están dirigidas a la elaboración de un producto tradicional, sino a la mejora en la calidad del producto final. La seguridad del producto final depende íntegramente de la calidad de la leche cruda y de las condiciones de higiene durante el procesamiento del producto (www.fao.org/inpho/vlibrary).

Se debe realizar una evaluación sensorial del producto elaborado, con la finalidad de llegar a conocer si este producto tiene o no aceptabilidad ante el consumidor. Así como conocer el costo de producción y comercialización (www.fao.org/inpho/vlibrary).

6.3 Justificación

La presente propuesta tiene como finalidad incentivar a las pequeñas industrias fabricantes de productos lácteos a realizar inversiones económicas donde a un determinado tiempo puedan crecer y ser en futuro grandes empresas reconocidas a nivel nacional e inclusive internacional.

El queso Mozzarella conlleva a una serie de pasos para la elaboración, donde el producto garantiza su inocuidad al momento de realizar el hilado que permite dar además de su forma elástica el tratamiento térmico, el cual disminuirá la carga microbiana y de esta manera garantizar el consumo del queso cuando lo adquiera el consumidor final.

Existen factores de vital importancia para la elaboración del presente estudio económico. Entre los cuales resaltar los siguientes aspectos:

- Contribuir al avance tecnológico que se trata de implementar en nuestro país, ayudando a mejorar la economía.

- Ayudar a la creación de nuevas fuentes de trabajo que permita el desarrollo socio-económico, a través de la instalación e implementación de de una planta procesadora de queso mozzarella a mayor escala de producción.

- Mejorar la calidad y tiempo de vida útil del derivado lácteo con el cual garantice su estabilidad en el mercado.

6.4 Objetivos

Objetivo General

Realizar estudio de prefactibilidad para fomentar el desarrollo de la pequeña industria ecuatoriana en la elaboración de queso Mozzarella

Objetivos Específicos

Mejorar la tecnología en la elaboración de queso mozzarella mediante la adquisición de nuevos equipos de fabricación.

Estimar los costos de producción como de inversión en el presente estudio de prefactibilidad.

Determinar si es factible o no realizar una inversión económica para la construcción de una planta procesadora de queso mozzarella mediante el análisis del punto de equilibrio.

6.5 Análisis de Factibilidad

El estudio económico es una de las partes más importantes, ya que permite determinar si existen utilidades que se estimaría tener en caso de poner en práctica industrial dicho producto a elaborar.

A continuación se detalla el costo de fabricación de queso mozzarella con adición de carboximetilcelulosa, con lo cual se determinara si es factible o no poner en marcha el presente estudio económico.

ANEXO A: INVERSIÓN FIJA

ANEXO A-1 TERRENO Y CONSTRUCCIONES			
Descripción	**Área [m^2]**	**Precio Unitario [$]**	**Precio Total [$]**
Terreno	625	75,00	46875,00
Construcciones			
Procesamiento	80	200,00	16000,00
Bodega	16	50,00	800,00
Cuarto Frio	10	550,00	5500,00
Taller	5	120,00	600,00
Caldero	5	120,00	600,00
Laboratorio	10	150,00	1500,00
Baños	15	50,00	750,00
Vestidores	20	80,00	1600,00
oficinas	15	460,00	6900,00
Guardianía	1,5	150,00	225,00
Comedor	10	160,00	1600,00
Despachos	5	95,00	475,00
Cisternas	120	260,00	31200,00
Patios y Jardines	100	170,00	17000,00
		SUMAN:	**84750,00**
		TOTAL:	**131625,00**

ANEXO A-2 TERRENO Y CONSTRUCCIONES

EQUIPOS DE FABRICACIÓN NACIONAL

Descripción	Cantidad	Precio Unitario [$]	Precio Total [$]
Caldero de 10 HP	1	5000,00	5000,00
Tina de recepción de 3000 L	1	3000,00	3000,00
Tina de doble fondo de 1500 L	1	2000,00	2000,00
Descremadora	1	8300,00	8300,00
Cuarto Frio	1	2500,00	2500,00
Bomba	1	450,00	450,00
		SUMAN:	21250,00

EQUIPOS AUXILIARES

Descripción	Cantidad	Precio Unitario [$]	Precio Total [$]
Bidones de 40 L	10	120,00	1200,00
Moldes plásticos	300	0,75	225,00
Lira (acero inoxidable)	1	50,00	50,00
Malla nylon	1	25,00	25,00
Baldes	3	15,00	45,00
Mesa (acero inoxidable)	1	680,00	680,00
Paleta de madera	2	10,00	20,00
Estanterías de madera	5	50,00	250,00
Manguera de vapor	15	30,00	450,00
Manguera sanitaria	15	30,00	450,00
Jabas plásticas	30	7,00	210,00
Pares de botas	4	8,00	32,00
Pares de guantes	10	5,00	50,00
Delantales	8	12,00	96,00
Cofias	500	0,12	60,00
Overoles	4	20,00	80,00
Basureros plásticos	12	10,00	120,00
		SUMAN:	4043,00

RESUMEN	
EQUIPO NACIONAL:	21250,00
EQUIPO AUXILIAR:	4043,00
SUBTOTAL:	25293,00
Instalación y montaje (15%):	3793,95
TOTAL:	29086,95

ANEXO A-3 OTROS ACTIVOS

LABORATORIO

Descripción	Cantidad	Precio Unitario [$]	Precio Total [$]
Balanza analítica	1	350,00	350,00
Lactodensímetro	1	50,00	50,00
Acidómetro	1	70,00	70,00
Pistola de salut	1	60,00	60,00
Centrifuga	1	200,00	200,00
Butirómetro	8	6,00	48,00
Pipetas	5	5,00	25,00
Baño maría	1	400,00	400,00
Termómetro	2	30,00	60,00
Tubo de ensayo	10	5,00	50,00
Gradilla	1	40,00	40,00
Probeta (1000 mL)	1	25,00	25,00
Probeta (100 mL)	1	10,00	10,00
Vaso de precipitación (500 mL)	2	10,00	20,00
Refrigeradora	1	200,00	200,00
Reactivos		250,00	250,00
		SUMAN:	1858,00

MUEBLES DE OFICINA

Descripción	Cantidad	Precio Unitario [$]	Precio Total [$]
Escritorio	3	120,00	360,00
Computadora	2	1000,00	2000,00
Sillas	10	25,00	250,00
Línea telefónica	2	120,00	240,00
Teléfonos	4	30,00	120,00
Archivadores	5	12,00	60,00
		SUMAN:	3030,00

RESUMEN	
LABORATORIO:	1858,00
MUEBLES DE OFICINA:	3030,00
SUBTOTAL:	**4888,00**
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD:	2000,00
CONSTITUCIÓN DE LA EMPRESA:	1600,00
GASTOS DE PREOPERACIÓN:	1200,00
SUMAN:	**4800,00**
TOTAL:	**9688,00**

RESUMEN ANEXOS A: INVERSIÓN FIJA		
Terreno y construcciones	(Anexo A-1)	131625,00
Maquinaria y equipos	(Anexo A-2)	29086,95
Otros activos	(Anexo A-3)	9688,00
	SUMAN:	170399,95
	Imprevistos (5%):	8520,00
	TOTAL:	178919,95

ANEXO B: CAPITAL DE OPERACIÓN

ANEXO B-1: CAPITAL DE OPERACIÓN			
Descripción	**Cantidad**	**Tiempo Reposición**	**Precio Total [$]**
Materiales directos	149221,49	0,5	6217,56
Mano de obra directa	21050,70	1	1754,23
Carga Fabril*	41323,85	1	3443,65
Gastos de ventas	7208,24	1	600,69
Gastos de administración	19698,84	1	1641,57
		TOTAL:	13657,70

* No despreciable

ANEXO C: VENTAS NETAS

ANEXO C-1: VENTAS NETAS			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario [$]**	**Precio Total [$]**
Queso mozzarella 500 g	137063	3,00	411190,02

ANEXO D: COSTO DE PRODUCCIÓN

ANEXO D-1: MATERIALES DIRECTOS				
Descripción	**Cantidad**	**Unidad**	**Precio Unitario [$]**	**Precio Total [$]**
Leche cruda	360693	kg	0,38	137063,34
Cloruro de Calcio	73	kg	1,80	131,40
Acido cítrico	365	kg	4,00	1460,00
Cuajo	36,5	kg	12,00	438,00
Carboximetilcelulosa	1095	kg	8,00	8760,00
Sal yodada	2737,5	kg	0,50	1368,75
			SUMAN:	149221,49

ANEXO D-2: MANO DE OBRA DIRECTA			
Descripción	**Cantidad**	**Sueldo mensual [$]**	**Precio Unitario [$]**
Técnico	1	650,00	7800,00
Obrero no calificado	2	250,00	6000,00
		SUMAN:	13800,00
		CARGA SOCIAL:	7250,70
		TOTAL:	21050,70

ANEXO D-3: CARGA FABRIL			
a) MATERIALES INDIRECTOS			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario [$]**	**Precio Total [$]**
Fundas de polietileno	90174	0,04	3606,96
Etiquetas	90174	0,01	901,74
Material de embalaje	72	35,00	2520,00
		SUMAN:	7028,70

b) MANO DE OBRA INDIRECTA

Descripción	Cantidad	Precio Unitario [$]	Precio Total [$]
Mecánico	1	280,00	3360,00
Laboratorista	1	320,00	3840,00
		SUMAN:	7200,00
		CARGA SOCIAL:	2810,80
		TOTAL:	10010,80

c) DEPRECIACIÓN

Descripción	Valor [$]	Vida útil [años]	Carga anual [$]
Construcciones	84750,00	20	4237,50
Maquinaria y equipos	29086,95	15	1939,13
Laboratorio	1858,00	5	371,60
Imprevistos	8520,00	5	1704,00
Gastos preoperacionales	500,00	10	50,00
		SUMAN:	8302,23

d) SUMINISTROS

Descripción	Cantidad	Precio Unitario [$]	Precio Total [$]
Agua potable (m^3)	2880	0,80	2304,00
Energía Eléctrica (Kw)	15950	0,15	2392,50
Combustible (gal)	4190	1,04	4357,60
Limpieza	800	1,20	960,00
Teléfono	2800	0,20	560,00
		SUMAN:	10574,10

e) REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO			
Descripción	**Porcentaje**	**Costo [$]**	**Precio Total [$]**
Maquinaria y equipos	5%	29086,95	1454,35
Construcciones	1%	84750,00	847,50
		SUMAN:	2301,85

f) SEGUROS			
Descripción	**Porcentaje**	**Costo [$]**	**Precio Total [$]**
Maquinaria y equipos	1%	29086,95	290,87
Construcciones	1%	84750,00	847,50
		SUMAN:	1138,37
		RESUMEN	
		SUBTOTAL:	39356,05
		IMPREVISTOS (5%):	1967,80
		TOTAL:	41323,85

RESUMEN ANEXOS D: COSTOS DE PRODUCCIÓN		
Materiales Directos	(Anexo D-1)	149221,49
Mano de obra directa	(Anexo D-2)	21050,70
Carga fabril	(Anexo D-3)	41323,85
	TOTAL:	211596,04

ANEXO E: GASTOS DE VENTAS

ANEXO E-1: GASTOS DE VENTAS			
a) PERSONAL			
Descripción	**Cantidad**	**Sueldo mensual [$]**	**Precio Total [$]**
Vendedor	1	280,00	3360,00
		SUMAN:	3360,00
		CARGA SOCIAL:	1348,24
		SUBTOTAL:	4708,24
b) PROMOCIÓN			
			2500,00
		TOTAL:	7208,24

ANEXO F: GASTOS DE ADMINISTRACIÓN

a) PERSONAL			
Descripción	**Número**	**Sueldo mensual [$]**	**Precio Total [$]**
Gerente	1	800,00	9600,00
Contadora	1	300,00	3600,00
		SUMAN :	9600,00
		CARGA SOCIAL :	4834,80
		SUBTOTAL :	14434,80
b) GASTOS DE OFICINA			
		SUMAN :	3000,00

c) DEPRECIACIÓN			
Descripción	**Valor [$]**	**Vida útil [años]**	**Carga anual [$]**
Muebles de oficina	3030,00	5	606,00
Estudio Factibilidad	2000,00	5	400,00
Const. Sociedad	1600,00	5	320,00
		SUMAN :	1326,00
		RESUMEN	
		SUBTOTAL:	18760,80
		IMPREVISTOS (5%):	938,04
		TOTAL:	19698,84

ANEXO G: PUNTO DE EQUILIBRIO

Descripción	**Costo fijo [$]**	**Costo variable [$]**	**Costo total [$]**
Materiales directos		149221,49	
Mano de obra directa	21050,7		
Materiales indirectos		7028,7	
Mano de obra indirecta	10010,8		
Depreciación	8302,23		
Reparación y mantenimiento	690,55	1611,29	
Seguros	1138,37		
Suministros	1057,41	9516,69	
Imprevistos	983,90	983,90	
Gastos de ventas		7208,24	
Gastos administrativos	19698,84		
Gastos financieros	61600,00		
SUMAN :	124532,80	175570,31	300103,12

INVERSION TOTAL

INVERSION FIJA	DÓLARES
Terreno	46875,00
Construcciones	84750,00
Maquinaria y equipos	29086,95
Otros activos	9688,00
SUMAN :	170399,95
IMPREVISTOS IF (5%):	8520,00
INVERSION FIJA (A):	178919,95
CAPITAL OPERACIONAL (B):	13657,69
INVERSION TOTAL:	192577,65
COMPOSICION CAPITAL:	
PRESTAMO:	200000,00
PROPIO:	7422,35

COSTO FINANCIERO

Préstamo :	200000,00
Interés :	18%
Plazo (Años):	5

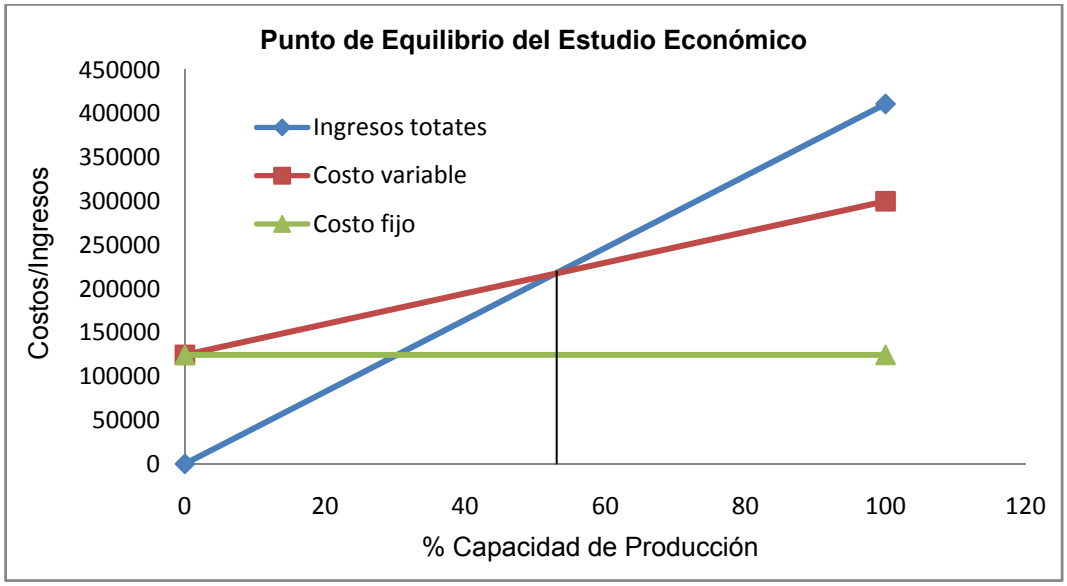
Año	Capital	Interés	Total
1	40000,00	36000,00	76000,00
2	40000,00	28800,00	68800,00
3	40000,00	21600,00	61600,00
4	40000,00	14400,00	54400,00
5	40000,00	7200,00	47200,00
		SUMAN :	308000,00
		COSTO FINANCIERO:	61600,00

PUNTO DE EQUILIBRIO

Costo Fijo (CF):	124532,80
Costo Variable (CV):	175570,31
Ingresos o Ventas Netas (I):	411190,02

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{I}} \qquad PE = \frac{124532,80}{1 - \frac{175570,31}{411190,02}} \qquad PE = 217328,00$$

$$\%PE = \frac{PE}{I} \qquad \%PE = \frac{217328,00}{411190,02} \qquad \%PE = 53$$



Al realizar el análisis económico del costo de fabricación del queso mozzarella con adición de carboximetilcelulosa, se puede observar que este posee un precio similar al que se comercializa en el mercado productivo.

Es conveniente implementarlo dentro de la industria láctea, ya que presenta el punto de equilibrio de un 53% donde nos indica que el proyecto permite tener ganancias y más no pérdidas económicas

6.6 Fundamentación

La Mozzarella se puede elaborar a partir de leche de vaca, a partir de la leche fresca se le separa el suero por medio del cuajo y las bacterias ácido-lácticas, quedando por otra parte lo que se denomina como cuajada: los sólidos de la leche. En la elaboración de la mozzarella la cuajada, acidificada previamente y cortada en cubitos, se coloca en agua a más de 60º C, de tal forma que todos los cubos separados de la cuajada se vuelven a unir por efecto de la temperatura y la acidez adecuada.

La apariencia de esta masa caliente es la de un gigantesco chicle brillante, capaz de estirarse un par de metros cuando está listo. Entonces se forman las famosas bolas de queso mozzarella, estirando la masa e hilándola hasta formar un ovillo del tamaño conveniente que suele ser de forma semejante al de una pera. Finalmente las bolas de queso son sumergidas en una salmuera fría que, por una parte evitará que el queso pierda suero por el calor, poniendo fin a la acidificación por bacterias al enfriarlo, y por otra, terminará de agregarle la concentración de sal adecuada del queso mozzarella (http://es.wikipedia.org/wiki/Mozzarella).

6.7 Metodología. Modelo Operativo

Para el estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta procesadora de queso mozzarella permita fomentar el desarrollo tecnológico y económico, como dar fuentes de trabajo que son escasas las oportunidades de empleo tanto para profesionales como para personas que no han tenido la oportunidad de estudiar, el plan de acción se lo detalla en la tabla Nº 22.

6.7.1 Materiales

Los materiales utilizados para el desarrollo de esta tecnología serán los siguientes:

Materiales:

Leche
Insumos
Mesa
Ollas
Lira
Moldes
Termómetro
Agua helada (5ºC)

6.7.2. Tecnología de Elaboración

1 **Recepción.-** Se usa leche fresca bien filtrada sin materia extraña.

2 **Tratamiento.-** A veces ninguno. El tratamiento térmico de la leche puede oscilar desde temperaturas de 65°C por 30 min.

Tabla Nº 22. Modelo Operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	estudio de prefactibilidad para fomentar el desarrollo de la pequeña industria ecuatoriana en la elaboración de queso mozzarella	Revisión bibliográfica, proyectos de prefactibilidad y elaboración de queso mozzarella	Investigador	Humano Técnico Económico	$ 100	2 meses
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta	Pruebas preliminares sobre el estudio de prefactibilidad	Investigador	Humano Técnico Económico	$ 200	1 mes
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Aplicación del estudio de prefactibilidad	Investigador	Humano Técnico Económico	$ 100	2 meses
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de realización de la propuesta	Comparación de resultados económicos una ves terminado el estudio	Investigador	Humano Técnico Económico	$ 100	1 mes

Elaborado por: Luis Guano

3 **Aditivos.-** 3 g de cloruro cálcico, y persevantes autorizados deben ser agregados en este momento.

4 **Coagulación.-** Temperatura 31-32°C. Adición de Acido cítrico 0.5 g/L dependiendo del nivel de acidez hasta alcanzar los 20°D. Como último elemento debe ser adicionado el cuajo disuelto en agua pasteurizada fría y sal, el tiempo de coagulación podrá variar hasta llegar a su punto óptimo (45 minutos)

5 **Cortado.-** Cortar la cuajada en cubos de 1-1.5 cm (tamaño avellana). Entonces agitar hasta flotar la cuajada durante 5 min. Dejar sedimentar durante 30 min. Mantener caliente (algunos queseros calientan el suero a 40°C y lo vierten de nuevo sobre las cuajadas) mientras la acidez de la cuajada se alcanza.

6 **Desuerado.-** Drenar el suero muy lentamente; prensar las cuajadas para hacer una capa. Cortar las cuajadas en bloques de 20 cm. Lavar en agua fría y dejar drenar.

7 **Maduración cuajada.-** Empaquetar loa bloques de cuajada en telas y mantenerlos en local frio a 4-5°C. El queso ácido puede necesitar ser cubierto con hielo picado.

8 **Estirado.-** Someter la cuajada a la prueba de estiramiento. Colocar el trozo de cuajada (estiramiento de la cuajada) en agua caliente a 82°C. Cuando la cuajada este caliente deberá estirarse hasta 1 m de longitud si la acidez es correcta, pH 5.1-5.4, sacar las cuajadas de las telas y trocearlas en pequeñas piezas. Sumergir las piezas de cuajada en agua caliente suficiente para cubrir la cuajada. Temperatura 70-80°C en una mezcladora. Esperar cierto tiempo hasta que la cuajada se caliente. Mezclar la cuajada hasta obtener una masa plástica muy flexible y suave o lisa. No calentar la cuajada a más de 57°C.

9 **Moldeo.-** Llenar la cuajada caliente plástica en moldes rígidos (acero inoxidable) o dar forma al queso en forma cilíndrica para el respectivo estudio.

10 **Enfriado.-** Una vez moldeado el queso introducimos la termocupla según la necesidad de estudio que se desee realizar y luego introducir en agua helada durante aproximadamente 2 horas.

11 **Salazón.-** La sal, 0.75%, puede mezclarse con la cuajada plástica. Alternativamente, sumergir el queso formado frio en salmuera con 16.20% de la sal a 8-10°C durante tiempo suficiente (5 min a 24 h) para dejar que el queso adquiera el 1.6% de sal. La fuerza o concentración de salmuera y el tamaño del queso determinan el tiempo de inmersión. Secar el queso durante 1 h después de la salazón en salmuera.

12 **Maduración.-** El queso normalmente se consume en fresco pero puede almacenarse durante corto tiempo a 4°C.

13 **Empaquetado.-** Frecuentemente los quesos se empaquetan a vacio en película de PVDC (impermeable a la humedad y al aire) o en bolsas laminadas.

6.8 Administración

En la ejecución de la presente propuesta mencionada se deberá tener en cuenta la administración de los recursos utilizados y estará coordinada por los responsables de la propuesta Ing. César German y Egdo. Luis Guano Real.

Tabla Nº 23. Administración de la propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Seguir mejorando la tecnología en la elaboración de productos lácteos a la ves que permita engrandecer en el aspecto económico de las pequeñas industrias	Falta la aplicación de estudios de inversión económica que permita el engrandecimiento de las pequeñas plantas procesadoras de lácteos	Elaborar un estudio de prefactibilidad que tenga ganancias y más no pérdidas económicas.	Comparar los datos del punto de equilibrio para determinar si es factible o no poner en camino el estudio de prefactibilidad	Investigador: Egdo. Luis Guano Real, Ing. César German.

Elaborado por: Luis Guano

6.9 Previsión de la Evaluación

Tabla Nº 24. Previsión de la evaluación

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	- Estudiantes y profesores involucrados en la carrera de Ingeniería en Alimentos
¿Por qué evaluar?	- Verificar si es factible o no el estudio de factibilidad
¿Para qué evaluar?	- Conocer la importancia de realizar la implementación de pequeñas industrias lácteas
¿Qué evaluar?	- Tecnología utilizada para elaborar queso mozzarella - Materias primas - Resultados obtenidos
¿Quién evalúa?	- Tutor - Calificadores
¿Cuándo evaluar?	- Todo el tiempo desde las pruebas preliminares hasta la obtención del producto como en poner en marcha el estudio de prefactibilidad
¿Cómo evaluar?	- Mediante la aplicación del estudio de prefactibilidad
¿Con que evaluar?	- Datos experimentales - Datos reales

Elaborado por: Luis Guano

CAPÍTULO VII

MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía

Libros

- ALVARADO, J. 1996. “Principios de Ingeniería Aplicados a los Alimentos” Ed. Artes Gráficas de Radio Comunicación, Ambato Ecuador. Págs. 294, 361-370.

- ALVARADO, J. y AGUILERA, J. 2001. “Métodos para Medir Propiedades Físicas en Industrias de Alimentos”. Editorial Acribia. Zaragoza – España. Páginas: 1 – 3, 213 – 315.

- BARBOSA, G. e IBARZ, A. 2000. “Métodos Experimentales en la Ingeniería Alimentaria”. Zaragoza – España. Páginas: 59 – 64.

- CENGEL, Y. 2007. “Transferencia de Calor y Masa”. Tercera Edición. Iztapalapa - México D.F. Págs. 163 - 182.

- CODEX. 2007. CODEX ALIMENTARIUS, Queso Mozzarella (CODEX STAN 262-2007).

- HELDMAN, D y LUND, D. 2007. “Handbook of Food Engineering. Edited by Dennis R. Heldman and Darly B. Lund. New York. Páginas: 398 – 399.

- HOLMAN, J. 1999. “Transferencia de Calor”. Octava Edición. Impreso en España. Páginas: 20 – 31, 71 – 96.

- INCROPERA, F. 1999. “Fundamentos de Transferencia de Calor”. Cuarta Edición. Naucalpan de Juárez – México. Páginas: 173 – 185, 248 – 261.

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. 1987Distrito Metropolitano de Quito. Ecuador.

  Norma (INEN 2003) – 9, leche cruda

  Norma (INEN, 2003) – 10, leche pasteurizada

  Norma (INEN, 1987) – 1 528, queso fresco

  Norma (INEN 1973) – 82, queso mozzarella.

- LABUZA. T. P. 1982. "Shelf-life. Dating of Foods". Westport, Connecticut. AVI Pub. Co. Página: 500.

- MULTON, J. 2000. "Aditivos y Auxiliares de Fabricación en las Industrias Agroalimentarias". Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza - España. Páginas: 649, 654 - 656.

- MUÑOZ, A. 1978. "La leche y sus Derivados". Editorial. Casa de la Cultura Ecuatoriana. Quito – Ecuador. Páginas: 221 – 229.

- ROBINSON, R. K. 1987. "Microbiología Lactológica". Volumen III. Editorial Acribia. Zaragoza – España. Páginas: 147 - 149.

- SALTOS. H. A. 1986. "Estadística de Inferencia". Editorial Pio XII. Ambato – Ecuador.

- SINGH, P. y VALENTAS, K. 1997. "Handbook of Engineering Practice". Edited by Paul R. Singh and Kenneth J. Valentas. New York. Páginas: 58 – 59.

- SINGH, P. y HELDMAN, D. 1993. "Introduction to Food Engineering. Academic Press, Inc. San Diego. California. Página: 499.

Artículos Técnicos

- ANGUDELO, D. y BEDOYA, O. 2005. “Composición Nutricional de la Leche de Ganado Vacuno”. Lasallista de Investigación. Volumen: 2, número 001. Páginas: 38-42.

  Viernes, 05 de noviembre de 2010

  http://redalyc.uaemex.mx/pdf/695/69520107.pdf

- CONTE, A. y Colaboradores. 2010. “Sistemas de Empacado Activos para Prolongar la Vida de Anaquel del Queso Mozzarella”. Mundo Lácteo y Cárnico. Volumen: Mayo/Junio 2010. Páginas: 23-29.

  Viernes, 24 de septiembre de 2010

  http://www.alimentariaonline.com/media/MLC036_acti.pdf

- CHOI, Y. and OKOS, M. 1986. “Effects of temperature and compositions on the thermal properties of foods. In: Food engineering and process application. Volumen: I. Transport phenomena. Le Maguer, M and, P. (eds). Elseiver Applied Science Co, Inc. New York. Páginas: 93 – 101.

- JARRIN y SALGUERO. 2002. “El Efecto de las Gomas Guar y Carragenato en el proceso de Elaboración del Queso Fresco”. Ambato - Ecuador. Páginas: 65 – 75.

- NARRES, L. y SHAILAJA, U. 2010. “Mezcla de Estabilizantes y su Importancia en la Industria del Helado”. Mundo Lácteo y Cárnico. Volumen: Mayo/Junio 2010. Páginas: 14-18.

  http://www.alimentariaonline.com/media/MLC036_hela.pdf

  Viernes, 01 de octubre de 2010

- PASQUEL, A. 2001. “Gomas: Una Aproximación a la Industria de Alimentos”. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria. Volumen: 1. Número: 1. Páginas: 1-8.

  http://www.unapiquitos.edu.pe/links/facultades/alimentarias/v1/1.pdf

  Viernes, 01 de octubre de 2010

- VALENCIA, F. y Colaboradores. 2008. “Efecto de la sustitución con polydextrosa y CMC en la calidad sensorial de tortas con bajo contenido de sacarosa”. Revista Lasallista de Investigación Alimentaria. Volumen: 5. Número: 2. Páginas: 63-67.

  http://redalyc.uaemex.mx/pdf/695/69550208.pdf

  Viernes, 01 de octubre de 2010

- “Estabilizantes Utilizados en Helados”. Mundo Lácteo y Cárnico. Volumen: Enero/Febrero 2009. Páginas: 24-26.

  http://www.alimentariaonline.com/media/MLC028_HELADOS.pdf

  Viernes, 01 de octubre de 2010

Páginas Web:

- Obtenido en:

  www.magap.gov.ec

  Jueves, 20 de mayo de 2010

- Obtenido en:
  Wikipedia. 2010.

  http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1cteo

  Viernes, 24 de septiembre de 2010

- Obtenido en:

  ZAMORA, A. 2008.

  http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohidratos2.html

  Viernes, 1 de octubre de 2010

- Obtenido en:

  CARNICERO, A. 2010.

  http://www.iit.upcomillas.es/~carnicero/Resistencia/Introduccion_al_MEF.pdf

  Sábado, 6 de noviembre de 2010

- Obtenido en:

  COMSOL AB. 2010.

  http://www.comsol.com/shared/downloads/comsol_v4_building_model.pdf

  Viernes, 8 de octubre de 2010

- Obtenido en:

  WIKILIBROS. 2010.

  http://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos/Introducci%C3%B3n

  Martes, 9 de noviembre de 2010

- Obtenido en:

  Wikipedia. 2010.

  http://es.wikipedia.org/wiki/Mozzarella

  Jueves, 16 de diciembre de 2010

- Obtenido en:

  www.sica.gov.ec

  Jueves, 18 de diciembre de 2010

- Obtenido en:

  www.fao.org/inpho/vlibrary

  Jueves, 18 de diciembre de 2010

ANEXO A

RESPUESTAS EXPERIMENTALES

Anexo A-1

“Datos Obtenidos de Evaluación Sensorial”

Tabla Nº A.1.1. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para OLOR [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	R1	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	5	4	4	5	4	5										
a0b1	**452**	4	4					4	4	3	4						
a0b2	**147**	5		4				4				3	4	4			
a0b3	**356**	4			3				4			3			4	4	
a0b4	**937**	3				4				3			4		4		4
a0b5	**123**	3					4				3			4		3	4
a0b6	**827**		2	1				3							2	3	3
a0b7	**271**		1		1				2				1	3			1
a1b0	**648**		5			5				5		4		5		5	
a1b1	**362**		4				4				5	4	4		4		
a1b2	**734**			4	4					4	4	4					4
a1b3	**105**			3		4			3		4		4			4	
a1b4	**726**			3			4		3	3				3	3		
a1b5	**968**				3	3		3			3			3	3		
a1b6	**345**				2		3	3		3			3			3	
a1b7	**114**					1	2	2	2			2					1

Tabla Nº A.1.2. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para OLOR [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	R2	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	4	5	4	4	5	4										
a0b1	**452**	5	5					5	4	5	4						
a0b2	**147**	5		3				4				4	4	3			
a0b3	**356**	4			4				3			4			4	3	
a0b4	**937**	4				4				4			3		3		3
a0b5	**123**	3					3				3			3		3	3
a0b6	**827**		1	2				2							2	2	1
a0b7	**271**		1		2				1				2	1			1
a1b0	**648**		5			5				5		5		4		5	
a1b1	**362**		5				5				4	5	4		5		
a1b2	**734**			4	4					4	4	4					5
a1b3	**105**			4		4			4		3		3			3	
a1b4	**726**			4			3		3	3				4	4		
a1b5	**968**				3	2		2			3			3	4		
a1b6	**345**				1		1	2		2			3			1	
a1b7	**114**					1	1	1	1			1					2

Tabla Nº A.1.3. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para OLOR [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	PROMEDIO	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	4,5	4,5	4	4,5	4,5	4,5										
a0b1	**452**	4,5	4,5					4,5	4	4	4						
a0b2	**147**	5		3,5				4				3,5	4	3,5			
a0b3	**356**	4			3,5				3,5			3,5			4	3,5	
a0b4	**937**	3,5				4				3,5			3,5		3,5		3,5
a0b5	**123**	3					3,5				3			3,5		3	3,5
a0b6	**827**		1,5	1,5				2,5							2	2,5	2
a0b7	**271**		1		1,5				1,5				1,5	2			1
a1b0	**648**		5			5				5		4,5		4,5		5	
a1b1	**362**		4,5				4,5				4,5	4,5	4		4,5		
a1b2	**734**			4	4					4	4	4					4,5
a1b3	**105**			3,5		4			3,5		3,5		3,5			3,5	
a1b4	**726**			3,5			3,5		3	3				3,5	3,5		
a1b5	**968**				3	2,5		2,5			3			3	3,5		
a1b6	**345**				1,5		2	2,5		2,5			3			2	
a1b7	**114**					1	1,5	1,5	1,5			1,5					1,5

Tabla Nº A.1.4. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para COLOR [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	R1	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	3	3	4	3	3	4										
a0b1	**452**	3	4					3	4	3	4						
a0b2	**147**	3		3				4				4	3	4			
a0b3	**356**	4			4				4			5			4	4	
a0b4	**937**	4				5				3			4		5		4
a0b5	**123**	3					4				3			4		3	3
a0b6	**827**		3	2				2							3	3	2
a0b7	**271**		3		3				1				1	1			1
a1b0	**648**		4			4				5		4		3		4	
a1b1	**362**		3				4				3	3	5		4		
a1b2	**734**			4	4					4	4	3					3
a1b3	**105**			4		5			4		4		3			4	
a1b4	**726**			4			4		4	4				4	4		
a1b5	**968**				4	3		4			4			4	4		
a1b6	**345**				1		2	2		2			2			3	
a1b7	**114**					2	2	2	2			1					1

Tabla Nº A.1.5. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para COLOR [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	R2	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	4	5	3	4	3	5										
a0b1	**452**	3	4					4	4	4	4						
a0b2	**147**	4		4				4				5	4	3			
a0b3	**356**	4			5				5			4			3	5	
a0b4	**937**	3				4				5			5		3		3
a0b5	**123**	3					3				5			5		4	4
a0b6	**827**		2	1				3							2	2	2
a0b7	**271**		1		2				3				3	2			2
a1b0	**648**		5			5				4		4		5		5	
a1b1	**362**		4				4				4	4	4		3		
a1b2	**734**			4	3					4	4	3					5
a1b3	**105**			5		4			3		5		5			3	
a1b4	**726**			5			3		3	5				3	5		
a1b5	**968**				4	4		3			3			4	3		
a1b6	**345**				2		1	4		3			1			4	
a1b7	**114**					1	1	4	1			2					3

Tabla Nº A.1.6. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para COLOR [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	PROMEDIO	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	3,5	4	3,5	3,5	3	4,5										
a0b1	**452**	3	4					3,5	4	3,5	4						
a0b2	**147**	3,5		3,5				4				4,5	3,5	3,5			
a0b3	**356**	4			4,5				4,5			4,5			3,5	4,5	
a0b4	**937**	3,5				4,5				4			4,5		4		3,5
a0b5	**123**	3					3,5				4			4,5		3,5	3,5
a0b6	**827**		2,5	1,5				2,5							2,5	2,5	2
a0b7	**271**		2		2,5				2				2	1,5			1,5
a1b0	**648**		4,5			4,5				4,5		4		4		4,5	
a1b1	**362**		3,5				4				3,5	3,5	4,5		3,5		
a1b2	**734**			4	3,5					4	4	3					4
a1b3	**105**			4,5		4,5			3,5		4,5		4			3,5	
a1b4	**726**			4,5			3,5		3,5	4,5				3,5	4,5		
a1b5	**968**				4	3,5		3,5			3,5			4	3,5		
a1b6	**345**				1,5		1,5	3		2,5			1,5			3,5	
a1b7	**114**					1,5	1,5	3	1,5			1,5					2

Tabla Nº A.1.7. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para SABOR [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	R1	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	3	4	4	3	4	4										
a0b1	**452**	3	4					3	3	4	4						
a0b2	**147**	4		5				3				3	4	4			
a0b3	**356**	4			4				5			4			4	5	
a0b4	**937**	3				5				4			4		5		4
a0b5	**123**	3					3				3			4		4	3
a0b6	**827**		2	1				2							3	3	3
a0b7	**271**		1		2				1				3	1			2
a1b0	**648**		4			5				5		4		3		4	
a1b1	**362**		4				3				4	4	4		3		
a1b2	**734**			4	3					4	5	3					5
a1b3	**105**			5		4			4		4		3			4	
a1b4	**726**			4			4		4	4				4	4		
a1b5	**968**				3	3		4			3			3	4		
a1b6	**345**				3		1	2		2			2			2	
a1b7	**114**					2	1	1	2			3					1

Tabla Nº A.1.8. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para SABOR [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	R2	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	3	3	5	4	3	3										
a0b1	**452**	4	4					3	4	3	4						
a0b2	**147**	4		4				4				3	4	3			
a0b3	**356**	5			3				4			4			4	5	
a0b4	**937**	4				4				5			5		4		4
a0b5	**123**	4					5				4			4		5	3
a0b6	**827**		2	3				3							1	4	2
a0b7	**271**		2		1				1				1	2			1
a1b0	**648**		3			4				3		5		5		3	
a1b1	**362**		4				4				3	4	4		3		
a1b2	**734**			3	5					4	3	5					3
a1b3	**105**			4		4			5		4		5			5	
a1b4	**726**			4			5		5	5				3	5		
a1b5	**968**				3	1		3			3			2	3		
a1b6	**345**				2		3	1		1			2			3	
a1b7	**114**					1	2	1	3			1					1

Tabla Nº A.1.9. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para SABOR [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	PROMEDIO	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	3	3,5	4,5	3,5	3,5	3,5										
a0b1	**452**	3,5	4					3	3,5	3,5	4						
a0b2	**147**	4		4,5				3,5				3	4	3,5			
a0b3	**356**	4,5			3,5				4,5			4			4	5	
a0b4	**937**	3,5				4,5				4,5			4,5		4,5		4
a0b5	**123**	3,5					4				3,5			4		4,5	3
a0b6	**827**		2	2				2,5							2	3,5	2,5
a0b7	**271**		1,5		1,5				1				2	1,5			1,5
a1b0	**648**		3,5			4,5				4		4,5		4		3,5	
a1b1	**362**		4				3,5				3,5	4	4		3		
a1b2	**734**			3,5	4					4	4	4					4
a1b3	**105**			4,5		4			4,5		4		4			4,5	
a1b4	**726**			4			4,5		4,5	4,5				3,5	4,5		
a1b5	**968**				3	2		3,5			3			2,5	3,5		
a1b6	**345**				2,5		2	1,5		1,5			2			2,5	
a1b7	**114**					1,5	1,5	1	2,5			2					1

Tabla Nº A.1.10. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para TEXTURA [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	R1	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	4	3	5	4	5	3										
a0b1	**452**	3	3					3	4	3	3						
a0b2	**147**	3		4				4				3	4	5			
a0b3	**356**	4			4				4			4			3	3	
a0b4	**937**	4				3				4			4		4		4
a0b5	**123**	2					1				3			3		4	3
a0b6	**827**		4	2				2							2	1	2
a0b7	**271**		3		3				1				1	2			2
a1b0	**648**		4			4				4		5		4		5	
a1b1	**362**		3				4				4	4	3		4		
a1b2	**734**			3	4					3	4	4					4
a1b3	**105**			4		3			4		5		4			4	
a1b4	**726**			4			4		4	4				5	4		
a1b5	**968**				1	2		1			2			1	1		
a1b6	**345**				2		2	1		1			2			2	
a1b7	**114**					1	2	2	2			2					1

Tabla Nº A.1.11. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para TEXTURA [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	R2	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	3	4	3	4	4	5										
a0b1	**452**	3	3					4	3	3	3						
a0b2	**147**	4		4				4				4	3	3			
a0b3	**356**	5			5				4			5			4	3	
a0b4	**937**	5				5				5			5		5		3
a0b5	**123**	3					4				4			5		5	4
a0b6	**827**		2	1				2							2	4	1
a0b7	**271**		1		2				2				2	1			1
a1b0	**648**		3			3				3		4		3		3	
a1b1	**362**		3				3				3	3	4		3		
a1b2	**734**			4	3					3	4	3					4
a1b3	**105**			5		4			4		4		5			4	
a1b4	**726**			4			4		5	4				3	2		
a1b5	**968**				3	2		2			3			1	1		
a1b6	**345**				1		2	2		2			1			1	
a1b7	**114**					1	1	1	1			1					1

Tabla Nº A.1.12. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para TEXTURA [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	PROMEDIO	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	3,5	3,5	4	4	4,5	4										
a0b1	**452**	3	3					3,5	3,5	3	3						
a0b2	**147**	3,5		4				4				3,5	3,5	4			
a0b3	**356**	4,5			4,5				4			4,5			3,5	3	
a0b4	**937**	4,5				4				4,5			4,5		4,5		3,5
a0b5	**123**	2,5					2,5				3,5			4		4,5	3,5
a0b6	**827**		3	1,5				2							2	2,5	1,5
a0b7	**271**		2		2,5				1,5				1,5	1,5			1,5
a1b0	**648**		3,5			3,5				3,5		4,5		3,5		4	
a1b1	**362**		3				3,5				3,5	3,5	3,5		3,5		
a1b2	**734**			3,5	3,5					3	4	3,5					4
a1b3	**105**			4,5		3,5			4		4,5		4,5			4	
a1b4	**726**			4			4		4,5	4				4	3		
a1b5	**968**				2	2		1,5			2,5			1	1		
a1b6	**345**				1,5		2	1,5		1,5			1,5			1,5	
a1b7	**114**					1	1,5	1,5	1,5			1,5					1

Tabla Nº A.1.13. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para ACEPTABILIDAD [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	R1	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	4	4	5	4	3	4										
a0b1	**452**	3	3					3	4	4	4						
a0b2	**147**	3		3				4				4	3	4			
a0b3	**356**	4			4				4			5			4	3	
a0b4	**937**	4				5				5			4		4		4
a0b5	**123**	3					4				5			4		4	5
a0b6	**827**		2	2				2							3	3	2
a0b7	**271**		2		2				2				1	1			1
a1b0	**648**		4			4				4		3		3		4	
a1b1	**362**		3				3				3	3	3		3		
a1b2	**734**			3	4					3	3	4					4
a1b3	**105**			4		4			4		4		5			5	
a1b4	**726**			5			4		5	4				4	4		
a1b5	**968**				4	4		3			4			3	4		
a1b6	**345**				2		2	2		2			2			2	
a1b7	**114**					1	2	1	3			1					2

Tabla Nº A.1.14. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para ACEPTABILIDAD [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	R2	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	4	3	4	4	5	5										
a0b1	**452**	3	3					4	3	3	3						
a0b2	**147**	4		4				4				3	4	3			
a0b3	**356**	4			5				4			4			3	4	
a0b4	**937**	5				5				5			5		4		4
a0b5	**123**	3					4				4			5		4	4
a0b6	**827**		2	3				3							1	2	1
a0b7	**271**		1		2				1				2	2			1
a1b0	**648**		4			3				3		4		4		3	
a1b1	**362**		4				3				4	4	4		4		
a1b2	**734**			4	5					4	3	4					3
a1b3	**105**			4		5			3		5		5			4	
a1b4	**726**			4			5		4	5				5	5		
a1b5	**968**				3	3		4			3			4	3		
a1b6	**345**				1		1	1		3			1			1	
a1b7	**114**					1	1	2	1			2					2

Tabla Nº A.1.15. Resultados del análisis sensorial del queso Mozzarella con adición de estabilizantes CMC y xanthan, para ACEPTABILIDAD [Diseño: t = 16, k =6, r = 6, b = 16, λ = 2, E = 0,89]

	PROMEDIO	CATADORES															
Tratamiento	**MUESTRA**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
a0b0	**586**	4	3,5	4,5	4	4	4,5										
a0b1	**452**	3	3					3,5	3,5	3,5	3,5						
a0b2	**147**	3,5		3,5				4				3,5	3,5	3,5			
a0b3	**356**	4			4,5				4			4,5			3,5	3,5	
a0b4	**937**	4,5				5				5			4,5		4		4
a0b5	**123**	3					4				4,5			4,5		4	4,5
a0b6	**827**		2	2,5				2,5							2	2,5	1,5
a0b7	**271**		1,5		2				1,5				1,5	1,5			1
a1b0	**648**		4			3,5				3,5		3,5		3,5		3,5	
a1b1	**362**		3,5				3				3,5	3,5	3,5		3,5		
a1b2	**734**			3,5	4,5					3,5	3	4					3,5
a1b3	**105**			4		4,5			3,5		4,5		5			4,5	
a1b4	**726**			4,5			4,5		4,5	4,5				4,5	4,5		
a1b5	**968**				3,5	3,5		3,5			3,5			3,5	3,5		
a1b6	**345**				1,5		1,5	1,5		2,5			1,5			1,5	
a1b7	**114**					1	1,5	1,5	2			1,5					2

Anexo A-2

"Datos Obtenidos de Dimensiones y Peso"

Tabla Nº A.2.1. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a0b0 "0,00% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b0	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,2	6,0	6,1	**[cm]**
Peso	588,69	579,52	584,105	**[g]**

Tabla Nº A.2.2. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a0b1 "0,10% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b1	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,0	6,2	6,1	**[cm]**
Peso	575,49	591,34	583,415	**[g]**

Tabla Nº A.2.3. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a0b2 "0,20% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b2	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,2	6,0	6,1	**[cm]**
Peso	588,71	576,69	582,7	**[g]**

Tabla Nº A.2.4. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a0b3 "0,25% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b3	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,1	6,1	6,1	**[cm]**
Peso	584,51	583,94	584,225	**[g]**

Tabla Nº A.2.5. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a0b4 "0,30% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b4	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,0	6,2	6,1	**[cm]**
Peso	578,59	586,31	582,45	**[g]**

Tabla Nº A.2.6. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a0b5 "0,35% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b5	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,0	6,1	6,05	**[cm]**
Peso	577,52	583,71	580,615	**[g]**

Tabla Nº A.2.7. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a0b6 "0,40% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b6	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,2	6,2	6,2	**[cm]**
Peso	587,45	586,62	587,035	**[g]**

Tabla Nº A.2.8. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a0b7 "0,45% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b7	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,0	6,1	6,05	**[cm]**
Peso	578,21	582,37	580,29	**[g]**

Tabla Nº A.2.9. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a1b0 "0,00% goma xanthan"

	Tratamiento a1b0	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,2	6,0	6,1	**[cm]**
Peso	588,69	579,52	584,105	**[g]**

Tabla Nº A.2.10. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a1b1 "0,10% goma xanthan"

	Tratamiento a1b1	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,2	6,0	6,1	**[cm]**
Peso	586,91	580,67	583,79	**[g]**

Tabla Nº A.2.11. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a1b2 "0,20% goma xanthan"

	Tratamiento a1b2	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,0	6,1	6,05	**[cm]**
Peso	579,68	582,47	581,075	**[g]**

Tabla Nº A.2.12. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a1b3 "0,25% goma xanthan"

	Tratamiento a1b3	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,2	6,1	6,15	**[cm]**
Peso	587,21	585,34	586,275	**[g]**

Tabla Nº A.2.13. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a1b4 "0,30% goma xanthan"

	Tratamiento	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,1	6,1	6,1	**[cm]**
Peso	583,57	584,61	584,09	**[g]**

Tabla Nº A.2.14. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a1b5 "0,35% goma xanthan"

	Tratamiento a1b5	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6	6,2	6,1	**[cm]**
Peso	579,84	586,12	582,98	**[g]**

Tabla Nº A.2.15. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a1b6 "0,40% goma xanthan"

	Tratamiento a1b6	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,1	6,2	6,15	**[cm]**
Peso	581,92	586,23	584,075	**[g]**

Tabla Nº A.2.16. Datos registrados de las dimensiones y peso del queso Mozzarella. Tratamiento a1b7 "0,45% goma xanthan"

	Tratamiento a1b7	Replica	Promedio	Unidad
Diámetro	11	11	11	**[cm]**
Altura	6,0	6,1	6,05	**[cm]**
Peso	578,62	582,14	580,38	**[g]**

Anexo A-3

"Datos Obtenidos de Historial de Temperaturas"

Tabla Nº A.3.1. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a0b0 "0,00% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b0		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	48,60	**5,20**	50,00	**5,00**	49,30	**5,10**
10	46,10	**5,00**	46,60	**5,20**	46,35	**5,10**
15	43,70	**5,20**	44,50	**5,20**	44,10	**5,20**
20	40,30	**5,00**	41,10	**5,30**	40,70	**5,15**
25	36,50	**5,10**	37,60	**5,10**	37,05	**5,10**
30	33,50	**5,30**	34,20	**5,10**	33,85	**5,20**
35	30,90	**5,10**	31,50	**5,10**	31,20	**5,10**
40	27,50	**5,00**	28,30	**5,00**	27,90	**5,00**
45	24,50	**5,20**	25,30	**5,20**	24,90	**5,20**
50	21,90	**5,20**	22,50	**5,10**	22,20	**5,15**
55	19,90	**5,20**	20,30	**5,20**	20,10	**5,20**
60	18,20	**5,00**	18,60	**5,10**	18,40	**5,05**
65	16,70	**5,00**	17,20	**5,00**	16,95	**5,00**
70	15,30	**5,10**	15,70	**5,00**	15,50	**5,05**
75	14,20	**5,00**	14,60	**5,10**	14,40	**5,05**
80	13,20	**5,20**	13,50	**5,10**	13,35	**5,15**
85	12,20	**5,20**	12,60	**5,00**	12,40	**5,10**
90	11,60	**5,00**	11,80	**5,00**	11,70	**5,00**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.2. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a0b1 "0,10% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b1		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	50,00	**5,10**	50,00	**5,00**	50,00	**5,05**
10	47,50	**5,20**	47,30	**5,10**	47,40	**5,15**
15	44,50	**5,10**	44,40	**5,00**	44,45	**5,05**
20	40,90	**5,00**	40,70	**5,10**	40,80	**5,05**
25	37,00	**5,00**	36,90	**5,10**	36,95	**5,05**
30	33,60	**5,20**	33,40	**5,10**	33,50	**5,15**
35	30,50	**5,00**	30,40	**5,10**	30,45	**5,05**
40	27,20	**5,10**	27,00	**5,00**	27,10	**5,05**
45	24,10	**5,00**	24,00	**5,00**	24,05	**5,00**
50	21,70	**5,00**	21,50	**5,20**	21,60	**5,10**
55	19,30	**5,20**	19,20	**5,10**	19,25	**5,15**
60	17,80	**5,00**	17,60	**5,00**	17,70	**5,00**
65	16,10	**5,00**	16,00	**5,20**	16,05	**5,10**
70	14,80	**5,00**	14,60	**5,20**	14,70	**5,10**
75	13,60	**5,00**	13,50	**5,20**	13,55	**5,10**
80	12,80	**5,10**	12,60	**5,00**	12,70	**5,05**
85	11,80	**5,10**	11,70	**5,00**	11,75	**5,05**
90	11,1	**5,00**	11,00	**5,10**	11,05	**5,05**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.3. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a0b2 "0,20% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b2		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	49,80	**5,00**	49,90	**5,00**	49,85	**5,00**
10	46,80	**5,10**	47,00	**5,10**	46,90	**5,10**
15	43,70	**5,00**	43,80	**5,10**	43,75	**5,05**
20	39,50	**5,10**	39,70	**5,00**	39,60	**5,05**
25	35,70	**5,10**	35,80	**5,00**	35,75	**5,05**
30	32,30	**5,00**	32,50	**5,20**	32,40	**5,10**
35	29,10	**5,10**	29,20	**5,10**	29,15	**5,10**
40	25,60	**5,00**	25,80	**5,10**	25,70	**5,05**
45	22,70	**5,00**	22,80	**5,00**	22,75	**5,00**
50	20,30	**5,20**	20,50	**5,10**	20,40	**5,15**
55	18,30	**5,00**	18,40	**5,10**	18,35	**5,05**
60	16,60	**5,00**	16,80	**5,10**	16,70	**5,05**
65	15,10	**5,10**	15,20	**5,00**	15,15	**5,05**
70	13,80	**5,10**	13,90	**5,00**	13,85	**5,05**
75	12,70	**5,10**	12,80	**5,00**	12,75	**5,05**
80	11,80	**5,00**	11,90	**5,10**	11,85	**5,05**
85	11,00	**5,00**	11,10	**5,10**	11,05	**5,05**
90	10,40	**5,00**	10,50	**5,00**	10,45	**5,00**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.4. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a0b3 "0,25% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b3		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	50,00	**5,10**	50,00	**5,10**	50,00	**5,10**
10	47,30	**5,20**	47,10	**5,10**	47,20	**5,15**
15	43,50	**5,10**	43,40	**5,10**	43,45	**5,10**
20	39,40	**5,10**	39,20	**5,10**	39,30	**5,10**
25	35,60	**5,00**	35,50	**5,00**	35,55	**5,00**
30	32,20	**5,00**	32,00	**5,00**	32,10	**5,00**
35	28,80	**5,00**	28,70	**5,10**	28,75	**5,05**
40	25,30	**5,10**	25,10	**5,10**	25,20	**5,10**
45	22,50	**5,10**	22,40	**5,10**	22,45	**5,10**
50	20,30	**5,10**	20,10	**5,10**	20,20	**5,10**
55	17,90	**5,20**	17,80	**5,10**	17,85	**5,15**
60	16,30	**5,10**	16,10	**5,00**	16,20	**5,05**
65	14,80	**5,00**	14,70	**5,20**	14,75	**5,10**
70	13,50	**5,10**	13,30	**5,10**	13,40	**5,10**
75	12,50	**5,20**	12,40	**5,10**	12,45	**5,15**
80	11,60	**5,10**	11,50	**5,00**	11,55	**5,05**
85	10,90	**5,10**	10,80	**5,10**	10,85	**5,10**
90	10,30	**5,10**	10,20	**5,00**	10,25	**5,05**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.5. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a0b4 "0,30% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b4		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	49,40	**5,00**	50,00	**5,00**	49,70	**5,00**
10	46,70	**5,10**	47,30	**5,00**	47,00	**5,05**
15	43,70	**5,00**	44,40	**5,10**	44,05	**5,05**
20	39,90	**5,20**	39,70	**5,00**	39,80	**5,10**
25	36,10	**5,10**	35,60	**5,00**	35,85	**5,05**
30	32,80	**5,10**	32,10	**5,20**	32,45	**5,15**
35	29,80	**5,10**	28,50	**5,00**	29,15	**5,05**
40	26,40	**5,00**	25,00	**5,10**	25,70	**5,05**
45	23,40	**5,00**	22,00	**5,10**	22,70	**5,05**
50	21,00	**5,20**	19,80	**5,10**	20,40	**5,15**
55	18,90	**5,00**	18,00	**5,10**	18,45	**5,05**
60	17,30	**5,20**	16,30	**5,10**	16,80	**5,15**
65	15,70	**5,20**	14,60	**5,10**	15,15	**5,15**
70	14,40	**5,10**	13,30	**5,00**	13,85	**5,05**
75	13,30	**5,20**	12,10	**5,10**	12,70	**5,15**
80	12,50	**5,00**	11,30	**5,10**	11,90	**5,05**
85	11,40	**4,90**	10,50	**5,00**	10,95	**4,95**
90	10,70	**5,10**	10,00	**5,00**	10,35	**5,05**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.6. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a0b5 "0,35% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b5		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
10	47,30	**5,10**	47,20	**5,00**	47,25	**5,05**
15	43,70	**5,10**	43,50	**5,00**	43,60	**5,05**
20	39,50	**5,10**	39,40	**5,20**	39,45	**5,15**
25	35,60	**5,00**	35,40	**5,10**	35,50	**5,05**
30	32,20	**5,20**	32,10	**5,20**	32,15	**5,20**
35	28,70	**5,10**	28,50	**5,10**	28,60	**5,10**
40	25,20	**5,10**	25,10	**5,00**	25,15	**5,05**
45	22,40	**5,10**	22,20	**5,00**	22,30	**5,05**
50	20,20	**5,10**	20,10	**5,30**	20,15	**5,20**
55	17,90	**5,00**	17,70	**5,10**	17,80	**5,05**
60	16,30	**5,00**	16,20	**5,20**	16,25	**5,10**
65	14,80	**5,00**	14,60	**5,20**	14,70	**5,10**
70	13,50	**5,10**	13,40	**5,10**	13,45	**5,10**
75	12,40	**5,10**	12,30	**5,10**	12,35	**5,10**
80	11,50	**5,10**	11,40	**5,00**	11,45	**5,05**
85	10,80	**5,00**	10,70	**4,90**	10,75	**4,95**
90	10,20	**5,00**	10,10	**5,00**	10,15	**5,00**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.7. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a0b6 "0,40% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b6		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
10	47,10	**5,10**	47,30	**5,10**	47,20	**5,10**
15	43,90	**5,00**	44,00	**5,10**	43,95	**5,05**
20	39,40	**5,20**	39,60	**5,00**	39,50	**5,10**
25	35,50	**5,10**	35,60	**5,00**	35,55	**5,05**
30	32,00	**5,10**	32,20	**5,20**	32,10	**5,15**
35	28,60	**5,10**	28,70	**5,00**	28,65	**5,05**
40	25,00	**5,00**	25,20	**5,10**	25,10	**5,05**
45	22,20	**5,00**	22,30	**5,10**	22,25	**5,05**
50	19,90	**5,20**	20,10	**5,10**	20,00	**5,15**
55	17,90	**5,00**	18,00	**5,10**	17,95	**5,05**
60	16,10	**5,00**	16,30	**5,10**	16,20	**5,05**
65	14,60	**5,20**	14,70	**5,00**	14,65	**5,10**
70	13,30	**5,10**	13,40	**5,00**	13,35	**5,05**
75	12,20	**5,20**	12,30	**5,00**	12,25	**5,10**
80	11,50	**5,00**	11,50	**5,10**	11,50	**5,05**
85	10,70	**5,00**	10,70	**5,10**	10,70	**5,05**
90	10,20	**5,10**	10,20	**5,00**	10,20	**5,05**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.8. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a0b7 "0,45% carboximetilcelulosa"

	Tratamiento a0b7		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
10	47,30	**5,10**	47,10	**5,00**	47,20	**5,05**
15	44,10	**5,10**	44,00	**5,10**	44,05	**5,10**
20	39,60	**5,00**	39,40	**5,10**	39,50	**5,05**
25	35,60	**5,20**	35,50	**5,20**	35,55	**5,20**
30	32,10	**5,20**	31,90	**5,20**	32,00	**5,20**
35	28,60	**5,10**	28,50	**5,00**	28,55	**5,05**
40	25,10	**5,10**	24,90	**5,20**	25,00	**5,15**
45	22,20	**5,10**	22,10	**5,10**	22,15	**5,10**
50	20,00	**5,20**	19,80	**5,10**	19,90	**5,15**
55	18,00	**5,30**	17,90	**5,10**	17,95	**5,20**
60	16,30	**5,00**	16,10	**5,00**	16,20	**5,00**
65	14,70	**5,00**	14,60	**5,20**	14,65	**5,10**
70	13,40	**5,20**	13,30	**5,00**	13,35	**5,10**
75	12,30	**5,00**	12,20	**5,20**	12,25	**5,10**
80	11,40	**5,20**	11,30	**5,10**	11,35	**5,15**
85	10,70	**5,20**	10,60	**5,10**	10,65	**5,15**
90	10,10	**5,10**	10,00	**5,00**	10,05	**5,05**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.9. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a1b0 "0,00% goma xanthan"

	Tratamiento a1b0		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	48,60	**5,20**	50,00	**5,00**	49,30	**5,10**
10	46,10	**5,00**	46,60	**5,20**	46,35	**5,10**
15	43,70	**5,20**	44,50	**5,20**	44,10	**5,20**
20	40,30	**5,00**	41,10	**5,30**	40,70	**5,15**
25	36,50	**5,10**	37,60	**5,10**	37,05	**5,10**
30	33,50	**5,30**	34,20	**5,10**	33,85	**5,20**
35	30,90	**5,10**	31,50	**5,10**	31,20	**5,10**
40	27,50	**5,00**	28,30	**5,00**	27,90	**5,00**
45	24,50	**5,20**	25,30	**5,20**	24,90	**5,20**
50	21,90	**5,20**	22,50	**5,10**	22,20	**5,15**
55	19,90	**5,20**	20,30	**5,20**	20,10	**5,20**
60	18,20	**5,00**	18,60	**5,10**	18,40	**5,05**
65	16,70	**5,00**	17,20	**5,00**	16,95	**5,00**
70	15,30	**5,10**	15,70	**5,00**	15,50	**5,05**
75	14,20	**5,00**	14,60	**5,10**	14,40	**5,05**
80	13,20	**5,20**	13,50	**5,10**	13,35	**5,15**
85	12,20	**5,20**	12,60	**5,00**	12,40	**5,10**
90	11,60	**5,00**	11,80	**5,00**	11,70	**5,00**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.10. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a1b1 "0,10% goma xanthan"

	Tratamiento a1b1		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
10	48,50	**5,00**	48,40	**5,00**	48,45	**5,00**
15	45,10	**5,10**	44,90	**5,10**	45,00	**5,10**
20	40,40	**5,10**	40,30	**5,20**	40,35	**5,15**
25	36,00	**5,00**	35,80	**5,10**	35,90	**5,05**
30	32,50	**5,00**	32,40	**5,10**	32,45	**5,05**
35	29,50	**5,00**	29,30	**5,00**	29,40	**5,00**
40	26,20	**5,10**	26,10	**5,00**	26,15	**5,05**
45	23,30	**5,10**	23,10	**5,10**	23,20	**5,10**
50	20,90	**5,00**	20,80	**5,10**	20,85	**5,05**
55	19,00	**5,20**	18,80	**5,10**	18,90	**5,15**
60	17,60	**5,10**	17,50	**5,30**	17,55	**5,20**
65	15,90	**5,00**	15,70	**5,10**	15,80	**5,05**
70	14,40	**5,20**	14,30	**5,10**	14,35	**5,15**
75	13,20	**5,10**	13,10	**5,30**	13,15	**5,20**
80	12,30	**5,10**	12,20	**5,00**	12,25	**5,05**
85	11,50	**5,00**	11,40	**5,20**	11,45	**5,10**
90	10,80	**5,00**	10,70	**5,10**	10,75	**5,05**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.11. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a1b2 "0,20% goma xanthan"

	Tratamiento a1b2		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
10	47,90	**5,20**	48,10	**5,10**	48,00	**5,15**
15	44,50	**5,10**	44,60	**5,30**	44,55	**5,20**
20	39,70	**5,20**	39,90	**5,10**	39,80	**5,15**
25	35,50	**5,00**	35,60	**5,20**	35,55	**5,10**
30	31,90	**5,30**	32,10	**5,40**	32,00	**5,35**
35	28,90	**5,20**	29,00	**5,20**	28,95	**5,20**
40	25,50	**5,00**	25,70	**5,10**	25,60	**5,05**
45	22,80	**5,10**	22,90	**5,30**	22,85	**5,20**
50	20,40	**5,20**	20,60	**5,30**	20,50	**5,25**
55	18,60	**5,00**	18,70	**5,30**	18,65	**5,15**
60	17,00	**5,10**	17,20	**5,10**	17,10	**5,10**
65	15,50	**5,20**	15,60	**5,10**	15,55	**5,15**
70	14,00	**5,20**	14,10	**5,20**	14,05	**5,20**
75	12,90	**5,20**	13,00	**5,10**	12,95	**5,15**
80	12,00	**5,00**	12,10	**5,30**	12,05	**5,15**
85	11,20	**5,10**	11,30	**5,10**	11,25	**5,10**
90	10,60	**5,00**	10,70	**5,10**	10,65	**5,05**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.12. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a1b3 "0,25% goma xanthan"

	Tratamiento a1b3		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
10	47,80	**5,10**	47,70	**5,00**	47,75	**5,05**
15	44,00	**5,10**	43,80	**5,10**	43,90	**5,10**
20	39,40	**5,10**	39,30	**5,20**	39,35	**5,15**
25	35,10	**5,00**	34,90	**5,00**	35,00	**5,00**
30	31,70	**5,20**	31,60	**5,10**	31,65	**5,15**
35	28,40	**5,00**	28,20	**5,00**	28,30	**5,00**
40	25,20	**5,10**	25,10	**5,00**	25,15	**5,05**
45	22,50	**5,10**	22,30	**5,10**	22,40	**5,10**
50	20,20	**5,10**	20,10	**5,10**	20,15	**5,10**
55	18,30	**5,10**	18,10	**5,00**	18,20	**5,05**
60	16,90	**5,10**	16,80	**5,10**	16,85	**5,10**
65	15,30	**5,00**	15,10	**5,00**	15,20	**5,00**
70	13,80	**5,20**	13,70	**5,10**	13,75	**5,15**
75	12,70	**5,00**	12,60	**5,00**	12,65	**5,00**
80	11,90	**5,00**	11,80	**5,00**	11,85	**5,00**
85	11,20	**5,00**	11,10	**5,10**	11,15	**5,05**
90	10,50	**5,00**	10,40	**5,10**	10,45	**5,05**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.13. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a1b4 "0,30% goma xanthan"

	Tratamiento a1b4		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	49,80	**5,00**	49,90	**5,00**	49,85	**5,00**
10	46,90	**5,00**	47,10	**5,10**	47,00	**5,05**
15	42,90	**5,10**	43,00	**5,00**	42,95	**5,05**
20	38,10	**5,10**	38,30	**5,10**	38,20	**5,10**
25	34,20	**5,00**	34,30	**5,00**	34,25	**5,00**
30	30,60	**5,20**	30,80	**5,20**	30,70	**5,20**
35	27,30	**5,20**	27,40	**5,00**	27,35	**5,10**
40	24,10	**5,00**	24,30	**5,10**	24,20	**5,05**
45	21,50	**5,00**	21,60	**5,10**	21,55	**5,05**
50	19,30	**5,10**	19,50	**5,00**	19,40	**5,05**
55	17,60	**5,10**	17,70	**5,10**	17,65	**5,10**
60	15,90	**5,20**	16,10	**5,10**	16,00	**5,15**
65	14,60	**5,00**	14,70	**5,00**	14,65	**5,00**
70	13,20	**5,00**	13,30	**5,00**	13,25	**5,00**
75	12,10	**5,10**	12,20	**5,10**	12,15	**5,10**
80	11,40	**5,10**	11,50	**5,10**	11,45	**5,10**
85	10,70	**5,10**	10,80	**5,10**	10,75	**5,10**
90	10,10	**5,00**	10,20	**5,00**	10,15	**5,00**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.14. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a1b5 "0,35% goma xanthan"

	Tratamiento a1b5		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	49,80	**5,00**	49,60	**5,00**	49,70	**5,00**
10	46,70	**5,00**	46,60	**5,20**	46,65	**5,10**
15	42,40	**5,20**	42,20	**5,10**	42,30	**5,15**
20	37,80	**5,00**	37,70	**5,20**	37,75	**5,10**
25	33,80	**5,10**	33,60	**5,00**	33,70	**5,05**
30	30,40	**5,30**	30,30	**5,00**	30,35	**5,15**
35	26,80	**5,10**	26,60	**5,20**	26,70	**5,15**
40	23,80	**5,00**	23,70	**5,20**	23,75	**5,10**
45	21,20	**5,20**	21,00	**5,10**	21,10	**5,15**
50	19,20	**5,20**	19,10	**5,10**	19,15	**5,15**
55	17,30	**5,20**	17,10	**5,00**	17,20	**5,10**
60	15,70	**5,00**	15,60	**5,00**	15,65	**5,00**
65	14,40	**5,00**	14,20	**5,10**	14,30	**5,05**
70	13,00	**5,10**	12,90	**5,00**	12,95	**5,05**
75	12,00	**5,00**	11,90	**5,10**	11,95	**5,05**
80	11,20	**5,20**	11,10	**5,00**	11,15	**5,10**
85	10,60	**5,20**	10,50	**5,10**	10,55	**5,15**
90	10,10	**5,10**	10,00	**5,00**	10,05	**5,05**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.15. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a1b6 "0,40% goma xanthan"

	Tratamiento a1b6		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	49,50	**5,00**	49,60	**5,00**	49,55	**5,00**
10	46,10	**5,00**	46,30	**5,10**	46,20	**5,05**
15	41,80	**5,10**	41,90	**5,10**	41,85	**5,10**
20	37,20	**5,20**	37,30	**5,00**	37,25	**5,10**
25	33,20	**5,00**	33,40	**5,00**	33,30	**5,00**
30	29,90	**5,10**	30,00	**5,20**	29,95	**5,15**
35	26,20	**5,20**	26,30	**5,00**	26,25	**5,10**
40	23,10	**5,00**	23,30	**5,10**	23,20	**5,05**
45	20,70	**5,00**	20,80	**5,10**	20,75	**5,05**
50	18,70	**5,00**	18,80	**5,10**	18,75	**5,05**
55	16,80	**5,20**	17,00	**5,10**	16,90	**5,15**
60	15,30	**5,00**	15,40	**5,10**	15,35	**5,05**
65	14,00	**5,00**	14,10	**5,00**	14,05	**5,00**
70	12,60	**5,20**	12,70	**5,00**	12,65	**5,10**
75	11,60	**5,10**	11,70	**5,00**	11,65	**5,05**
80	10,90	**5,00**	11,00	**5,10**	10,95	**5,05**
85	10,30	**5,00**	10,50	**5,10**	10,40	**5,05**
90	9,80	**5,00**	9,90	**5,00**	9,85	**5,00**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Tabla Nº A.3.16. Temperaturas registradas del queso Mozzarella a diversos tiempos. Tratamiento a1b7 "0,45% goma xanthan"

	Tratamiento a1b7		Replica		Promedio	
tiempo	TQM	TM	TQM	TM	TQM	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**	50,00	**5,00**
5	49,50	**5,00**	49,30	**5,00**	49,40	**5,00**
10	45,70	**5,10**	45,60	**5,00**	45,65	**5,05**
15	41,00	**5,10**	40,80	**5,10**	40,90	**5,10**
20	36,30	**5,00**	36,20	**5,20**	36,25	**5,10**
25	32,70	**5,00**	32,50	**5,00**	32,60	**5,00**
30	29,20	**5,20**	29,10	**5,10**	29,15	**5,15**
35	25,40	**5,00**	25,20	**5,20**	25,30	**5,10**
40	22,40	**5,10**	22,30	**5,00**	22,35	**5,05**
45	20,10	**5,10**	19,90	**5,10**	20,00	**5,10**
50	18,20	**5,10**	18,10	**5,00**	18,15	**5,05**
55	16,50	**5,10**	16,30	**5,00**	16,40	**5,05**
60	14,70	**5,10**	14,60	**5,00**	14,65	**5,05**
65	13,70	**5,00**	13,50	**5,00**	13,60	**5,00**
70	12,20	**5,00**	12,10	**5,00**	12,15	**5,00**
75	11,40	**5,00**	11,20	**5,10**	11,30	**5,05**
80	10,80	**5,10**	10,60	**5,00**	10,70	**5,05**
85	10,20	**5,10**	10,10	**5,10**	10,15	**5,10**
90	9,70	**5,00**	9,60	**5,10**	9,65	**5,05**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TQM = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura en el queso Mozzarella

Anexo A-4

"Propiedades Térmicas de queso Mozzarella"

Tabla Nº A.4.1. Propiedades térmicas del queso Mozzarella a diferentes concentraciones de carboximetilcelulosa

Tratamiento	Difusividad Térmica [m^2/s]	Conductividad Térmica [W/m °C]	Densidad [kg/m^3]	Calor Especifico [kJ/kg °C]
a0b0	9,664E-08	0,37547	1513,7610	2,55543
a0b1	9,672E-08	0,37573	1513,1734	2,55585
a0b2	9,647E-08	0,37501	1513,3642	2,55556
a0b3	9,639E-08	0,37479	1513,4112	2,55548
a0b4	9,647E-08	0,37501	1513,3571	2,55557
a0b5	9,638E-08	0,37476	1513,4141	2,55547
a0b6	9,638E-08	0,37476	1513,4094	2,55548
a0b7	9,636E-08	0,37471	1513,4182	2,55546

Tabla Nº A.4.2. Propiedades térmicas del queso Mozzarella a diferentes concentraciones de goma xanthan

Tratamiento	Difusividad Térmica [m^2/s]	Conductividad Térmica [W/m °C]	Densidad [kg/m^3]	Calor Especifico [kJ/kg °C]
a1b0	9,664E-08	0,37547	1513,7610	2,55543
a1b1	9,661E-08	0,37540	1513,2445	2,55573
a1b2	9,652E-08	0,37517	1513,3166	2,55563
a1b3	9,643E-08	0,37492	1513,3889	2,55553
a1b4	9,626E-08	0,37443	1513,5313	2,55533
a1b5	9,617E-08	0,37417	1513,6054	2,55522
a1b6	9,608E-08	0,37391	1513,6785	2,55512
a1b7	9,593E-08	0,37350	1513,7965	2,55495

ANEXO B

RESULTADOS

Anexo B-1

“Análisis Sensorial”

Característica Sensorial Olor

Tabla Nº B.1.1. Análisis de varianza para olor en queso Mozzarella

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medio	Valor F	Probabilidad
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Bloques	11,583	15	0,772	7,214	0,5464
B: Tratamientos	92,292	15	6,153	57,475	0,0000
RESIDUAL	6,958	65	0,107		
TOTAL (CORREGIDO)	110,833	95			

Tabla Nº B.1.2. Prueba de Tukey para la variable olor

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD

Tratamiento	Orden	LS Media	Grupos Homogéneos
16	6	1,412	I
8	6	1,443	I
7	6	1,987	I H
15	6	2,240	H G
14	6	2,881	G F
6	6	3,193	F E
13	6	3,365	F E D
5	6	3,490	F E D
12	6	3,643	E D C
4	6	3,662	E D C
3	6	3,893	D C B
11	6	4,190	C B A
2	6	4,240	C B A
10	6	4,412	B A
1	6	4,425	B A
9	6	4,865	A

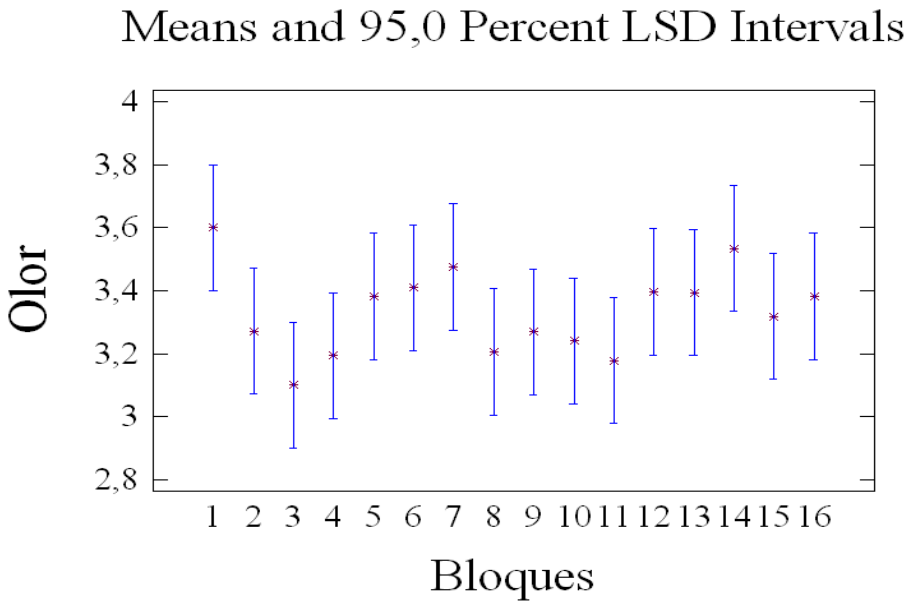


Gráfico B.1.1. Característica organoléptica de olor.

Característica Sensorial Color

Tabla Nº B.1.3. Análisis de varianza para color en queso Mozzarella

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medio	Valor F	Probabilidad
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Bloques	7,573	15	0,505	2,127	0,5572
B: Tratamientos	59,990	15	3,999	16,851	0,0000
RESIDUAL	15,427	65	0,237		
TOTAL (CORREGIDO)	82,990	95			

Tabla Nº B.1.4. Prueba de Tukey para la variable color

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD			
Tratamiento	Orden	LS Media	Grupos Homogéneos
16	6	1,864	B
8	6	1,942	B
15	6	2,130	B
7	6	2,161	B
14	6	3,598	A
2	6	3,614	A
6	6	3,739	A
11	6	3,739	A
10	6	3,739	A
1	6	3,739	A
3	6	3,786	A
13	6	4,036	A
12	6	4,036	A
5	6	4,083	A
9	6	4,270	A
4	6	4,348	A

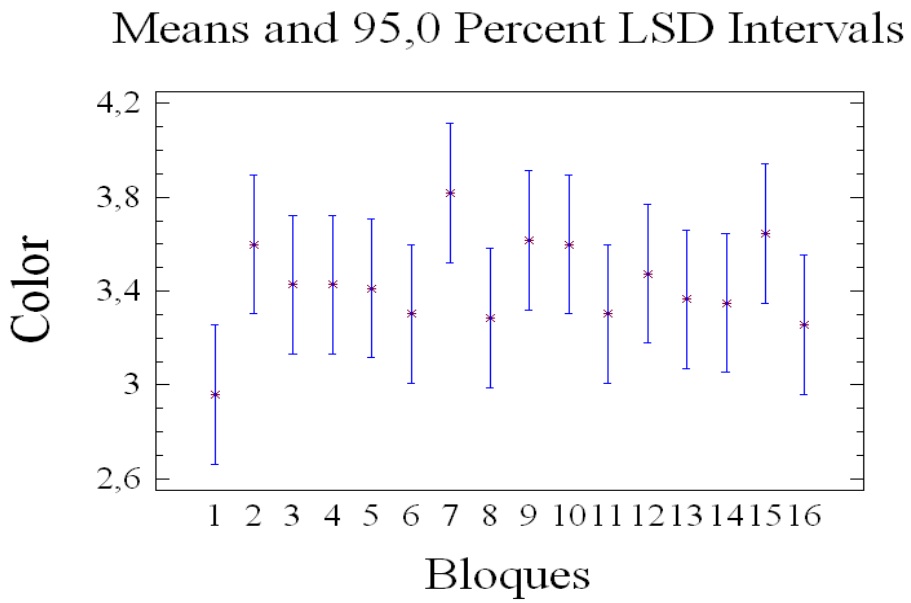


Gráfico B.1.2. Característica organoléptica de color

Característica Sensorial Sabor

Tabla Nº B.1.5. Análisis de varianza para sabor en queso Mozzarella

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medio	Valor F	Probabilidad
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Bloques	14,542	15	0,969	4,682	0,3858
B: Tratamientos	72,458	15	4,831	23,330	0,0000
RESIDUAL	13,458	65	0,207		
TOTAL (CORREGIDO)	100,458	95			

Tabla Nº B.1.6. Prueba de Tukey para la variable sabor

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD

Tratamiento	Orden	LS Media	Grupos Homogéneos
8	6	1,526	D
16	6	1,635	D
15	6	1,916	D
7	6	2,401	D C
14	6	3,026	C B
1	6	3,619	B A
2	6	3,635	B A
10	6	3,635	B A
6	6	3,776	B A
3	6	3,791	B A
11	6	3,932	B A
9	6	3,963	A
12	6	4,088	A
4	6	4,166	A
13	6	4,229	A
5	6	4,322	A

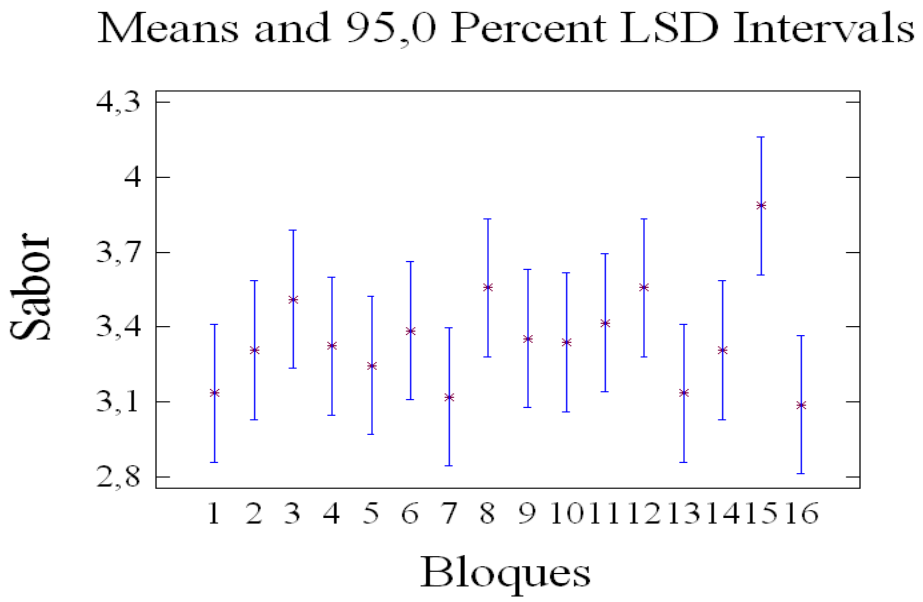


Gráfico B.1.3. Característica organoléptica de Sabor

Característica Sensorial Textura

Tabla Nº B.1.7. Análisis de varianza para textura en queso Mozzarella

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medio	Valor F	Probabilidad
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Bloques	11,310	15	0,754	3,603	0,8682
B: Tratamientos	88,690	15	5,913	28,256	0,0000
RESIDUAL	13,602	65	0,209		
TOTAL (CORREGIDO)	113,602	95			

Tabla Nº B.1.8. Prueba de Tukey para la variable textura

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD					
Tratamiento	Orden	LS Media	Grupos Homogéneos		
16	6	1,322	D		
15	6	1,541	D		
14	6	1,557	D		
8	6	1,729	D		
7	6	2,135	D		
2	6	3,166	C		
10	6	3,401	C	B	
6	6	3,447	C	B	
11	6	3,557	C	B	A
3	6	3,713	C	B	A
9	6	3,729	C	B	A
1	6	3,932	C	B	A
13	6	3,947	C	B	A
4	6	3,963	C	B	A
12	6	4,119		B	A
5	6	4,401			A

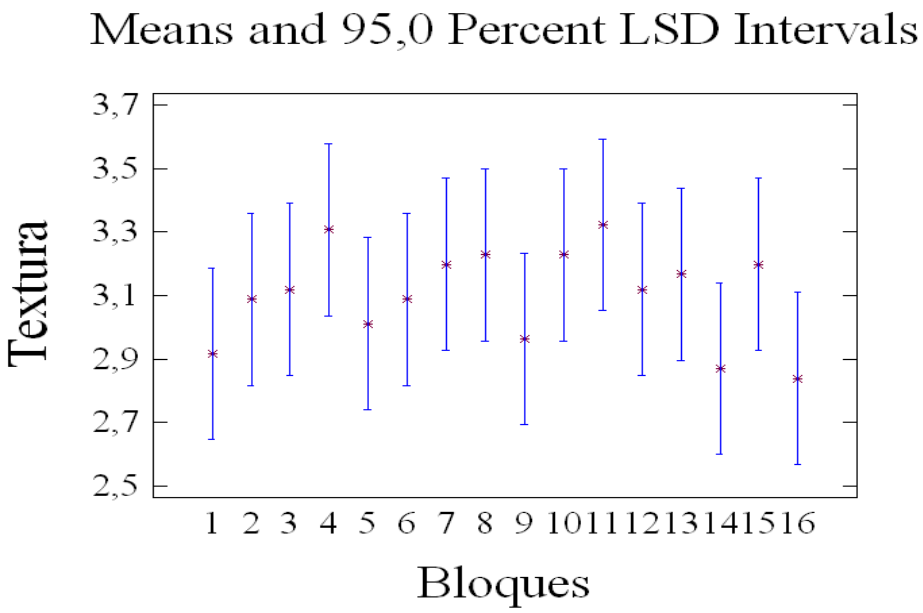


Gráfico B.1.4. Característica organoléptica para Textura

Característica Sensorial Aceptabilidad

Tabla Nº B.1.9. Análisis de varianza para aceptabilidad en queso Mozzarella

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medio	Valor F	Probabilidad
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Bloques	10,073	15	0,672	4,892	0,4970
B: Tratamientos	88,661	15	5,911	43,063	0,0000
RESIDUAL	8,922	65	0,137		
TOTAL (CORREGIDO)	107,656	95			

Tabla Nº B.1.10. Prueba de Tukey para la variable aceptabilidad

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD

Tratamiento	Orden	LS Media	Grupos Homogéneos
8	6	1,484	E
15	6	1,562	E
16	6	1,593	E
7	6	2,234	E
2	6	3,343	D
10	6	3,437	D C
14	6	3,453	D C
9	6	3,546	D C
3	6	3,562	D C
11	6	3,578	D C B
4	6	4,031	D C B A
1	6	4,109	C B A
6	6	4,171	C B A
12	6	4,328	B A
13	6	4,500	A
5	6	4,562	A

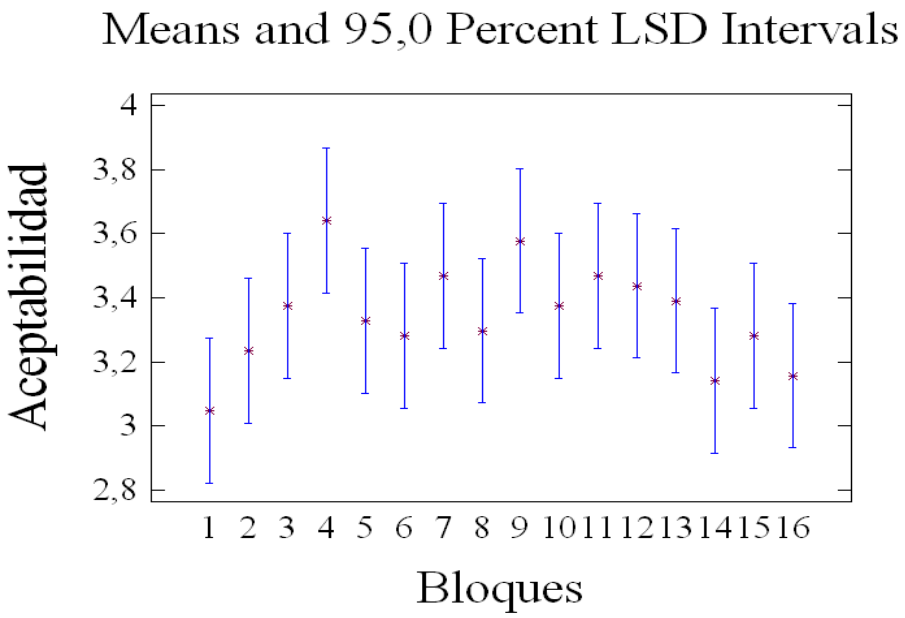


Gráfico B.1.5. Característica organoléptica para Aceptabilidad

Anexo B-2

“Obtenciones Gráficas de Distribución de Temperaturas Simulado en la Transferencia de Calor en Queso Mozzarella”

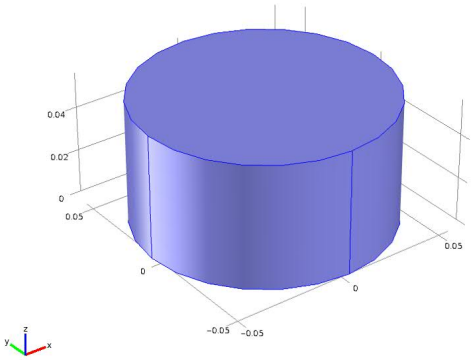


Gráfico B.2.1. Cilindro creado con los datos de dimensión y altura de queso Mozzarella

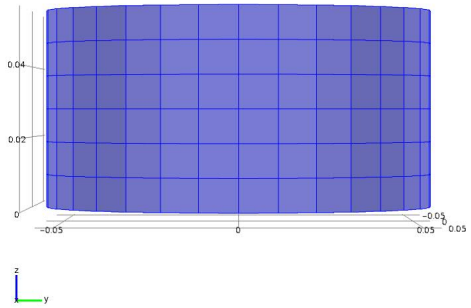


Gráfico B.2.2. Mallado del queso Mozzarella en el eje (*z, y*)

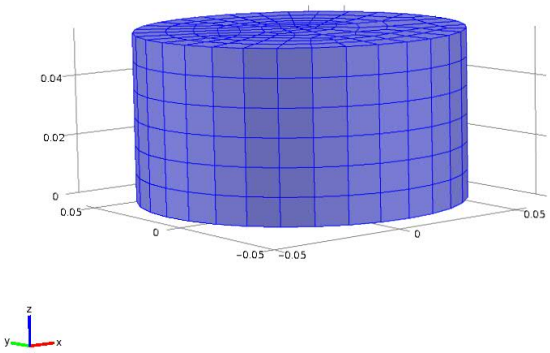


Gráfico B.2.3. Mallado del queso Mozzarella en los ejes (x, y, *z*)

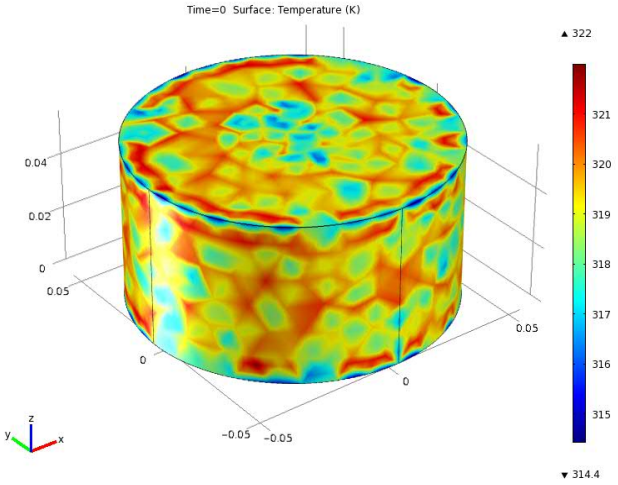


Gráfico B.2.4. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 0 minutos]

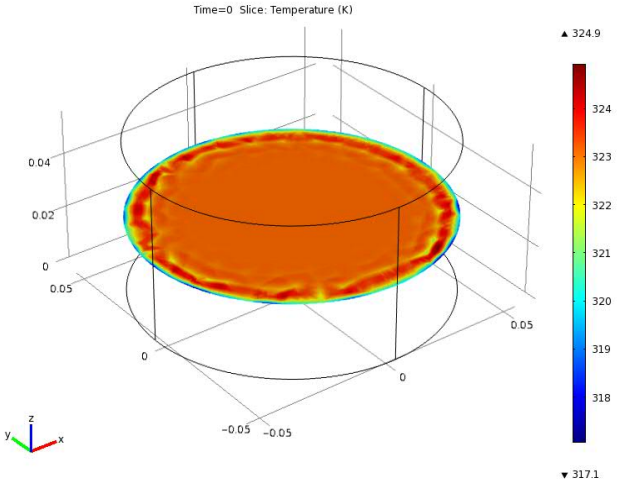


Gráfico B.2.5. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 0 minutos]

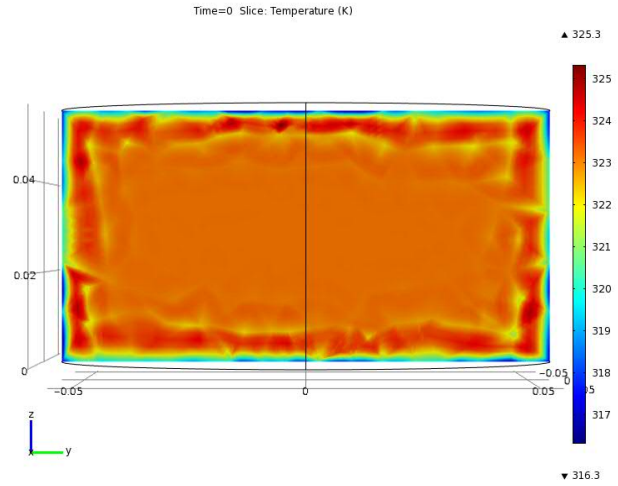


Gráfico B.1.6. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 0 minutos]

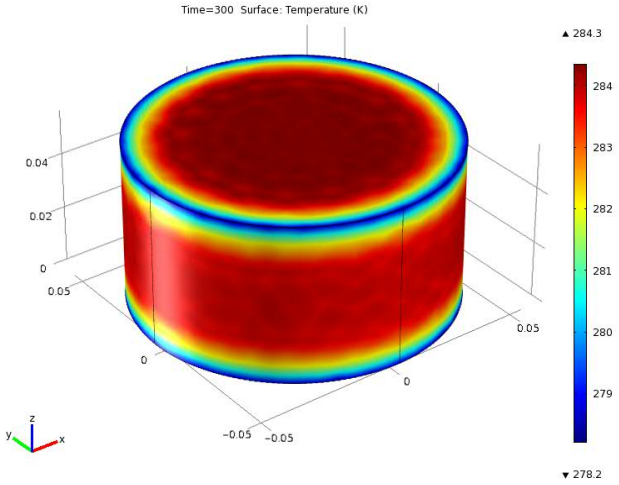


Gráfico B.2.7. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 5 minutos]

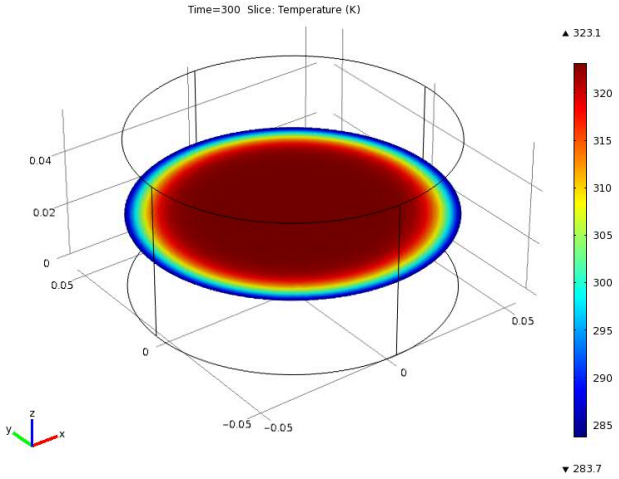


Gráfico B.2.8. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 5 minutos]

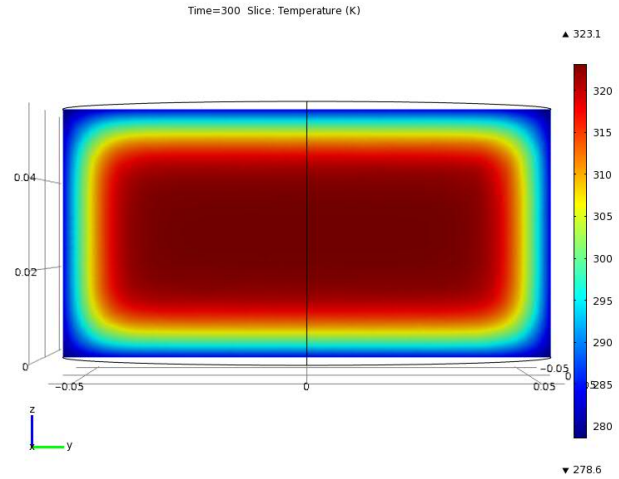


Gráfico B.2.9. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 5 minutos]

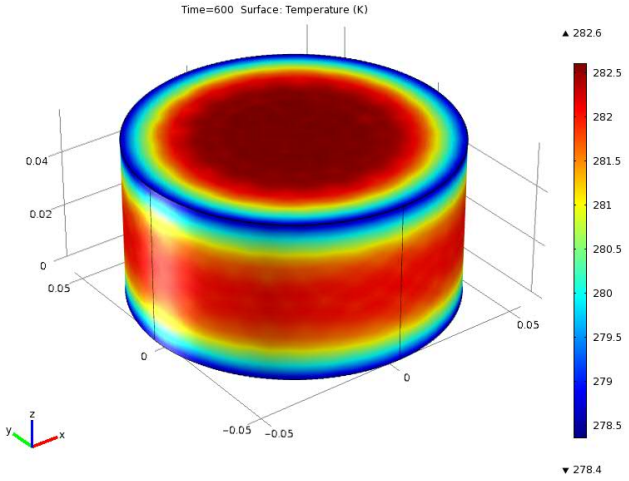


Gráfico B.2.10. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 10 minutos]

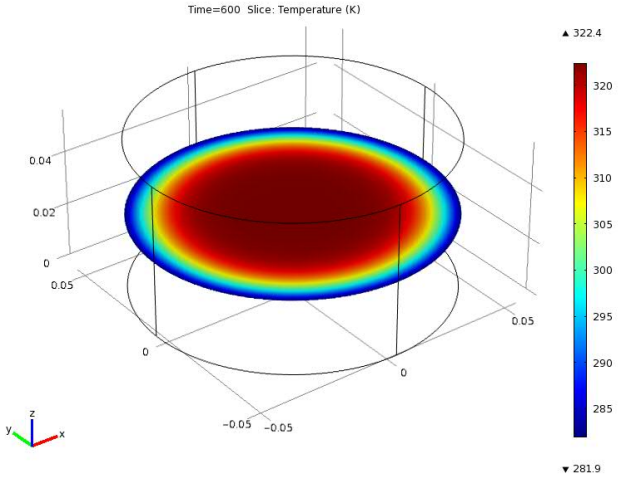


Gráfico B.2.11. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 10 minutos]

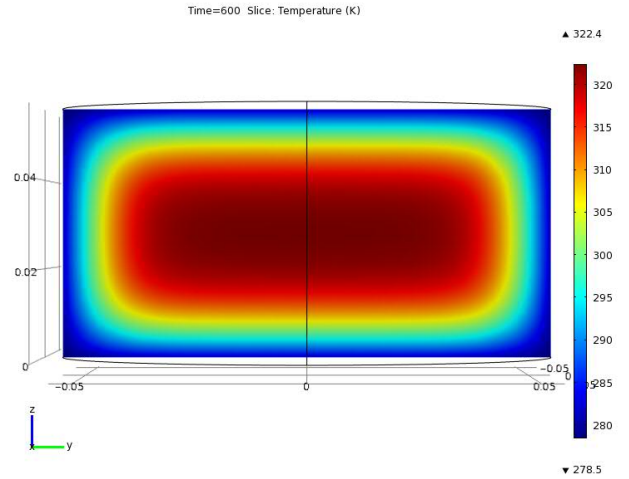


Gráfico B.2.12. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 10 minutos]

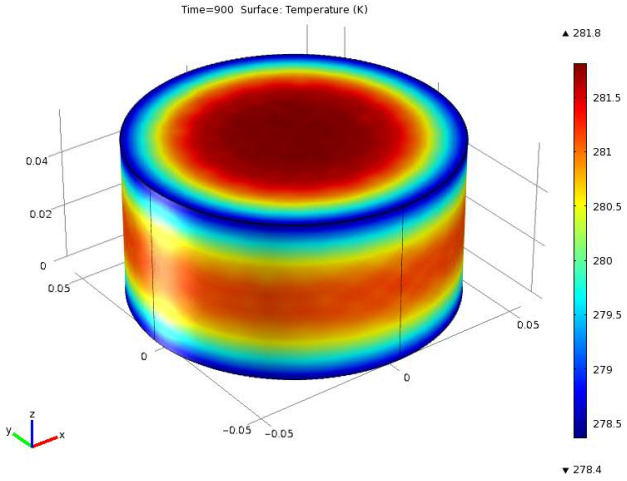


Gráfico B.2.13. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 15 minutos]

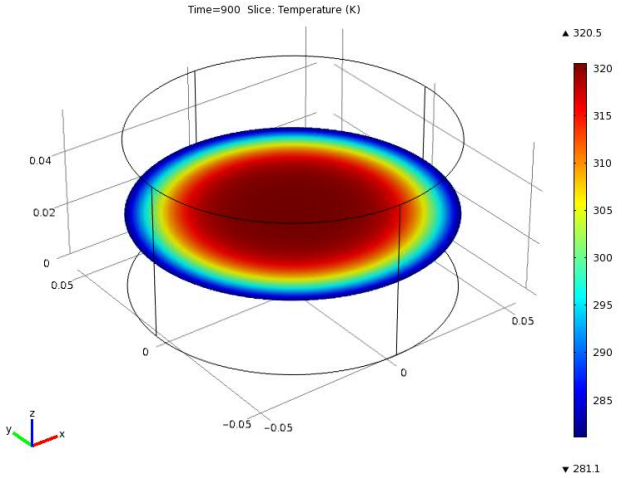


Gráfico B.2.14. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 15 minutos]

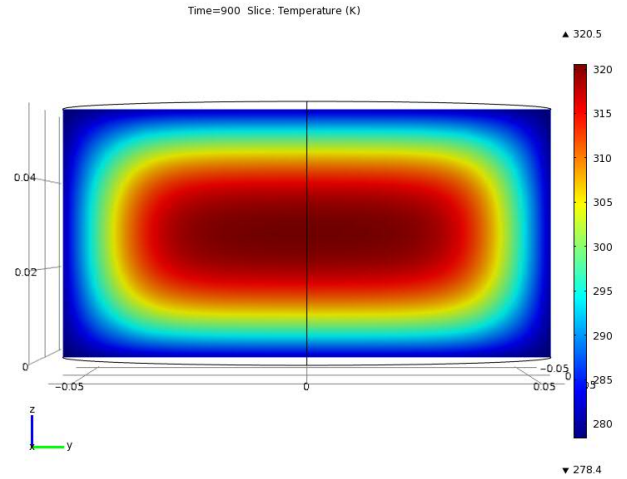


Gráfico B.2.15. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 15 minutos]

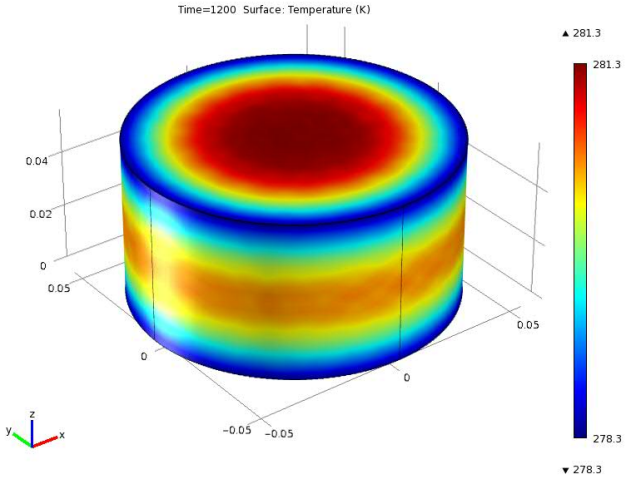


Gráfico B.2.16. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 20 minutos]

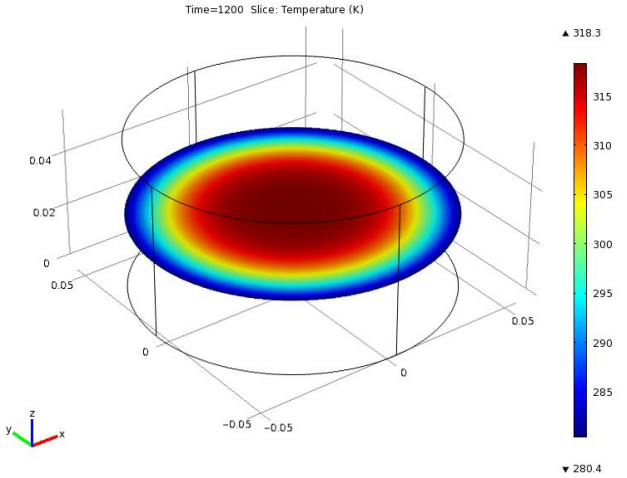


Gráfico B.2.17. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 20 minutos]

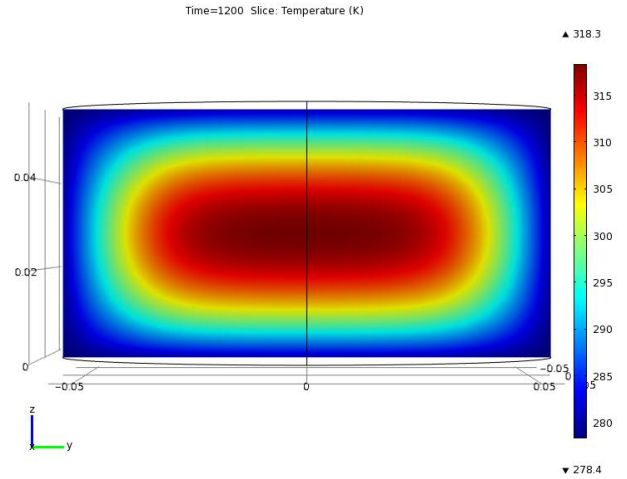


Gráfico B.2.18. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 20 minutos]

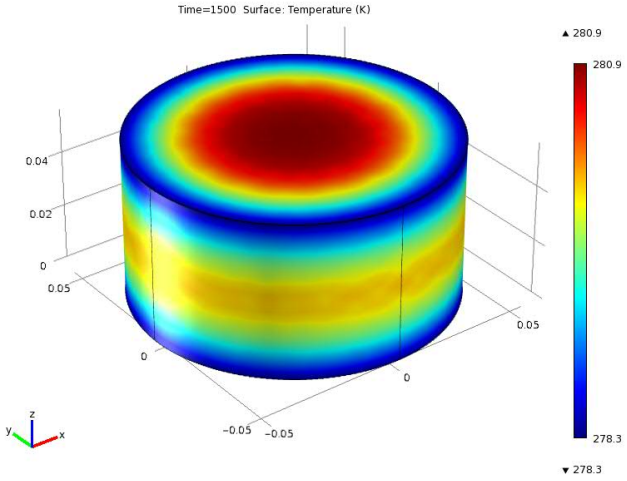


Gráfico B.2.19. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 25 minutos]

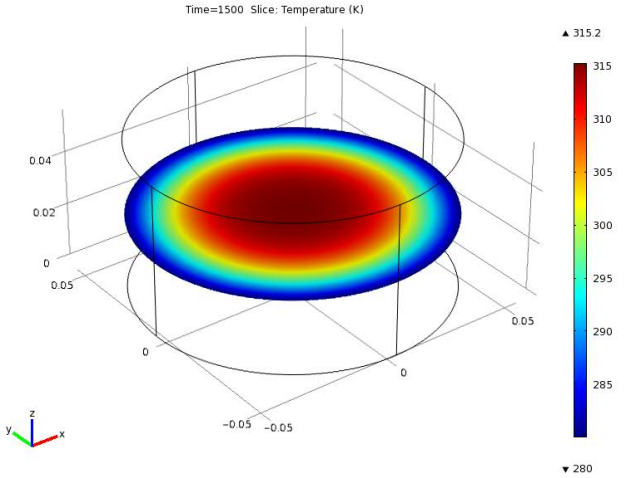


Gráfico B.2.20. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 25 minutos]

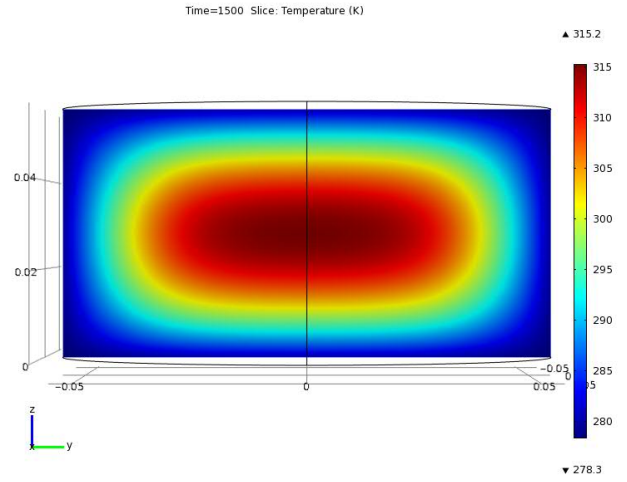


Gráfico B.2.21. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 25 minutos]

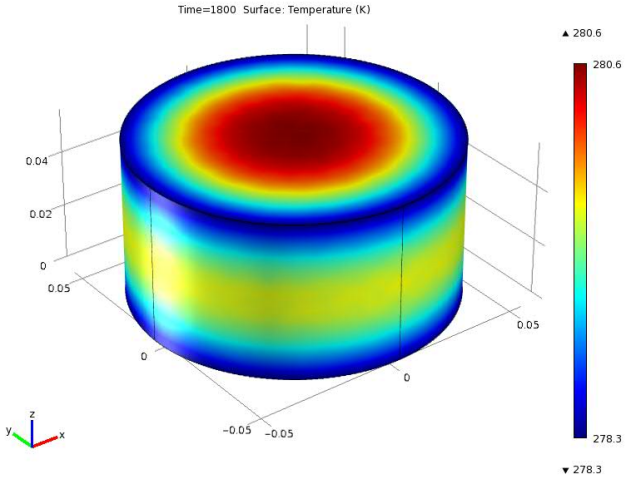


Gráfico B.2.22. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 30 minutos]

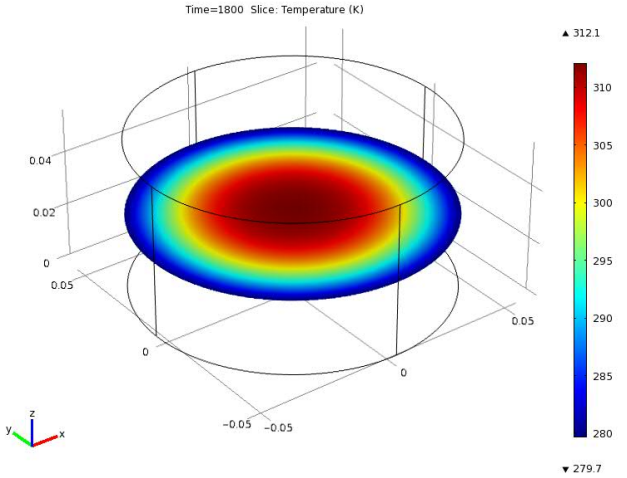


Gráfico B.2.23. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 30 minutos]

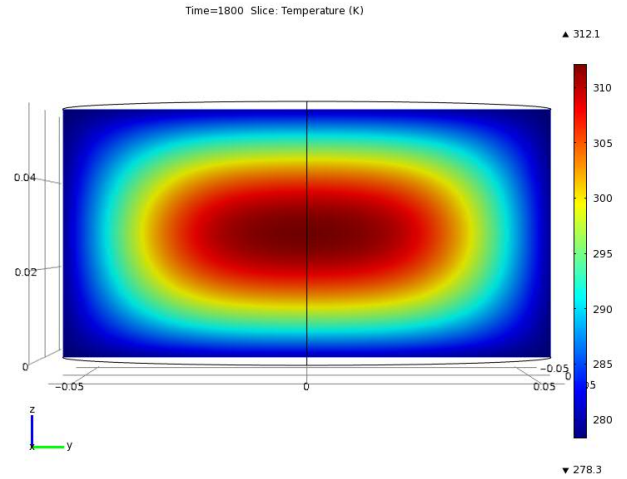


Gráfico B.2.24. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 30 minutos]

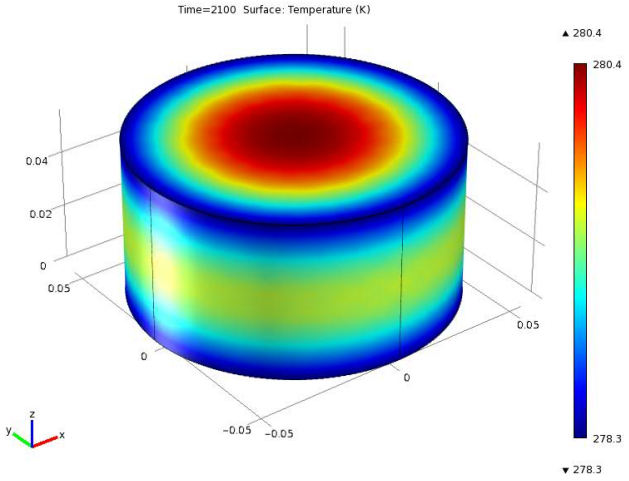


Gráfico B.2.25. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 35 minutos]

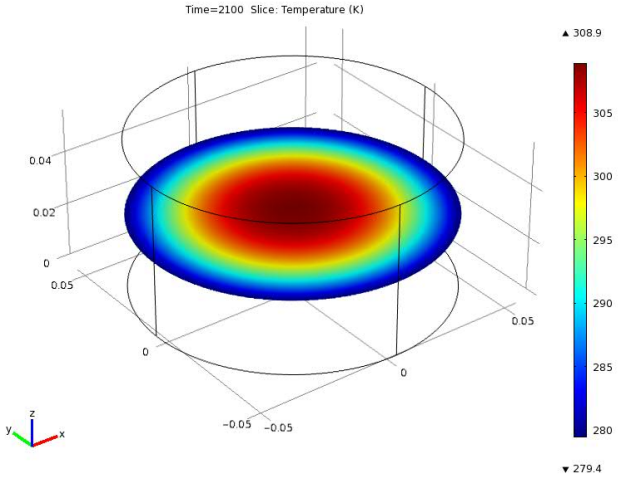


Gráfico B.2.26. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 35 minutos]

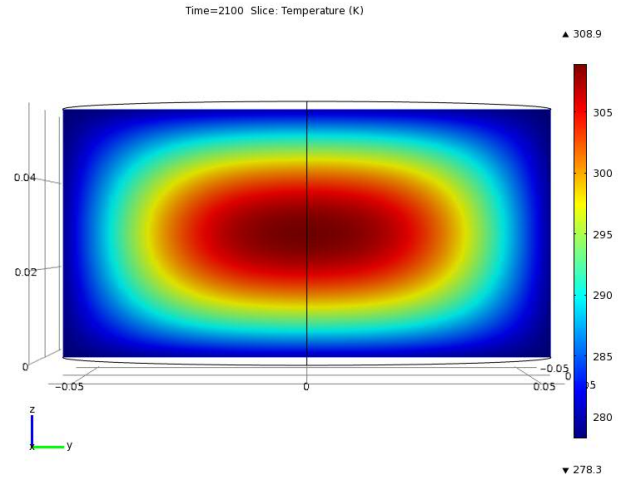


Gráfico B.2.27. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 35 minutos]

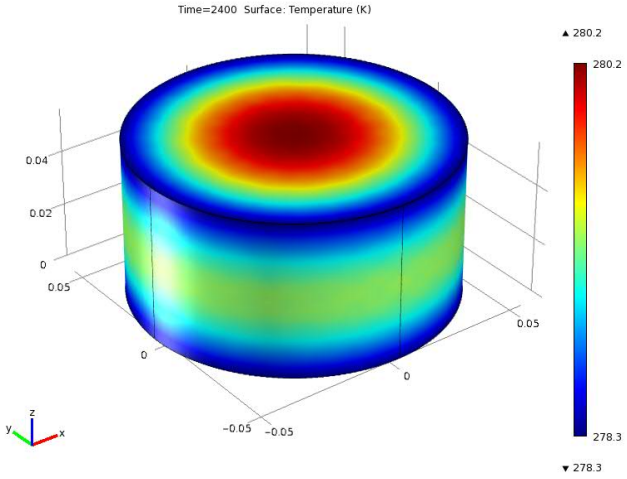


Gráfico B.2.28. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 40 minutos]

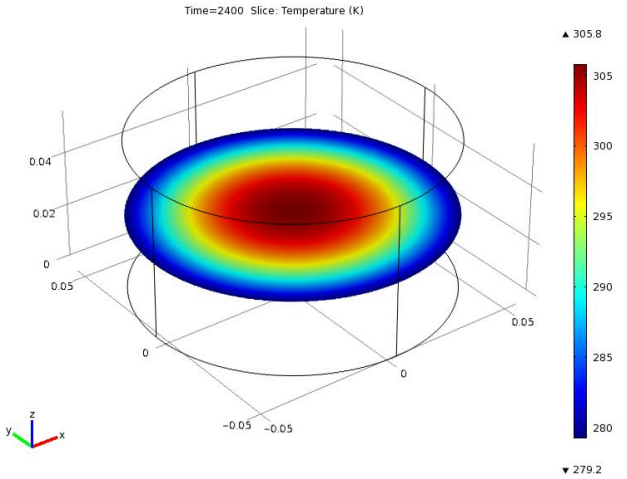


Gráfico B.2.29. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 40 minutos]

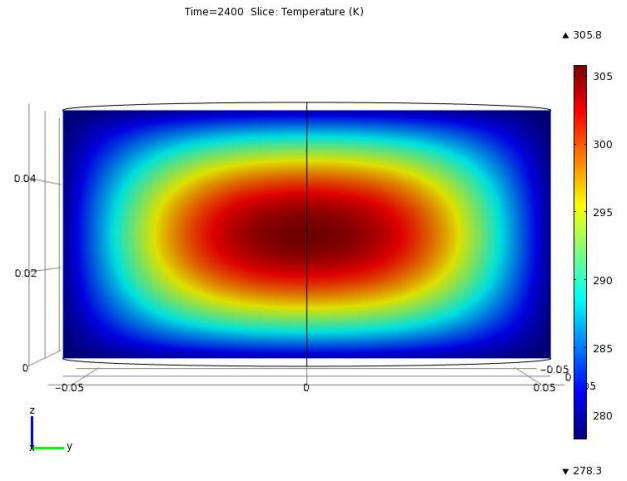


Gráfico B.2.30. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 40 minutos]

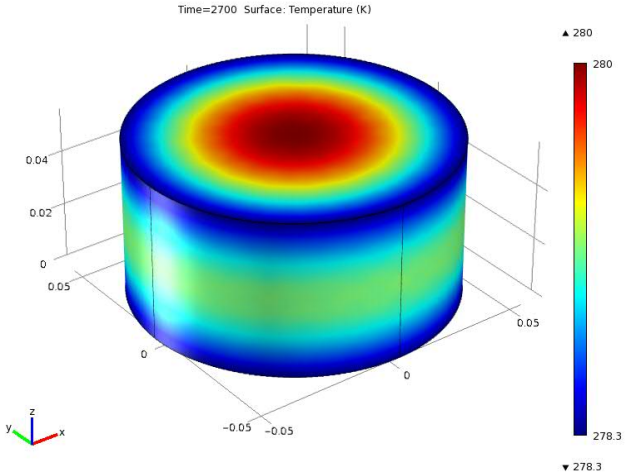


Gráfico B.2.31. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 45 minutos]

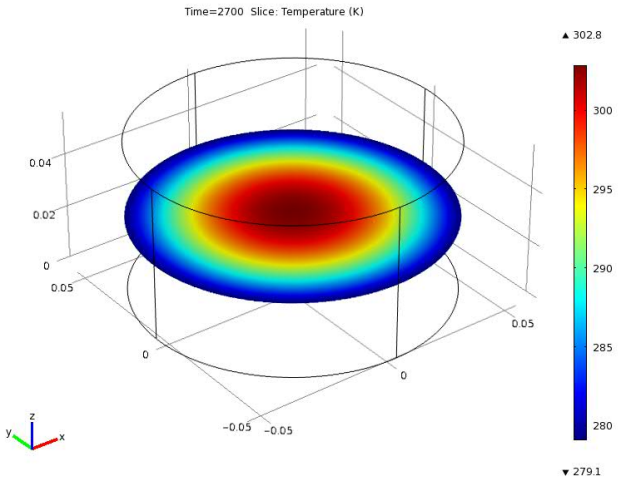


Gráfico B.2.32. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 45 minutos]

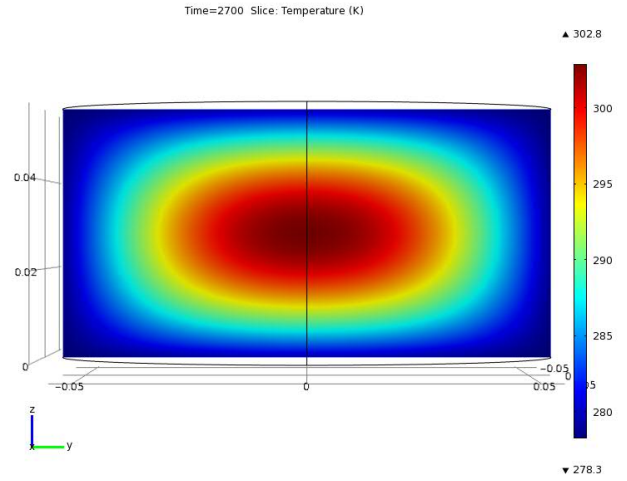


Gráfico B.2.33. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 45 minutos]

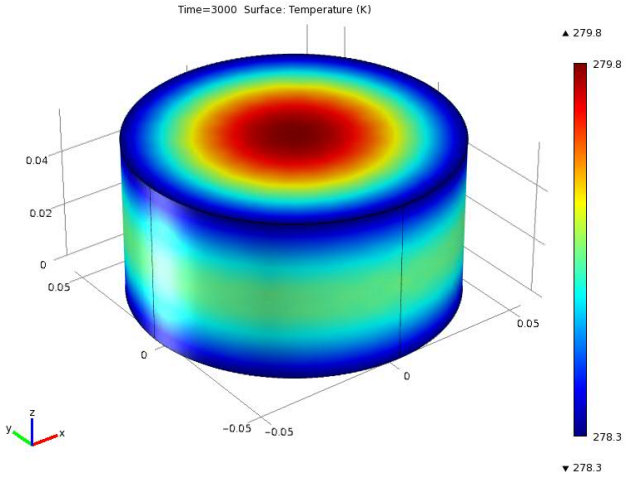


Gráfico B.2.34. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 50 minutos]

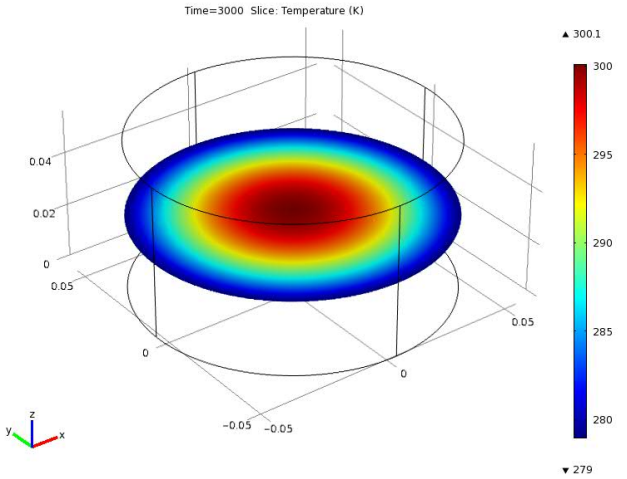


Gráfico B.2.35. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 50 minutos]

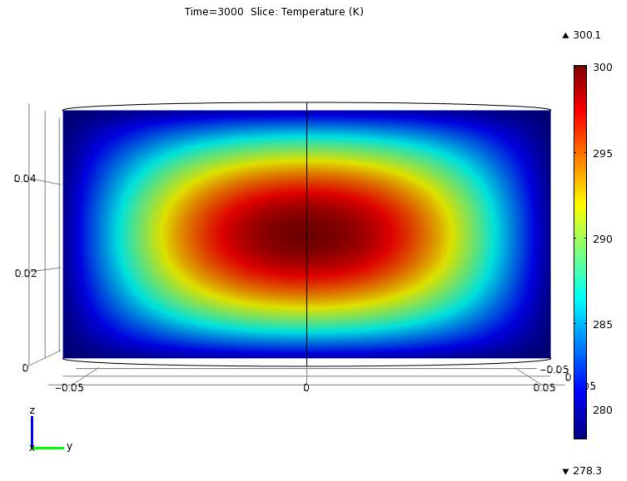


Gráfico B.2.36. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 50 minutos]

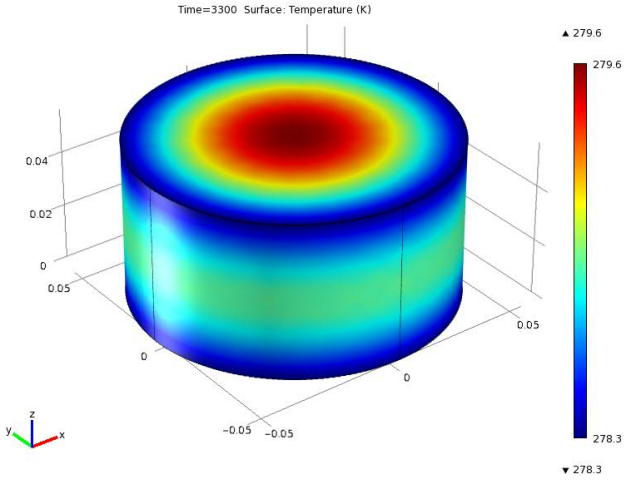


Gráfico B.2.37. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 55 minutos]

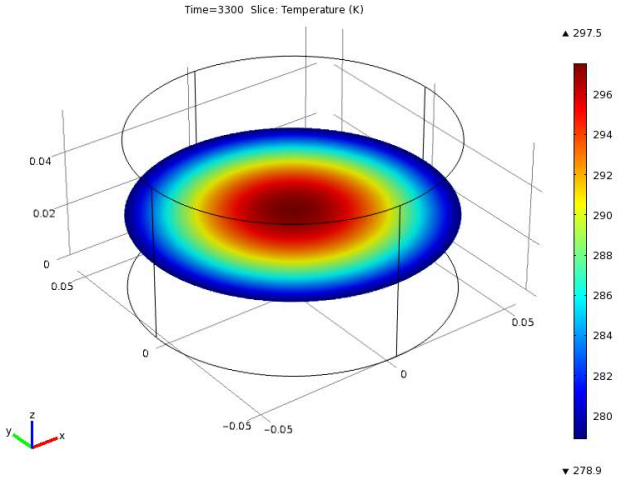


Gráfico B.2.38. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 55 minutos]

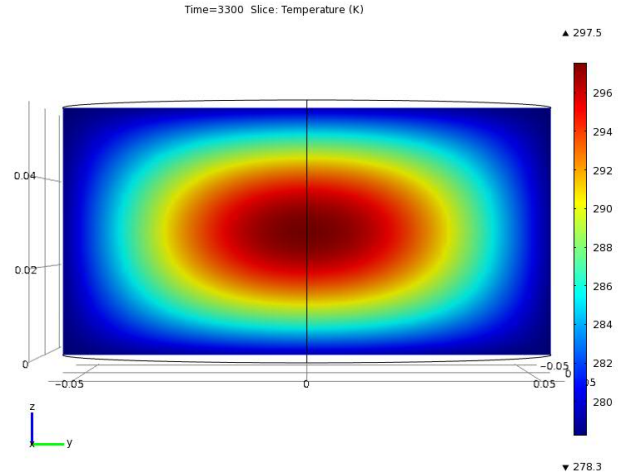


Gráfico B.2.39. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 55 minutos]

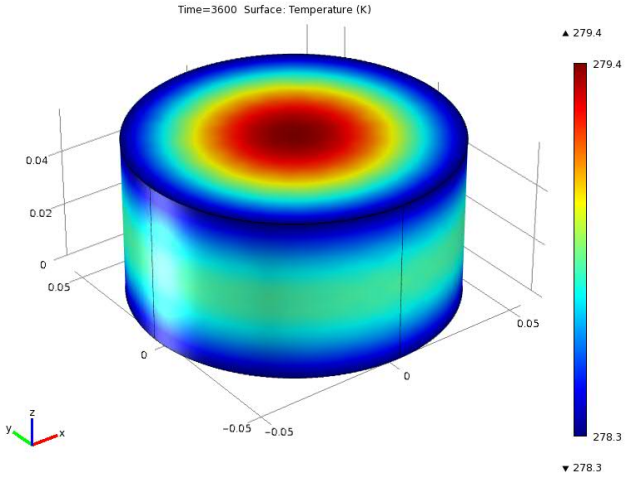


Gráfico B.2.40. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 60 minutos]

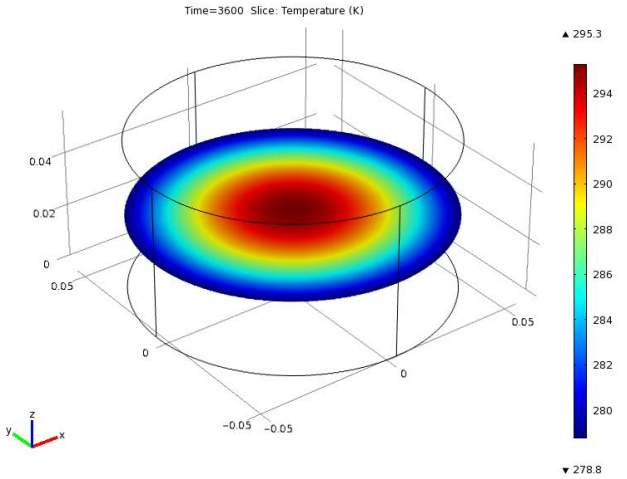


Gráfico B.2.41. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 60 minutos]

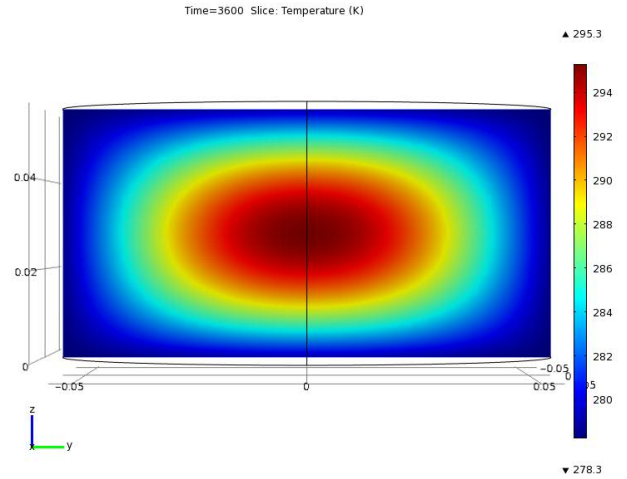


Gráfico B.2.42. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 60 minutos]

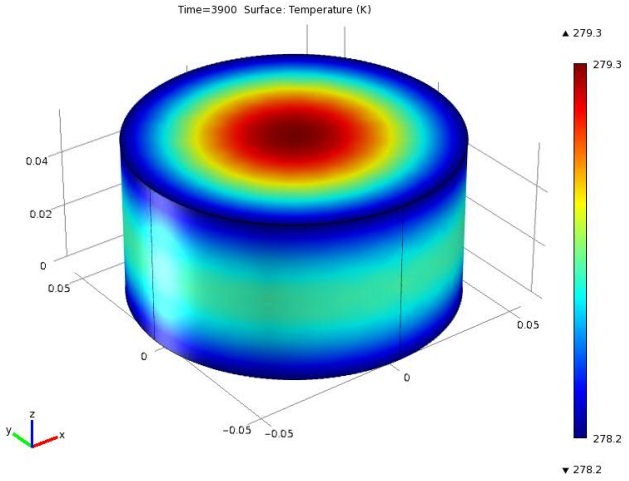


Gráfico B.2.43. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 65 minutos]

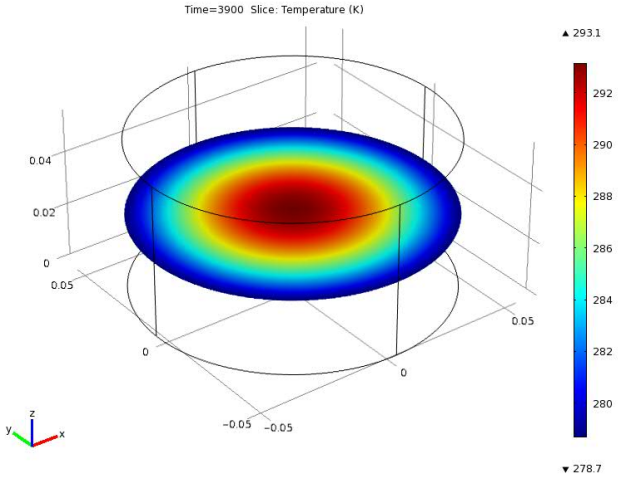


Gráfico B.2.44. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 65 minutos]

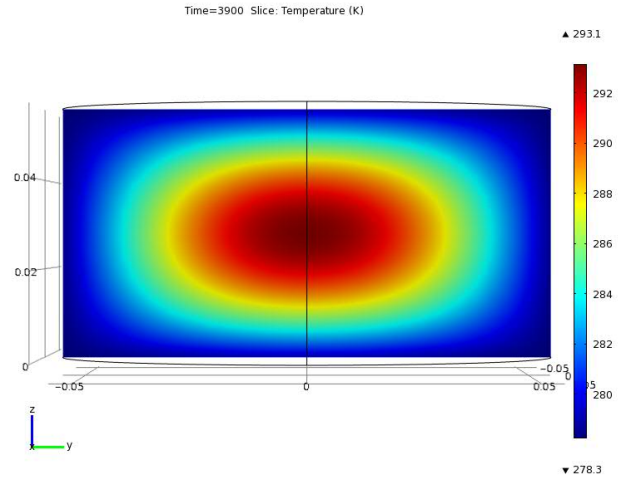


Gráfico B.2.45. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 65 minutos]

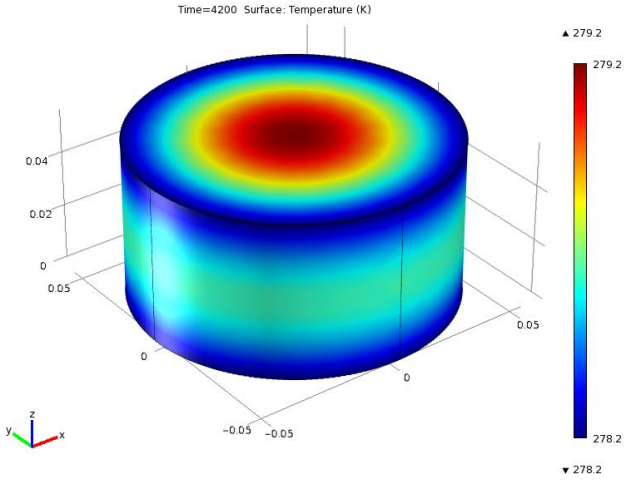


Gráfico B.2.46. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 70 minutos]

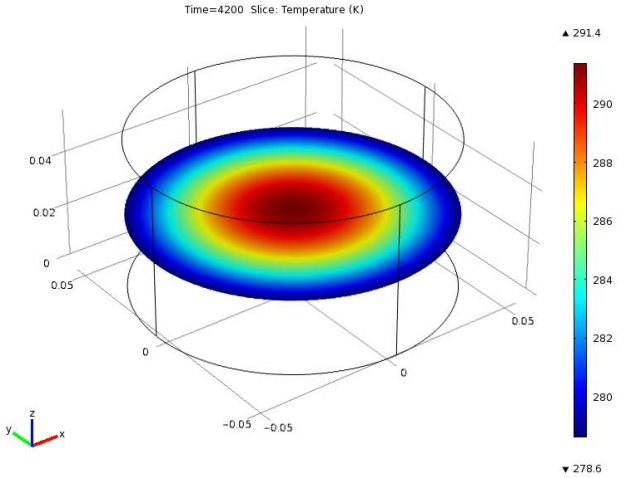


Gráfico B.2.47. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 70 minutos]

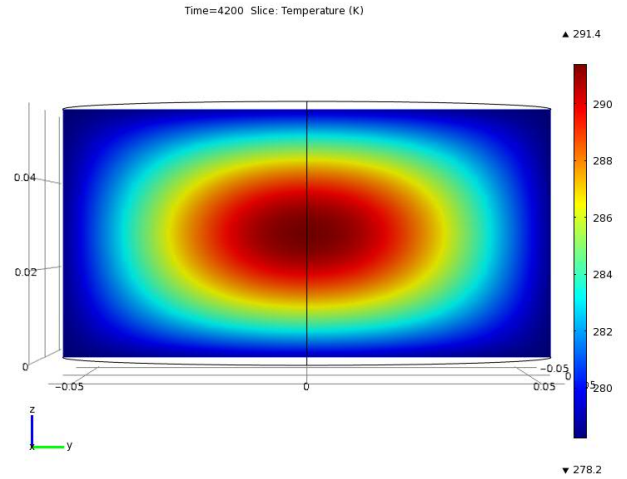


Gráfico B.2.48. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 70 minutos]

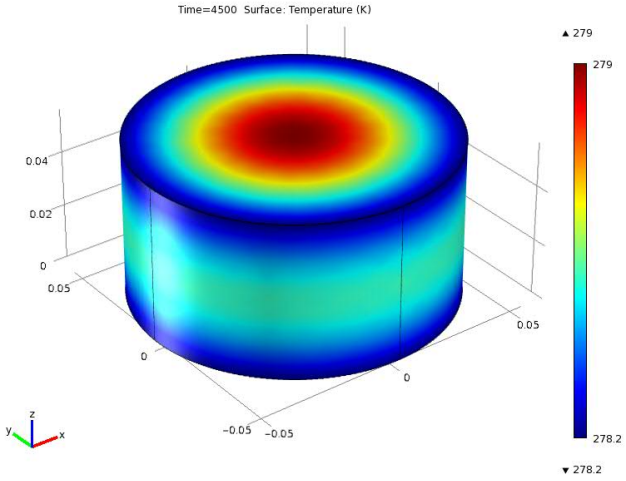


Gráfico B.2.49. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 75 minutos]

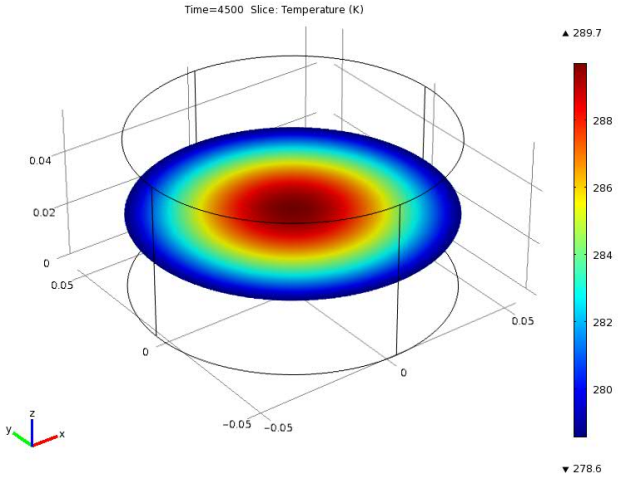


Gráfico B.2.50. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 75 minutos]

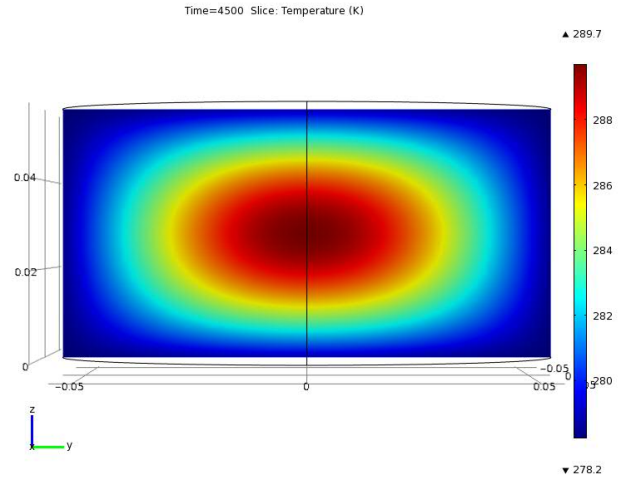


Gráfico B.2.51. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 75 minutos]

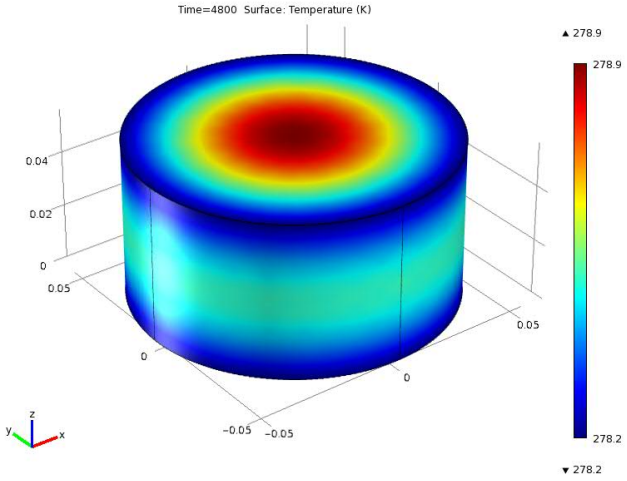


Gráfico B.2.52. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 80 minutos]

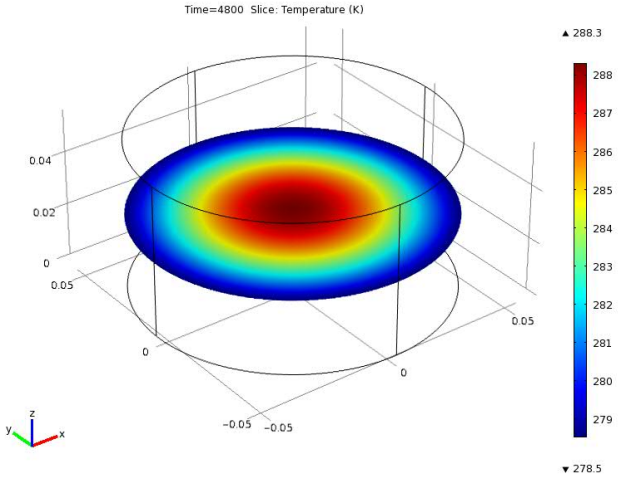


Gráfico B.2.53. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 80 minutos]

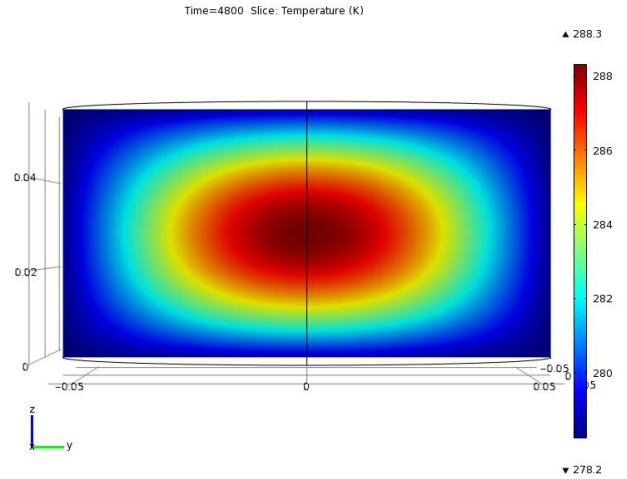


Gráfico B.2.54. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 80 minutos]

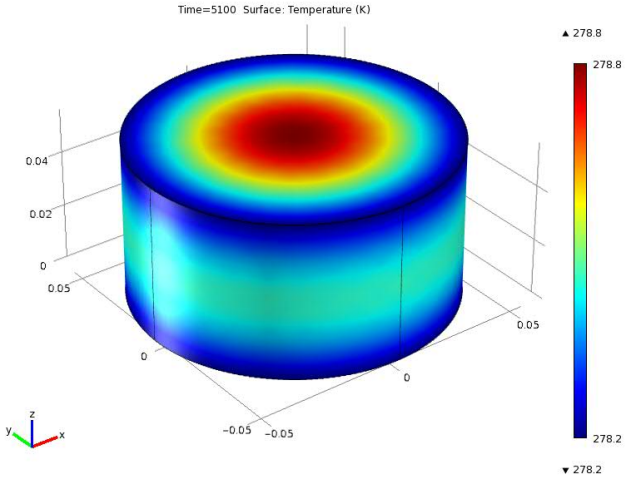


Gráfico B.2.55. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 85 minutos]

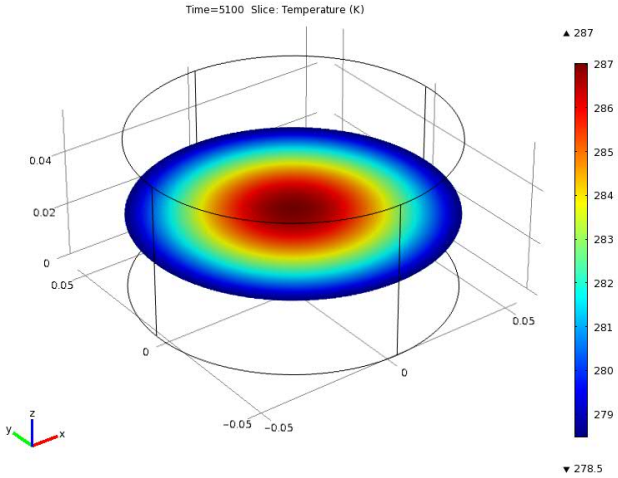


Gráfico B.2.56. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 85 minutos]

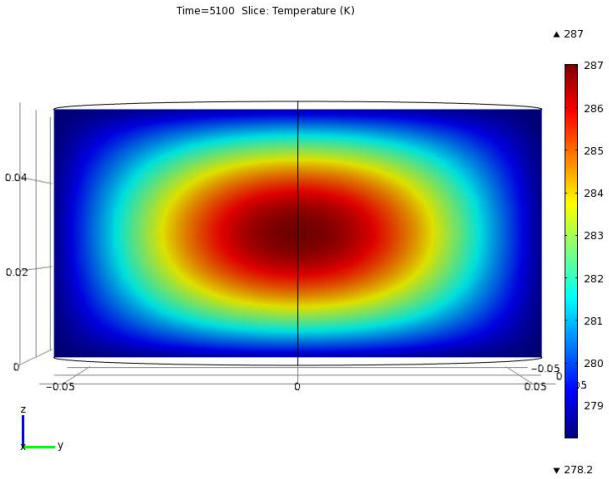


Gráfico B.2.57. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 85 minutos]

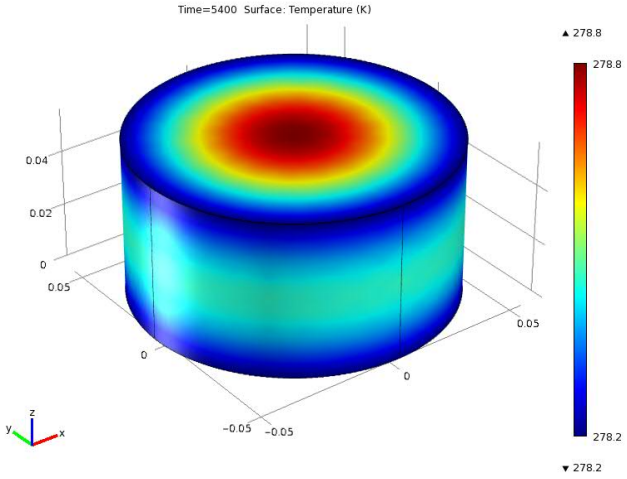


Gráfico B.2.58. Vista externa [enfriamiento del queso Mozzarella a los 90 minutos]

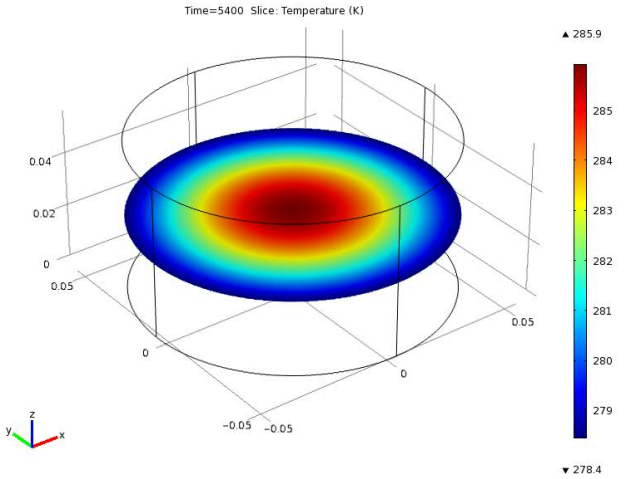


Gráfico B.2.59. Vista longitudinal [enfriamiento del queso Mozzarella a los 90 minutos]

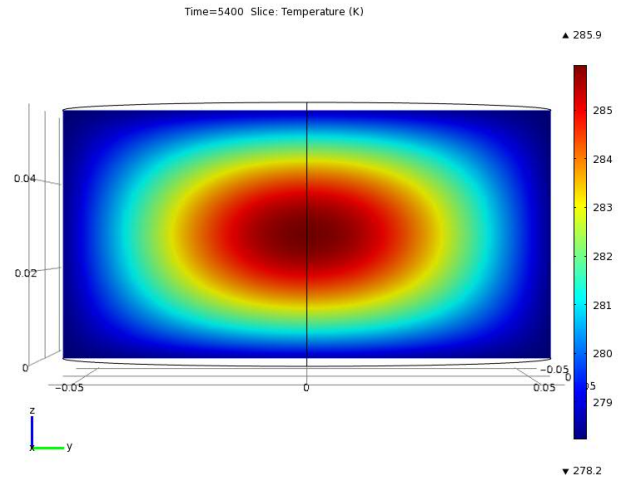


Gráfico B.2.60. Vista transversal [enfriamiento en el queso Mozzarella a los 90 minutos]

Anexo B-3

"Perfiles de Temperatura Experimentales y Simulado"

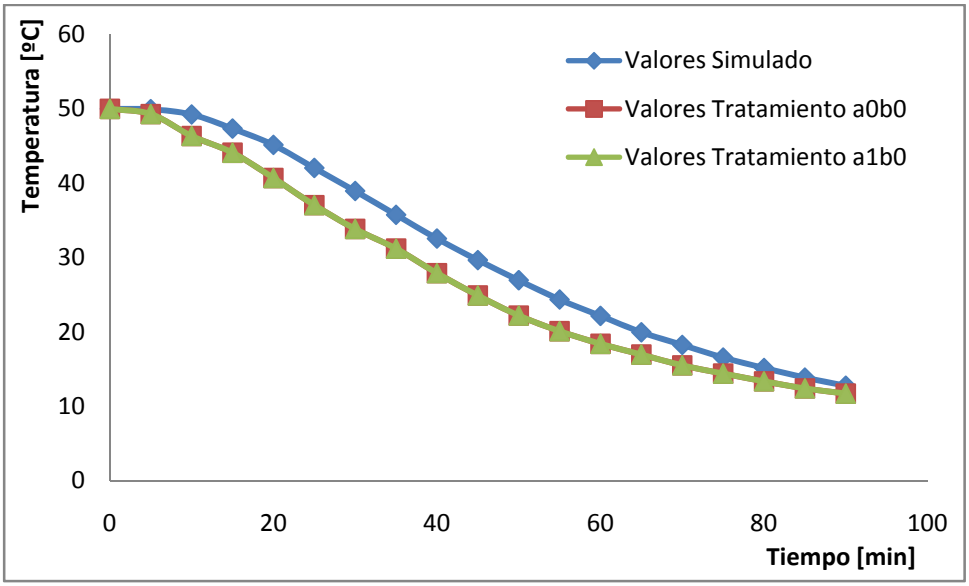


Gráfico B.3.1. Valores experimentales y simulado de historias de temperaturas en queso Mozzarella en los tratamientos a0b0 y a1b0

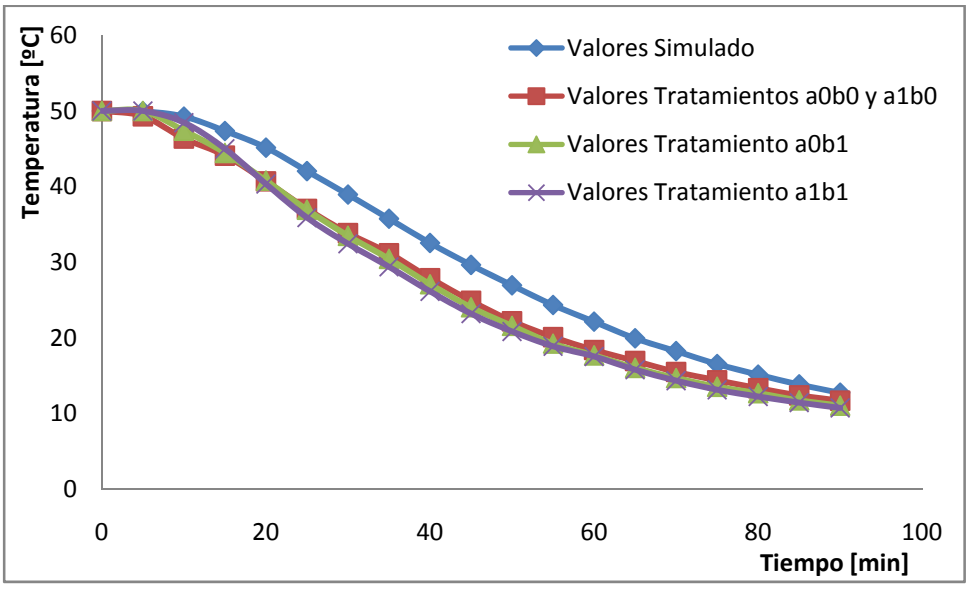


Gráfico B.3.2. Valores experimentales y simulado de historias de temperaturas en queso Mozzarella en los tratamientos a0b0, a1b0, a0b1 y a1b1

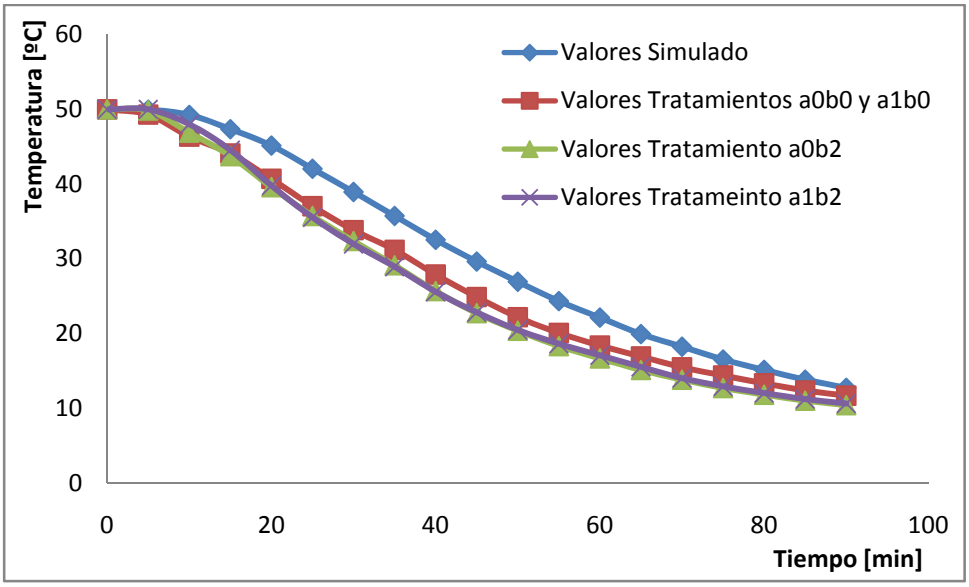


Gráfico B.3.3. Valores experimentales y simulado de historias de temperaturas en queso Mozzarella en los tratamientos a0b0, a1b0, a0b2 y a1b2

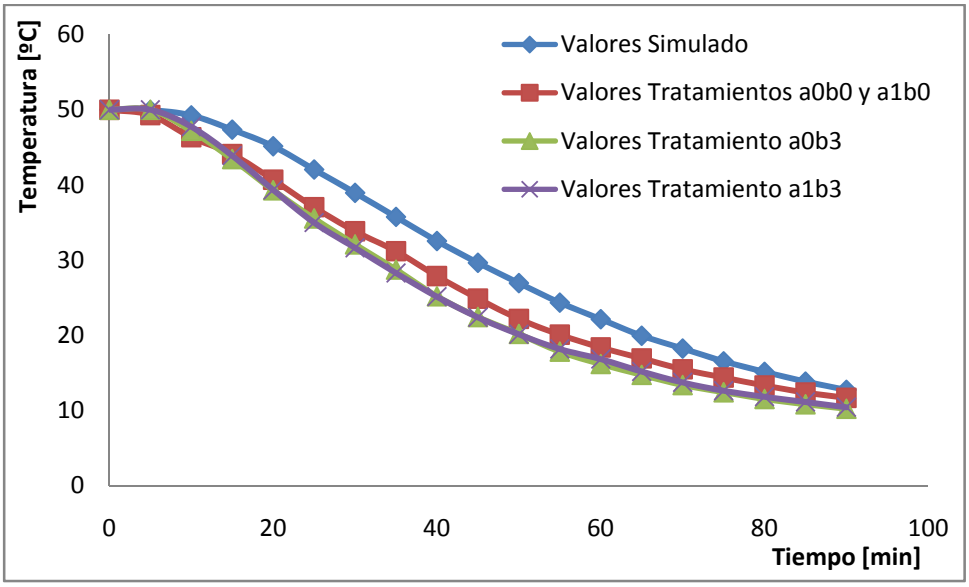


Gráfico B.3.4. Valores experimentales y simulado de historias de temperaturas en queso Mozzarella en los tratamientos a0b0, a1b0, a0b3 y a1b3

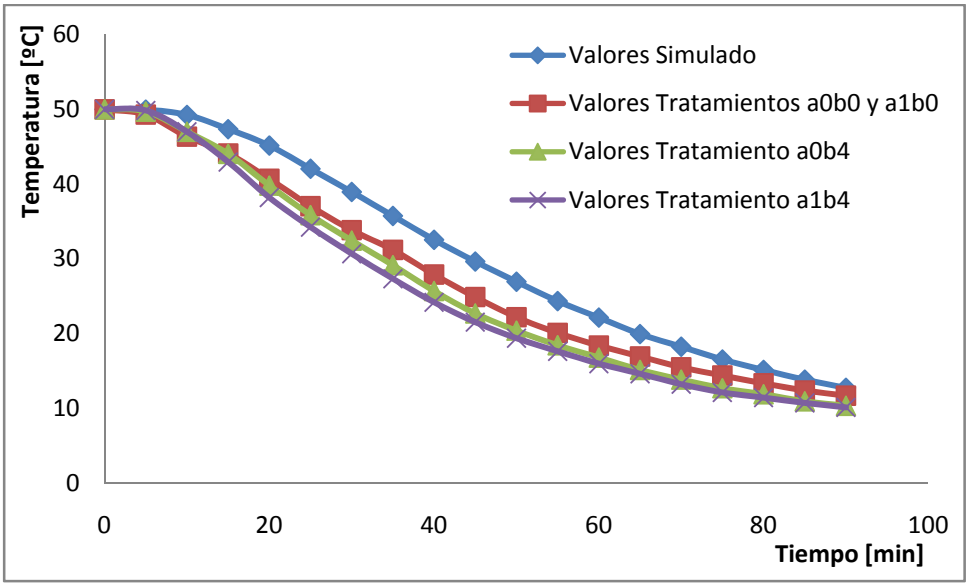


Gráfico B.3.5. Valores experimentales y simulado de historias de temperaturas en queso Mozzarella en los tratamientos a0b0, a1b0, a0b4 y a1b4

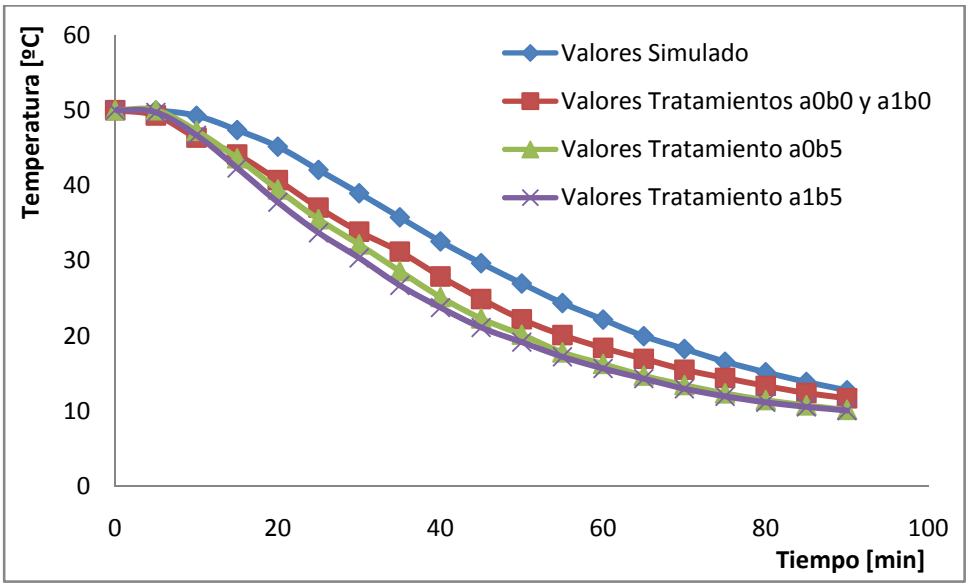


Gráfico B.3.6. Valores experimentales y simulado de historias de temperaturas en queso Mozzarella en los tratamientos a0b0, a1b0, a0b5 y a1b5

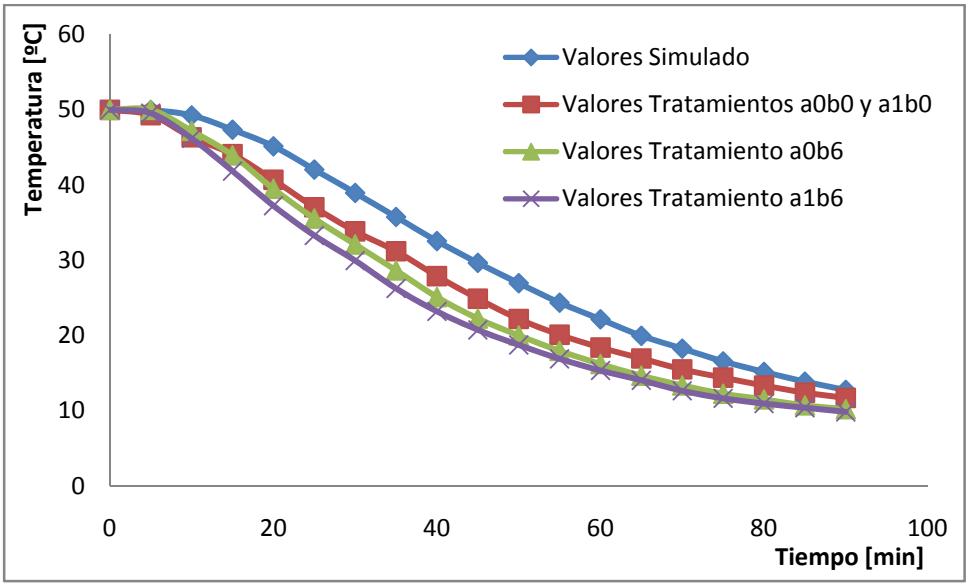


Gráfico B.3.7. Valores experimentales y simulado de historias de temperaturas en queso Mozzarella en los tratamientos a0b0, a1b0, a0b6 y a1b6.

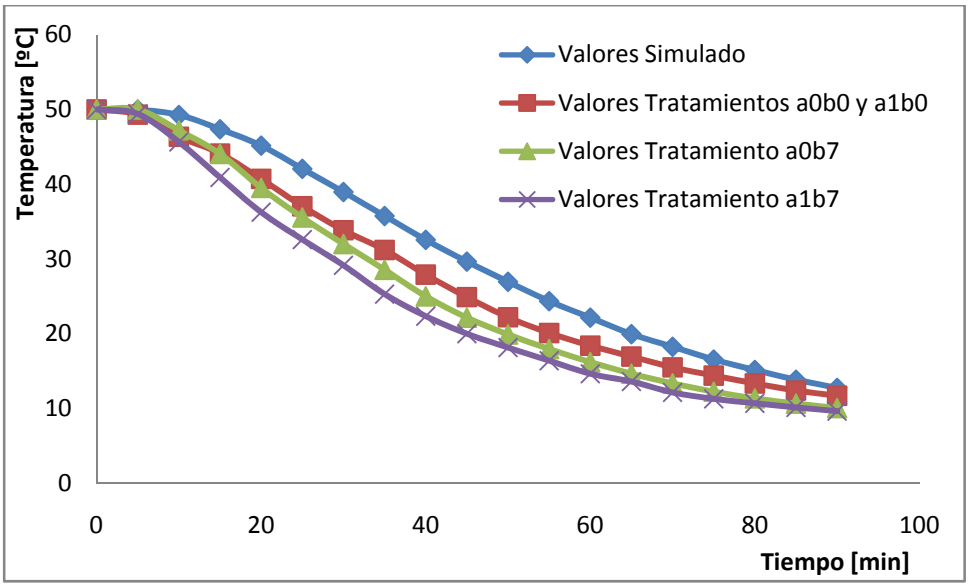


Gráfico B.3.8. Valores experimentales y simulado de historias de temperaturas en queso Mozzarella en los tratamientos a0b0, a1b0, a0b7 y a1b7.

Anexo B-4

"Análisis Microbiológico y Tiempo de Vida Útil"

Tabla Nº B.4.1. Recuento de microorganismos en queso Mozzarella, mejor tratamiento a0b4 "0,30% carboximetilcelulosa" a temperatura ambiente 20 ºC con funda

	Replica 1	Replica 2
Tiempo [horas]	Bacterias Mesófilas [UFC/g]	Bacterias Mesófilas [UFC/g]
48	$12x10^3$	1010^3
120	$28x10^3$	$25x10^3$
240	$40x10^3$	$45x10^3$
360	$65x10^3$	$57x10^3$

Elaborado por: Luis Guano

Tabla Nº B.4.2. Recuento de microorganismos en queso Mozzarella, el mejor tratamiento a0b4 "0,30% carboximetilcelulosa" a temperatura de refrigeración 5 ºC con funda

	Replica 1	Replica 2
Tiempo [horas]	Bacterias Mesófilas [UFC/g]	Bacterias Mesófilas [UFC/g]
48	$3x10^3$	$5x10^3$
120	$7x10^3$	$6x10^3$
240	$9x10^3$	$11x10^3$
360	$15x10^3$	$13x10^3$

Elaborado por: Luis Guano

Tabla Nº B.4.3. Valores en función logarítmica de UFC/g para calcular la vida útil de queso Mozzarella, en el mejor tratamiento a0b4 "0,30% carboximetilcelulosa" a temperatura ambiente 20 ºC con funda

	Replica 1	Replica 2	Promedio
Tiempo [horas]	Bacterias Mesófilas Ln [UFC/g]	Bacterias Mesófilas Ln [UFC/g]	Bacterias Mesófilas Ln [UFC/g]
48	9,3927	9,2103	9,3015
120	10,2399	10,1266	10,1832
240	10,5966	10,7144	10,6555
360	11,0821	10,9508	11,0165

Elaborado por: Luis Guano

Tabla Nº B.4.4. Valores en función logarítmica de UFC/g para calcular la vida útil de queso Mozzarella, en el mejor tratamiento a0b4 "0,30% carboximetilcelulosa" a temperatura de refrigeración 5 ºC con funda

	Replica 1	Replica 2	Promedio
Tiempo [horas]	Bacterias Mesófilas Ln [UFC/g]	Bacterias Mesófilas Ln [UFC/g]	Bacterias Mesófilas Ln [UFC/g]
48	8,0064	8,5172	8,2618
120	8,8537	8,6995	8,7766
240	9,1050	9,3057	9,2053
360	9,6158	9,4727	9,5443

Elaborado por: Luis Guano

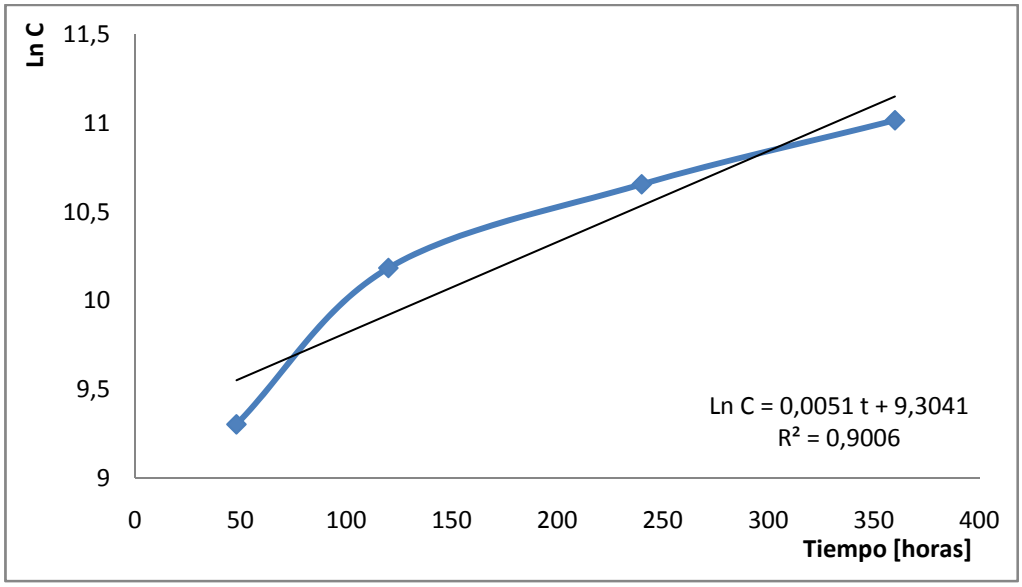


Gráfico B.4.1. Ln de la concentración de microorganismos vs. tiempo de queso Mozzarella a temperatura ambiente de 20 ºC con funda

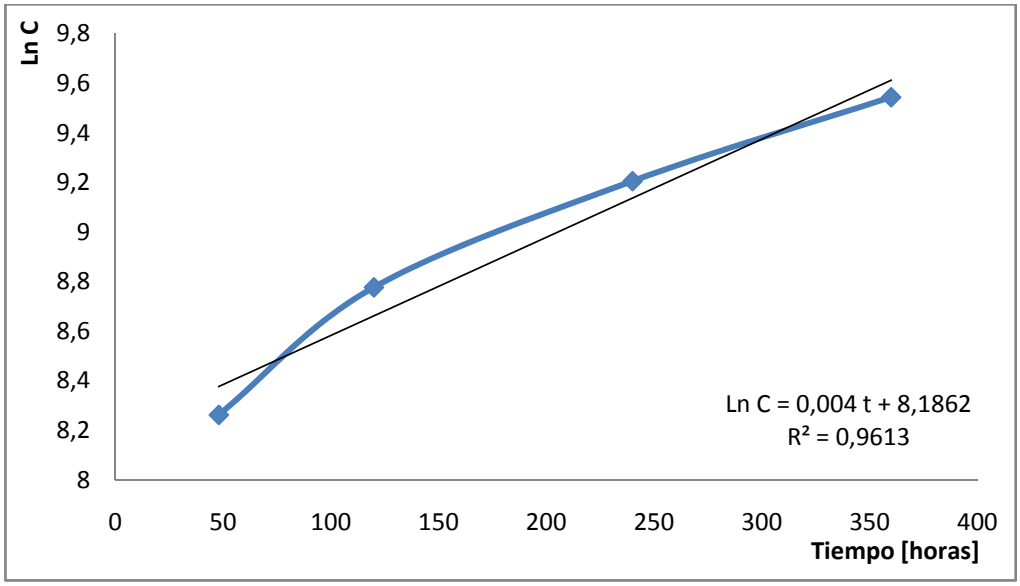


Gráfico B.4.2. Ln de la concentración de microorganismos vs. tiempo de queso Mozzarella a temperatura de refrigeración a 5 ºC con funda

ANEXO C

RESUMEN DE ECUACIONES

Conducción de Calor

La distribución de temperatura en un medio, es decir, la variación de la temperatura con la posición y con el tiempo. Una vez que esta distribución es conocida, se puede calcular el flujo de calor en cualquier punto, a partir de la Ley de Fourier.

Para la deducción de la ecuación hacemos uso de la ecuación general del balance:

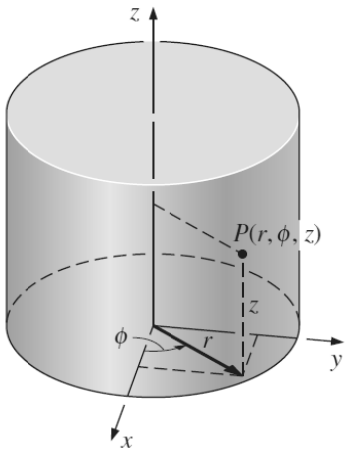


Gráfico C.1. Plano en Coordenadas Cilíndricas

Acumulación = Entrada – Salida + Generación – Consumo

$$\text{Acumulacion} = \rho C_P \frac{\partial T}{\partial t} r\, dr\, d\phi\, dz$$

$$\text{Entrada} = q_r + q_\phi + q_z$$

$$\text{Salida} = q_{r+dr} + q_{\phi+d\phi} + q_{z+dz}$$

$$\text{Generación} = \dot{q} r dr\, d\phi\, dz$$

$$\text{Consumo} = 0$$

Reemplazamos los términos en la ecuación general del balance:

$$\rho C_P \frac{\partial T}{\partial t} r\, dr\, d\phi\, dz = q_r + q_\phi + q_z - (q_{r+dr} + q_{\phi+d\phi} + q_{z+dz}) + \dot{q}$$

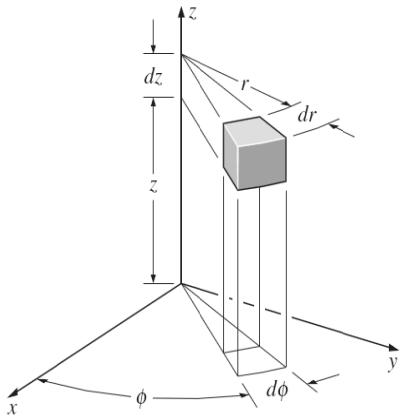


Gráfico C.2. Volumen de control en coordenadas cilíndricas

La ley de Fourier gobierna la transferencia de calor por conducción:

$$q = -k\, A \frac{\partial T}{\partial x}$$

Al reemplazar en la ecuación del balance, se obtiene:

$$\rho C_P \frac{\partial T}{\partial t} r\, dr\, d\phi\, dz = -\frac{\partial}{\partial r}\left(-k_r r \frac{\partial T}{\partial r}\right) dr\, d\phi\, dz - \frac{\partial}{\partial \phi}\left(-k_\phi \frac{\partial T}{\partial \phi}\right) \frac{dr\, d\phi\, dz}{r} - \frac{\partial}{\partial z}\left(-k_z \frac{\partial T}{\partial r}\right) r\, dr\, d\phi\, dz + \dot{q}\, r\, dr\, d\phi\, dz$$

Ecuación general tridimensional en coordenadas cilíndricas

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r.\frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial \phi}\left(\frac{\partial T}{\partial \phi}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial T}{\partial z}\right) + \frac{q_{gen}}{k} = \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$$

Métodos de Diferencias Finitas

El método numérico más difundido para la solución de ecuaciones diferenciales parciales es el de sustituir las derivadas por sus equivalentes en diferencias finitas, de acuerdo con lo siguiente:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T_{m,n}^{p+1} - T_{m,n}^{p}}{\Delta t}$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = \frac{T_{m+1,n}^{p} - T_{m,n}^{p}}{\Delta r}$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} = \frac{T_{m+1,n}^{p} - 2T_{m,n}^{p} + T_{m-1,n}^{p}}{\Delta r^2}$$

De esta manera, una ecuación, una ecuación en derivadas parciales se convierte en algebraica cuyas variables es común representarlas en una red de puntos distribuidos igualmente en el espacio a intervalos Δt y Δr.

Para el estudio que se desee realizar sea en 1, 2, y 3 dimensiones se debe reemplazar sus respectivas derivadas en la ecuación discreta obtenida a partir de la ecuación diferencial, como por ejemplo, para el caso de dos dimensiones:

$$\frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial r^2}$$

Teniendo en cuenta que al resolver estas ecuaciones obtendremos las siguientes expresiones que es el número de Fourier (Fo) y de Biot (Bi) en el caso de tener frontera convectiva.

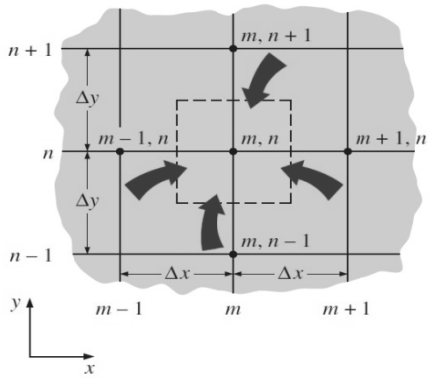
$$Fo = \frac{\alpha\, \Delta t}{\Delta r^2} \qquad\qquad Bi = \frac{h\, \Delta r}{k}$$

Ecuaciones en Diferencias Finitas Bidimensionales Transitoria

($\Delta x = \Delta y = \Delta r$)

Nodo Interior

Elemento de volumen de un nodo interior general (*m, n*) para la conducción de calor en estado transitorio



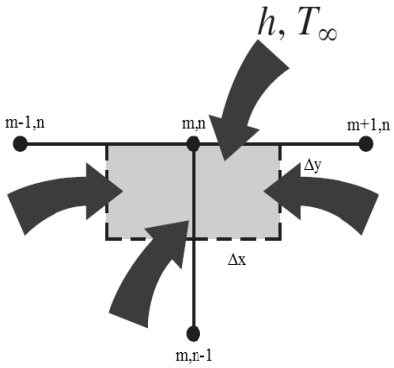
Ecuación en diferencias finitas para un nodo interno

$$T_{m,n}^{p+1} = Fo\,(T_{m+1,n}^{p} + T_{m-1,n}^{p} + T_{m,n+1}^{p} + T_{m,n-1}^{p}) + (1 - 4Fo)\,T_{m,n}^{p}$$

Nodos Frontera en las Paredes

Elementos de área para nodos sujeto a frontera convectiva

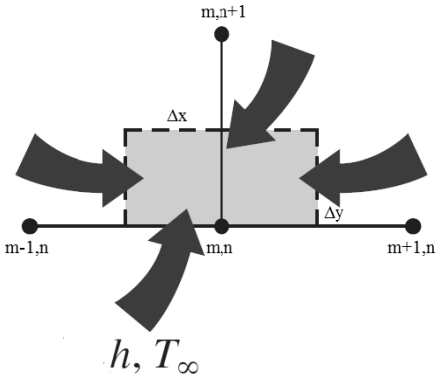
Contorno Superior



Ecuación en diferencias finitas para un nodo en superficie plana en el lado superior con convección

$$T_{m,n}^{p+1} = Fo\left(2T_{m,n-1}^{p} + T_{m-1,n}^{p} + T_{m+1,n}^{p} + 2Bi\,T_{\infty}\right) + \left(1 - 4Fo - 2Bi\,Fo\right)T_{m,n}^{p}$$

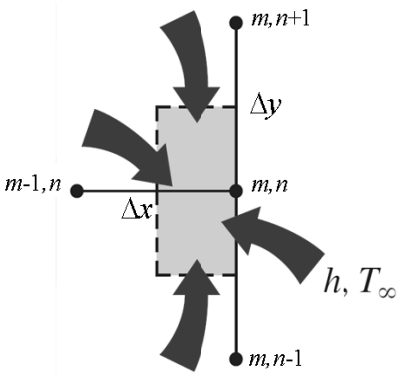
Contorno Inferior



Ecuación en diferencias finitas para un nodo en superficie plana en el lado inferior con convección

$$T_{m,n}^{p+1} = Fo\left(2T_{m,n+1}^{p} + T_{m+1,n}^{p} + T_{m-1,n}^{p} + 2Bi\,T_{\infty}\right) + \left(1 - 4Fo - 2Bi\,Fo\right)T_{m,n}^{p}$$

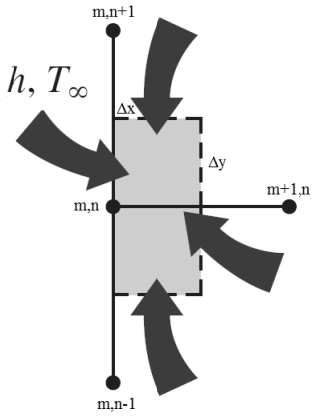
Contorno Derecho



Ecuación en diferencias finitas para un nodo en superficie plana en el lado derecho con convección

$$T_{m,n}^{p+1} = Fo\left(T_{m-1,n}^{p} + T_{m,n+1}^{p} + T_{m,n-1}^{p} + 2Bi\,T\infty\right) + \left(1 - 4Fo - 2Bi\,Fo\right)T_{m,n}^{p}$$

Contorno Izquierdo



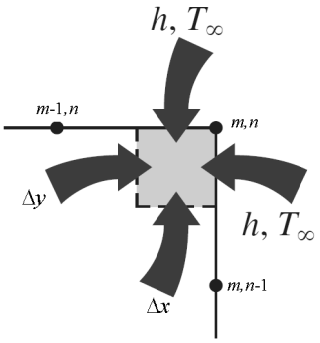
Ecuación en diferencias finitas para un nodo en superficie plana en el lado derecho con convección

$$T_{m,n}^{p+1} = Fo\left(T_{m+1,n}^{p} + T_{m,n+1}^{p} + T_{m,n-1}^{p} + 2Bi\,T\infty\right) + \left(1 - 4Fo - 2Bi\,Fo\right)T_{m,n}^{p}$$

Nodos Frontera en las Esquinas

Elementos de área para nodos sujeto a frontera convectiva

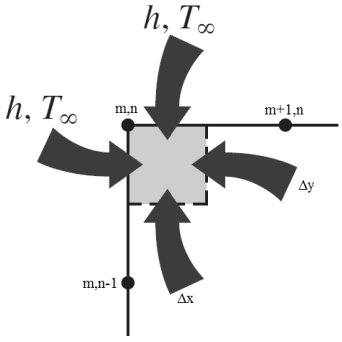
Esquina Superior Derecho



Ecuación en diferencias finitas para un nodo en la esquina del lado superior derecho con convección

$$T_{m,n}^{p+1} = 2Fo\,(T_{m-1,n}^{p} + T_{m,n-1}^{p} + 2Bi\,T\infty) + (1 - 4\,Fo - 4\,Bi\,Fo)\,T_{m,n}^{p}$$

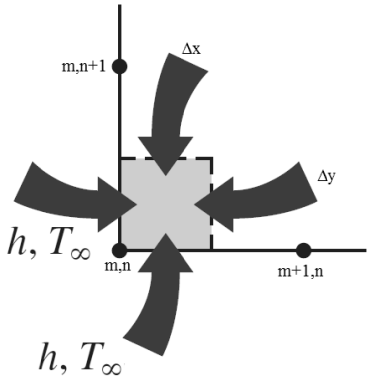
Esquina Superior Izquierdo



Ecuación en diferencias finitas para un nodo en la esquina del lado superior izquierdo con convección

$$T_{m,n}^{p+1} = 2Fo\,(T_{m+1,n}^{p} + T_{m,n-1}^{p} + 2Bi\,T\infty) + (1 - 4\,Fo - 4\,Bi\,Fo)\,T_{m,n}^{p}$$

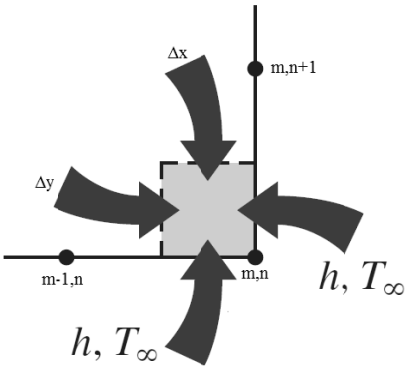
Esquina Inferior Izquierdo



Ecuación en diferencias finitas para un nodo en la esquina del lado inferior izquierdo con convección

$$T_{m,n}^{p+1} = 2Fo\,(T_{m+1,n}^{p} + T_{m,n+1}^{p} + 2Bi\,T\infty) + (1 - 4\,Fo - 4\,Bi\,Fo)\,T_{m,n}^{p}$$

Esquina Inferior Derecho



Ecuación en diferencias finitas para un nodo en la esquina del lado inferior derecho con convección

$$T_{m,n}^{p+1} = 2Fo\,(T_{m-1,n}^{p} + T_{m,n+1}^{p} + 2Bi\,T\infty) + (1 - 4\,Fo - 4\,Bi\,Fo)\,T_{m,n}^{p}$$

ANEXO D

CÁLCULO DE COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Determinación de Coeficiente de Transmisión de Calor por Convección

Para determinar el coeficiente de transferencia de calor por convección (h_c), se debe conocer las propiedades térmicas del aluminio:

Propiedades Térmicas del Aluminio:

Densidad:	2707	[Kg/m^3]
Calor Específico:	0,896	[kJ/kg ºC]
Conductividad Térmica:	203	[W/m ºC]
Difusividad Térmica:	$8,369E^{-5}$	[m^2/s]

Fuente: Barbosa e Ibarz.

A partir de los datos experimentales obtenidos de la variación de la temperatura a través del tiempo, se da a conocer los siguientes resultados:

Datos generales del cilindro de aluminio para determinar el coeficiente de transferencia de calor por convección:

Peso del modelo: 1466,28 [g]

Dimensiones del modelo:

Radio: 5,5 [cm]

Altura: 6,0 [cm]

Temperatura inicial del modelo **(T_0)**: 50 [ºC]

Temperatura del medio fluido **(T_e)**: 5 [ºC]

Tabla Nº D.1. Temperaturas registradas del cilindro de aluminio a diferentes tiempos

	Tratamiento		Replica		Promedio	
tiempo	TCAl	TM	TCAl	TM	TCAl	TM
[min]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0	50,0	**5,0**	50,0	**5,0**	50,00	**5,00**
1	30,2	**6,1**	29,7	**6,0**	29,95	**6,05**
2	22,6	**6,1**	22,1	**6,3**	22,35	**6,20**
3	18,8	**5,9**	18,3	**5,5**	18,55	**5,70**
4	15,3	**5,6**	14,8	**5,2**	15,05	**5,40**
5	13,5	**5,5**	13,0	**5,1**	13,25	**5,30**
6	12,5	**5,5**	12,0	**5,0**	12,25	**5,25**
7	11,7	**5,5**	11,2	**5,0**	11,45	**5,25**
8	11,2	**5,4**	10,7	**5,0**	10,95	**5,20**
9	10,6	**5,2**	10,1	**5,0**	10,35	**5,10**
10	10,2	**5,1**	9,7	**5,0**	9,95	**5,05**
11	9,6	**5,1**	9,1	**5,0**	9,35	**5,05**
12	9,0	**5,1**	8,5	**5,1**	8,75	**5,10**
13	8,6	**5,0**	8,1	**5,1**	8,35	**5,05**
14	7,9	**5,0**	7,4	**5,1**	7,65	**5,05**
15	7,4	**5,0**	6,9	**5,1**	7,15	**5,05**
16	7,1	**5,0**	6,6	**5,0**	6,85	**5,00**
17	6,8	**5,0**	6,3	**5,0**	6,55	**5,00**
18	6,6	**5,0**	6,1	**5,0**	6,35	**5,00**
19	6,5	**5,0**	6,1	**5,1**	6,30	**5,05**
20	6,5	**5,0**	6,0	**5,1**	6,25	**5,05**
21	6,4	**5,0**	6,0	**5,1**	6,20	**5,05**
22	6,4	**5,0**	6,0	**5,0**	6,20	**5,00**
23	6,3	**5,0**	6,0	**5,0**	6,15	**5,00**
24	6,3	**5,1**	5,8	**5,0**	6,05	**5,05**
25	6,2	**5,1**	5,8	**5,0**	6,00	**5,05**
26	6,2	**5,1**	5,8	**5,1**	6,00	**5,10**
27	6,1	**5,1**	5,8	**5,1**	5,95	**5,10**
28	6,1	**5,1**	5,8	**5,1**	5,95	**5,10**
29	6,1	**5,1**	5,8	**5,1**	5,95	**5,10**
30	6,0	**5,1**	5,7	**5,1**	5,85	**5,10**

TM = Temperatura del medio (agua helada)

TCAl = Temperatura registrada entre la mitad del radio y altura del cilindro de aluminio

Tabla Nº D.2. Datos obtenidos para calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección

tiempo [s]	Ta [ºC]	ln((Ta-Te)/(To-Te))
0	50,00	0,0000
60	29,95	-0,5898
120	22,35	-0,9531
180	18,55	-1,2003
240	15,05	-1,4991
300	13,25	-1,6964
360	12,25	-1,8257
420	11,45	-1,9426
480	10,95	-2,0233
540	10,35	-2,1296
600	9,95	-2,2073
660	9,35	-2,3365
720	8,75	-2,4849
780	8,35	-2,5977
840	7,65	-2,8321
900	7,15	-3,0412
960	6,85	-3,1915
1020	6,55	-3,3684
1080	6,35	-3,5066
1140	6,30	-3,5443
1200	6,25	-3,5835
1260	6,20	-3,6243
1320	6,20	-3,6243
1380	6,15	-3,6669
1440	6,05	-3,7579
1500	6,00	-3,8067
1560	6,00	-3,8067
1620	5,95	-3,8580
1680	5,95	-3,8580
1740	5,95	-3,8580
1800	5,85	-3,9692

(Ta) = TCAlpromedio obtenido en la tabla Nº D.1.

(To) = Temperatura inicial del modelo 50 [ºC]

(Te) = Temperatura del medio fluido 5 [ºC]

Los datos de las columnas primera y tercera de la tabla se representa gráficamente, representando [ln ((Ta - Te)) / (To - Te))] = [ln (RT)] frente al tiempo y se ajustan a la ecuación de una recta.

$$\ln\left(\frac{T_a - T_e}{T_0 - T_e}\right) = -\left(\frac{h\,A}{\rho\,C_P\,V}\right)t$$

Por el método de los mínimos cuadrados, obteniendo una línea recta cuya pendiente permite obtener el valor de:

$$\left(\frac{h\,A}{\rho\,C_P\,V}\right)$$

Con los datos de las características geométricas del objeto y las propiedades térmicas del aluminio es posible obtener el calor del coeficiente de transferencia de calor por convección (h_c) del fluido que rodea al objeto.

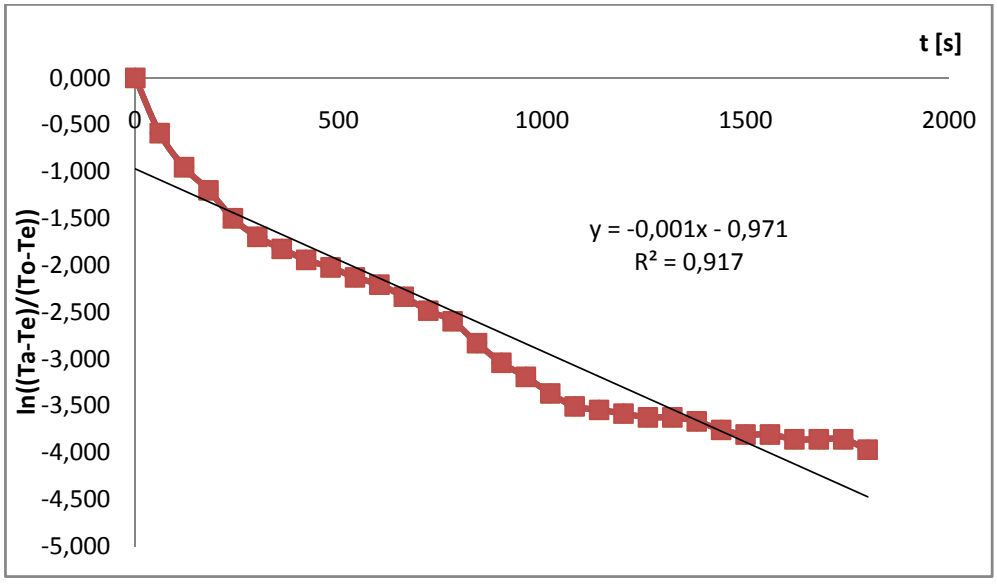


Gráfico D.1. Obtención del valor de pendiente para el cálculo de coeficiente de transferencia de calor por convección.

Valor de pendiente = - 0,0019

Valor de corte en y = - 0,9712

Valor de R^2 = 0,9171

$$\text{pendiente} = -\left(\frac{h\,A}{\rho\,C_P\,V}\right)$$

Donde:

h = coeficiente de transferencia de calor por convección [$W/m^2\,ºC$]

A = área [m^2]

ρ = densidad [kg/m^3]

Cp = calor específico [kJ/kg ºC]

V = volumen [m^3]

L = altura [m]

$$-0{,}0019 * \rho * C_P * V = -h * A$$

$$h = \frac{0{,}0019 * \rho * C_P * V}{A}$$

$$h = \frac{0{,}0019 * \rho * C_P * (A * L)}{A}$$

$$h = 0{,}0019 * \rho * C_P * L$$

$$h = 0{,}001945 * 2707[kg/m^3] * 896\,[J/kg\,ºC] * 0{,}06\,[m]$$

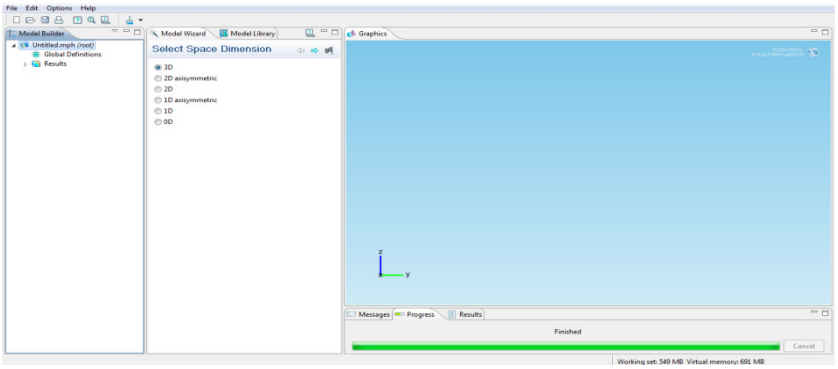
$$h = 283{,}053\,[W/m^2\,ºC]$$

ANEXO E

MANUAL COMSOL

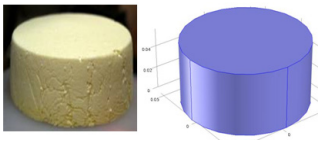
Modelación en COMSOL Multiphysics

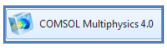
El escritorio de COMSOL le ayuda a organizar su simulación mediante la presentación de una visión clara de su modelo en cualquier momento. Utiliza la forma funcional, la estructura y la estética como el medio para lograr la simplicidad de las realidades complejas de modelado. Por ejemplo, herramientas para tareas específicas aparecen a la derecha de escritorio cuando usted los necesita. El escritorio se compone de varias ventanas, que puede o no puede aparecer en función de la necesidad.



Transferencia de Calor en Alimentos de Forma Cilíndrica

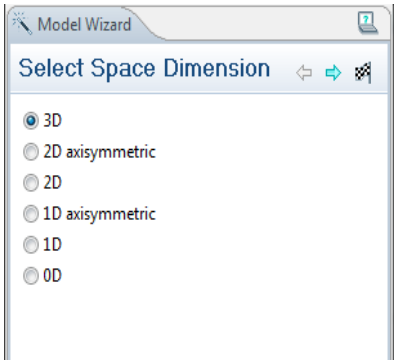
COMSOL nos permite estudiar procesos físicos, el cual es necesario conocer los conceptos que relacionan el estudio de Transferencia de Calor, donde está involucrada básicamente modelos matemáticos, que el programa mediante su análisis nos permite visualizar lo que ocurre en cualquier punto de la geometría creada, esto puede ser en 2D y 3D como se lo muestra para nuestro caso en la figura el estudio de queso Mozzarella en el proceso de moldeado (calentamiento-enfriamiento) y según a las necesidades que el investigador desee realizar, para esto es necesario seguir precisamente los siguientes pasos que se detallan a continuación:



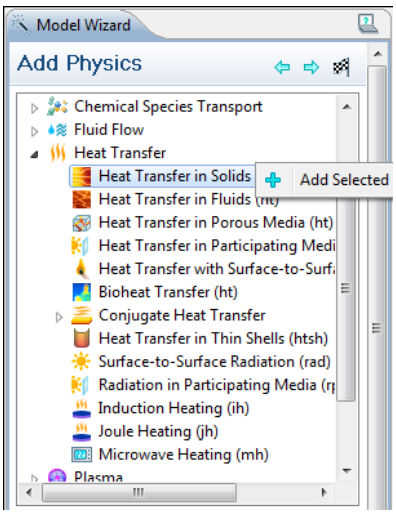
Iniciar COMSOL dando doble clic en su icono en el escrito 

Model Wizard

1) Cuando el asistente para modelos (Model Wizard), se abre, seleccione la dimensión espacial el valor predeterminado es en 3D. Haga clic en el botón Siguiente para continuar a la página de la física.

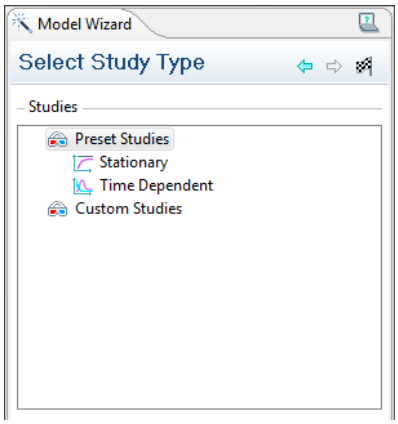


2) En el paso agregar física (Add Physics), haga clic en la carpeta de transferencia de calor (Heat Transfer), haga clic en transferencia de calor en sólidos (Heat Transfer in Solids (ht)) y agregar seleccionados (Add Selected).

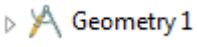


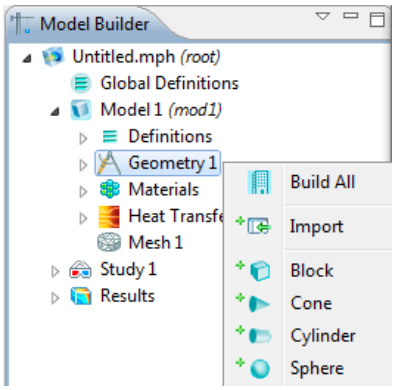
3) Haga clic en el botón siguiente

4) El paso último asistente para modelos (Model Wizard) seleccionar el tipo de estudio (Study Type). Elegir el tipo de estudio para este caso tiempo depende (Time Dependent) y haga clic en el botón finalizar.

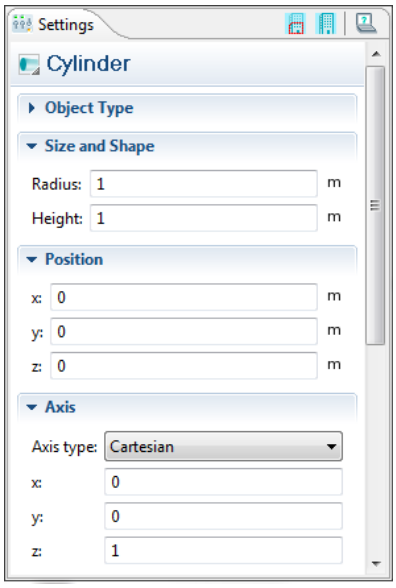


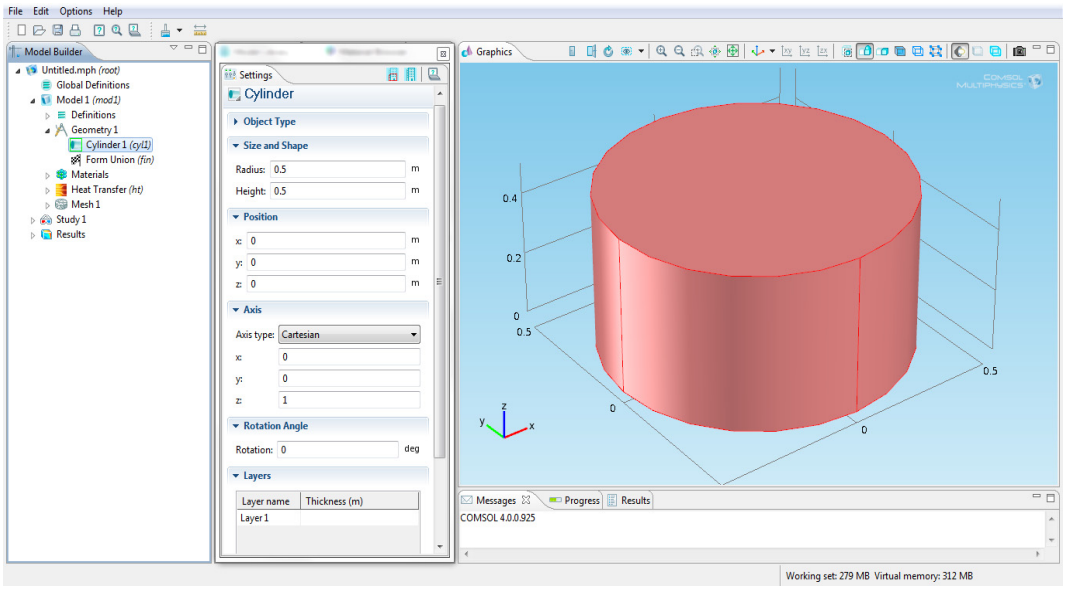
Geometry

5) Definir la geometría y las unidades en que se requiere trabajar. Hacer clic derecho en  y escoger la geometría (Cylinder).



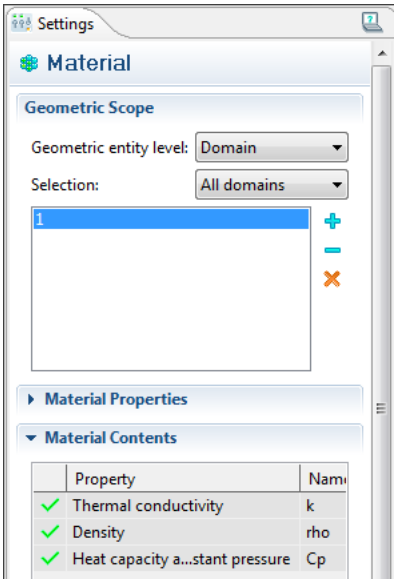
6) En la opción (Cylinder) especificar el radio (Radius) y la altura (Height), la posición, ejes y grado de rotación se especifica de acuerdo a las necesidades deseadas, para finalizar escoger la opción (Build Selected) o (Build All). 





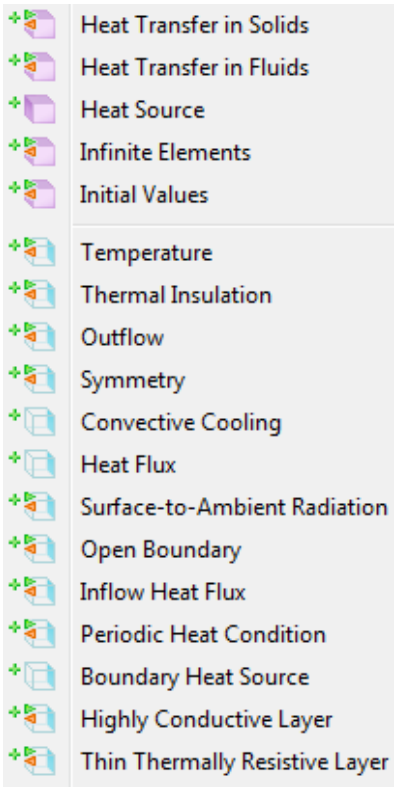
Materials

7) Hacer clic derecho en Materials y escoger la misma opción para poder especificar los materiales. En los materiales debemos especificar las propiedades térmicas del alimento utilizado a estudio, una vez especificada las propiedades automáticamente se activan lo cual nos indica continuar con los siguientes pasos.

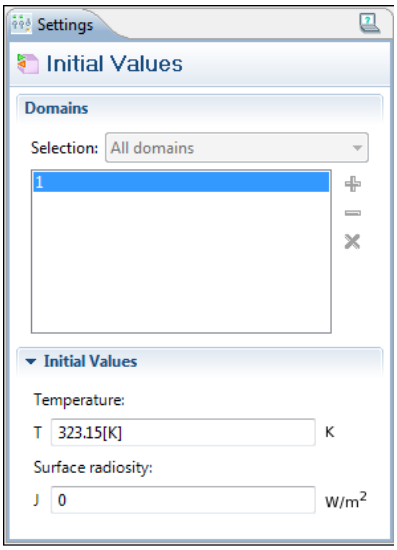


Heat Transfer

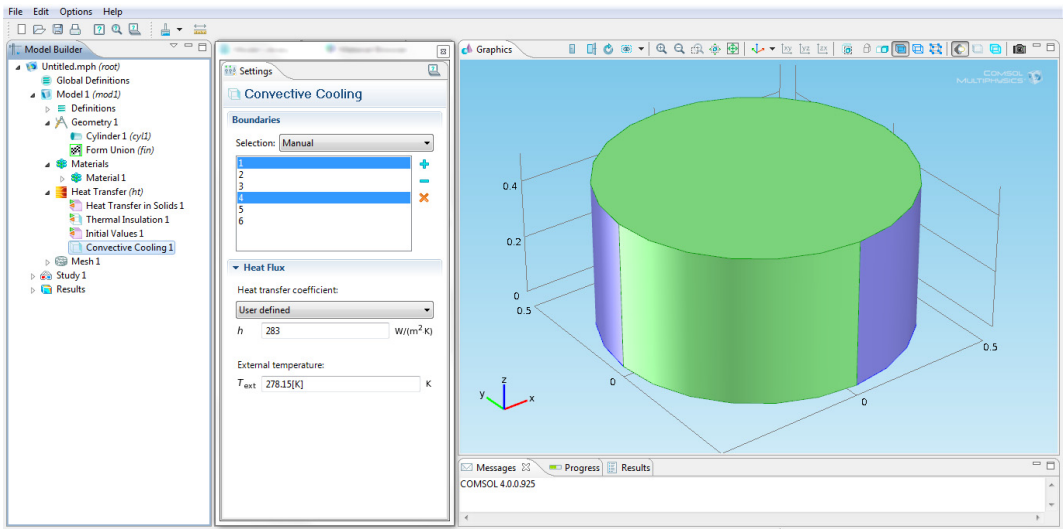
8) Luego en Heat Transfer *(ht)* hacer clic derecho para seleccionar el estudio que deseamos estudiar a criterio personal del analista, pero para nuestro caso de estudio escogeremos la opción (Initial Values) y (Convective Cooling).



9) La opción Initial Values 1 permite determinar la temperatura que contiene la geometría en la parte interna para su posterior estudio.



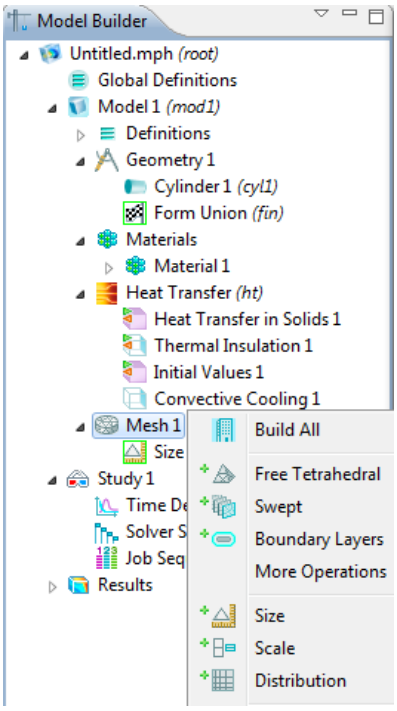
10) En Convective Cooling 1 especificar el coeficiente de convección y la temperatura del medio que la rodea, para detallar en qué parte de la geometría se requiere estudiar los lados deseados y luego añadir ✚.

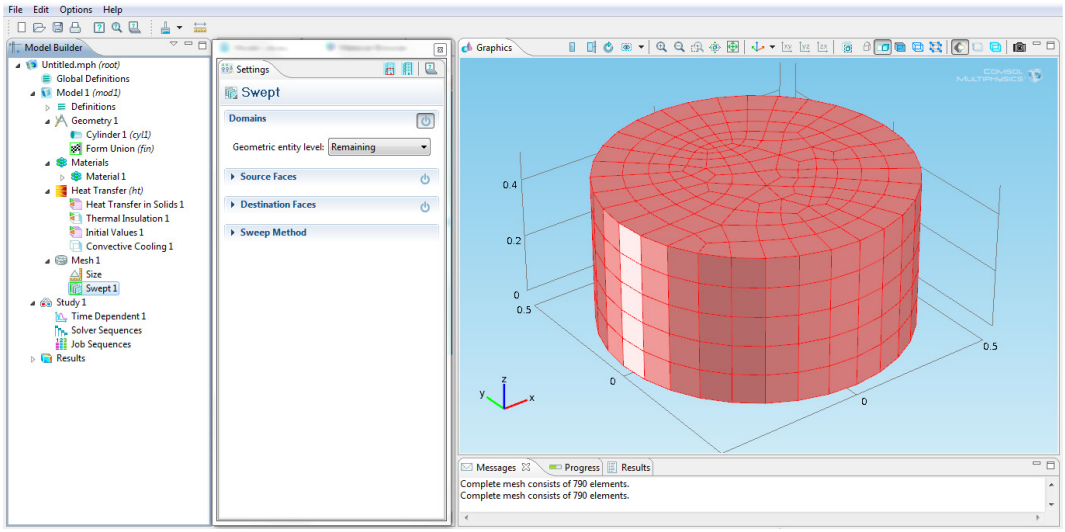


Mesh

11) Es necesario especificar el tipo de malla, para Mesh 1 se da clic derecho en teniendo una serie de opciones la misma que puede ser tetraédrica Free Tetrahedral o cuadrática Swept según las necesidades, y al final dar clic en la opción (Build All).

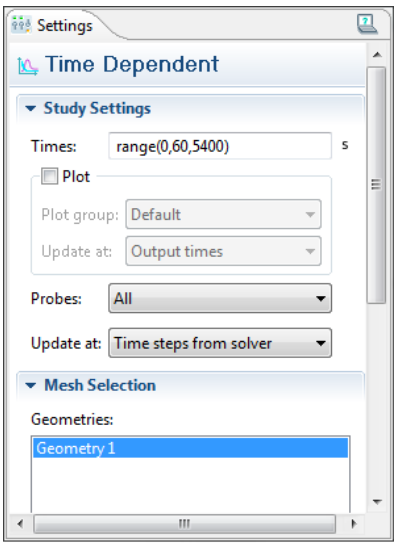
Build All





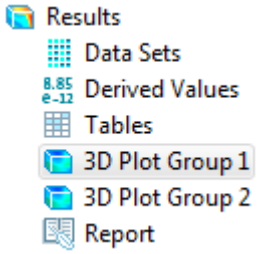
Study

12) Esta opcion permite especificar si el estudio se desea realizar en estado estacionario o dependiente del tiempo lo dejamos a su elección, para nuestro caso de estudio escogemos Time Dependent 1, donde en su ventana principal debemos especificar en segundos los intervalos de estudio, como por ejemplo 0:60:5400 [s], esto nos dice que empieza desde tiempo 0 [s], el estudio lo realiza cada 60 [s] y durante 5400 [s] que significa durante una hora y media, y para finalizar la programación daremos un clic en el icono.

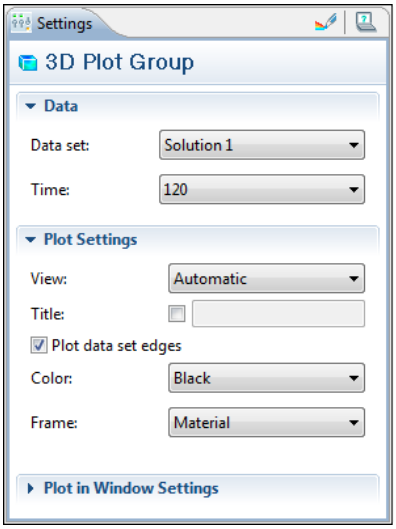


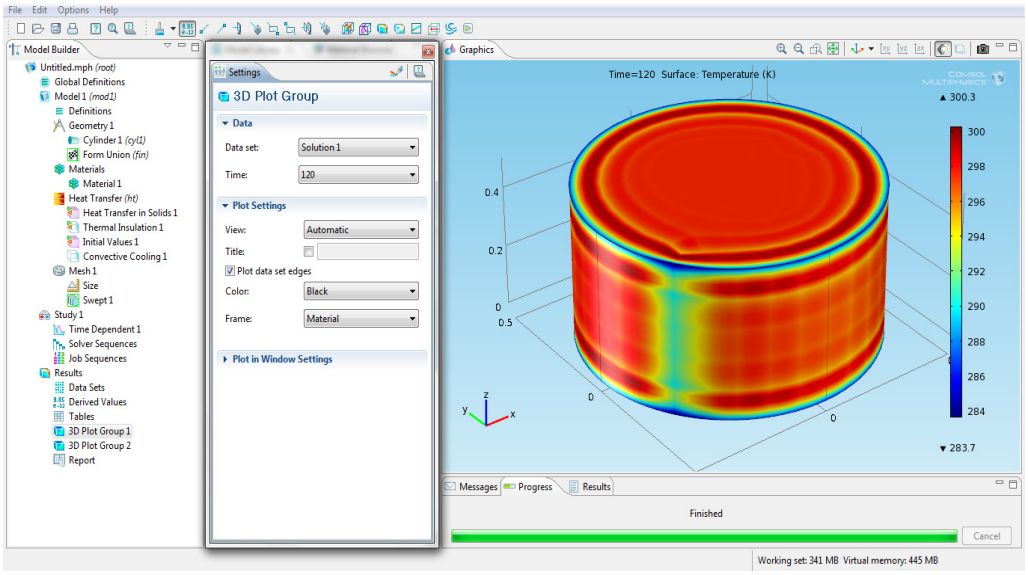
Results

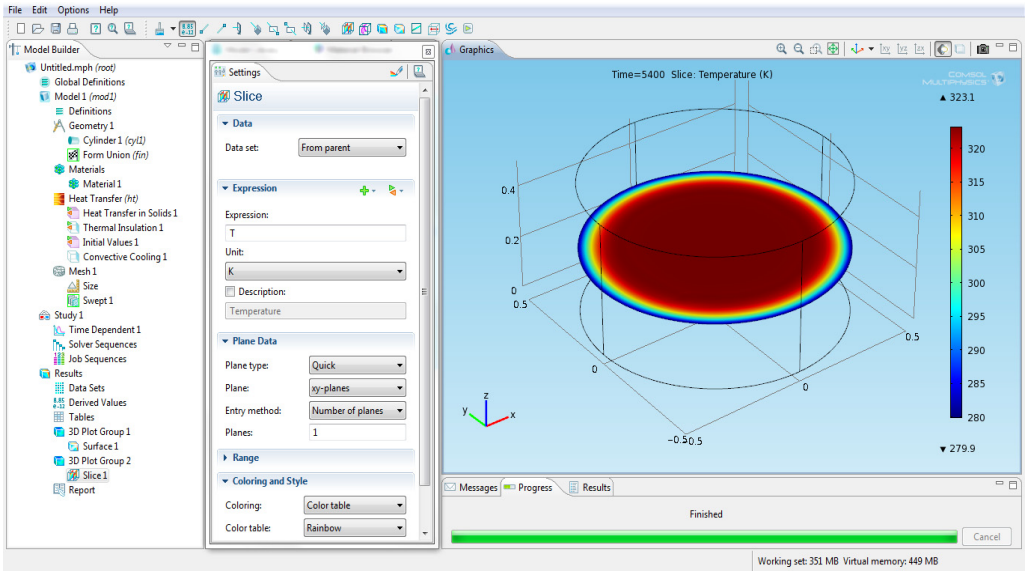
Aquí nos permite tener distinatas meneras de obtener los datos para lo cual tenemos las siguientes opciones.

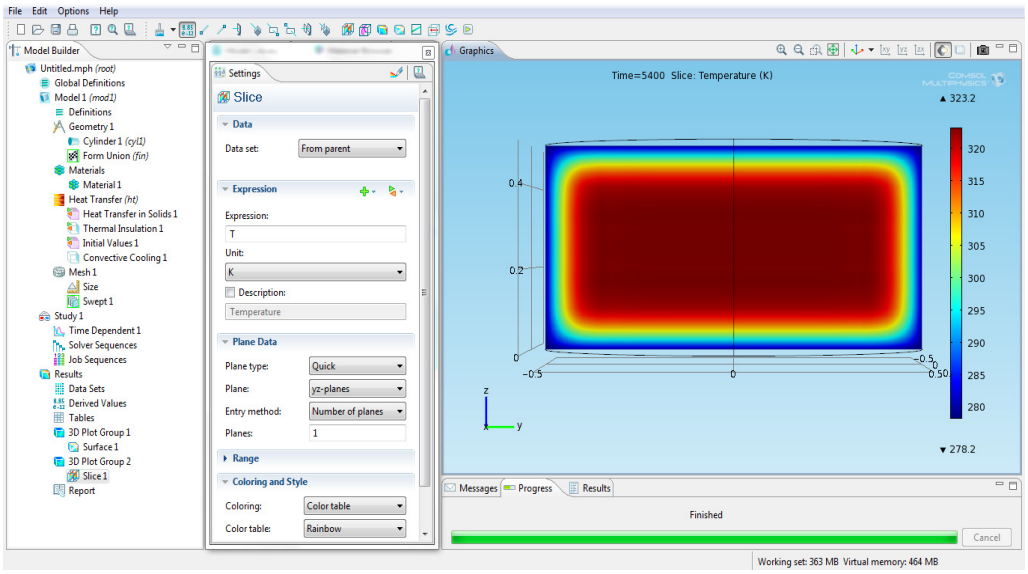


13) Seleccionamos 3D Plot Group 1 donde podremos extraer mediante imágenes todos los resultados que deseamos obtener a diferente tiempo observamos como se da el proceso fisico de Transferencia de Calor en cualquier punto que sea de interes como por elemplo las siguientes imágenes, para poder extraerlas damos un clic en y asi tener los resultados esperados.




File Edit Options Help
Model Builder
Untitled.mph (root)
Global Definitions
Model 1 (mod1)
Definitions
Geometry 1
Cylinder 1 (cyl1)
Form Union (fin)
Materials
Material 1
Heat Transfer (ht)
Heat Transfer in Solids 1
Thermal Insulation 1
Initial Values 1
Convective Cooling 1
Mesh 1
Size
Swept 1
Study 1
Time Dependent 1
Solver Sequences
Job Sequences
Results
Data Sets
Derived Values
Tables
3D Plot Group 1
3D Plot Group 2
Report
Settings
3D Plot Group
Data
Data set: Solution 1
Time: 120
Plot Settings
View: Automatic
Title:
Plot data set edges
Color: Black
Frame: Material
Plot in Window Settings
Graphics
Time=120 Surface: Temperature (K)
▲ 300.3
300
298
296
294
292
290
288
286
284
▼ 283.7
Messages
Progress
Results
Finished
Cancel
Working set: 341 MB Virtual memory: 445 MB


File Edit Options Help
Model Builder
Untitled.mph (root)
Global Definitions
Model 1 (mod1)
Definitions
Geometry 1
Cylinder 1 (cyl1)
Form Union (fin)
Materials
Material 1
Heat Transfer (ht)
Heat Transfer in Solids 1
Thermal Insulation 1
Initial Values 1
Convective Cooling 1
Mesh 1
Size
Swept 1
Study 1
Time Dependent 1
Solver Sequences
Job Sequences
Results
Data Sets
Derived Values
Tables
3D Plot Group 1
Surface 1
3D Plot Group 2
Slice 1
Report
Settings
Slice
Data
Data set: From parent
Expression
Expression: T
Unit: K
Description: Temperature
Plane Data
Plane type: Quick
Plane: xy-planes
Entry method: Number of planes
Planes: 1
Range
Coloring and Style
Coloring: Color table
Color table: Rainbow
Graphics
Time=5400 Slice: Temperature (K)
▲ 323.1
320
315
310
305
300
295
290
285
280
▼ 279.9
Messages
Progress
Results
Finished
Cancel
Working set: 351 MB Virtual memory: 449 MB


File Edit Options Help
Model Builder
Untitled.mph (root)
Global Definitions
Model 1 (mod1)
Definitions
Geometry 1
Cylinder 1 (cyl1)
Form Union (fin)
Materials
Material 1
Heat Transfer (ht)
Heat Transfer in Solids 1
Thermal Insulation 1
Initial Values 1
Convective Cooling 1
Mesh 1
Size
Swept 1
Study 1
Time Dependent 1
Solver Sequences
Job Sequences
Results
Data Sets
Derived Values
Tables
3D Plot Group 1
Surface 1
3D Plot Group 2
Slice 1
Report
Settings
Slice
Data
Data set: From parent
Expression
Expression: T
Unit: K
Description: Temperature
Plane Data
Plane type: Quick
Plane: yz-planes
Entry method: Number of planes
Planes: 1
Range
Coloring and Style
Coloring: Color table
Color table: Rainbow
Graphics
Time=5400 Slice: Temperature (K)
▲ 323.2
320
315
310
305
300
295
290
285
280
▼ 278.2
Messages
Progress
Results
Finished
Cancel
Working set: 363 MB Virtual memory: 464 MB

ANEXO F

DIAGRAMA DE FLUJO - HOJA DE CATACIÓN

Diagrama de Flujo en la Elaboración de Queso Mozzarella

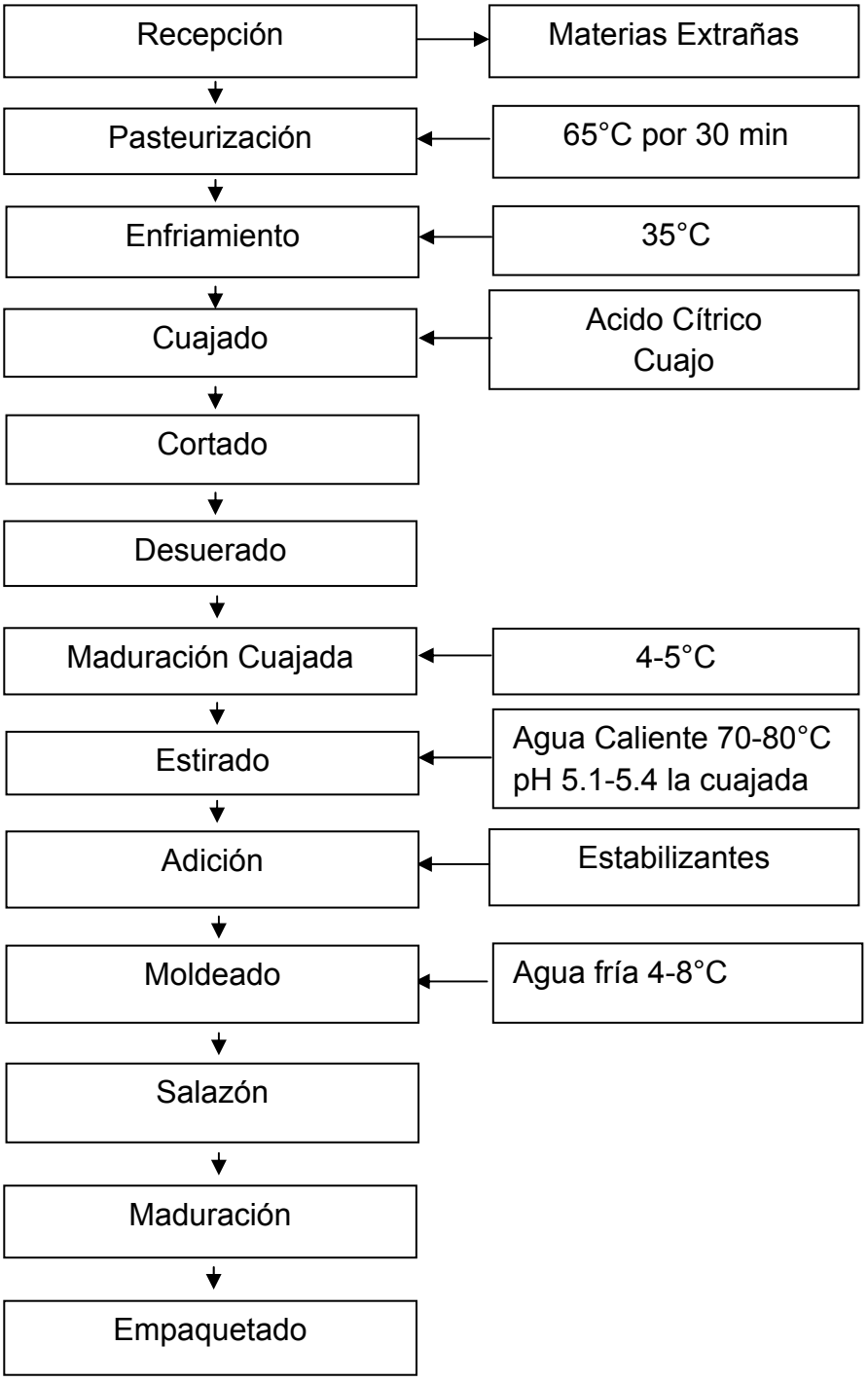


Gráfico F.1. Proceso de elaboración de queso mozzarella.

Elaborado por: Luis Guano.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

FECHA: _____

INSTRUCCIONES: Sírvase evaluar cada una de las siguientes muestras, para cada una de las características marcando con una (x).

		Muestra Nº					
Características	**Alternativas**						
Olor	1. Disgusta mucho						
	2. Disgusta poco						
	3. Ni gusta ni disgusta						
	4. Gusta poco						
	5. Gusta mucho						
Color	1. Disgusta mucho						
	2. Disgusta poco						
	3. Ni gusta ni disgusta						
	4. Gusta poco						
	5. Gusta mucho						
Sabor	1. Disgusta mucho						
	2. Disgusta poco						
	3. Ni gusta ni disgusta						
	4. Gusta poco						
	5. Gusta mucho						
Textura	1. Disgusta mucho						
	2. Disgusta poco						
	3. Ni gusta ni disgusta						
	4. Gusta poco						
	5. Gusta mucho						
Aceptabilidad	1. Disgusta mucho						
	2. Disgusta poco						
	3. Ni gusta ni disgusta						
	4. Gusta poco						
	5. Gusta mucho						

Fuente: SALTOS H. A.

Elaborado por: Luis Guano

Comentarios: _____

_____