



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**“ESTUDIO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS LÁCTEOS:
MASCARPONE, QUESO BRIE Y YOGURT DE ARAZÁ Y DISEÑO
DE UNA PLANTA PROCESADORA”**

Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos

Autores: Chialvo Yanez Luis Alberto

Velín Flores Tanya Elizabeth

Director: Ing. Claudio Sánchez

Cuenca- Ecuador

2010

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a mi padre, Marco Velín, y a mi madre, Alicia Flores, quienes me han brindado su apoyo incondicional en toda mi vida estudiantil. También quisiera dedicar mis tesis a mis hermanos por sus consejos y su apoyo en las decisiones tomadas.

Tanya

Me gustaría dedicar este trabajo a mis padres, porque siempre han sido mi guía e inspiración y con su ejemplo de bien me he formado como soy. También me gustaría dedicar esta tesis a mis hermanos por su apoyo y comprensión en todo momento.

Luis

AGRADECIMIENTO

Queremos extender nuestros más sinceros agradecimientos a las personas que estuvieron apoyándonos, guiándonos y corrigiéndonos. Primeramente nos gustaría agradecer a nuestros padres por su apoyo.

También queremos agradecer a la Ingeniera María Fernanda Rosales, por compartir sus conocimientos, para poder realizar la tesis, además, por sus consejos y su amistad.

Deseamos agradecer también, al Ing. Claudio Sánchez, Ing. Mónica Tinoco, Ing. Cristian Rojas, Dr. Piercósimo Tripaldi, Ing. Ximena Orellana, por su ayuda y por brindarnos parte de su tiempo para satisfacer nuestras dudas e inquietudes.

No podíamos dejar de agradecer a todas las personas que nos ayudaron en las cataciones, de los diferentes productos, en especial a los estudiantes de 7mo ciclo de la escuela de Ingeniería en alimentos.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal la optimización de tres productos lácteos, queso brie, queso mascarpone y yogurt dietético de arazá, utilizando como herramientas principales el diseño experimental y el análisis sensorial. Además, en este trabajo se realizó el diseño de una planta procesadora.

Para el queso brie y mascarpone se aplicó el diseño factorial 2^3 , mientras que para el yogurt se utilizó un diseño de mezclas.

Se diseñó también, una planta procesadora, la cual se emplazará en la ciudad de Macas, con una capacidad de 600 litros de leche diarios. Los principales productos a elaborarse en primera instancia son queso y yogurt.

ABSTRACT

This thesis aims at the optimization of three dairy products, cheese brie, mascarpone cheese and yogurt dietary of arazá, using as main tools the experimental design and sensory analysis.

Moreover, in this work, the design of a processing plant was performed.

To brie and mascarpone cheese a 2^3 factorial design was applied, while for the yogurt a mix design was used.

We also designed a processing plant, which will be located in the city of Macas, with a processing capacity of 600 liters of milk daily. The main products developed in the first instance will be cheese and yogurt.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
 INTRODUCCIÓN.....	 1
 CAPÍTULO I: Aditivos y derivados lácteos.....	 3
1.1 Aditivos.....	3
1.1.1 Los edulcorantes.....	4
1.1.1.1 Clasificación de los edulcorantes.....	4
1.1.1.2 Sinergia de edulcorantes.....	5
1.1.1.3 Sucralosa.....	6
1.1.1.4 Estevia.....	7
1.1.1.5Fructosa.....	8
1.2 Fermentos lácteos.....	9
1.2.1 Hongos de fermentación superficial.....	9
1.2.2 Defectos de quesos madurados por mohos superficiales.....	10
1.2.3 Aislamiento del penicillium candidum.....	10
1.2.3.1 Materiales y métodos utilizados para la obtención del penicillium candidum.....	10
1.2.3.2 Obtención, purificación y mantenimiento del hongo penicillium	

candidum.....	13
1.3 Derivados lácteos.....	15
1.3.1 Generalidades y características del queso mascarpone.....	15
1.3.2 Generalidades y características queso brie.....	17
1.3.3 Generalidades y características del yogurt dietético arazá.....	17
CAPÍTULO II: Diseño experimental y evaluación sensorial.....	18
2.1 Introducción al diseño experimental.....	18
2.1.1 Diseño factorial.....	19
2.1.1.1 Ventajas del diseño factorial.....	20
2.1.1.2 Diseños factoriales con tres factores.....	20
2.1.1.3 Diseño Factorial 2 ³	21
2.1.2 Escalado de las variables.....	21
2.1.3 Método de Optimización.....	21
2.2 Introducción al análisis sensorial.....	23
2.2.1 Campo de aplicación del análisis sensorial.....	23
2.2.2 Medios utilizados en la realización de análisis sensorial.....	25
2.2.2.1 Medios intrínsecos al catador.....	25
2.2.2.1.1 Vista.....	26
2.2.2.1.2 Tacto.....	26
2.2.2.1.3 Olfato.....	26
2.2.2.1.4 Gusto.....	27
2.2.2.1.5 Oído.....	27
2.2.2.2 Medios extrínsecos al catador.....	28
2.2.2.2.1 Sala de cata.....	28
2.2.2.2.2 Preparación de las muestras.....	29
2.2.2.2.3 Fichas de cata.....	30
2.2.3 Tipos de pruebas usadas en el análisis sensorial.....	30

2.2.3.1 Pruebas descriptivas.....	30
2.2.3.2 Pruebas discriminatorias.....	31
2.2.3.3 Pruebas de aceptación.....	31
2.2.3.4 Prueba pareada.....	31
2.2.3.5 Prueba triangular.....	32
2.2.4 Formación del panel de catadores.....	32
2.2.4.1 Entrevista personal con los candidatos.....	33
2.2.4.2 Fase de selección.....	33
2.2.5 El análisis sensorial de los quesos.....	34
2.2.5.1 Caracteres organolépticos del queso.....	34
2.2.5.1.1 Atributos que se perciben en la fase visual.....	35
2.2.5.1.2 Características de superficie.....	36
CAPÍTULO III: Resultados y discusiones.....	37
3.1 Caracterización físico química de la leche de la hacienda de Paccha.....	37
3.1.1 Determinación de proteínas de la leche mediante cálculo matemático.....	38
3.2 Resultados microbiológicos.....	43
3.3 Elaboración del queso mascarpone.....	43
3.3.1 Diagrama de flujo del queso mascarpone.....	45
3.3.2 Análisis sensorial del mascarpone.....	46
3.3.3 Diseño experimental del mascarpone.....	48
3.3.3.1 Optimización del queso mascarpone.....	54
3.4 Elaboración del queso brie.....	56
3.4.1 Adecuación de la cámara de maduración.....	56
3.4.2 Proceso de elaboración del queso brie.....	57
3.4.3 Diagrama de flujo del queso brie.....	58
3.4.4 Análisis sensorial del queso brie.....	59
3.4.5 Diseño experimental del queso brie.....	62

3.4.5.1 Optimización del queso brie.....	68
3.4.2 Resultado del diseño experimental del queso brie.....	71
3.5 Elaboración del yogurt dietético de arazá.....	72
3.5.1 Diagrama de flujo del yogurt dietético de arazá.....	73
3.5.2 Análisis sensorial del yogurt de arazá.....	74
3.5.3 Diseño experimental del yogurt de arazá.....	77
CAPÍTULO IV: Diseño de una planta procesadora de lácteos.....	80
4.1 Diseño de una planta procesadora de lácteos.....	80
4.2 Selección del terreno.....	81
4.3 Tamaño de la planta.....	83
4.4 Selección de los equipos.....	83
4.5 Determinación de las capacidades de los equipos.....	85
4.5.1 Cálculo de la capacidad del caldero.....	86
4.5.2 Diseño y cálculo de una cámara de refrigeración.....	90
4.5.2.1 Pérdida de calor admisible por los parámetros.....	91
4.5.2.2 Cálculo de carga térmica del producto.....	94
4.5.2.3 Calor por aire que penetra.....	97
4.5.2.4 Calor por equipo eléctrico.....	99
4.5.2.5 Calor por el personal.....	99
4.5.2.6 Calor térmico total.....	100
4.6 Diseño sanitario de la planta.....	101
4.6.1 Principios básicos de diseño higiénico de equipos en contacto con los alimentos.....	102
4.6.1.1 Suelos	103
4.6.1.2 Puertas y ventanas	103
4.6.1.3 Sanitarios y duchas.....	104
4.6.1.4 Lavamanos.....	105

4.6.2 Condiciones de almacenamiento de productos alimentarios.....	105
4.7 Layout de la planta.....	106
CONCLUSIONES.....	108
BIBLIOGRAFÍA.....	110
ANEXOS.....	115

INDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS

Cuadro 2.1: Órganos sensoriales.....	25
Cuadro3.1: Tiempos en segundos del agua.....	42
Cuadro 3.2: Tiempo en segundos de leche.....	42
Cuadro3.3: Resultados del análisis matemático.....	42
Cuadro 3.4: Resultados microbiológicos.....	43
Cuadro 3.5: Ficha de catación de queso mascarpone.....	47
Cuadro 3.6: Variables del queso mascarpone.....	49
Cuadro 3.7: Matriz del diseño del queso mascarpone.....	50
Cuadro 3.8: Matriz del modelo del queso mascarpone.....	52
Cuadro 3.9: Coeficientes del modelo para queso mascarpone.....	53
Cuadro 3.10: Parámetros para el cálculo del error expandido.....	53
Cuadro 3.11: Coordenadas de la curva de optimización.....	54
Cuadro 3.12: Ficha de catación de queso brie.....	60
Cuadro 3.13: Variables del queso brie.....	63
Cuadro 3.14: Matriz del diseño del queso brie.....	64
Cuadro 3.15: Matriz del modelo del queso brie.....	66
Cuadro 3.16: Coeficientes del modelo para queso brie.....	66
Cuadro 3.17: Coeficientes y probabilidad del queso brie.....	67
Cuadro 3.18: Matriz de optimización de las variables X1 y X2.....	69
Cuadro 3.19: Matriz del modelo de optimización del queso brie.....	70
Cuadro 3.20: Coeficientes del modelo de optimización del queso brie.....	70
Cuadro 3.21: Ficha de catación del yogurt de arazá.....	75
Cuadro3.22: Variables del yogurt de arazá.....	78
Cuadro 3.23: Matriz del modelo del yogurt de arazá.....	78
Cuadro 4.1: Método de ponderación de variables.....	82
Cuadro 4.2: Requerimiento mínimo de sanitarios.....	104

Gráfico 1.1: Estructura de la sucralosa.....	6
Gráfico 1.2: Estructura del esteviosido.....	7
Gráfico 1.3: Estructura de la fructosa.....	8
Gráfico 3.1: Modulación de parámetros del queso mascarpone.....	51
Gráfico 3.2: Curva de optimización del mascarpone.....	55
Gráfico 3.3: Modulación de parámetros del queso brie.....	65
Gráfico 3.4: Normal probabily plot.....	68
Gráfico 3.5: Coordenadas de los experimentos del brie.....	69
Gráfico 3.6: Superficie de respuesta del queso brie.....	71
Gráfico 3.7: Gráfico ternario del yogurt de arazá.....	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Aislamiento del hongo penicillium.....	116
Anexo 2: Crecimiento del hongo penicillium.....	118
Anexo 3: Extracción y conteo de las esporas del hongo penicillium.....	119
Anexo 4: Cámara de maduración.....	120
Anexo 5: Queso brie.....	121
Anexo 6: Panel de catación.....	121
Anexo 7: Caracterización de la leche de Paccha.....	122
Anexo 8: Tablas de propiedades.....	123

Chialvo Yáñez Luis Alberto.

Velín Flores Tanya Elizabeth.

Trabajo de graduación.

Ing. Claudio Sánchez.

Diciembre 2010

**“ESTUDIO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS LÁCTEOS:
MASCARPONE, QUESO BRIE Y YOGURT DE ARAZÁ Y DISEÑO DE UNA
PLANTA PROCESADORA”**

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Macas, sector Paccha, la industria láctea no se encuentra muy desarrollada, es por esta razón, que la leche producida en la región no es aprovechada de la mejor manera; incluso, en ocasiones los productores se ven obligados a botar su leche o venderla a precios muy bajos, los cuales, no permiten solventar los gastos.

Es por esta razón que es necesario darle valor agregado a la producción de leche de la ciudad de Macas, optimizando productos lácteos diferentes a los que habitualmente se encuentran en el mercado. Para desarrollar estos productos lácteos se aplicó diseño experimental.

Además, como punto a favor se cuentan con una producción propia de leche, que está por el orden de 120 litros diarios, con un posible incremento en un futuro cercano.

Se ha elegido elaborar queso mascarpone, ya que, es un producto natural y no está explotado en el mercado. La leche desnatada que se obtenga al elaborar el queso mascarpone, se utilizará para elaborar un yogurt dietético, con el fin de aprovechar todos los recursos, y en vista que es un producto nuevo para ofertar al mercado local.

La región amazónica cuenta con una riqueza frutícola que no es conocida en el resto del país, es por esta razón, que se ha decidido elaborar el yogurt dietético de arazá, considerando que esta fruta aporta valor nutricional considerable y es una fruta autóctona de la zona, que posee características organolépticas privilegiadas.

También se pretende elaborar un queso semi-maduro para el cual se estudiaron las condiciones óptimas como temperatura, humedad y tiempo de maduración. Además, se aisló la cepa indicada para obtener las características organolépticas propias del queso brie.

Por otra parte, la presente tesis servirá como base para la implementación de una pequeña fábrica, que a su vez, permitirá obtener ingresos para los ganaderos de la ciudad y también para nosotros que ejecutaremos esta idea de negocio.

CAPITULO I

ADITIVOS Y DERIVADOS LACTEOS

1.1 Aditivos

Según Cubero, Monferrer, Villalta, los aditivos alimentarios son sustancias naturales o artificiales que al ser incorporadas en el alimento tiene como objetivo cumplir una o varias funciones determinadas. Dentro de los aditivos alimentarios existen una gran gama de productos que permiten no solo mejorar las cualidades del producto, si no también, prologar la vida útil del mismo.

El uso de los aditivos en la industria debe ser bien intencionado y justificado tratando siempre de mejorar el producto o precautelar la salud del consumidor, pero nunca, se debe usar para tratar de enmascarar o adulterar el producto. El uso y la dosificación de los aditivos siempre estarán acorde con la legislación vigente y además con las buenas prácticas de fabricación.

1.1.1 Los edulcorantes

Los edulcorantes son compuestos naturales o sintéticos, con sabor dulce, pero con un poder energético nulo o insignificante con respecto a la sacarosa conocida en nuestro medio como azúcar.

Un edulcorante debe reunir una serie de características para que se lo considere como tal, entre las que destacan las siguientes:

- Solubilidad suficiente
- Estabilidad a un intervalo amplio de temperatura y pH para que pueda resistir las condiciones del alimento.
- Sabor dulce lo más puro posible.
- Poder edulcorante mayor al de la sacarosa.
- Que sea inocuo.

1.1.1.1 Clasificación de los edulcorantes

Los edulcorantes son clasificados según Cubero, Monferrer, Villalta desde dos puntos de vista: por su aporte calórico y por su origen.

Por su aporte calórico.

Edulcorantes nutritivos

- Sacarosa y otros disacáridos como maltosa y lactosa
- Monosacáridos: glucosa, fructosa
- Polioles (sorbitol, manitol, maltitol, xilitol, lactitol).

Edulcorantes no nutritivos

- Sacarina
- Ciclamato
- Acesulfame K
- Neohesperidina dihidrochalcona (NHDC)
- Sucralosa
- Taumatina
- Aspartame

Por su origen

- Los naturales: simplemente extraídos de una materia prima.
- Los químicos: obtenidos mediante un proceso de síntesis química
- Los biotecnológicos: obtenidos mediante un proceso enzimático o fermentativo
- Los quimicobiológicos: obtenidos por una combinación de los procesos anteriores.

1.1.1.2 Sinergia de edulcorantes

Se habla de sinergia cuando el poder edulcorante real de una combinación de dos o más edulcorantes es superior a la suma de la intensidad aportada por cada uno de los edulcorantes que la componen. El fenómeno de sinergia es muy frecuente entre combinaciones de edulcorantes, en particular para algunas sustancias como neohesperidina DC que es el edulcorante que presenta un mayor grado de sinergia, tanto en número de respuestas como en intensidad de las mismas.

Desde un punto de vista más práctico, el empleo de combinaciones de edulcorantes permitiría a la industria alimentaria alcanzar el efecto tecnológico deseado (intensidad y calidad de la edulcoración) sin sobrepasar las limitaciones de dosificación establecida.

1.1.1.3 Sucralosa

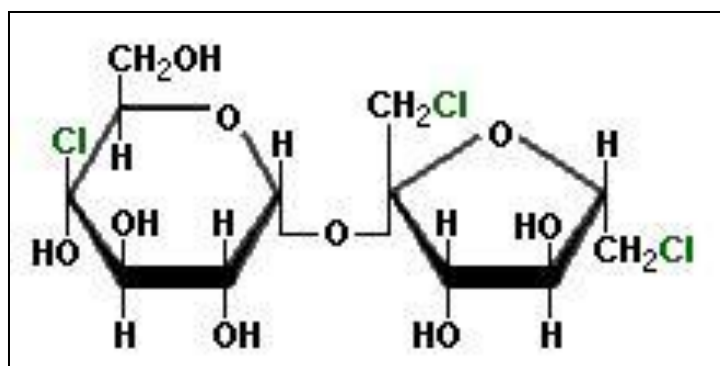


Gráfico 1.1: Estructura de la sucralosa

Fuente: GONZALES Mónica. 2010. Naturaleza química de los edulcorantes. Argentina[en línea]. Disponible en web: <http://quimica.laguia2000.com/reacciones-quimicas/naturaleza-quimica-de-los-edulcorantes>. .

La sucralosa es un compuesto derivado de la sacarosa por su sustitución selectiva de tres grupos hidroxilo por átomos de cloro. La presencia de estos átomos incrementa la potencia edulcorante e impide que se metabolice, por lo cual, no aporta calorías. Su ingesta diaria admisible es de 5 mg/kg de peso corporal. No tiene regusto metálico y equivale a 600 unidades de sacarosa.

La sucralosa es estable a bajas temperaturas, no sufre alteraciones cuando se trabaja en medio ácido, es altamente soluble en agua y no interactúa desfavorablemente con otros ingredientes. (Cubero, Monferrer, Villalta...)

1.1.1.4 Estevia

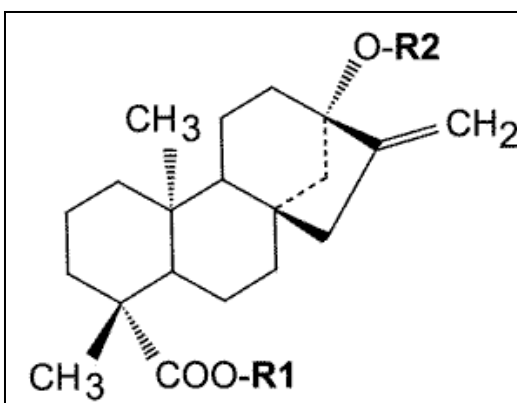


Gráfico 1.2: Estructura de esteviósido

Fuente: EUROPEAN STEVIA ASSOCIATION. 2010. Componentes botánicos dulces. España [en línea]. Dr. Jan M.C. Geuns. Disponible en web: http://www.eustas.org/esp/botanic_esp.htm .

La estevia es una planta originaria de Paraguay con una potencia edulcorante de 300 unidades de sacarosa. De las hojas se extrae el principio endulzante que, por su carácter natural, parece ser el edulcorante perfecto. Los esteviósidos no son metabolizados por el organismo y, aunque en su origen conservan cierto regusto característico de las hojas, actualmente se han purificado, eliminándolo casi por completo. Aún no ha sido aprobado por la FDA para su uso en alimentos, aunque sí su distribución en tiendas naturistas.

Las hojas secas de la estevia contienen un 42% aproximadamente de sustancias hidrosolubles, además contiene proteínas, fibra, hierro, fósforo, calcio, potasio, zinc, vitamina A y C.

La estevia se vende como un polvo para ser añadido a los alimentos como edulcorante. Tiene un sabor ligeramente amargo, si se coloca directamente en la boca, pero en líquidos, por lo general no se nota y muchas personas encuentran el sabor único.

1.1.1.5 Fructosa

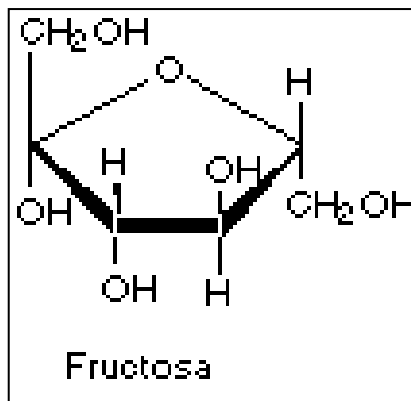


Gráfico 1.3: Estructura de la fructosa

Fuente: GONZALEZ Ana., RAISMAN Jorge. 2005. Azúcares o glúcidos. Argentina [en línea]. Disponible en web: <http://www.biologia.edu.ar/macromoleculas/azucar.htm>.

El monosacárido fructosa provee 4 kcal/g. La fructosa es un componente de la sacarosa que se encuentra en las frutas (también se la conoce como azúcar de frutas o levulosa) y se agrega a los alimentos y bebidas como jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF) o en forma cristalina. La fructosa se fabrica mediante la isomerización de la dextrosa en el almidón de maíz. La fructosa ha reemplazado a la sacarosa en muchos alimentos y bebidas en virtud de su poder edulcorante y de las propiedades funcionales que realzan el sabor, el color y la estabilidad del producto. La fructosa también el potencial edulcorante de la sacarosa y de otros edulcorantes no nutritivos.

1.2 Fermentos lácteos

Los fermentos lácteos llamados también cultivos iniciadores, no son más que microorganismos que tienen como función principal iniciar y dirigir correctamente su fermentación. Los más comunes son las bacterias lácticas, que tienen como fin la producción de ácido láctico el cual desciende el pH y modifica las características físico-químicas de la leche. También son añadidos diferentes cultivos como los hongos y levaduras los cuales a través de su proceso metabólico producen sustancias que otorgan características propias de cada producto.

1.2.1 Hongos de fermentación superficial

Según R.K. Robison y Wilbey, los quesos madurados por hongos superficiales (ejemplo: Camembert, brie), son quesos de cuajada blanda madurada desde afuera hacia adentro debido al crecimiento de hongo (*Penicillium camemberti*, *penicillium candidum*) en la parte exterior de la superficie, dejando que las enzimas penetren en la cuajada. La acción proteolítica hace que la cuajada adquiera color amarillento y de textura blanda. Cuando el núcleo central blanco se vuelve amarillo el queso está maduro. En la maduración superficial la flora microbiana se desarrolla en la superficie y las enzimas secretadas migran hacia el interior de los quesos provocando los cambios bioquímicos deseados, este tipo de maduración se ve favorecida en quesos de poco espesor y blandos.

1.2.2 Defectos de quesos madurados por mohos superficiales

Los defectos de estos quesos blandos siguen un patrón similar a otros quesos en lo que respecta a defectos de la cuajada por ejemplo, defectos organolépticos, sabores desagradables y de coloración impropia debido a contaminantes. Además, este tipo de quesos puede sufrir un alto desarrollo de ácido que se traduce en un queso seco, retraído y duro, así como una baja acidez que afecta a la cuajada resultando húmeda, blanda y dulce, que puede ser proteolizada hasta licuarse en poco tiempo.

Actualmente el hongo blanco *penicillium candidum* (a veces llamado *penicillium caseolyticus* en los libros antiguos) se ha impuesto normalmente tanto en los quesos Camembert y Brie.

1.2.3 Aislamiento del *penicillium candidum*

1.2.3.1 Materiales y métodos utilizados para la obtención del *penicillium candidum*

Materiales

Para el aislamiento del hongo *penicillium candidum* se partió de un queso brie marca “Floral” y se utilizaron los siguientes materiales.

- Cajas petri
- Hojas de bisturí
- Mangos de bisturí
- Guantes

- Parafilm
- Algodón
- Papel absorbente
- Tijeras
- Marcador
- Cámara con rayos UV
- Asas estériles
- Tubos de conteo
- Microscopio
- Caja newbauer

Medios de Cultivo

Para realizar el aislamiento del hongo *penicillium candidum*, se elaboraron diferentes medios de cultivo, de esta manera se determinó en que medio se desarrolla con mayor facilidad este hongo. Los medios que se utilizaron en la presente tesis se detallan a continuación.

➤ CYA (pH 6,7)

Componente	cantidad
K ₂ HPO ₄	1 gr
Czapek concentrado	10 ml
Solución trazas de metal	1 ml
Extracto de levadura	5 gr
Sacarosa	30 gr

Agar	15 gr
------	-------

Agua destilada	1 lit.
----------------	--------

Czapek concentrado

NaNO ₃	30 gr
-------------------	-------

KCl	5 gr
-----	------

MgSO ₄ 7H ₂ O	5 gr
-------------------------------------	------

FeSO ₄ 7H ₂ O	0,1 gr
-------------------------------------	--------

Agua destilada	100 ml
----------------	--------

Solución trazas de metal

CuSO ₄ 5 H ₂ O	0,5 gr
--------------------------------------	--------

ZnSO ₄ 7H ₂ O	1 gr
-------------------------------------	------

Agua destilada	100 ml
----------------	--------

➤ MEA (extracto de malta agar)

Componente	cantidad
Extracto de malta	20 gr
Peptona	1 gr
Glucosa	20 gr
Agar	20 gr
Agua destilada	1 lit

➤ G25N (25% glicerol nitrato agar)

Componente	cantidad
K ₂ HPO ₄	0,75 gr
Czapek concentrado	7,5 ml
Extracto de levadura	3,7 gr
Glicerol	250 gr
Agar	12 gr
Agua destilada	750 m

1.2.3.2 Obtención, purificación y mantenimiento del hongo penicillium candidum

El hongo *penicillium candidum* fue aislado a partir de un queso brie, para lo cual se cortó con el bisturí el hongo de la parte superior del queso, tratando de no extraer partes del queso, luego este fue colocando en los medios de cultivo contenidos en las cajas petri, todo este procedimiento se realizó en la cámara de flujo laminar utilizando los materiales estériles. Las cajas petri fueron selladas con parafilm e invertidas, luego se procedió a colocarlas en la estufa a una temperatura de 28°C, la cual es óptima para el desarrollo de este hongo.

Cada dos días se revisaban para controlar el crecimiento del hongo. Al inicio en las cajas petri el hongo se desarrollaba con levaduras, por tal razón se procedió a extraer parte de los medios de cultivos que contenían levaduras y otros microorganismos ajenos a la investigación, y estos fueron quemados con el mechero.

Cuando el hongo se ha desarrollado en los medios de cultivos se observa en el microscopio la presencia de esporas.



Si el hongo ya ha generado esporas, se procede a extraerlas mediante un lavado con agua destilada, para, posteriormente almacenarlas en tubos estériles de 1 ml de capacidad.



Una vez, que se han extraído y almacenado las esporas, se debe determinar la concentración de cada tubo, para lo cual, se utilizó el método de la caja de newbauer, el cual, es utilizado para el conteo de células.



1.3 Derivados lácteos

Los productos obtenidos a partir de leche son el claro ejemplo de la tecnología aplicada en el desarrollo de productos, que permiten prolongar la vida útil de su materia prima. La elaboración de queso data del tercer milenio a.C con un friso llamado “Friso de la llechería”, en la actualidad se calcula que existen más de 1000 variedades de queso. Por otra parte el yogurt no es más que una leche acidificada por acción bacteriana. La producción de ácido láctico y otros metabolitos en menor cantidad como el ácido acético, lo que inhibe el desarrollo de microorganismos patógenos.

1.3.1 Generalidades y características del Queso Mascarpone

Es un queso crema acidificado que se lo consume fresco, el tamaño típico es de 5-6 cm de diámetro por 6cm de alto y un peso de 110g o hasta 500g para obtener una pasta

extendible para untar con mayor contenido de humedad. El rendimiento depende del contenido de grasa de la crema, la crema utilizada como materia prima no debe sobrepasar el 35% de grasa.

La comisión del codex alimentario establece que este tipo de queso contiene aproximadamente 85% de grasa y 8% de proteínas expresadas en extracto seco.

Según la normativa alimentario argentina Art 617 - (Dec 111, 12.1.76) la denominación de Queso Mascarpone Argentino, se entiende el producto fresco, elaborado con leche entera y crema, coagulada por calor y ácidos permitidos a ese efecto, además establece que este queso deberá cumplir las siguientes condiciones:.

- Masa: cruda, desuerada y amasada;
- Pasta: blanda (fresca), fina, untuosa, homogénea; aroma agradable y poco perceptible; sabor poco acentuado, ligeramente dulce que recuerda a manteca; color blanco-amarillento uniforme.
- Contenido graso en el extracto seco: no menor de 80,0%;
- Forma: variable de acuerdo al envase que será de material plástico con tapa o cierre termo sellado u otro envase aprobado por la autoridad sanitaria nacional, que impida su contaminación;
- Estabilización, Mín: 24 horas;
- Se mantendrá en fábrica y hasta su expendio a temperatura inferior a 10°C.

1.3.2 Generalidades y características Queso Brie

El queso brie es un queso de origen francés, pertenece al grupo de quesos blandos madurados por hogos superficiales.

Según la norma del codex para queso brie (Codex stan 277-1973), el cuerpo de este queso presenta un color que varía de casi blanco a amarillo claro y tiene una textura blanda (al presionarse con el pulgar) sin ser friable, madurada desde la superficie hacia el centro del queso.

Por lo general carece de agujeros ocasionados por el gas, aunque se aceptan algunas aberturas y grietas. Se debe desarrollar una corteza, la cual es suave, cubierta totalmente por un moho blanco, aunque ocasionalmente puede presentar manchas de tonos rojizos, marrones o anaranjados.

El queso Brie para estar listo para el consumo, debe pasar por un procedimiento de maduración, para desarrollar las características de sabor y cuerpo, que dura normalmente 10 días como mínimo a una temperatura de 10-16 °C.

La composición de este queso en cuanto a grasa en materia seca es mínima del 40% y como humedad máxima del 56%.

1.3.3 Generalidades y características Yogurt dietético arazá

El yogurt dietético de arazá es bajo en calorías debido a que está elaborado con leche descremada y edulcorado con estevia, sucralosa y fructosa. A la base de yogurt natural se le adicionó pulpa de arazá, que aporta un sabor ácido similar al maracuyá, sin embargo el aroma y sabor característico de esta fruta permiten obtener un yogurt muy agradable al paladar.

CAPITULO II

DISEÑO EXPERIMENTAL Y EVALUACIÓN SENSORIAL

2.1 Introducción al diseño experimental

En el campo de la industria es frecuente hacer experimentos o pruebas con la intención de resolver un problema o comprobar una idea; por ejemplo hacer algunos cambios en los materiales, métodos o condiciones de operación de un proceso, probar varias temperaturas en una máquina hasta encontrar la que da el mejor resultado o crear un nuevo material con la intención de lograr mejoras o eliminar algún problema. [1]

Sin embargo, es común que estas pruebas o experimentos se hagan sobre la marcha, con base en el ensayo y error, apelando a la experiencia y a la intuición, en lugar de seguir un plan experimental adecuado que garantice una buena respuesta a las interrogantes planteadas. Es tal el poder de la experimentación que, en ocasiones, se logran mejoras a pesar de que el experimento se hizo con base en el ensayo y error. Sin embargo, en situaciones de cierta complejidad no es suficiente aplicar este tipo de experimentación, por lo que es mejor proceder en una forma eficaz que garantice la obtención de las respuestas a las interrogantes planteadas en un lapso corto de tiempo y utilizando pocos recursos. [1]

El diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas, que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. [1]

Algunos problemas típicos que pueden resolverse con el diseño y el análisis de experimentos son los siguientes:

1. Comparar a dos o más materiales con el fin de elegir el que mejor cumple los requerimientos.
2. Comparar varios instrumentos de medición para verificar si trabajan con la misma precisión y exactitud.
3. Determinar los factores de un proceso que tienen impacto sobre una o más características del producto final.
4. Encontrar las condiciones de operación donde se reduzcan los defectos o se logre un mejor desempeño del proceso.
5. Reducir tiempo de ciclo de proceso.
6. Hacer el proceso insensible o robusto a oscilaciones de variables ambientales.
7. Apoyar el diseño o rediseño de nuevos productos y procesos.
8. Ayudar a conocer y caracterizar nuevos materiales. [1]

2.1.1. Diseño Factorial

El objetivo del diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores; uno de sus objetivos particulares es determinar una combinación de niveles de los factores en la que el desempeño del proceso sea mejor. [1]

Para estudiar la manera en que influye cada factor sobre la variable de respuesta, es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para cada una de ellas. Con el diseño factorial completo se corren aleatoriamente todas las combinaciones posibles que pueden formarse con los niveles de los factores a investigar. [1]

2.1.1.1 Ventajas del diseño factorial

- Permiten estudiar el efecto individual y de interacción de los distintos factores.
- Son diseños que se pueden aumentar para formar diseños compuestos en caso de que se requiera una exploración más completa.
- Se pueden correr fracciones de diseños factoriales, las cuales son de gran utilidad en las primeras etapas de una investigación que involucra a muchos factores, cuando interesa descartar de manera económica los que no son importantes, antes de hacer un estudio más detallado con los factores que sí son importantes.
- La interpretación y el cálculo de los efectos en los experimentos factoriales se puede hacer con aritmética elemental, en particular cuando cada factor se prueba en dos niveles. [1]

2.1.1.2 Diseños factoriales con tres factores

Para estudiar la influencia de tres factores (A,B,C) sobre una o más variables de respuesta, y el número de niveles de prueba en cada uno de los factores es a, b, c, respectivamente, se puede construir el arreglo factorial $a \times b \times c$, que consiste de tratamientos o puntos experimentales. Entre los arreglos de este tipo que se utilizan con frecuencia son: el factorial 2^3 , el factorial 3^3 y los factoriales mixtos con no más de cuatro niveles en dos de los factores. [1]

2.1.1.3 Diseño Factorial 2^3

Con el diseño factorial 2^3 se estudian tres factores en dos niveles cada uno. Consta de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos diferentes, los cuales pueden identificarse con las mismas notaciones introducidas con el diseño 2^2 [1]

2.1.2 Escalado de las variables

El escalado de las variables consiste en atribuir los diferentes niveles de estudio a las variables, siendo X máximo = +1 y X mínimo = -1.

De esta forma se obtiene una mayor facilidad de interpretación de los factores, en cuanto a los coeficientes calculados del modelo son directamente correlacionados a la importancia de los factores. [1]

La información obtenida no se ve afectada por el tipo de medida o unidad con que se expresan las variables, debido a que se considera cada una por separado. [1]

2.1.3 Método de Optimización

La Metodología de Superficie de respuesta según (Gutiérrez, 2008) es la estrategia experimental y de análisis que permite resolver el problema de encontrar la condiciones

de operación óptima de un proceso, es decir, aquellas que dan por resultado valores óptimos de una o varias características de calidad del producto. [1]

La metodología de superficie de respuesta implica tres aspectos: diseño, modelo y técnica de optimización. El diseño y el modelo se piensan al mismo tiempo y dependen del tipo de comportamiento que se espera en la respuesta. De manera específica, el modelo puede ser de primero o segundo orden; por ello, el tipo de diseño utilizado y el método de optimización se clasifican, según sea el caso, como de primero o de segundo orden. [1]

El aspecto diseño implica que para optimizar un proceso se debe aplicar el diseño de experimentos, en particular aquellos que sirven para ajustar un modelo de regresión lineal múltiple, conocidos para superficies de respuesta. [1]

El aspecto del modelo utiliza el análisis de regresión lineal múltiple, junto con sus elementos básicos que son: parámetros del modelo, modelo ajustado, significancia del modelo, prueba de falta de ajuste, residuos, predichos, intervalos de confianza para predichos y coeficiente de determinación. [1]

El aspecto de optimización está formado por algunas técnicas matemáticas que sirven para que, dado un modelo ajustado, explorarlo a fin de obtener información sobre el punto óptimo. [1]

En la metodología de superficie de respuesta se distinguen tres etapas en la busque del punto óptimo: cribado, búsqueda de primer orden y búsqueda de segundo orden. [1]

2.2 Introducción al análisis sensorial

La valoración sensorial, según el autor Sancho J. del libro Introducción al análisis sensorial de los alimentos, es una función que la persona realiza al aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentales que tiene, al observarlos o ingerirlos. El análisis sensorial de los alimentos se define como un conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos, a través de uno o más de los sentidos humanos.

Es evidente la importancia que, para el técnico de la Industria Alimentaria tiene el disponer de sistemas y herramientas que le permitan conocer y valorar las cualidades organolépticas del producto que elabora, y la repercusión que los posibles cambios en su elaboración o en los ingredientes puedan tener en las cualidades finales.

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen tres tipos principales de pruebas: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas. Estas pruebas pueden ser combinadas entre sí, esto dependerá de lo que se busca analizar. [3]

2.2.1 Campo de aplicación del análisis sensorial

El análisis sensorial tiene mayor aplicación en el control de calidad, así se puede considerar que está dirigido a la evaluación, análisis y control en el proceso de fabricación, así como del producto.

El análisis sensorial debe incidir en primer lugar, sobre las materias primas que entrarán en el proceso de fabricación.

Mediante métodos físicos, químicos o microbiológicos, se determinará si estos ingredientes están de acuerdo con las normas de calidad en la industria alimentaria, el olor, color, sabor y, en general, los caracteres organolépticos, son criterios de aceptación o rechazo tan importantes como los instrumentales.

El análisis sensorial además de utilizarse para la selección de las materias primas, es utilizado para el control del proceso, tanto como adaptación del producto a su perfil final, como para la realización de modificaciones o correcciones en el transcurso de su elaboración.

Otra función del análisis sensorial es el control del mercado, las investigaciones sobre la opinión del consumidor, en base al grado de aceptación del producto, las diferencias entre los productos propios y los de la competencia, la evolución del gusto en los grupos sociales, entre otras, sólo pueden realizarse sensorialmente.

La aplicación del análisis sensorial se puede dividir en: análisis de calidad y análisis de aceptación.

En los análisis de calidad se debe examinar el producto y clasificar objetivamente los distintivos característicos.

En los análisis de aceptación, se busca dictaminar el grado de aceptación que tendrá un producto, siendo a veces deseable conocer la reacción del catador, en este tipo de pruebas las pueden realizar personas poco expertas en este ámbito, pero deben responder al medio social o cultural al que va destinado el producto, ya que la finalidad de la prueba es conocer si el producto será o no aceptado por el consumidor.

2.2.1 Medios utilizados en la realización de análisis sensorial

Para lograr un buen análisis sensorial es necesario conocer la relación y las características de los medios utilizados en la realización de la catación. Estos medios se dividen en dos grupos: medios intrínsecos al catador y medios extrínsecos al catador. [2]

2.2.1.1 Medios intrínsecos al catador

Cuando se habla de medios intrínsecos se hace referencia a la utilización de los órganos de los sentidos de la vista, el olfato, gusto, tacto y oído, así como cualidades físicas e intelectuales del catador. [2]

Cuadro 2.1: Órganos sensoriales

SENTIDO	ÓRGANOS
Vista	Ojo
Tacto	Receptores cutáneos
Olfato	Órganos olfativos
Gusto	Órganos bucales
Oído	Oído interno

Fuente: CHAMORRO María., LOSADA Manuel. 2002. El análisis sensorial de los quesos. Editorial Ediciones Mundi Prensa. España. 235 pág.

2.2.1.1.1 Vista

En la alimentación el sentido de la vista es importante, ya que, antes que con la boca, se come con los ojos. En el caso del queso la observación de la corteza y la pasta al corte va a permitir que se conozca algunas características como color, forma, dimensión de elementos de ruptura, entre otras. Siendo el color una de las propiedades sobresalientes que puede determinar la aceptación o no de un alimento. [2]

2.2.1.1.2 Tacto

La aplicación del tacto se realiza en dos momentos: con los receptores cutáneos del dedo índice y con los receptores cutáneos de la cavidad bucal.

El sentido del tacto permite investigar la mayoría de características del producto correspondientes a la textura, como por ejemplo: grado de rugosidad, humedad en superficie, elasticidad, firmeza, friabilidad, adherencia, microestructura, solubilidad y humedad de la muestra. [2]

2.2.1.1.3 Olfato

La utilización del olfato implica entrenar y aceptar la capacidad de un sentido que siempre ha estado sometido a una represión social. Cuando se realizan pruebas sensoriales el panel debe estar conformado por personas que no padezcan anosmia (incapacidad de percibir olores) o por personas que tengan atrofiado su sentido del olfato

por causa de resfríos frecuentes. El olor y/o el aroma después del color de un alimento es una propiedad que influye en el resultado del análisis sensorial. [2]

2.2.1.1.4 Gusto

Las papilas gustativas ubicadas en la lengua son las responsables de percibir las sensaciones que arrojan el alimento.

Estas sensaciones comúnmente llamadas sabores se perciben en diferentes lugares de la lengua, por ejemplo en la punta de la lengua se percibe el dulzor, el ácido y salado se detecta en los costados, mientras que en la parte posterior se perciben el amargor de los alimentos.

2.2.1.1.5 Oído

Es frecuente la aparición de sensaciones auditivas que acompañan a la masticación, a estas manifestaciones auditivas se refieren los términos crujiente y rechinante lo cual aporta sensaciones sobre el alimento. [2]

2.2.1.2 Medios extrínsecos al catador

Estos medios sirven de apoyo al catador para obtener una mayor perfección en el uso de los medios intrínsecos antes mencionados. [2]

2.2.1.2.1 Sala de cata

La catación debe realizarse en una sala, que debe reunir las siguientes condiciones:

- Debe ser un lugar tranquilo, confortable, decorado de tal manera que el catador no se distraiga y pueda concentrarse en su trabajo.
- Paredes de tonalidad clara, blanca o crema.
- Las condiciones ambientales deben ser adecuadas: ausencia de ruidos y olores, temperatura y humedad relativa adecuadas para cada muestra, así como una iluminación suficiente.
- Capacidad necesaria para albergar a un panel de catación.
- Es conveniente que la preparación de las muestras se realice en un área separada de la de catas. Con esto se evita la persistencia de olores y que los catadores vean o presuman la ordenación de las muestras, que predispondrían sus valoraciones o inducirían a falsas decisiones.
- Los catadores deben estar separados físicamente para evitar los comentarios o comunicación de cualquier tipo.
- Debe existir algún tipo de comunicación entre el catador y el director del panel.

2.2.1.2.2 Preparación de las muestras

Las muestras si deben tener alguna preparación culinaria antes del ensayo, deben ser realizadas pruebas con anticipación para garantizar que las condiciones de la muestra sean homogéneas. Es decir, deben quedar establecidos: el tiempo de cocción, la cantidad de agua a añadir, el tiempo de descongelación, etc. [3]

Lo más recomendable es realizar la cata con los productos en la forma en que se consumen normalmente.

Para la catación las muestras deben tener la temperatura adecuada, la cual depende del alimento que se esté investigando. La temperatura adecuada es aquella del consumo normal, por ejemplo, aceites comestibles 44°C, alimentos calientes entre 60 – 65°C; helados entre -1°C y 2°C, vinos tintos entre 12-18°C; vinos blancos y rosados entre 3-10°C; quesos a 16°C; los jugos, leche o zumos de fruta deben servirse entre 4-10 °C. [3]

Otro parámetro importante en la preparación de las muestras de cata es la cantidad, según J. Sancho en el libro Introducción al análisis sensorial de los alimentos recomienda 15mL de producto líquido y 30g de producto sólido. En el caso de algunos productos de características muy intensas, como las especias, hay que controlar de forma muy estricta las cantidades, ya que, si se sobrepasan ciertos límites se distorsiona totalmente y el juicio puede ser erróneo.

La codificación con la que se presenta la muestra debe ser de por lo menos 3 dígitos escogidos aleatoriamente, de esta forma se evita que el catador relacione, de manera involuntaria el número de la muestra con cualidades del producto

2.2.1.2.3 Fichas de cata

El catador debe tener a su disposición unas fichas en las que pueda reflejar los resultados del análisis sensorial. Las fichas pueden tener tres propósitos: descriptor, discriminante o hedónico. En general las sensaciones que se valoran en las distintas fases de la cata son:

- Olor
- Caracteres visuales
- Textura
- Caracteres olfato-gustativos (aroma, sabores y sensaciones trigeminales)
- Persistencia
- Impresión final. [2]

2.2.2 Tipos de pruebas usadas en el análisis sensorial

2.2.2.1 Pruebas descriptivas

Estas pruebas son las que permiten describir y valorar las propiedades del alimento de la manera más objetiva. La finalidad es conocer la magnitud o intensidad de los atributos del alimento. [4]

2.2.2.2 Pruebas discriminatorias

Son las que permiten encontrar diferencias significativas entre las muestras o entre ellas y un patrón. Además deben permitir cuantificar la diferencia significativa. [4]

2.2.2.3 Pruebas de aceptación

En éstas el equipo o panel de catadores clasifica las muestras con relación a la preferencia que sienten por ella o a su nivel de satisfacción. [4]

2.2.2.4 Prueba pareada

Desde el punto de vista sensorial esta prueba es una de las más eficaces, y además, es la de más fácil realización. El nombre se debe a que sólo se trabaja con dos muestras. Este tipo de prueba se aplica para seleccionar y perfeccionar a los catadores, además para establecer preferencia entre dos muestras y para el control de calidad cuando se requiere distinguir alguna diferencia organoléptica, general o específica, entre dos muestras. [4]

2.2.2.5 Prueba triangular

Consiste en presentar al catador tres muestras con su identificación correspondiente, de las cuales dos son iguales y una es diferencia. El catador debe indicar cuál de las tres es la diferente. Esta prueba es sencilla y de fácil interpretación, está sometida a muchas tendencias, sesgos, predisposiciones y prejuicios. Uno de los sistemas de minimizarlos es presentar cada muestra un número igual de veces en cada una de las posiciones del triángulo, pero esto complica la prueba.

Ejemplo: partiendo de dos muestras, A y B, deberán presentarse en las siguientes distribuciones: ABB, AAB, ABA, BAA, BBA, BAB. Para este tipo de pruebas se necesitan mínimo 6 catadores en el panel, para poder llevar a cabo el proceso de catación. [4]

2.2.3 Formación del panel de catadores

Cross y sus colaboradores (1979) describieron este sistema, que se trata de un método general que con facilidad se adapta para la evaluación de las propiedades de cualquier alimento y que se desarrolla en cuatro etapas:

- Entrevista personal con los posibles candidatos.
- Selección por aptitudes.
- Aprendizaje y entrenamiento.
- Evaluación y calificación. [3]

2.2.3.1 Entrevista personal con los candidatos

La entrevista se realiza para conocer la importancia que tiene cada candidato por participar en el programa y analizar sus posibilidades, tanto personales como de organización, para que dedique tiempo y atención a las diferentes fases del proyecto.

Luego de la entrevista se clasifica a los candidatos en tres grupos:

- Grupo R: son los candidatos descartados por no tener suficiente interés o posibilidades
- Grupo E: candidatos aptos para pruebas de rutina o especiales, en este grupo se encuentran las personas que tienen un poco de interés pero no están dispuestos a soportar el período de entrenamiento.
- Grupo C: candidatos que pasan a la etapa de entrenamiento y selección. [3]

2.2.3.2 Fase de selección

Se deben realizar los ensayos sobre los parámetros que se desean evaluar, además, aplicar las pruebas triangulares.

El procedimiento sugerido por Bradley para la selección es el siguiente:

- a) El número de candidatos debe ser el doble del número del panel que se necesita.
- b) Se debe clasificar a los candidatos después de cada prueba triangular, en tres grupos:

Grupo 1. El candidato es aceptado como un posible catador.

Grupo 2. Es rechazado definitivamente.

Grupo 3. Debe continuar haciendo pruebas. [3]

2.2.4 El análisis sensorial de los quesos

2.2.4.1 Caracteres organolépticos del queso

Los caracteres organolépticos del queso (Chamorro pág. 67) están divididos en tres grupos:

- De apariencia
- De consistencia o textura
- De olfato-gustativos

Para el desarrollo del análisis sensorial del queso se debe seguir un orden cronológico, de acuerdo a como vayan participando los sentidos con respecto a la muestra.

Al iniciar el proceso de catación el sentido que trabaja primero es la vista, la misma que apreciará los caracteres de apariencia del queso tanto internos como externos, además de los atributos de textura; este atributo también es valorado por el tacto (mano) el cual terminará de reconocer estas características en la fase táctil (rugosidad y humedad). Antes de que el queso ingrese a la boca trabaja el sentido del olfato, el cual percibirá las primeras sensaciones olfativas. Los demás caracteres de la textura son identificados en la boca, incluyendo la lengua y los dientes. [2]

2.2.4.1.1 Atributos que se perciben en la fase visual

Apariencia

En la apariencia están involucrados todos los atributos que pueden ser apreciados con la vista. La apariencia del queso que se aprecia es la interior y la exterior. [2]

Apariencia Exterior

Lo que se puede apreciar exteriormente en el queso son los siguientes caracteres: forma, dimensiones, apariencia en la superficie y algunas cualidades como lisa, firme, untuosa, rugosa, abierta, etc. [2]

Apariencia Interior

Para valorar este atributo se debe realizar un corte en el cual se observarán dos zonas: la más próxima a la superficie es la corteza y el resto es la pasta. Los caracteres de la corteza son espesor y color. En la pasta son el color y otros de atributos de la textura. [2]

Atributo de la consistencia o textura

La textura es considerada como el conjunto de propiedades de superficie, mecánicas, geométricas, entre otras, que son percibidas por los sentidos (tacto, visual, auditivo) [2]

2.2.4.1.2 Características de superficie

Para identificar estas características se debe realizar en una sección representativa del queso, para que pueda ser real a lo que busca lograr la catación.

Lo que se debe identificar es: si existen elementos de ruptura (ojos, abertura, grietas) en el corte del queso, además de su forma, tamaño y número, así como su distribución regular o irregular en la pasta. [2]

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Caracterización físico química de la leche de la hacienda de Paccha

Para la elaboración de todos los productos, los distintos experimentos y las diferentes pruebas se utilizó leche de la hacienda de Paccha ubicada en la ciudad de Macas provincia de Morona Santiago. La transportación de la leche se realizó de la manera más aséptica posible tratando de que durante todo el trayecto la temperatura de la misma no sobrepase los 4 °C.

Los análisis para la caracterización de la leche se aplicaron dos métodos el primero en el laboratorio de la Universidad de forma química y el segundo mediante análisis matemático basado en la viscosidad.

Los análisis realizados en la Universidad fueron:

- Determinación del % de grasa.
- Determinación de acidez.
- pH.
- Determinación de % proteína.
- Densidad.

Para la determinación del porcentaje de grasa se siguió el procedimiento mediante el butirometro de Gerber, dando como resultado un porcentaje de 3.9 %. Este valor fue calculado en base al promedio de varios análisis, debido a que el porcentaje de grasa se ve afectado de acuerdo a las condiciones climáticas, es decir, en época de lluvia el porcentaje descendió hasta 3.4% y en época más seca se porcentaje se incrementó a 4.1%. Es por esta razón que, de igual forma la densidad de la leche varió, sin embargo el valor promedio obtenido fue de 1.029 g/cm³.

En cuanto a la acidez de la leche se controló que estuviese siempre en los rangos permitidos. Cabe recalcar, que por dificultades a la hora de transportar la leche en más de una ocasión se tuvo que desechar la por una elevada acidez.

El porcentaje de proteína de la leche se calculó a través del método de formol obteniendo un valor aproximado de 3.21%.

3.1.1 Determinación de proteínas de la leche mediante cálculo matemático

El Dr. Juan de Dios Alvarado ha desarrollado unas fórmulas matemáticas para determinar la cantidad de proteínas presentes partiendo de la viscosidad de la leche a 15°C.

Para aplicar estas fórmulas se debe determinar primeramente la viscosidad de la leche mediante una práctica sencilla que se detalla a continuación.

Según lo indicado por Rasia, E.J.; Valverde, J. y Torregiani, F., en el Boletín de la asociación Argentina de Reología (Marzo, 1995), el aparato consta de un receptáculo de material plástico que posee una escala longitudinal (en mm) para medir las variaciones de altura de la columna de líquido a través del tiempo. En la parte inferior del receptáculo, adosar una aguja larga. El viscosímetro se asegura de modo que el extremo inferior de la aguja permanezca, durante toda la medición, en contacto con la superficie del líquido (para evitar variaciones de la tensión superficial debidas a la formación de gotas). El nivel de este líquido permanece constante por escurrimiento.

Registrar la temperatura cuidando que no existan variaciones superiores a 1 °C durante las pruebas.

La muestra de leche se coloca en el receptáculo, enrazando al nivel superior de la escala. A partir de ese momento, el líquido comienza a fluir continuamente a través del capilar (aguja), impulsado por la presión hidrostática variable de la columna residual de la muestra hasta una marca hecha en la parte inferior del recipiente. Con un cronómetro se mide el tiempo por triplicado o hasta obtener resultados reproducibles.

En la fotografía se puede observar la manera en la que desarrollamos estas determinaciones.



Para determinar la viscosidad de la leche se debe calcular la constante del viscosímetro, aplicando las siguientes fórmulas.

$$\eta = k * \rho * t$$

k = constante del viscosímetro

η = densidad del agua

ρ = densidad del agua a 15°C

t = tiempo en segundos que demora en bajar por el capilar un determinado volumen de agua.

(Cronometrados anteriormente)

$$k = \eta / (\rho * t)$$

Una vez determinado K se procede a determinar la viscosidad de la leche.

$$\eta = k * \rho * t$$

k = constante del viscosímetro

ρ = densidad del agua

t = tiempo en segundos que demora en bajar por el capilar un determinado volumen de leche. (El volumen de leche debe ser igual al volumen de agua)

La fórmula inicial desarrollada por el Dr. Alvarado es la siguiente.

$$\eta_{\text{leche a } 15^{\circ}\text{C}} = (1 + 2.5\phi A) [e^{2.5\phi G / (1 - 1.91\phi G)}] [(1 + 1.25\phi c) / (1 - 1.35\phi c)]^2$$

Esta fórmula, ya para su aplicación, queda de la siguiente manera.

$$\eta_{\text{leche a } 15^{\circ}\text{C}} = [1.188] \left[\frac{(1 + 1.25\phi_c)}{(1 - 1.35\phi_c)} \right]^2$$

Se reemplaza $\eta_{\text{leche a } 15^{\circ}\text{C}}$ y se calcula ϕ_c ; el cual es el valor de fracción volumétrica de caseína.

Esta fracción volumétrica debe ser transformada a fracción másica de caseína, para lo cual, se aplica la siguiente fórmula.

$$\phi_c * (X_c + 1.2743) = 4X_c$$

Se despeja X_c y el valor que se obtiene es la fracción másica de caseína de la leche, el Dr. Juan de Dios Alvarado sugiere que este valor se divida para 0.80 para determinar la cantidad de proteína, ya que la caseína corresponde al 80% de la proteína de la leche.

Para el cálculo del porcentaje de proteínas de la leche de la finca de Paccha se aplicó las fórmulas propuestas anteriormente, los tiempos tomados en el laboratorio y el resultados de las fórmulas se presentan en las siguientes tablas:

Cuadro 3.1: Tiempo en segundos de leche

Tiempos del agua (en segundos)	
98.54	98.62
99.86	98.43
99.88	99.21
98.4	100.07
98.95	98.84
Promedio	99.08

Cuadro 3.2: Tiempo en segundos del agua

Tiempos de la leche (en segundos)	
148.79	148.88
149.14	148.92
149.18	149.32
149.33	148.61
149.26	149.55
Promedio	149.098

Cuadro 3.3: Resultados del análisis matemático

Cuadro de resultados	
η agua a 15°C	1135.61E-06 Pa.s
tiempo del agua	99.08 s
ρ agua a 15°C	999.1 kg/m ³
K viscosímetro	1.14719E-08 Pa.m ³ /s
tiempo leche	149.098
ρ leche	1028.146
η leche	0.0017586 Pa.s
η leche	1.7586 mPa.s
ϕc	0.0749
Xc	0.0243
% de proteína	3.040

3.2 Resultados Microbiológicos

Se realizaron los análisis microbiológicos de los tres productos optimizados desarrollados en este trabajo de tesis, los resultados obtenidos se presentan en el siguiente cuadro

Cuadro 3.4: Resultados microbiológicos

Producto	Hongos y levaduras	Coliformes totales	Coliformes fecales	estafilococos aureus	Salmonella	Listeria
Yogurt	<100	<10	<10	<10	Ausencia	Ausencia
Mascarpone	<100	<100	<100	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Brie	característico	Ausencia	<10	Ausencia	Ausencia	Ausencia

3.3 Elaboración del Queso Mascarpone

En primera instancia se debió determinar los procesos y subprocesos necesarios para la elaboración de este producto. Esta etapa de ensayo y error de experimentos basados en la bibliografía se determinó que el mascarpone es una emulsión entre materia grasa, proteína y suero.

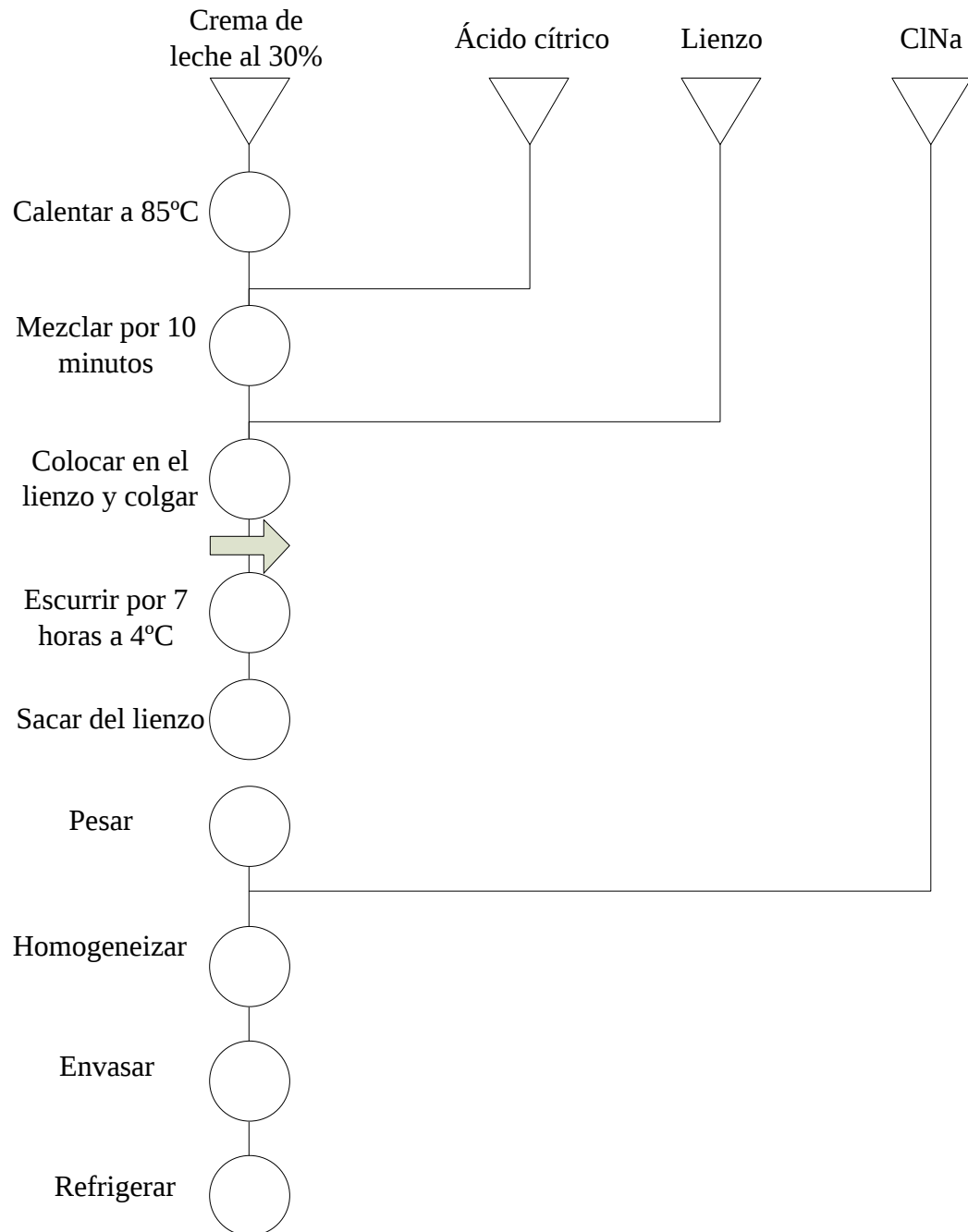
El queso mascarpone es un queso rico en materia grasa por lo cual se estandarizó la crema de leche al 30% MG. Para precipitar las proteínas de la crema se realizó una coagulación ácida a alta temperatura. Para acidificar la crema se calentó con fuego indirecto a 85°C y se adicionó ácido cítrico lo cual desciende el pH a 4.6 (punto

isoeléctrico), de esta forma precipitan las proteínas; a continuación se lleva a refrigeración para luego escurrir parte del suero por medio de un lienzo.

Después de un periodo determinado de escurrido, el queso se debe homogenizar de tal forma que la textura sea uniforme en todo el queso; ya homogenizado el queso se adiciona sal, se empaca y está listo para su distribución.

Una vez obtenido el queso mascarpone se analizaron cuáles de los procesos o ingredientes influyen de manera directa en el producto final para su posterior optimización.

3.3.1 Diagrama de Flujo del queso mascarpone



3.3.2 Análisis sensorial del mascarpone

Para este análisis sensorial se tomó en cuenta los parámetros más representativos, de tal forma que el panel de catación plasme en la ficha de catación la información necesaria para su correcta optimización.

Las muestras para su catación fueron previamente codificadas, de tal forma que no predisponga ningún orden en particular hacia el catador. En cada contenedor se colocó alrededor de 5g aproximadamente y se dotó de una pequeña cucharilla de tal forma que permita la manipulación de la muestra por parte del catador.

La catación de cada experimento desarrollado según el plan experimental, se llevó a cabo por parte de un panel semi entrenado, conformado por 20 personas, en los laboratorios de la Universidad, de esta manera se garantizó un ambiente sin distracciones.

En cada sesión se cataron 3 muestras como máximo, de esta manera se evitó cansar a las personas que realizaron las evaluaciones.

La ficha utilizada para la catación del queso mascarpone fue de tipo descriptiva en la que se evaluó la intensidad de los atributos del alimento en una escala de 1 a 5, siendo 1 ausencia y 5 muy fuerte, a continuación se presenta el modelo con el que se trabajó en la tesis.

Cuadro 3.5: Ficha de catación de queso mascarpone**FICHA DE CATACIÓN DE QUESO MASCARPONE**

Fecha: _____ **Muestra:** _____

Por favor llene las siguientes preguntas con su apreciación acerca de los parámetros organolépticos de este producto.

Marque con una X en los casilleros que correspondan de acuerdo al grado de intensidad.

- 1 Ausencia 2 Ligero 3 Moderado
4 Fuerte 5 Muy fuerte

Características olfativas

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Moho					
Lácteo					
Especies					
Rancio					

Caracteres gustativos

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Salado					
Amargo					
Rancio					
Grasa					

Caracteres de textura y trigeminales

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Untuosidad					
Grumoso					
Grado de humedad					

En general como califica a esta muestra

Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho

Muchas gracias por su colaboración

3.3.3 Diseño experimental del queso Mascarpone

Para el desarrollo y optimización del queso mascarpone inicialmente se experimentó en la búsqueda de las variables que sobresalen en el proceso, para luego ser optimizadas.

Las variables que se consideraron en el diseño son: % de ácido cítrico, el tiempo de escurrido y por último % de sal. Mientras que procesos como el tiempo pasteurizado, %

de grasa, temperatura de desuerado se mantuvieron constantes, de tal forma que no influya en la respuesta del catador.

Inicialmente se realizaron pruebas para determinar los valores medios, de los cuales se parte para diseño. Los valores se presentan en la siguiente tabla:

Cuadro 3.6: Variables del queso mascarpone

Variables		Unidad	X mínimo	X medio	X máximo
			-1	0	1
X1	Porcentaje de ácido cítrico	%	0,07	0,09	0,11
X2	Tiempo de escurrido	Horas	4:00	7:00	10:00
X3	Porcentaje de sal	%	0,03	0,05	0,07

El diseño utilizado para estudiar las variables anteriormente propuestas fue: un diseño factorial completo 2^3 .

La planificación experimental del diseño a dos niveles para tres factores, establece la siguiente matriz del diseño:

Cuadro 3.7: Matriz del diseño del queso mascarpone

Experimento	X1	X2	X3
1	1	1	1
2	-1	1	1
3	1	-1	1
4	-1	-1	1
5	1	1	-1
6	-1	1	-1
7	1	-1	-1
8	-1	-1	-1

Con los datos obtenidos de las tabulaciones de los experimentos y las réplicas se calcula las medianas de cada parámetro evaluado y se procede a encontrar la función utilidad, para lo cual, se utiliza el programa DART (Decision analysis by ranking techniques) en el que se ingresan las medianas calculadas anteriormente y la modulación que debe tener cada parámetro.

A continuación se presenta la tabla de modulación de los parámetros en el programa DART

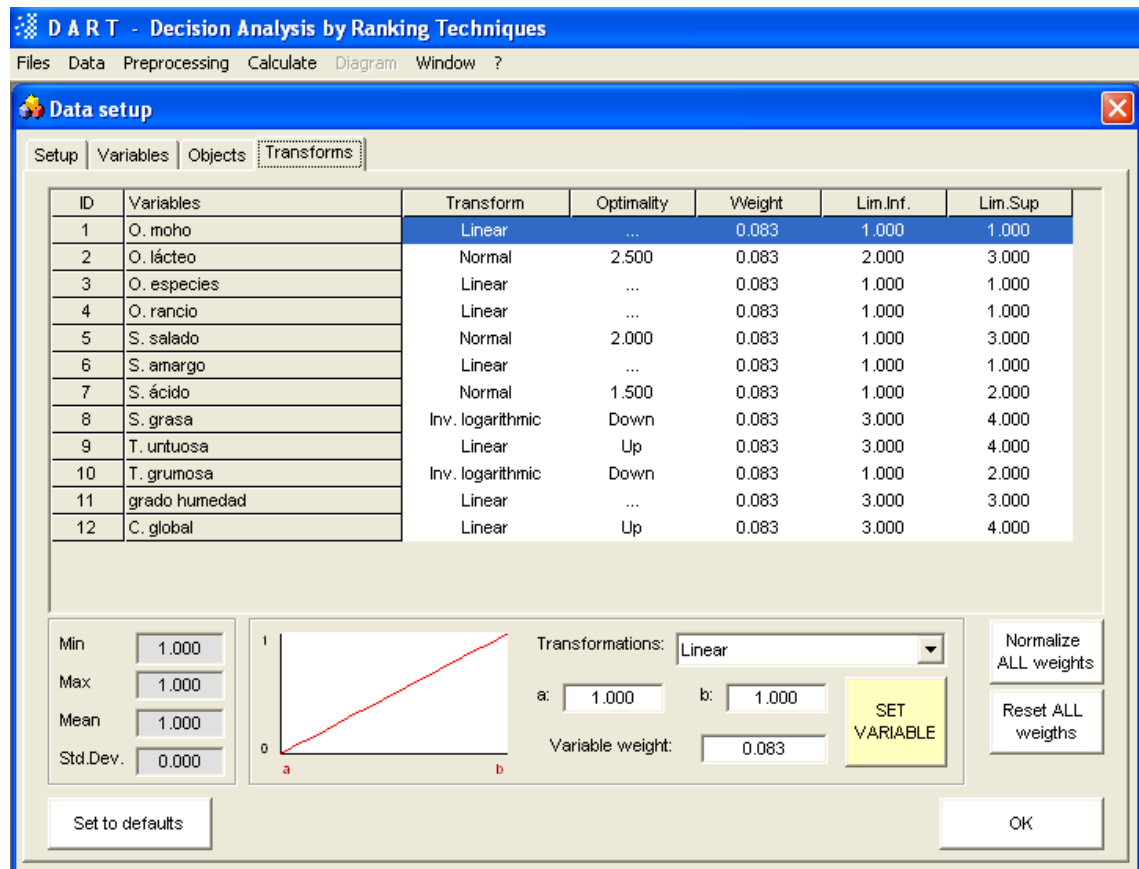


Gráfico 3.1: Modulación de parámetros del queso

La función de utilidad global de cada experimento, representa la respuesta experimental, representada como la aceptación total global del producto. De esta forma queda establecida la matriz del modelo y el vector respuestas que permitieron obtener los coeficientes para analizar el modelo.

Cuadro 3.8: Matriz del modelo del queso mascarpone

Experimento	I	X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3	F. utilidad
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.430
2	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0.418
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0.430
4	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0.430
5	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0.120
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0.239
7	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0.430
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0.287
R1		0	0	0					0.287
R2		0	0	0					0.430
R3		0	0	0					0.215
R4		0	0	0					0.573
R5		0	0	0					0.418
R6		0	0	0					0.573
R7		0	0	0					0.573
R8		0	0	0					0.573

Cuadro 3.9: Coeficientes del modelo para queso mascarpone

	I	X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3
Coeficiente	0.348	0.0045	-0.04625	0.079	-0.03125	-0.0015	0.04325	0.03425

El error experimental expandido se utilizó para establecer los coeficientes significativamente diversos de cero.

Cuadro 3.10: Parámetros para el cálculo del error expandido

D _{estandar} =	0,07703679
Alfa=	0,025
T _{student} =	2,53263781
U _{expandido} =	0,04877657

$$U = \frac{t_{\text{student}} * \text{desviación standar}}{\text{SQRT}(\text{número de experimentos})} = \frac{2.5326 * 0.077}{\text{SQRT}(16)} = \mathbf{0.04877657}$$

Comparando los coeficientes obtenidos con U_{expandido} del diseño experimental, se determina que la variable X3 es la única que influye directamente en la respuesta del panel de catación.

De esta manera se concluyó que cuando el queso posee mayor porcentaje de sal es más agradable para el panel de catadores.

3.3.3.1 Optimización del queso mascarpone

La curva de optimización del porcentaje de sal, se construyó con los puntos -1, 0, y 1; cuyas coordenadas fueron los promedios de la función utilidad de los experimentos 1, 2, 3 y 4, para el punto 1, y con el promedio de los 4 últimos experimentos se obtuvo el valor para el punto -1, y con el promedio de las réplicas el punto 0.

Cuadro 3.11: Coordenadas de la curva de optimización

X3	FU
-1	0.269
0	0.52333
1	0.427

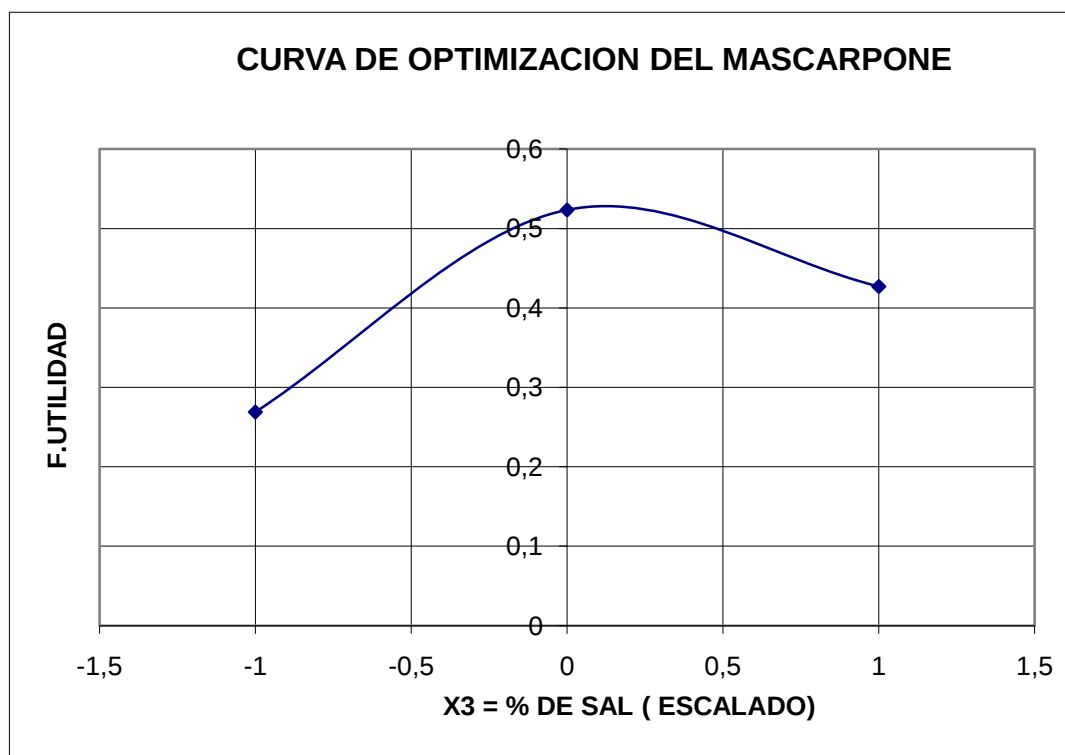


Gráfico 3.2: Curva de optimización del queso mascarpone

El gráfico de la curva de optimización del queso mascarpone demuestra que el porcentaje de sal que tiene la mayor función utilidad es muy cercano al valor cero (medio) de las ordenadas, que equivale a 0.5% de sal.

Este porcentaje escogido por el panel se debe a que el ClNa además de otorgar el sabor característico salado es un resaltador de los sabores propios del queso, sin embargo al agregar una cantidad mayor de ClNa, este capta un mayor porcentaje de humedad, dando como resultado una textura seca poco característica del queso; lo que se vio reflejado por parte del panel de catación.

3.4 Elaboración del queso brie

3.4.1 Adecuación de la cámara de maduración

Para la elaboración del queso brie se inició con el aislamiento del hongo *penicillium candidum*, detallado en el primer capítulo, a continuación se preparó la cámara de maduración para el afinamiento del hongo. El primer diseño de la cámara de maduración fue mediante el uso de contenedores de espuma de poliestireno, en los cuales se introdujo un bastidor de acero inoxidable con rejillas para colocar los quesos. Sin embargo, este primer experimento no tuvo un resultado favorable debido a que la temperatura ambiente oscilaba entre 19 – 21 °C; lo que provocó un desarrollo acelerado de microorganismos que derivaron en la putrefacción de los quesos.

Los niveles de proteólisis y lipólisis alcanzados por los quesos confluyeron en un olor extremadamente desagradable y con una textura demasiado fluida para un queso de este tipo.

Desechado el primer intento de madurar los quesos a temperatura ambiente se consideró el uso de un equipo de refrigeración; sin embargo, el rango de temperatura en el que oscilan los equipos de frío es de 0 a 4 °C, valores que no permiten o inhiben el desarrollo del hongo *penicillium*. Es por esta razón que se modificó una refrigeradora de la Universidad del laboratorio de microbiología, el cambio que se realizó fue en la refrigeradora fue el termostato por uno en el que se pueda controlar la temperatura en un rango de 0°C a 30°C. Con este termostato se controló la temperatura de maduración a 15°C y se realizaron los experimentos.

3.4.2 Proceso de elaboración del queso brie

Una vez controlada la temperatura se prosiguió al ensayo y error para determinar el proceso y las variables de estudio como se mencionó anteriormente para el queso mascarpone.

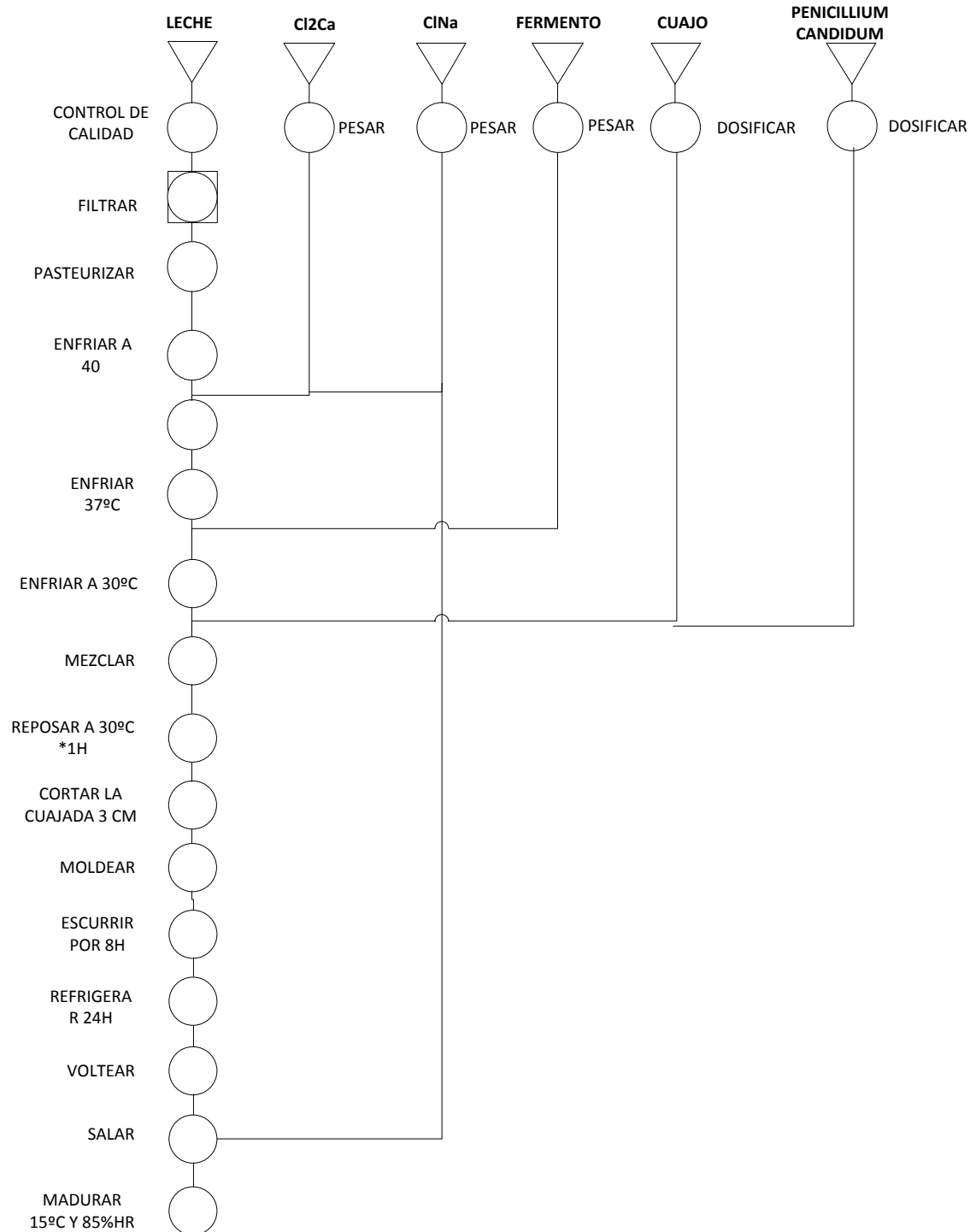
El queso brie es elaborado con leche entera de vaca pasteurizada, cuajado por acción enzimática a baja temperatura, es decir, a 30 °C, en este momento también se inocula hongo *penicillium* directamente en la leche. En este procedimiento se desarrollan aromas característicos producto de la reacción enzimática.

La adición de un cultivo de arranque fue fundamental para dar firmeza a la cuajada y por lo tanto también mejorar el rendimiento. Una vez formada la cuajada se prosigue al corte en cubos de alrededor de 3 a 5 cm de arista. De esta forma se conserva gran parte de suero en la cuajada. El siguiente paso es poner los cubos de cuajada en los moldes y se deja reposar a temperatura ambiente sin agregar presión o peso adicional por 24 horas.

Luego se deja a 4°C por 24 horas al transcurrir este tiempo se le voltea, se sala y se lleva a madurar a 15°C por 20 días con una humedad de 80-85% HR.

Periódicamente se debe dar vuelta los quesos de tal forma que se desarrolla el hongo en toda la superficie. Una vez madurados los quesos se empacan con papel encerado o aluminio y se envasan en cajas de cartón o de lámina de madera circulares y se mantienen a 4°C. Algunos quesos se cortan en porciones sectoriales y se envuelven individualmente, antes de envasarlos en las cajas o cartones.

3.4.3 Diagrama de flujo del queso brie



3.4.4 Análisis sensorial del queso brie

El queso brie para su catación fue presentado de tal forma que permitió apreciar su textura y sus cualidades después del corte. De igual forma a la hora de catar se presentó una porción significativa del queso.

Las muestras para su catación fueron previamente codificadas, de tal forma que no predisponga ningún orden en particular hacia el catador. Cada porción de queso fue de 5g aproximadamente.

La catación de cada experimento desarrollado según el plan experimental, se llevó a cabo por parte de un panel semi entrenado, conformado por 20 personas, en los laboratorios de la Universidad, de esta manera se garantizó un ambiente sin distracciones.

En cada sesión se cataron 3 muestras como máximo, de esta manera se evitó cansar a las personas que realizaron las evaluaciones.

La ficha utilizada para la catación del queso brie fue de tipo descriptiva en la que se evaluó la intensidad de los atributos del alimento en una escala de 1 a 5, siendo 1 ausencia y 5 muy fuerte, a continuación se presenta el modelo con el que se trabajó en la tesis.

Cuadro 3.12: Ficha de catación de queso brie**FICHA DE CATACIÓN DE QUESO BRIE**

Fecha: _____ **Muestra:** _____

Por favor llene las siguientes preguntas con su apreciación acerca de los parámetros organolépticos de este producto.

Marque con una X en los casilleros que correspondan de acuerdo al grado de intensidad.

1 Ausencia

2 Ligero

3 Moderado

4 Fuerte

5 Muy fuerte

Características olfativas

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Moho					
Lácteo					
Especies					
Afrutado					
Amoniacal					

Caracteres gustativos

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Salado					
Amargo					
Ácido					
Amoniacal					

Sensaciones trigeminales

Picante					
Astringente					
Moho					

Caracteres de textura

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Fundente					
Crujiente					
Quebradizo					

Impresión Global**En general como califica a esta muestra**

Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho

Muchas gracias por su colaboración**3.4.5 Diseño experimental del queso brie**

Las variables a considerar para la optimización del queso brie son: el porcentaje de cuajo, el tiempo de cuajado y la concentración del hongo penicillium. Durante la elaboración del queso brie se mantuvieron constantes el tiempo y temperatura de pasteurización, el porcentaje del cultivo de arranque (homofermentativo), el tiempo de maduración así como sus condiciones de temperatura y humedad.

A continuación se presenta una tabla con las variables del diseño y sus respectivos valores:

Cuadro 3.13: Variables del queso brie

Variables		Unidad	X mínimo	X medio	X máximo
			-1	0	1
X1	Porcentaje de cuajo	%	0,002	0,006	0,01
X2	Tiempo de cuajado	Minutos	60	90	120
X3	Concentración del hongo P.C	%	10^5	10^6	10^7

Para el queso brie se aplicó el diseño factorial completo de 2^3 ; obteniendo como resultado 8 experimentos.

La planificación experimental del diseño a dos niveles para tres factores, establece la siguiente matriz del diseño:

Cuadro 3.14: Matriz del diseño del queso brie

Experimento	X1	X2	X3
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

Al realizar los experimentos se observó que dos experimentos no cuajaron, esto se debió a que la cantidad de cuajo era la mínima al igual que el tiempo de cuajado; estos fueron el número 1 y el 5. Por lo tanto, a estos experimentos se les asignó una función utilidad de 0.

Con los datos obtenidos de las tabulaciones de los experimentos restantes y las réplicas se calculó las medianas de cada parámetro evaluado y se procedió a encontrar la función utilidad, para lo cual, se utiliza el programa DART, de igual forma como se realizó para el queso mascarpone se modulo cada uno de los parámetros evaluados.

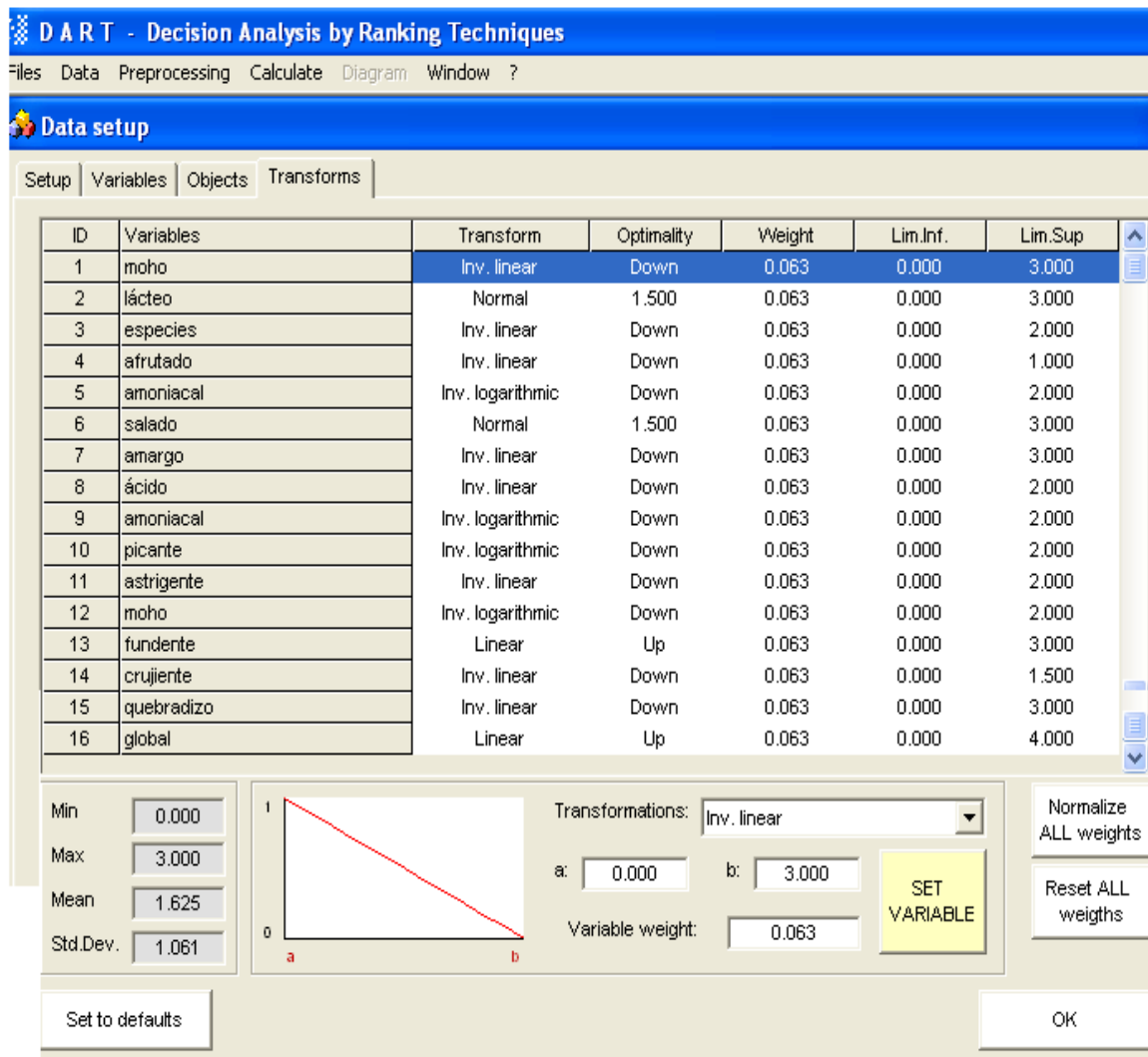


Gráfico 3.3: Modulación de parámetros del queso brie

Una vez conocido la función utilidad se establecieron los coeficientes de los seis experimentos, de la misma forma como se calculó para el mascarpone. A continuación se presenta las tablas con las que se determinó este parámetro:

Cuadro 3.15: Matriz del modelo del queso brie

Experimento	I	X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3	F. Utilidad
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,413
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0,426
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,301
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0,391
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,426
8	1	1	1	1	1	1	1	1	0,283

Cuadro 3.16: Coeficientes del modelo para queso brie

Coeficientes	b0	b1	b2	b3	b12	b13	b23	b123
Valores	0,28	0,067	0,079	-0,005	-	-	0,0005	0,0005

Obtenidos los coeficientes se ordenaron en forma ascendente y se calcularon las probabilidades de los mismos y se graficaron, obteniendo el siguiente gráfico.

Cuadro 3.17: Coeficientes y probabilidad del queso

coeficientes	Valor	Probabilidad
b12	-0,134	0,14285714
b13	-0,005	0,28571429
b3	-0,005	0,42857143
b23	0,0005	0,57142857
b123	0,0005	0,71428571
b1	0,067	0,85714286
b2	0,079	1

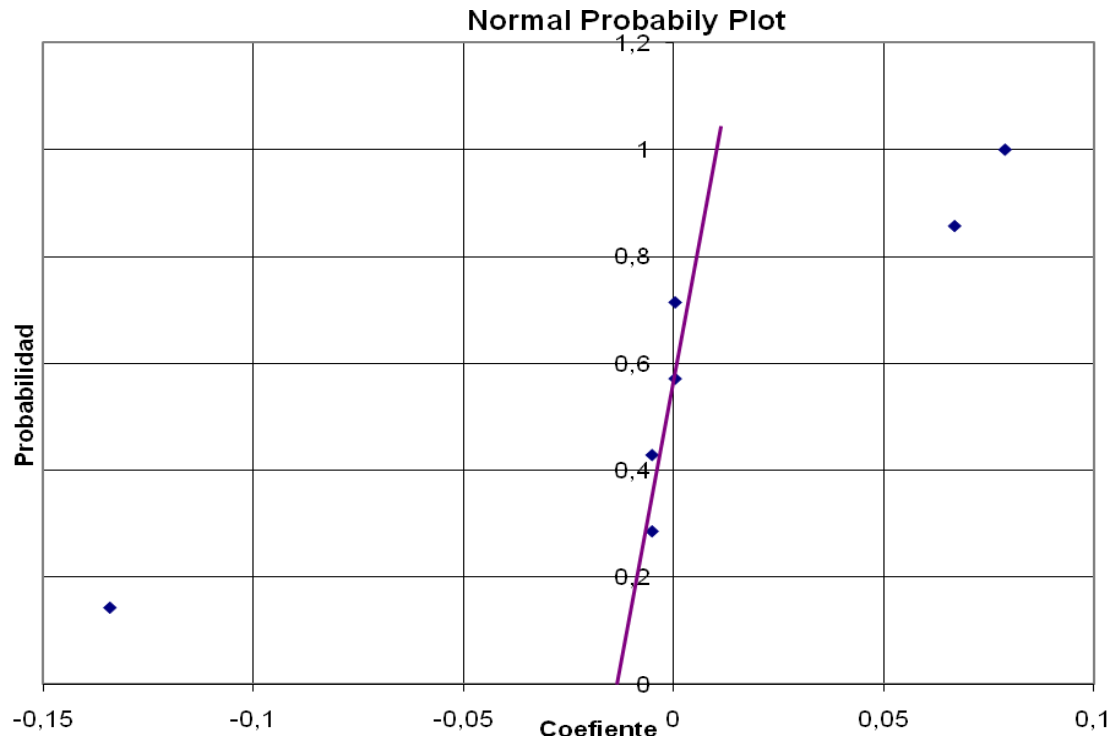


Gráfico 3.4: Normal probability plot

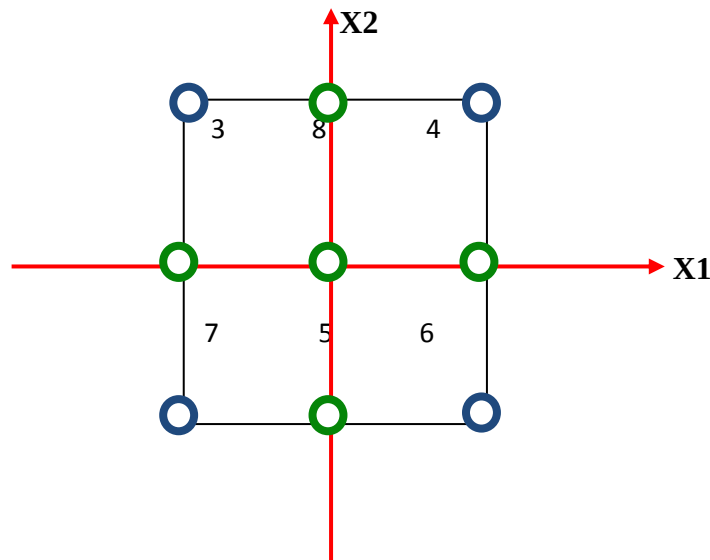
En este gráfico se determinó que las variables relevantes para este estudio son: el porcentaje de cuajo y el tiempo de cuajado. Con este análisis se descartó la variable X3 como influyente, y se estableció como constante en su punto 0 (medio).

3.4.5.1 Optimización del queso brie

Una vez terminada la primera fase del diseño experimental de este producto, se establecieron los nuevos experimentos para la optimización de estas dos variables X1 y X2, tendiendo la siguiente matriz.

Cuadro 3.18: Matriz de optimización de las variables X1 y X2

Experimento	X1	X2
O5	0	0
O6	+1	0
O7	-1	0
O8	0	+1
O9	0	-1

**Gráfico 3.5: Coordenadas de los experimentos del queso brie**

Partiendo de los primeros experimentos **1, 2, 3 y 4**, se realizaron estos nuevos experimentos **5, 6, 7, 8 y 9**, siempre trabajando con el mismo panel que cató los seis experimentos previos. Con el fin de obtener la curva de optimización de las dos variables.

Los datos obtenidos se tabularon y se realizaron nuevamente los cálculos anteriores para la primera fase obteniendo las siguientes tablas y resultados.

Cuadro 3.19: Matriz del modelo de optimización para el queso brie

Experimento	I	X1	X2	X1X2	X1X1	X2X2	F. Utilidad
1	1	-1	-1	1	1	1	0
2	1	1	-1	-1	1	1	0,345
3	1	-1	1	-1	1	1	0,375
4	1	1	1	1	1	1	0,235
5	1	0	0	0	0	0	0,397
6	1	1	0	0	1	0	0,332
7	1	-1	0	0	1	0	0
8	1	0	1	0	0	1	0,317
9	1	0	-1	0	0	1	0,365

CUADRO 3.20: Coeficientes del modelo de optimización del queso brie

Coeficiente	b0	b1	b2	b12	b11	b22
	0,33978	0,0895	0,036167	-0,12125	-0,14517	0,029833

Con los resultados de la catación de este grupo de experimentos versus las variables optimizadas se construye la superficie de respuesta, donde se visualiza el punto más alto como el más óptimo de cada variable.

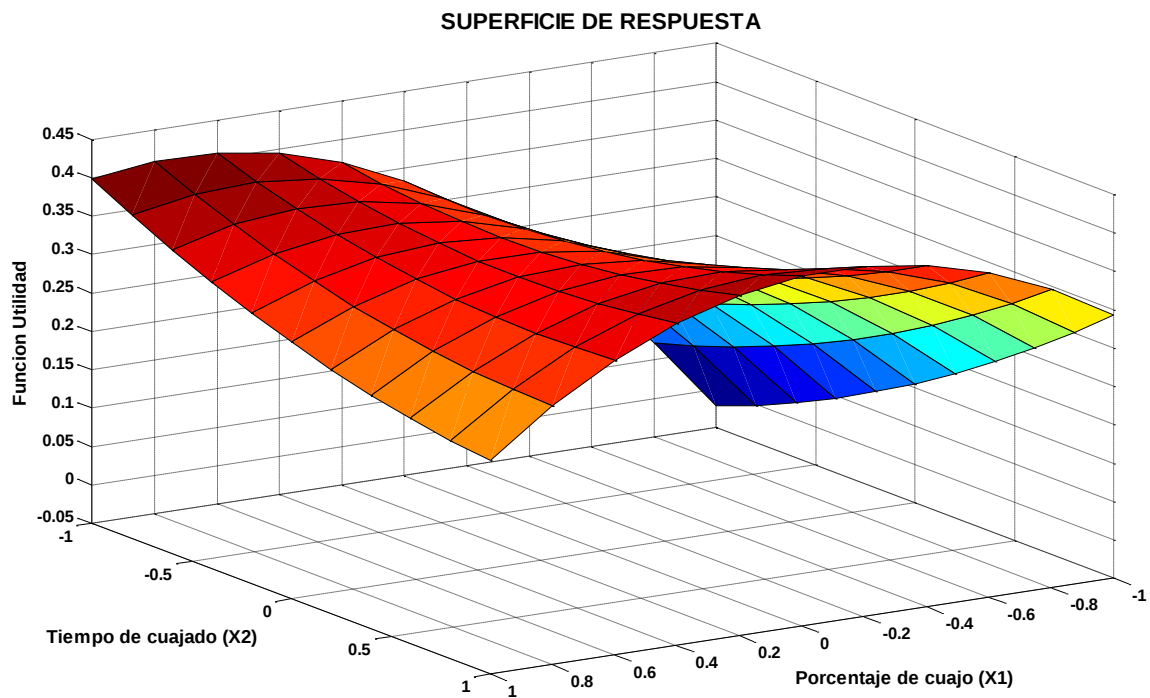


Gráfico 3.6: Superficie de respuesta del queso brie

3.4.2 Resultado del diseño experimental del queso brie

El diseño de este producto arrojó que lo que más influenció y agradó al panel de catadores fueron los experimentos que tenían mayor cantidad de cuajo y menor tiempo de cuajado, tomando como valores 0,01% de cuajo y 60 minutos del tiempo de cuajado.

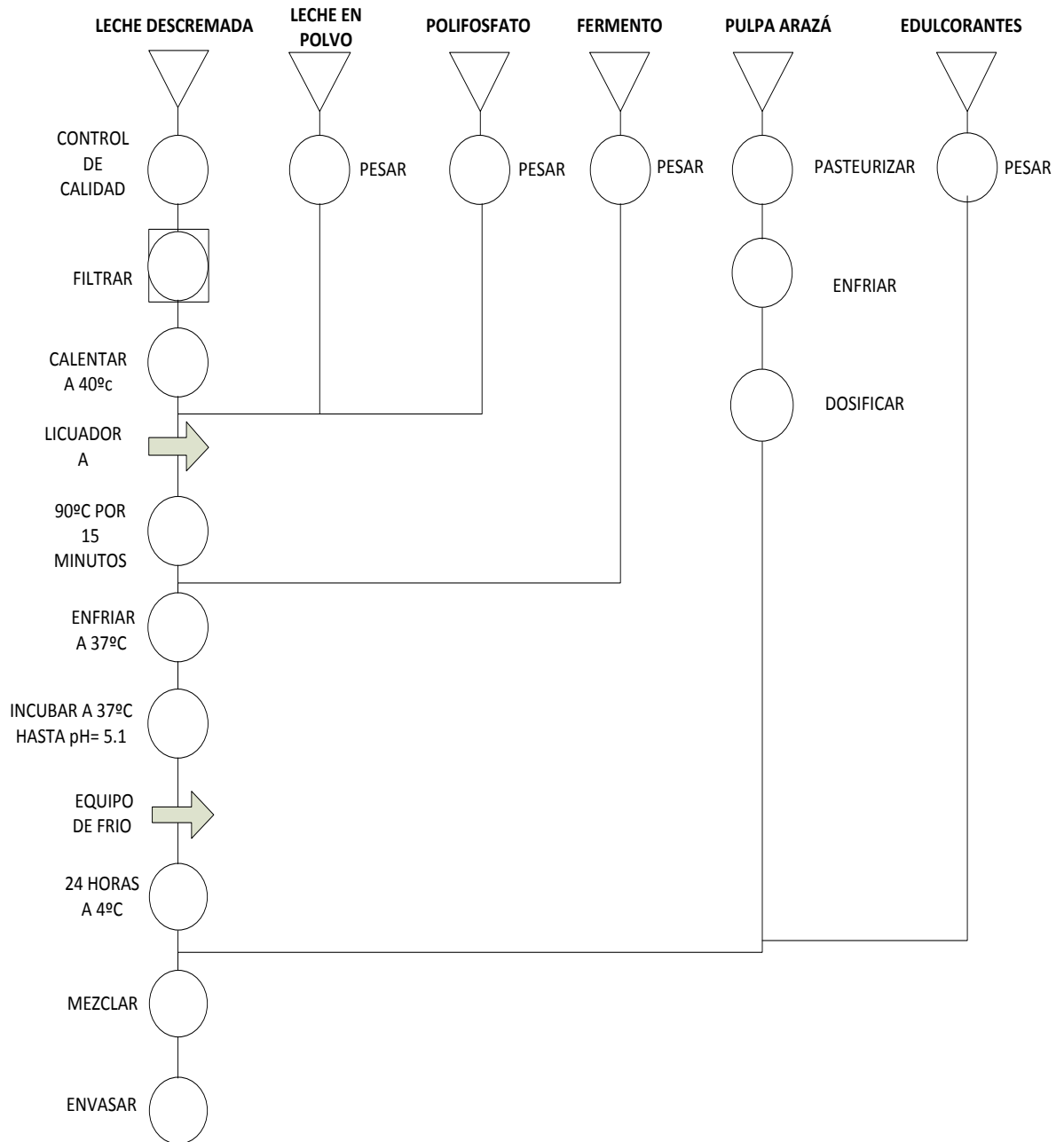
Este resultado se debe a que cuando existe mayor cantidad de cuajo el tiempo que toma en formarse la cuajada es menor por lo tanto no se producen sustancias aromáticas como acetaldehído, diacetilo, acetoina, acetona, lactonas, ácidos volátiles, alcohol y gas que durante el periodo de maduración cambian.

3.5 Elaboración del yogurt dietético de arazá

Para la elaboración del yogurt dietético de arazá se partió de una leche descremada en su totalidad, a la cual se adicionó leche en polvo entera para el enriquecimiento de sólidos totales, como coadyuvante se adicionó poli-fosfato (Tari K7).

La idea principal para la optimización del yogurt fue elaborar un yogurt natural de bajas calorías a cual se va a agregar fruta pasteurizada y para dar el dulzor necesario se buscaría la mejor combinación entre tres edulcorantes naturales que son fructosa, estevia y sucralosa (Splenda).

3.5.1 Diagrama de flujo del yogurt dietético de arazá



3.5.2 Análisis sensorial del yogurt de arazá

El yogur dietético de arazá fue presentado al panel de catación en pequeños vasos con aproximadamente 6 ml; sometiendo a catación 3 muestras como máximo por sesión.

La ficha utilizada para la catación del yogurt dietético de arazá fue de tipo descriptiva en la que se evaluó la intensidad de los atributos del alimento en una escala de 1 a 5, siendo 1 ausencia y 5 muy fuerte, a continuación se presenta el modelo de la ficha de catación con el que se trabajó en la tesis.

Cuadro 3.21: Ficha de catación del yogurt de arazá.**FICHA DE CATACIÓN DE YOGURT DE ARAZA**

Fecha: _____ Muestra:

Por favor llene las siguientes preguntas con su apreciación acerca de los parámetros organolépticos de este producto.

Marque con una X en los casilleros que correspondan de acuerdo al grado de intensidad.

1 Ausencia 2 Ligero 3 Moderado 4 Fuerte 5 Muy fuerte

Características olfativas

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Moho					
Fruta					
Lácteo					
Especies					
Rancio					

Caracteres gustativos

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Dulzor					
Amargo					
Ácido					
Regusto metálico					
Mentolado					

Caracteres de textura

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Harinoso (polvo en la boca)					
Grumoso					
Viscoso					
Fluido					

En general como califica a esta muestra

Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho

Muchas gracias por su colaboración

3.5.3 Diseño experimental del yogurt de arazá

En el yogurt dietético de arazá se partió de una base constante de yogurt a la cual se adicionó de igual manera una cantidad exacta de fruta pasteurizada, sin embargo, para la mezcla de edulcorantes se aplicó un diseño experimental de mezclas. En este diseño se partió de un porcentaje experimental de cada edulcorante, capaz de dar dulzor por si solo al producto.

El fin de este diseño es obtener la dosis adecuada de cada edulcorante, mediante el cálculo estadístico en base a la catación del producto. Para la elaboración de este diseño se trabajó con los tres edulcorantes al unísono; la matriz a seguir para la elaboración de los diferentes experimentos se presenta a continuación.

Cuadro 3.22: Variables del yogurt de arazá

Variables		Unidad	X
A	Estevia	%	5.0
B	Fructosa	%	9.0
C	Sucralosa (Splenda)	%	2.5

Una vez que se obtuvieron las repuestas por parte del panel de catación toda la información recaudada fue analizada por el programa Statistica y se obtuvo como resultado la siguiente tabla y gráfica:

Cuadro 3.23: Matriz del modelo del yogurt de arazá

Experimentos	A	B	C	F. Utilidad
1	1	0	0	0,573
2	0	1	0	0,287
3	0	0	1	0,573
4	0,5	0,5	0	0,288
5	0,5	0	0,5	0,573
6	0	0,5	0,5	0,644
7	0,333	0,333	0,333	0,288

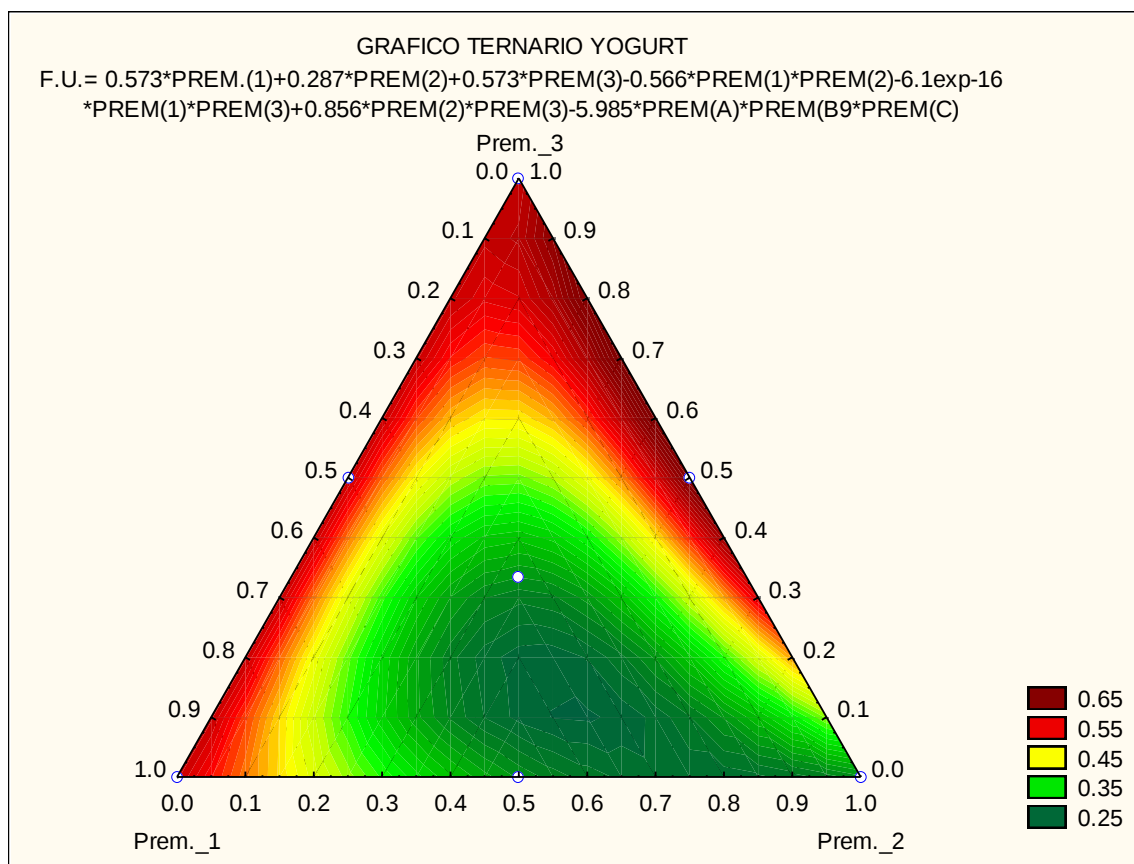


Gráfico 3.7: Gráfico Ternario del yogurt de arazá.

En la gráfica se puede observar los puntos de color blanco que representan cada experimento. A partir de ellos se modula la superficie de respuesta en base a los resultados del proceso de catación. La función utilidad está definida por la ecuación en la parte superior del gráfico y como se puede observar el color rojo oscuro es la zona donde el producto va a poseer una mayor aceptación. Es por esto que, una vez identificada la zona con mayor aceptación se calculan los porcentajes debidos de cada edulcorante y se procede a la elaboración del producto ya optimizado; se corroboró la función utilidad del producto por medio de una nueva catación por parte del panel. Siendo el porcentaje mayoritario de sucralosa con 1.78% y para fructosa un porcentaje de 2.61%

CAPÍTULO IV

4.1 Diseño de una planta procesadora de lácteos

La producción es el resultado de la interacción de hombres, materiales y maquinaria, los cuales deben constituir un sistema ordenado que permita la maximización de los beneficios. Ahora bien, es necesario que esta interacción tenga un soporte físico donde se pueda realizar, ya sea una finca, una serie de edificios para una explotación ganadera, o como en nuestro caso, una industria alimentaria procesadora de productos lácteos.

Los sitios destinados al procesamiento de productos lácteos pueden ser muy variados, ya que la transformación de la leche puede hacerse en una micro procesadora, o en una moderna procesadora, de miles litros, de leche al día.

La característica más importante en la construcción de una planta procesadora de lácteos es la higiene, es por esta razón, que la construcción debe permitir una limpieza fácil y rápida, para evitar que la leche y los productos puedan ser contaminados.

4.2 Selección del terreno

La fase de localización persigue determinar la ubicación más adecuada teniendo en cuenta la situación de los puntos de venta o mercado de consumidores, puntos de abastecimiento para el suministro de materias primas o productos intermedios, y la interacción con otras posibles plantas.

Para la determinación de la localización óptima de la empresa se realizó el método cuantitativo por puntos o llamado también método de localización por ponderación de variables, considerando como variables relevantes las siguientes: disponibilidad de materia prima, accesos a los servicios básicos, mano de obra disponible, costo de transporte, disponibilidad de terreno, empresas de la competencia y acceso a puntos de venta.

Cuadro 4.1: Método de ponderación de variables

		Paccha-Proaño		Macas		Cuenca	
Variable	Ponderación	Calificación	Calificación Ponderada	Calificación	Calificación Ponderada	Calificación	Calificación Ponderada
Disponibilidad materia prima	25%	90	22.5	90	22.5	70	17.5
Acceso serv. básicos	15%	25	3.75	80	12	90	13.5
Costo de transporte	8%	60	4.8	75	6	50	4
Disponibilidad mano de obra	15%	60	9	70	10.5	50	7.5
Disponibilidad de terreno	12%	70	8.4	100	12	60	7.2
Acceso puntos de venta	15%	90	13.5	100	15	80	12
Competencia	10%	70	7	70	7	30	3
	100%		68.95		85		64.7

En base a la calificación por ponderación de variables la localidad en el cual se adecuará e implementará la planta será en la ciudad de Macas.

4.3 Tamaño de la planta

La empresa estará en capacidad de producir aproximadamente 600 litros de leche, es decir, 18000 litros de leche mensualmente, proyectando una producción diaria de tres lotes de 200 litros cada uno. Sin embargo, inicialmente se procesará 200 litros de leche diarios, elaborando queso y yogurt principalmente.

El incremento en la producción viene de la mano del comportamiento de los productos en el mercado, la aceptación por parte del consumidor es esencial para el sustento de la idea de negocio. Los canales de distribución de los productos son un eslabón importante en la cadena productiva. Se debe llegar a los puntos de venta y distribuidores autorizados con la cantidad de producto requerida y al momento oportuno.

4.4 Selección de los equipos

Para la selección de los equipos se debe hacer una evaluación de que equipos realmente se necesita, para evitar gastos innecesarios. Además la respuesta será dada por los procesos que se vayan a desarrollar en el lugar, ya que existen diferentes tipos de productos que se pueden elaborar con los mismos equipos.

Con el transcurso del tiempo se notará la necesidad de adquirir más equipos. Varios procesos mencionan el empleo de herramientas especiales para el desarrollo de alguna técnica dada, pero de alguna manera se puede cambiar por el que se tenga disponible, siempre y cuando se dé seguimiento a las características de dicho proceso.

Los equipos con los que esta planta contará, de acuerdo a los productos que producirán, son:

Marmita. Esta tina de doble fondo será de acero inoxidable 304, servirá para pasteurizar la leche y el yogurt, además será donde se cuaje la leche para la elaboración de quesos.

Filtro. Se diseñó un filtro que se puede colocar en la parte superior de la marmita gracias a unos soportes; además, se puede optar por el mesh deseado; por ejemplo se posee una malla de mesh # 60 para filtrar la leche y una malla de mesh # 25 para la preparación de los jarabes.

Mesa. La mesa tendrá la forma como una bandeja de 10 cm de alto, de esta manera se utiliza como una mesa de desuerado que ayudará a eliminar el suero de la cuajada. Además será utilizada para el envasado de los yogures y otras actividades que se ejerzan en la planta, la mesa es de acero inoxidable 304 con un espesor de 1.5mm de plancha y como soportes tubos de acero inoxidable.

Moldes. Existe una gran variedad, dependiendo del tipo de queso. Los moldes pueden ser de plástico o acero inoxidable, en esta planta se utilizarán moldes redondos en acero inoxidable 304 para queso de 500gr.

Prensa para quesos. Son dispositivos para presionar el queso que se encuentra dentro del molde. Hay desde las sencillas de un simple tornillo hasta las sofisticadas con pesas, reguladores de presión, entre otras. Cabe recalcar que en muchas granjas los quesos se prensan con piedras.

Máquina descremadora. En la mayoría de las plantas procesadora de lácteos es necesario esta máquina, con el fin de obtener otro rubro como es el de la crema de leche. Existen en diferentes capacidades de trabajo, desde 80 hasta 5000 litros por hora. La máquina que se utilizará es una descremadora Elecrem de 125 litros por hora.

Utensilios. Es necesaria la adquisición de pequeños utensilios, normalmente son de plástico y acero inoxidable, los utensilios con los que se contará son: cucharones, jarras, paletas, cuchillos, recipientes para pesar los aditivos, entre otros.

Equipo de laboratorio. El equipo con el que se dispondrá será el mínimo, es importante contar por lo menos con el material para determinar la acidez como bureta, soporte de la bureta, pipetas, matraz pequeño y erlenmeyer, además del equipo complementario que se necesite en el proceso como lactodensímetro, refractómetro, termómetro para la industria láctea, pH metro.

4.5 Determinación de las capacidades de los equipos

Para la determinación de las capacidades de los equipos se parte inicialmente del volumen de leche a procesar, se considera la proyección de crecimiento de la empresa, de tal forma que permita utilizar el mismo equipo con niveles superiores de producción.

Sin embargo, existen equipos como la marmita, en los cuales se puede sobredimensionar su capacidad, debido al costo de inversión que representa, es decir, la capacidad de la marmita para el funcionamiento de la empresa es de 100 litros, con un costo de \$ 650; el costo de una marmita del doble de capacidad, 200 litros, es de \$ 850. Por lo tanto, en un

equipo que nos permite trabajar a la mitad de su capacidad sin ningún inconveniente, con una diferencia del costo relativamente bajo, se puede optar por la de mayor capacidad.

4.5.1 Cálculo de la capacidad del caldero

El funcionamiento del caldero es un elemento importante en el proceso en la elaboración de productos alimenticios, es por ello, que se debe calcular un sistema de vapor de acuerdo a los requerimientos del producto a procesar y a la capacidad de producción de la planta.

Para determinar la capacidad del caldero se determinó el requerimiento de vapor total según las proyecciones a futuro de la planta.

Para el cálculo se partió con la fórmula básica para determinar la cantidad de calor necesaria para los diferentes procesos.

$$Q = m * C_e * \Delta t$$

Q = la cantidad de calor

m = masa del producto en kg o libras.

C_e = el calor específico del producto.

Δt = diferencia entre la temperatura de inicio de alimento y la temperatura a la que debe llegar.

Se determinó la cantidad de calor necesario para pasteurizar los 600 litros de leche.

$m = \text{volumen por densidad}$

$$m = 600 \text{ litros} * 1,030 \text{Kg/litro}$$

$$m = 618 \text{ kg}$$

$$Q = 618 \text{ kg} * 3.8546 \text{ kJ/(kg } ^\circ\text{C)} * (72^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})$$

$$Q = 161985.71 \text{ KJ}$$

Se ha considerado que se puede elaborar 600 litros de yogurt, y este necesita ser pasteurizado a una temperatura de 90°C .

Para determinar la masa del yogurt se realizó una suma de la masa de leche y la de los sólidos que se agrega para la elaboración del yogurt.

$$Q = 642 \text{kg} * 3.8518 \text{ kJ/(kg } ^\circ\text{C)} * (90^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})$$

$$Q = 212665.582 \text{ KJ}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{leche}} + Q_{\text{yogurt}}$$

$$Q_{\text{total}} = 161985.71 \text{ KJ} + 212665.582 \text{ KJ}$$

$$Q_{\text{total}} = 374651.292 \text{ KJ}$$

El proceso se realizará en una marmita, por esta razón se ha establecido 70% de eficiencia, ya que, se consideran las pérdidas térmicas en el uso de este equipo.

374651.292 KJ	70%
X	100%

$$Q \text{ total requerido} = \frac{374651.292 \times 100}{70}$$

$$Q \text{ total requerido} = 535216.131 \text{ KJ}$$

Según el Autor del libro “Manual de Industrias Lácteas” la temperatura del vapor oscila entre 140°C y 150°C, en el caso de tratarse de vapor saturado, esto es equivalente a una presión de 2.7 a 3.8 bar.

Para efectos de este cálculo se trabajó con la temperatura del vapor del caldero de 140°C y se aplicó inicialmente la fórmula para determinar la cantidad de vapor que se requiere para satisfacer la demanda del proceso.

$$Q = m \Delta H$$

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

Q = cantidad de calor

m = masa de vapor en Kg

ΔH = entalpía del vapor saturado a 140°C – la entalpía de líquido a 120°C

$$m = \frac{535216.131 \text{ KJ}}{2733.9 \text{ KJ/kg} - 503.71 \text{ KJ/kg}}$$

$$m = 239.99 \text{ kg de vapor}$$

Para realizar el cálculo de la determinación de la capacidad de caldero se debe establecer la cantidad de vapor por hora, es por ello que se dividió para el tiempo que es de 4 horas

$$m = 239.99 \text{ kg vapor} / 4$$

$$m = 60 \text{ kg vapor/hora}$$

$$1\text{BHP} \quad 15.4545 \text{ kg vapor/hora}$$

$$X \quad 60 \text{ kg vapor/hora}$$

$$\text{Capacidad del caldero} = \frac{1 \text{ BHP} * 60 \text{ kg vapor/hora}}{15.4545 \text{ kg vapor /hora}}$$

$$\text{Capacidad del caldero} = 3.88 \text{ BHP}$$

Según el libro Manual de Industrias Lácteas la eficiencia de los calderos suele ser del orden del 80 a 92%, y las pérdidas de calor en la red de distribución pueden en ocasiones llegar hasta un 15%. Por lo tanto, solo entre el 65 y el 77% de la energía térmica puede ser utilizada en el proceso productivo.

Para la determinación de la capacidad del caldero se tomaron los datos del escenario crítico, el cual es de una eficiencia de 65%.

$$\text{Capacidad nominal del caldero} = \frac{3.88 \text{ BHP} * 100}{65}$$

Capacidad nominal del caldero = 5.97 BHP

Siempre se debe tomar en cuenta un porcentaje por seguridad que puede ser por crecimiento y por alguna otra razón. Se ha considerado un 30% como factor de seguridad teniendo como resultado un caldero de capacidad de 7.76 BHP, en vista de que en el mercado no se encuentra de esta capacidad se recomienda utilizar un caldero que tenga la capacidad superior más cercana hasta este valor.

4.5.2 Diseño y cálculos de una cámara de refrigeración

Para seleccionar el equipo de refrigeración necesario, es preciso estimar o calcular la carga térmica del espacio a refrigerar, que llamaremos “cámara”.

Las ganancias de calor que forman parte de la carga térmica total, proceden de cuatro fuentes fundamentales:

- Carga por transmisión a través de barreras, o sea, paredes techos y pisos.
- Carga del producto por refrigerar.
- Carga por renovación del aire o por el aire que penetra a la cámara.
- Carga por fuentes internas. Carga de calor correspondiente al calor desprendido por los empleados que trabajan en el interior de la cámara y por el alumbrado.

Para el diseño de esta cámara se ha tomado en cuenta el crecimiento que tendrá la microempresa, y las medidas que se han establecido son las que satisfacen la producción en su máximo punto.

Las dimensiones establecidas para esta cámara son:

Altura: 2.50 metros

Largo: 2.5 metros

Ancho: 2.00 metros

Este volumen permitirá almacenar aproximadamente 600 envases de yogurt en presentación de 1 kg, además, 200 quesos de 500 gramos, estos productos serán colocados en gavetas perforadas para facilitar se manejó y refrigeración.

Como se trata de un espacio relativamente pequeño, se tratará de utilizarlo de la manera más eficiente posible, por tal motivo, este cuarto de refrigeración, tendrá una cortina de plástico la que servirá para separar los productos terminados y las cantarillas de leche cruda.

4.5.2.1 Pérdida de calor admisible por los parámetros

Para este cálculo se establece primero el tipo de aislante que se empleará en la construcción de la cámara.

Clase: espuma de polietileno.

Espesor: 0.10 metros

Coeficiente de conductividad térmica (K) = 0.045 W/m°K

Clase: concreto armado

Espesor: 0.05 metros

Coeficiente de conductividad térmica (K) = 0.6556 W/m °K

Clase: recubrimiento con acero galvanizado.

Coeficiente de conductividad térmica (K) despreciable

Variables consideradas para el cálculo de la unidad frío.

Temperatura exterior: 30 °C; 303.15°K

Temperatura interior: 1 °C; 274.15 °K

Temperatura ingreso de la leche: 20 °C; 293.15 °K

Temperatura ingreso del queso: 10°C; 283.15°K

Temperatura ingreso del yogurt: 37°C; 310.15°K

Coeficiente de transferencia de calor.

$$U = \frac{1}{0.85 + \frac{\text{espesor aislante1}}{K1} + \frac{\text{espesor del aislante2}}{K2}}$$

$$U = \frac{1}{0.85 + \frac{0.1m}{\frac{0.045W}{m K}} + \frac{0.05m}{\frac{0.6556W}{mK}}}$$

$$U = 0.3176 \text{ W/m}^2 \text{ °K}$$

$$\text{Área} = (2*2.5\text{m}*2.5\text{m})+(2*2\text{m}*2.5\text{m})+(2*2.5\text{m}*2\text{m})$$

$$\text{Área} = 32.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = (2\text{m}*2.5\text{m}*2.5\text{m})$$

$$\text{Volumen} = 12.5 \text{ m}^3 = 441.43 \text{ pies}^3$$

Calor por aislamiento.

$$Q = A * U * \Delta \text{ }^{\circ}\text{t}$$

A= área de la cámara

U= coeficiente de transferencia de calor de los aislantes

$\Delta \text{ }^{\circ}\text{t}$ = diferencia entre la temperatura del exterior y la temperatura dentro de la cámara

$$Q = 32.5\text{m}^2 * 0.3176\text{W}/(\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}) * (303.15-274.15)^{\circ}\text{K}$$

$$Q = 299.338 \text{ W}$$

$$Q = 1022.23 \text{ BTU/ h}$$

$$Q = 24533.7424 \text{ BTU/ día}$$

4.5.2.2 Cálculo de carga térmica del producto

La carga térmica del producto es la remoción de calor hasta alcanzar la temperatura de la cámara de refrigeración, este calor cedido por el producto, se llama calor sensible arriba del punto de congelación, y se calcula de la siguiente manera:

$$Q \text{ cedido producto} = m * C_e * \Delta ^\circ t$$

m = masa de producto en Kg/día.

C_e = calor específico del producto

$$\Delta ^\circ t = t_e - t_c$$

t_e = temperatura de entrada del producto

t_c = temperatura del espacio refrigerado

Para calcular el C_e de la leche y del yogurt se realizó una fórmula matemática, la cual se nos enseñó en la materia de combustión, conociendo la composición química aproximada de los productos.

Calor cedido por la leche

Temperatura ingreso de la leche: 20 °C; 293.15 °K

Composición química de la leche.

$$\text{Porcentaje de agua} = 87.4 \%$$

Porcentaje de hidratos de carbono = 4.9%

Porcentaje de proteínas = 3.5%

Porcentaje de grasa = 3.9 %

Porcentaje de ceniza = 0.7%

$$C_e \text{ leche} = 1.424m_c + 1.1549m_p + 1.675m_f + 0.837m_a + 4.187m_w$$

$$C_e \text{ leche} = (1.424 \cdot 0.049) + (1.1549 \cdot 0.035) + (1.675 \cdot 0.035) + (0.837 \cdot 0.007) + (4.187 \cdot 0.874)$$

$$C_e \text{ leche} = 3.8546 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{cedido leche}} = m \cdot C_e \cdot \Delta t$$

$$Q_{\text{cedido leche}} = 206 \text{ kg} \cdot 3.8546 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} \cdot (20 - 1)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{cedido leche}} = 15086.9 \text{ KJ}$$

$$Q_{\text{cedido leche}} = 14309.195 \text{ BTU}$$

Calor cedido por el queso

Temperatura ingreso del queso: 10°C; 283.15°K

$$Q_{\text{cedido queso}} = 100 \text{ kg} \cdot 3.307 \text{ kJ/k } ^\circ\text{K} \cdot (283.15 - 274.15)^\circ\text{K} .$$

$$Q_{\text{cedido queso}} = 2976.3 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{cedido queso}} = 2828.87 \text{ BTU}$$

Calor cedido por el yogurt

Temperatura ingreso del yogurt: 37°C; 310.15°K

Composición aproximada química del yogurt.

Porcentaje de agua = 88 %

Porcentaje de hidratos de carbono = 4.9%

Porcentaje de proteínas = 3.0%

Porcentaje de grasa = 3.4%

Porcentaje de ceniza = 0.7%

$$C_{e \text{ yogurt}} = (1.424 \cdot 0.049) + (1.1549 \cdot 0.03) + (1.675 \cdot 0.034) + (0.837 \cdot 0.007) + (4.187 \cdot 0.88)$$

$$C_{e \text{ yogurt}} = 3.8518 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{cedido yogurt}} = 642 \text{ kg} \cdot 3.8518 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot (310.15 - 274.15)^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{cedido yogurt}} = 89022.80 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{cedido yogurt}} = 84433.82 \text{ BTU}$$

$$Q_{\text{total cedido de los productos}} = Q_{\text{cedido leche}} + Q_{\text{cedido queso}} + Q_{\text{cedido yogurt}}$$

$$Q_{\text{total cedido de los productos}} = 14309.195 \text{ BTU} + 2828.87 \text{ BTU} + 84433.82 \text{ BTU}$$

$$Q_{\text{total cedido de los productos}} = 101571.885 \text{ BTU}$$

4.5.2.3 Calor por aire que penetra

Cada vez que la cámara se abre el aire exterior penetra en la zona de refrigeración. La temperatura de este aire cálido debe ser integrada en las condiciones interiores, con el subsiguiente incremento de la carga. Es difícil determinarlo con exactitud. Sin embargo, se acostumbra a tomar en cuenta los cambios de aire debido a aberturas de puertas y filtración de aire. Las tablas que se encuentra en anexos proporcionan los cambios promedio de aire en 24 horas que pueden esperarse en un almacén de acuerdo con el volumen del cuarto y con la temperatura.

Según el anexo número las veces que se realizan cambios de aire son de 28.25

$$\text{Volumen} = 12.5 \text{ m}^3 = 441.43 \text{ pies}^3$$

Temperatura exterior: 30 °C; 86°F

Temperatura interior: 1 °C; 33.8 °F

Aire infiltrado = volumen en pies³ * el número de cambios de aire/24 horas

$$\text{Aire infiltrado} = 441.43 \text{ pies}^3 * 28.25/24 \text{ horas}$$

$$\text{Aire infiltrado} = 12470.398 \text{ pies}^3/24 \text{ horas}$$

$$h_e = C_p * t + W_d * h * HR$$

h_e = entalpía del aire exterior

C_p = calor específico del aire a presión constante

t = temperatura exterior.

W_d = entalpía por libra de vapor Datum a 32°F

h = peso por libra de aire seco

HR = humedad relativa del exterior

$$h_e = C_p \cdot t + W_d \cdot h \cdot HR$$

$$h_e = (0.24 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F})(86^\circ\text{F}) + (1097.9 \text{ BTU/lb})(0.02718)(0.91)$$

$$h_e = 47.7952 \text{ BTU/lb}$$

v_e = volumen pies³ de 1lb de aire seco + (volumen de 1lb de aire seco con vapor para saturación - volumen pies³ de 1lb de aire seco) * HR

$$v_e = 13.74 \text{ pies}^3/\text{lb} + (14.34 \text{ pies}^3/\text{lb} - 13.74 \text{ pies}^3/\text{lb})(0.91)$$

$$v_e = 14.286 \text{ pies}^3/\text{lb}$$

$$m = \frac{\text{aire infiltrado}}{v_e}$$

m = masa del aire en 24 horas

$$m = \frac{12470.398 \text{ pies}^3 / 24 \text{ horas}}{14.286 \text{ pies}^3/\text{lb}}$$

$$m = 872.91 \text{ lb}/24 \text{ horas}$$

$$Q = m (h_e - h_i)$$

h_i = entalpía del aire seco con vapor para saturación a la temperatura interior (tablas)

$$Q = 872.91 \text{ lb } (47.7952 \text{ BTU/lb} - 12.556 \text{ BTU/lb})$$

$$Q = 30760.65 \text{ BTU / día}$$

4.5.2.4 Calor por equipo eléctrico

$$1 \text{ lámparas de } 40\text{W c/u} = 40\text{W} = 136.6 \text{ BTU / h}$$

$$Q = 136.6 \text{ BTU/h} * 2\text{h} = 273.2 \text{ BTU/día}$$

4.5.2.5 Calor por el personal (2 operarios)

Las personas desprenden calor en distintas proporciones, dependiendo de la temperatura, tipo de trabajo, vestido, corpulencia, etc. dado el grado de aleatoriedad de esta variable suele tomarse como calor desprendido por persona el de 150Kcal/h o 0.82BTU/lbs °F.

$$Q = q * n * t$$

q = calor que desprende una persona (tabla de pérdida de calor total de un ser humano a varias temperaturas y diferentes actividades)

n = número de personas

t = tiempo en horas

$$Q = 900 \text{ BTU/hora} * 2\text{personas} * 2\text{horas}$$

$$Q = 3600 \text{ BTU}$$

4.5.2.6 Calor térmico total

Para obtener la carga térmica total deben sumarse todas las cargas obtenidas anteriormente y aplicarle un factor de seguridad.

Para calcular la carga térmica total, se deben tener en cuenta, las horas de funcionamiento de los equipos.

$Q_T = \Sigma Q = Q_{\text{aislamiento}} + Q_{\text{cedido productos}} + Q_{\text{aire infiltrado}} + Q_{\text{personal}} + Q_{\text{equipo eléctrico.}}$

$$Q_T = 24533.7424 \text{ BTU} + 101571.885 \text{ BTU} + 30760.65 \text{ BTU} + 3600 \text{ BTU} + 273.2 \text{ BTU}$$

$$Q_T = 160739.4774 \text{ BTU/día}$$

$$Q_T = 6697.4782 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = 6697.4782 \text{ BTU/h} * 1.10 \text{ (factor de seguridad)} = 7367.226 \text{ BTU/h}$$

$$\text{Capacidad del equipo de frío en HP} = 0.0003929 * 7367.226 \text{ BTU/h}$$

La cámara de frío que necesita es de un equipo de 2.89 HP, como no existen de esta capacidad se recomienda comprar un unidad de frío de 3HP.

4.6 Diseño sanitario de la planta

El diseño sanitario de instalaciones de manufactura y distribución de alimentos es fundamental para eliminar o reducir a niveles aceptables los riesgos de adulteración del ambiente de producción y de los alimentos; para maximizar la efectividad de la limpieza/ sanitización y mantenimiento de los equipos y de la instalación; y para maximizar la eficiencia productiva de la planta.

El mantenimiento sanitario va mucho más allá que reparar y mantener activos fijos y tiene como fin mantener un ambiente higiénico de manufactura y distribución de alimentos en el cual, se minimizan los riesgos asociados con la salubridad e inocuidad de los productos, así como, mejorar la productividad del proceso de manufactura. (Food Knowledge Cia. Ltda.)

Según Al St. Cyr, para el desarrollo de un diseño sanitario, para una planta procesadora de alimentos, se debe apegar a lo básico, es decir, que no se debe caer en gastos excesivos si el caso así no lo amerita, si no, manejar debidamente la información correcta y la aplicación de los principios básicos para evitar problemas más serios.

Las normas de diseño deben cumplir los siguientes requisitos:

- Aumentar la funcionalidad de un sistema y no impedirla.
- Mejorar la habilidad de reducir riesgos de preocupaciones asociadas con la inocuidad del producto.
- Reducir el tiempo requerido para limpiar adecuadamente la unidad.
- Proporcionar la selección de materiales apropiados para la fabricación de la planta y / o equipo.
- Aislar efectivamente las amenazas potenciales a la inocuidad del producto.

Los requerimientos en los cuales se basa el diseño sanitario de una planta se encuentran estipulados en la Parte 110 del Código de Reglamentos Federales de los Estados Unidos, y específicamente la Subparte B – Edificios e Instalaciones 110.20 Planta y alrededores, 110.35 Operaciones de higiene, 110.37 Instalaciones sanitarias y sus controles; Subparte C – Equipo 110.40 Equipo y utensilios.

4.6.1 Principios básicos de diseño higiénico de equipos en contacto con los alimentos

Todas las superficies en contacto directo con el alimento deben ser fácilmente accesibles o desmontables para la comprobación de su estado de limpieza, es decir serán accesibles para su inspección, de forma que al ser sometidas a los procedimientos rutinarios de limpieza y desinfección sean eficientes.

La separación entre las máquinas y de éstas con las paredes deberá ser como mínimo de 45 centímetros.

Los sistemas eléctricos deben ser resistentes al agua de tal forma que no causen problemas en el área de procesamiento de los alimentos.

4.6.1.1 Suelos

Los suelos deben ser de materiales duraderos, limpiables, impermeables, resistentes a golpes y antideslizantes.

Se recomienda que se construyan con una pendiente mínima del 1 al 2%. Las uniones de paredes a suelos deben ser redondeadas con un radio mínimo de 2.5cm.

La habilidad para manejar los desagües es esencial de tal forma que no se conviertan en punto de contaminación de la planta. Se debe realizar el control adecuado y la limpieza periódica y preferiblemente estos deberán estar equipados con sellos de agua siempre y cuando su capacidad así lo permita, así como, rejillas o trampas que permitan detener los desechos sólidos. Se recomienda que por cada 35m² de superficie debe existir un desagüe de por lo menos 80cm².

Los suelos están muy contaminados es por esto, que en todos los accesos a las zonas limpias se deberá disponer de pediluvios los cuales permitan el lavado del calzado e incluso la limpieza de ruedas de cargos de cargo.

4.6.1.2 Puertas y ventanas

Las puertas y ventanas deben disponer de cierres herméticos que garanticen un buen ajuste y adecuadamente protegidas.

Las puertas de salida al exterior deben abrirse hacia afuera, además el pavimento en las puertas de entrada tendrá una ligera pendiente hacia el exterior, para evitar la entrada de líquidos.

Las ventanas no tendrán repisas interiores y si las hay deberán tener una inclinación mínima de 45°, además las aberturas que comuniquen con el exterior estarán protegidas con tela mosquitera de 1.2 mm de luz de malla como máximo.

4.6.1.3 Sanitarios y duchas

El número de sanitarios y duchas dependerá de la cantidad de empleados. A continuación se presenta la tabla de número de sanitarios

Cuadro 4.2 Requerimiento mínimo de sanitarios

Número de empleados	Número mínimo de sanitarios
1-15	1
16-35	2
36-55	3
56-80	4
81-100	5
111-150	6
>150	Adición de un sanitario por cada grupo de 40 empleados

Fuente: CASH Vanaclocha Ana. 2005 Diseño de industrias agroalimentarias. Editorial Ediciones Mundi-Prensa. España. 294 pag

Los baños no deben estar en comunicación directa con las zonas de producción.

Las duchas deberán tener una superficie mínima de 1m² y se instalará una ducha cada ocho trabajadores.

A la entrada y salida de los aseos y servicios sanitarios se dispondrá de un lavamanos de cierre no manual, toallas desechables, jabón y cepillo de uñas.

4.6.1.4 Lavamanos

Se deben situar puesto de lavado de manos en sanitarios, vestuarios, locales sociales y a la entrada de las zonas de producción, lo que obliga al personal a lavarse las manos.

Se debe colocar como mínimo 1 lavabo por cada 10 empleados.

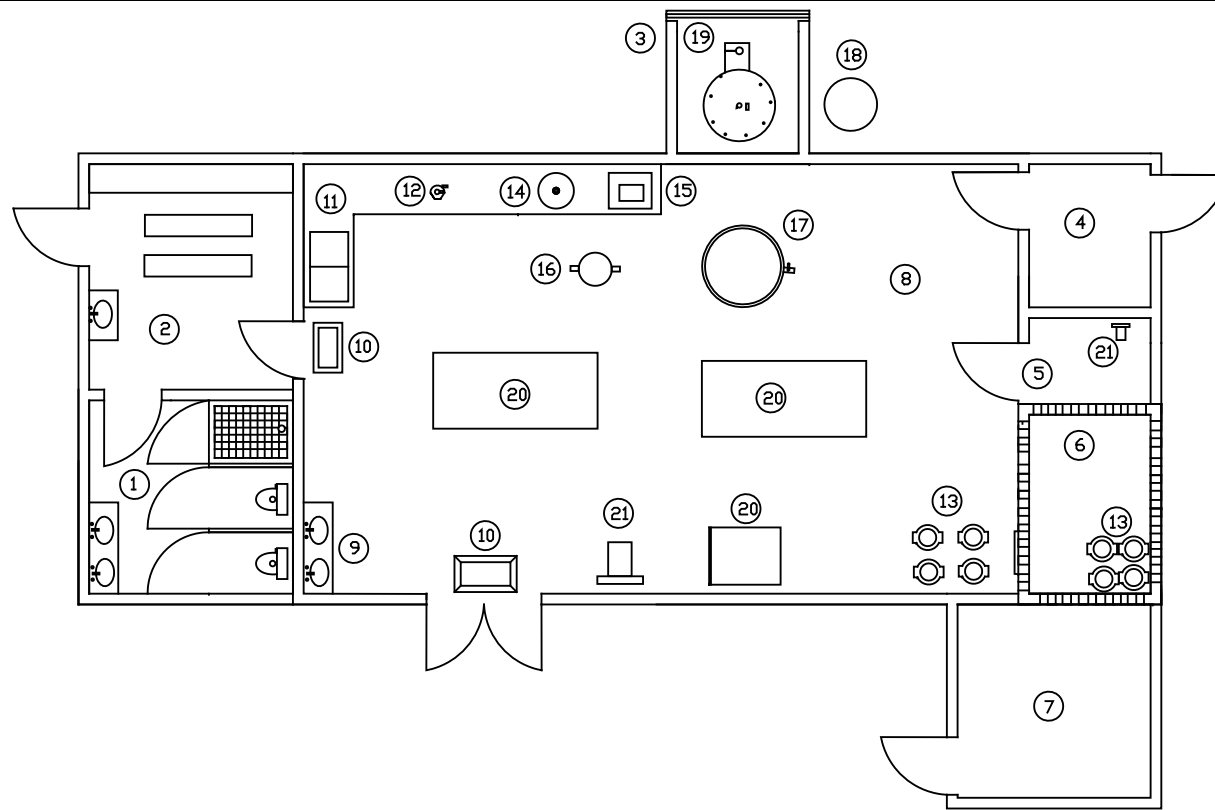
4.6.2 Condiciones de almacenamiento de productos alimentarios

La distribución de los alimentos se debe realizar en pilas o lotes, que guarden la debida distancia entre ellos y con paredes, suelos y techos; la distancia que se debe establecer como mínimo es de 45 cm del perímetro de las paredes y a más de 10cm del suelo. Esta separación ayuda a prevenir el daño a las paredes, permite una mejor limpieza y facilita la inspección para valorar la actividad de los roedores e insectos.

Los productos de limpieza y los productos utilizados en la desinfección, deben estar almacenados en sitios cerrados con llave y nunca en contacto con los alimentos, en todo este manejo se debe aplicar el sistema FIFO, los primeros en entrar son los primeros

productos en salir, de esta manera garantizaremos una rotación eficientes de productos y materiales.

4.7 Layout de la planta



Instalaciones

- ① Ducha y baterías sanitarias
- ② Vestidores
- ③ Sala de caldero
- ④ Bodega para envases
- ⑤ Bodega de productos secos
- ⑥ Cámara de frío
- ⑦ Oficina
- ⑧ Sala de producción
- ⑨ Lavamanos
- ⑩ Pediluvios
- ⑪ Pozos de lavado

Equipos

- ⑫ Codificadora
- ⑬ Cantarillas
- ⑭ Descremadora
- ⑮ Empacadora al vacío
- ⑯ Fluidificador
- ⑰ Marmita
- ⑱ Tanque de agua
- ⑲ Caldero
- ⑳ Mesas de trabajo
- ㉑ Balanza

Pos.	Cant.	Diseño Planta	Norma	Material	Notas
Escala: 1:75			UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE ALIMENTOS		
			Dibujó: Luis Chlalvo, Tanya Velín		
			Tesis		Nº 01

CONCLUSIONES

- Con la aplicación del diseño experimental en los productos queso brie y mascarpone, y diseño de mezclas para el yogurt dietético de arazá se logró obtener productos optimizados de buena calidad y de muy buen sabor.
- El diseño de la planta procesadora de productos lácteos, está concebido para una capacidad de procesamiento de 600 litros de leche diarios, destinados a la elaboración de productos como queso y yogurt.
- Con la elaboración de los productos se da valor agregado a la materia prima de la finca de Paccha, además, se aprovecha la producción de los agricultores de la zona, los cuales proveerán el arazá necesario para la elaboración del yogurt.
- La planta se emplazará en la ciudad de Macas debido a que el lugar posee mayores ventajas para el desarrollo y comercialización de los productos.
- Con el diseño del queso brie se concluyó, que lo que más influenció y agradó al panel de catadores fueron los experimentos que tenían mayor cantidad de cuajo y menor tiempo de cuajado, tomando como valores 0,01% de cuajo y 60 minutos del tiempo de cuajado. Este resultado se debe a que cuando existe mayor cantidad de cuajo el tiempo que toma en formarse la cuajada es menor por lo tanto no se producen sustancias aromáticas como acetaldehído, diacetilo, acetoina, acetona, lactonas, ácidos volátiles, alcohol y gas, que, durante el periodo de maduración, cambian.

- En la elaboración de quesos maduros se recomienda que el lugar donde se desarrolle el periodo de maduración sea lo más aséptico posible, de tal forma que se evite contaminación en los productos y deterioro de los mismos.
- El queso mascarpone optimizado se caracteriza por un porcentaje de sal de 0.5 % el cual no solo aporta el sabor salado, sino que también resalta los sabores propios del queso, otorgando aromas y sabores más definidos.
- Para el yogurt dietético de arazá el porcentaje de sucralosa de 1.78% y de fructosa 2.61% fue el óptimo, de acuerdo al diseño de mezclas aplicado, el cual fue corroborado por el panel de catación.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas

ANZALDUA Morales Antonio. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Ediciones Acribia S.A. España. 198 pag.[4]

CARLILE MICHAEL. 2001. The fungi. Editorial Elsevier Ltd. Reino Unido

CASH Vanaclocha Ana. 2005 Diseño de industrias agroalimentarias. Editorial Ediciones Mundi-Prensa. España. 294 pag

CHAMORRO María., LOSADA Manuel. 2002. El análisis sensorial de los quesos. Editorial Ediciones Mundi Prensa. España. 235 pág. [2]

CUBERO Nuria., MONFERRER Alberto., VILLALTA Jordi. 2002. Aditivos Alimentarios. Editorial Ediciones Mudi Prensa. España. 240 pág.

GUTIERREZ Humberto. 2008. Análisis y diseño de experimentos. Segunda edición. Mc Graw Hill. México. 545 pág. [1]

HERNÁNDEZ Goríbar Eduardo. 2003. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. Editorial Limusa S.A. Mexico.

KIRK R., SAWYER R., EDGAN H. 2004. Composición y análisis de alimentos de Pearson. Segunda edición. Editorial Continental. México. 777 pág.

MADIGAN Michael., MARTINKO John., PARKER Jack. 2004. Biología de los microorganismos. Décima edición. Editorial Pearson. España. 1096 pág.

PARK TALARO K., TALARO A. 2002. Foundations in microbiology. Cuarta edición. Editorial McGraw-Hill. USA.

PITT J., HOCKING A. 1997. Fungi and food spoilage. Segunda edición. Blackie academic & Profesional. Reino Unido.

ROJAS VILLA, CRISTIAN. 2004. “Estudio de la influencia de la temperatura, porcentaje de cuajo y tiempo de cuajado sobre la calidad organoléptica del queso tipo fresco”. Director: Tripaldi, Piercósimo. Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Ingeniería en Alimentos. Ecuador. 75 pág.

SANCHO J., BOTA E., De CASTRO J. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Primera edición. Editorial Edicions de la Universitat de Barcelona. España. 339pág.[3]

SING Paul., HELDMAN Dennis. 1998. Introducción a la ingeniería de los alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. España. 544 pág.

SCOTT R. 2002. Fabricación de queso. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. España. 488 pág.

Tetra Pack Hispania S.A. 2003. Manual de industrias lácteas. A. Madrid Vicente Ediciones. España.

TEUBNER C., WALDBURG H., WILHELM F., 2002. El gran libro del queso. Editorial Everest S.A. España. 255 pág.

Referencias electrónicas

CAMUS José. 2010. Quesos Blandos. Revista Lasallista de investigación. Corporación Universitaria Lasallista. Argentina [en línea] Disponible en web: <http://www.misionrg.com.ar/quesos.htm>.

CARL R. 2009. Darnall Army Medical Center. Health Library. Estevia. USA. [en línea] Disponible en web: <http://healthlibrary.epnet.com/GetContent.aspx?token=c5987b1e-add7-403a-b817-b3efe6109265&chunkiid=125160#P1>.

Codex Alimentarius. 2007 Norma del codex para el Brie. Italia [en línea] Disponible en web: <http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>.

ÉNFAIS ALIMENTACIÓN ONLINE. 2009. Sucralosa: edulcorante de intense calidad sin calorías. México [en línea]. Disponible en web: [http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/13759-sucralosa edulcorante-intensa-calidad-calorias](http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/13759-sucralosa%20edulcorante-intensa-calidad-calorias).

GARCÍA A. 2010. Queso tipo mascarpone. Alternativa de conservación por aplicación de factores de estrés. Argentina. [en línea] Directora: Dra. Susana Vidales. Disponible en web: <http://www.unlu.edu.ar/jorcyt2004/becarios/hoja11.html>.

GONZALEZ Ana., RAISMAN Jorge. 2005. Azúcares o glúcidos. Argentina [en línea]. Disponible en web: <http://www.biologia.edu.ar/macromoleculas/azucar.htm>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. 2010. Anuario Meteorológico 2006 Nro 46. Dirección de Gestión Meteorológica. Ecuador. [en línea]. Disponible en web: <http://www.inamhi.gov.ec/anuarios/am2006.pdf>.

KARAHADIAN C., JOSEPHSON D. B., LINDSAY R. C. 1985. Contribution of *Penicillium* sp. to the flavors of Brie and Camembert cheese. USA [en línea]. Journal of Dairy Science Vol 68 N° 8. Department of Food Science. University of Wisconsin. Madison. Disponible en web: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(85\)81043-2/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(85)81043-2/abstract).

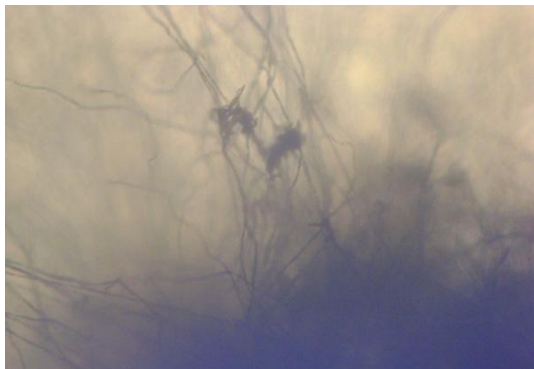
EUROPEAN STEVIA ASSOCIATION. 2010. Componentes botánicos dulces. España. [en línea]. Dr. Jan M.C. Geuns. Disponible en web: http://www.eustas.org/esp/botanic_esp.htm.

GONZALES Mónica. 2010. Naturaleza química de los edulcorantes. Argentina. [en línea]. Disponible en web: <http://quimica.laguia2000.com/reacciones-quimicas/naturaleza-quimica-de-los-edulcorantes>.

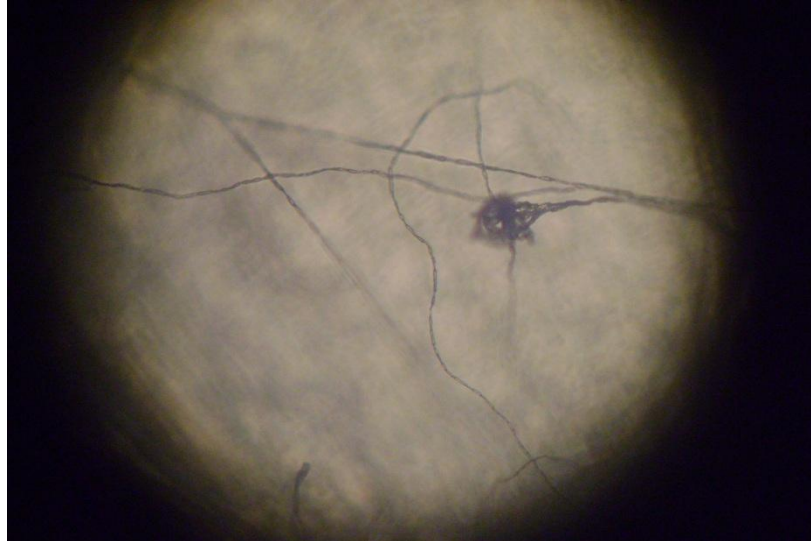
ANEXOS

Anexo 1:Aislamiento del hongo penicillium

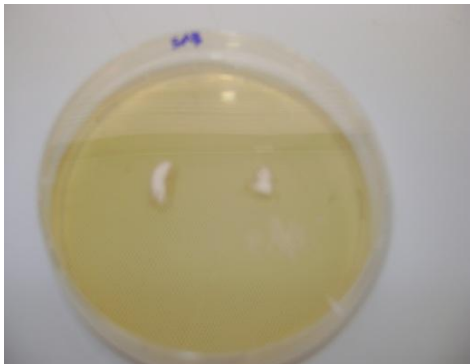
Atravez del microscopio se puede observar las esporas del hongo penicillium, las cuales se obtuvieron de los hongos que se aislaron en el laboratorio.



En estas dos imágenes se observan que en el final de la hifa se forma un micelio en forma de una mano, donde se alojan las esporas.



Anexo 2: Crecimiento de hongo penicillium



Anexo 3: Extracción y conteo de las esporas del hongo *penicillium*





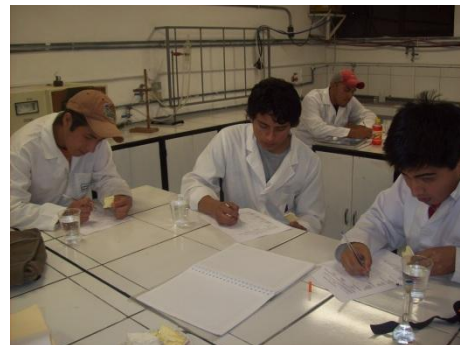
Anexo 4.- Cámara de maduración



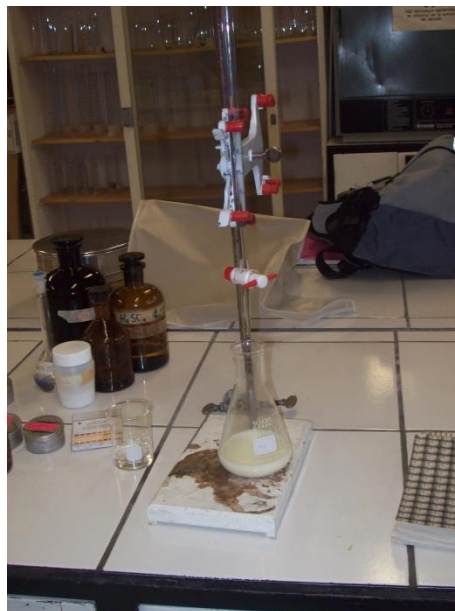
Anexo 5: Queso Brie



Anexo 6: Panel de catación



Anexo 7: Caracterización de la leche de Paccha



Anexo 8: Tablas

Tablas de las propiedades de mezcla de aire con vapor de agua saturada de 0°C a 164°C

TABLA III-2. Propiedades de la mezcla de aire con vapor de agua saturado de 0 a 164°F

Temp. °F	Presión del vapor saturado		Peso del vapor saturado				Volumen en pies ³ Barom. 29.92 pig de Hg			Entalpía por libra		
	Pulgadas de Hg	Lb/pig ³	Por pie ³		Por libra de aire seco		de una libra de aire seco	de una libra de aire seco + vapor para sa- turación	Aire seco Datum 0°F	Vapor Datum 32°F	Aire seco con vapor para sa- turación	
			Libras	Granos	Libras	Granos						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
0	0.03773	0.01853	0.000067914	0.475	0.0007852	5.50	11.58	11.59	0.0000	1059.2	0.8317	
1	0.03975	0.01963	0.000071395	0.500	0.0008275	5.79	11.60	11.62	0.2401	1059.7	1.117	
2	0.04186	0.02056	0.000075021	0.525	0.0008714	6.10	11.63	11.64	0.4801	1060.1	1.404	
3	0.04409	0.02166	0.000078851	0.552	0.0009178	6.43	11.65	11.67	0.7201	1060.6	1.694	
4	0.04645	0.02282	0.000082890	0.580	0.0009671	6.77	11.68	11.70	0.9601	1061.0	1.986	
5	0.04886	0.02400	0.000087005	0.609	0.001017	7.12	11.70	11.72	1.200	1061.5	2.280	
6	0.05144	0.02527	0.000091399	0.640	0.001071	7.50	11.73	11.75	1.440	1061.9	2.577	
7	0.05412	0.02658	0.000095955	0.672	0.001127	7.89	11.75	11.77	1.680	1062.4	2.877	
8	0.05692	0.02796	0.00010070	0.705	0.001186	8.30	11.78	11.80	1.920	1062.8	3.180	
9	0.05988	0.02941	0.00010572	0.740	0.001247	8.73	11.80	11.83	2.160	1063.3	3.486	
10	0.06295	0.03092	0.00011090	0.776	0.001311	9.18	11.83	11.85	2.400	1063.7	3.795	
11	0.06618	0.03251	0.00011634	0.814	0.001379	9.65	11.86	11.88	2.640	1064.2	4.108	
12	0.06958	0.03418	0.00012206	0.854	0.001450	10.15	11.88	11.91	2.880	1064.6	4.424	
13	0.07309	0.03590	0.00012794	0.890	0.001523	10.66	11.91	11.93	3.120	1065.1	4.742	
14	0.07677	0.03771	0.00013410	0.939	0.001600	11.20	11.93	11.96	3.359	1065.5	5.064	
15	0.08067	0.03963	0.00014062	0.984	0.001682	11.77	11.96	11.99	3.599	1066.0	5.392	
16	0.08469	0.04160	0.00014732	1.031	0.001766	12.36	11.98	12.01	3.839	1066.4	5.722	
17	0.08895	0.04369	0.00015440	1.081	0.001855	12.99	12.00	12.04	4.079	1066.9	6.058	
18	0.09337	0.04586	0.00016174	1.132	0.001947	13.63	12.03	12.07	4.319	1067.3	6.397	
19	0.09797	0.04812	0.00016935	1.185	0.002043	14.30	12.06	12.09	4.559	1067.8	6.741	
20	0.1028	0.05050	0.00017747	1.242	0.002144	15.01	12.08	12.12	4.798	1068.2	7.088	
21	0.1078	0.05295	0.00018564	1.299	0.002250	15.75	12.11	12.15	5.038	1068.7	7.443	
22	0.1132	0.05560	0.00019439	1.361	0.002361	16.53	12.13	12.18	5.278	1069.1	7.802	
23	0.1186	0.05826	0.00020335	1.423	0.002476	17.33	12.16	12.20	5.518	1069.6	8.166	
24	0.1241	0.06111	0.00021276	1.489	0.002596	18.17	12.18	12.23	5.758	1070.0	8.536	
25	0.1301	0.06405	0.00022255	1.558	0.002722	19.05	12.21	12.26	5.998	1070.5	8.912	
26	0.1366	0.06710	0.00023278	1.629	0.002853	19.97	12.23	12.29	6.237	1070.9	9.292	
27	0.1432	0.07034	0.00024342	1.704	0.002991	20.94	12.26	12.32	6.477	1071.4	9.682	
28	0.1500	0.07368	0.00025445	1.781	0.003133	21.93	12.28	12.34	6.717	1071.8	10.075	
29	0.1571	0.07717	0.00026597	1.862	0.003283	22.99	12.31	12.37	6.957	1072.3	10.477	
30	0.1645	0.08080	0.00027797	1.946	0.003439	24.07	12.33	12.40	7.197	1072.7	10.886	
31	0.1722	0.08458	0.00029043	2.033	0.003601	25.21	12.36	12.43	7.437	1073.2	11.302	
32	0.1803	0.08856	0.00030343	2.124	0.003771	26.40	12.38	12.46	7.677	1073.6	11.726	
33	0.1879	0.09230	0.00031471	2.203	0.003931	27.52	12.41	12.49	7.917	1074.1	12.139	
34	0.1957	0.09610	0.00032690	2.288	0.004094	28.66	12.43	12.51	8.157	1074.5	12.556	
35	0.20360	0.1000	0.0003394	2.376	0.004262	29.83	12.46	12.54	8.397	1075.0	12.979	
36	0.21195	0.1041	0.0003527	2.469	0.004438	31.07	12.48	12.57	8.636	1075.4	13.409	
37	0.22050	0.1083	0.0003662	2.563	0.004618	32.33	12.51	12.60	8.876	1075.9	13.845	
38	0.22925	0.1126	0.0003799	2.660	0.004803	33.62	12.53	12.63	9.116	1076.3	14.285	
39	0.23842	0.1171	0.0003943	2.760	0.004996	34.97	12.56	12.66	9.356	1076.8	14.736	
40	0.24778	0.1217	0.0004090	2.863	0.005194	36.36	12.59	12.69	9.596	1077.2	15.191	
41	0.25755	0.1265	0.0004243	2.970	0.005401	37.80	12.61	12.72	9.836	1077.7	15.657	
42	0.26773	0.1315	0.0004401	3.081	0.005616	39.31	12.62	12.75	10.08	1078.1	16.13	
43	0.27832	0.1367	0.0004566	3.196	0.005840	40.88	12.66	12.78	10.32	1078.6	16.62	
44	0.28911	0.1420	0.0004735	3.315	0.006069	42.48	12.69	12.81	10.56	1079.0	17.11	
45	0.30031	0.1475	0.0004909	3.436	0.006306	44.14	12.71	12.84	10.80	1079.5	17.61	
46	0.31191	0.1532	0.0005088	3.562	0.006553	45.87	12.74	12.87	11.04	1079.9	18.12	

Fuente: HERNÁNDEZ Gorívar Eduardo. 2003. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. Editorial Limusa S.A. Mexico

TABLA III-C (continuación)

Temp. °F	Presión del vapor saturado		Peso del vapor saturado				Volumen en pies Barométrico 29.92 plg de Hg		Entalpía por libra		
	Pulgadas de Hg	lb/plg ²	Por pie ³		Por libra de aire seco		de una libra de aire seco	de una libra de aire seco + vapor para sa- turación	Aire seco Datum °F	Vapor Datum 32°F	Aire seco con vapor para sa- turación
			Libras		Gravitas						
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
94	1.6088	0.7902	0.0023992	16.79	0.03535	247.5	13.94	14.73	22.56	1101.5	61.80
95	1.6591	0.8149	0.0024657	17.28	0.03652	255.6	13.97	14.79	22.80	1102.0	63.05
96	1.7108	0.8403	0.0025425	17.80	0.03772	264.0	13.99	14.84	23.04	1102.4	64.62
97	1.7638	0.8663	0.0026164	18.31	0.03896	272.7	14.02	14.90	23.28	1102.9	66.25
98	1.8181	0.8930	0.0026925	18.85	0.04024	281.7	14.02	14.95	23.52	1103.3	67.92
99	1.8741	0.9205	0.0027700	19.39	0.04156	290.9	14.07	15.01	23.76	1103.8	69.63
100	1.9316	0.9487	0.0028506	19.95	0.04293	300.5	14.10	15.07	24.00	1104.2	71.40
101	1.9904	0.9776	0.0029316	20.52	0.04433	310.3	14.12	15.12	24.24	1104.7	73.21
102	2.0507	1.0072	0.0030156	21.11	0.04577	320.4	14.15	15.18	24.48	1105.1	75.06
103	2.1128	1.0377	0.0031017	21.71	0.04726	330.8	14.17	15.25	24.72	1105.6	76.97
104	2.1763	1.0689	0.0031887	22.32	0.04879	341.5	14.20	15.31	24.96	1106.0	78.92
105	2.2414	1.1009	0.0032786	22.95	0.05037	352.6	14.22	15.37	25.20	1106.5	80.93
106	2.3084	1.1338	0.0033715	23.60	0.05200	364.0	14.25	15.44	25.44	1106.9	83.00
107	2.3770	1.1675	0.0034660	24.26	0.05368	375.8	14.27	15.50	25.68	1107.4	85.13
108	2.4473	1.2020	0.0035612	24.93	0.05541	387.9	14.30	15.57	25.92	1107.8	87.30
109	2.5196	1.2375	0.0036603	25.62	0.05719	400.3	14.32	15.64	26.16	1108.3	89.54
110	2.5939	1.274	0.0037622	26.34	0.05904	413.3	14.35	15.71	26.40	1108.7	91.84
111	2.6692	1.311	0.0038669	27.07	0.06092	426.4	14.37	15.78	26.64	1109.2	94.21
112	2.7466	1.350	0.0039729	27.81	0.06282	440.4	14.39	15.85	26.88	1109.6	96.70
113	2.8280	1.389	0.0040816	28.57	0.06493	454.5	14.42	15.93	27.12	1110.1	99.20
114	2.9044	1.429	0.0041911	29.34	0.06700	469.0	14.45	16.00	27.36	1110.5	101.76
115	2.9929	1.470	0.0043047	30.13	0.06913	483.9	14.47	16.08	27.60	1111.0	104.40
116	3.0784	1.512	0.0044208	30.95	0.07134	499.4	14.50	16.16	27.84	1111.4	107.13
117	3.1660	1.555	0.0045372	31.76	0.07361	515.3	14.52	16.24	28.08	1111.9	109.92
118	3.2576	1.600	0.0046620	32.63	0.07600	532.0	14.55	16.32	28.32	1112.3	112.85
119	3.3492	1.645	0.0047846	33.49	0.07840	548.8	14.57	16.41	28.56	1112.8	115.80
120	3.4449	1.692	0.0049115	34.38	0.08093	566.5	14.60	16.50	28.80	1113.2	118.89
121	3.5406	1.739	0.0050491	35.28	0.08348	584.4	14.62	16.58	29.04	1113.7	122.01
122	3.6404	1.788	0.0051873	36.21	0.08616	603.1	14.65	16.66	29.28	1114.1	125.27
123	3.7422	1.838	0.0053311	37.18	0.08892	622.4	14.67	16.77	29.52	1114.6	128.63
124	3.8460	1.889	0.0054800	38.15	0.09175	642.3	14.70	16.87	29.76	1115.0	132.06
125	3.9519	1.941	0.0056390	39.13	0.09466	662.6	14.72	16.96	30.00	1115.5	135.59
126	4.0618	1.995	0.0057934	40.14	0.09770	683.9	14.75	17.06	30.24	1115.9	139.26
127	4.1718	2.049	0.0059582	41.17	0.1008	705.6	14.77	17.17	30.48	1116.4	143.01
128	4.2858	2.105	0.0060331	42.22	0.1040	728.0	14.80	17.27	30.72	1116.8	146.87
129	4.4039	2.163	0.0061888	43.32	0.1074	751.8	14.83	17.38	30.96	1117.3	150.96
130	4.5220	2.221	0.0063444	44.41	0.1107	774.9	14.85	17.49	31.20	1117.7	154.93
131	4.6441	2.281	0.0065004	45.53	0.1143	800.1	14.88	17.61	31.45	1118.2	159.26
132	4.7703	2.343	0.0066671	46.70	0.1180	826.0	14.90	17.73	31.69	1118.6	163.68
133	4.8986	2.406	0.0068339	47.87	0.1218	852.6	14.93	17.85	31.93	1119.1	168.24
134	5.0289	2.470	0.007010	49.07	0.1257	879.9	14.95	17.97	32.17	1119.5	172.89
135	5.1635	2.536	0.007185	50.30	0.1297	907.8	14.98	18.10	32.41	1120.0	177.67
136	5.2997	2.603	0.007364	51.55	0.1339	937.3	15.00	18.23	32.65	1120.4	182.67
137	5.4402	2.672	0.007547	52.83	0.1382	967.4	15.03	18.36	32.89	1120.9	187.80
138	5.5827	2.742	0.007732	54.12	0.1427	998.9	15.05	18.50	33.13	1121.3	193.14
139	5.7293	2.814	0.007923	55.46	0.1473	1031.1	15.08	18.65	33.37	1121.8	198.61

Fuente: HERNÁNDEZ Goribar Eduardo. 2003. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. Editorial Limusa S.A. Mexico

TABLA III-2. (Conclusión)

Presión del vapor saturado			Peso del vapor saturado		Volumen en pies ³ Barom. 29.92 plg de Hg				Entalpía por libra		
Temp. °F	Pulgadas de Hg	Lb/plg ²	Por pie ³		Por libra de aire seco		de una libra de aire seco	de una libra de aire seco + vapor para sa- turación (9)	Aire seco Datum 0°F	Vapor Datum 32°F	Aire seco con vapor para sa- turación (12)
(1)	(2)	(3)	Libras (4)	Granos (5)	Libras (6)	Granos (7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
140	5.8779	2.887	0.008116	56.81	0.1521	1,064.7	15.10	18.79	33.61	1122.2	204.30
141	6.0306	2.962	0.008313	58.19	0.1570	1,099.0	15.13	18.94	33.85	1122.7	210.11
142	6.1874	3.039	0.008516	59.61	0.1622	1,135.4	15.15	19.10	34.09	1123.1	216.26
143	6.3482	3.118	0.008724	61.07	0.1675	1,172.5	15.18	19.26	34.33	1123.6	222.53
144	6.5111	3.198	0.008933	62.53	0.1730	1,211.0	15.20	19.43	34.57	1124.0	229.02
145	6.6781	3.280	0.009148	64.04	0.1787	1,250.9	15.23	19.60	34.81	1124.5	235.76
146	6.8471	3.363	0.009366	65.56	0.1846	1,292.2	15.25	19.78	35.05	1124.9	242.71
147	7.0223	3.449	0.009590	67.13	0.1908	1,335.6	15.28	19.96	35.29	1125.3	249.84
148	7.1993	3.536	0.009817	68.72	0.1971	1,379.7	15.30	20.15	35.53	1125.8	257.43
149	7.3805	3.625	0.010040	70.28	0.2037	1,425.9	15.33	20.35	35.77	1126.3	265.20
150	7.5658	3.716	0.010284	71.99	0.2105	1,473.5	15.35	20.55	36.02	1126.7	273.19
151	7.7551	3.809	0.010526	73.68	0.2176	1,523.2	15.38	20.76	36.26	1127.2	281.54
152	7.9485	3.904	0.010772	75.40	0.2250	1,575.0	15.40	20.97	36.50	1127.6	290.21
153	8.1460	4.001	0.011022	77.15	0.2327	1,628.9	15.43	21.20	36.74	1128.1	299.25
154	8.3476	4.100	0.011279	78.95	0.2407	1,684.9	15.45	21.43	36.98	1128.5	308.61
155	8.5532	4.201	0.011539	80.77	0.2490	1,743.0	15.48	21.67	37.22	1129.0	318.34
156	8.7650	4.305	0.011807	82.65	0.2577	1,803.9	15.50	21.93	37.46	1129.4	328.51
157	8.9788	4.410	0.012077	84.54	0.2667	1,866.9	15.53	22.19	37.70	1129.9	339.04
158	9.1986	4.518	0.012354	86.48	0.2761	1,932.7	15.56	22.46	37.94	1130.3	350.02
159	9.4206	4.627	0.012634	88.44	0.2858	2,000.6	15.58	22.74	38.18	1130.8	361.36
160	9.6186	4.739	0.012919	90.43	0.2961	2,072.7	15.61	23.03	38.43	1132.2	373.38
161	9.8807	4.853	0.013211	92.48	0.3067	2,146.9	15.63	23.33	38.67	1131.7	385.76
162	10.119	4.970	0.013509	94.56	0.3179	2,225.3	15.66	23.65	38.91	1132.1	398.80
163	10.361	5.089	0.013812	96.68	0.3295	2,306.5	15.68	23.98	39.15	1132.5	412.34
164	10.608	5.210	0.014120	98.84	0.3416	2,391.2	15.71	24.33	39.39	1133.0	426.42

Fuente: HERNÁNDEZ Goríbar Eduardo. 2003. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. Editorial Limusa S.A. Mexico

Tabla de cambio promedio de aire por 24 horas debido a la abertura de puertas y por aire infiltrado.

TABLA IX-15. Cambio promedio de aire, por 24 horas para cuarto de almacenamiento superior a 32°F, debido a abertura de puertas y filtración

Volumen pies ³	Cambio de aire por 24 horas	Volumen pies ³	Cambio de aire por 24 horas	Volumen pies ³	Cambio de aire por 24 horas	Volumen pies ³	Cambio de aire por 24 horas
250	38.0	1,000	17.5	6,000	6.5	30,000	2.7
300	34.5	1,500	14.0	8,000	5.5	40,000	2.3
400	29.5	2,000	12.0	10,000	4.9	50,000	2.0
500	26.0	3,000	9.5	15,000	3.9	75,000	1.6
600	23.0	4,000	8.2	20,000	3.5	100,000	1.4
800	20.0	5,000	7.2	25,000	3.0		

Tomado del libro *Principles of Refrigeration*, de Roy J. Dossat, publicado por John Wiley and Sons, Inc.

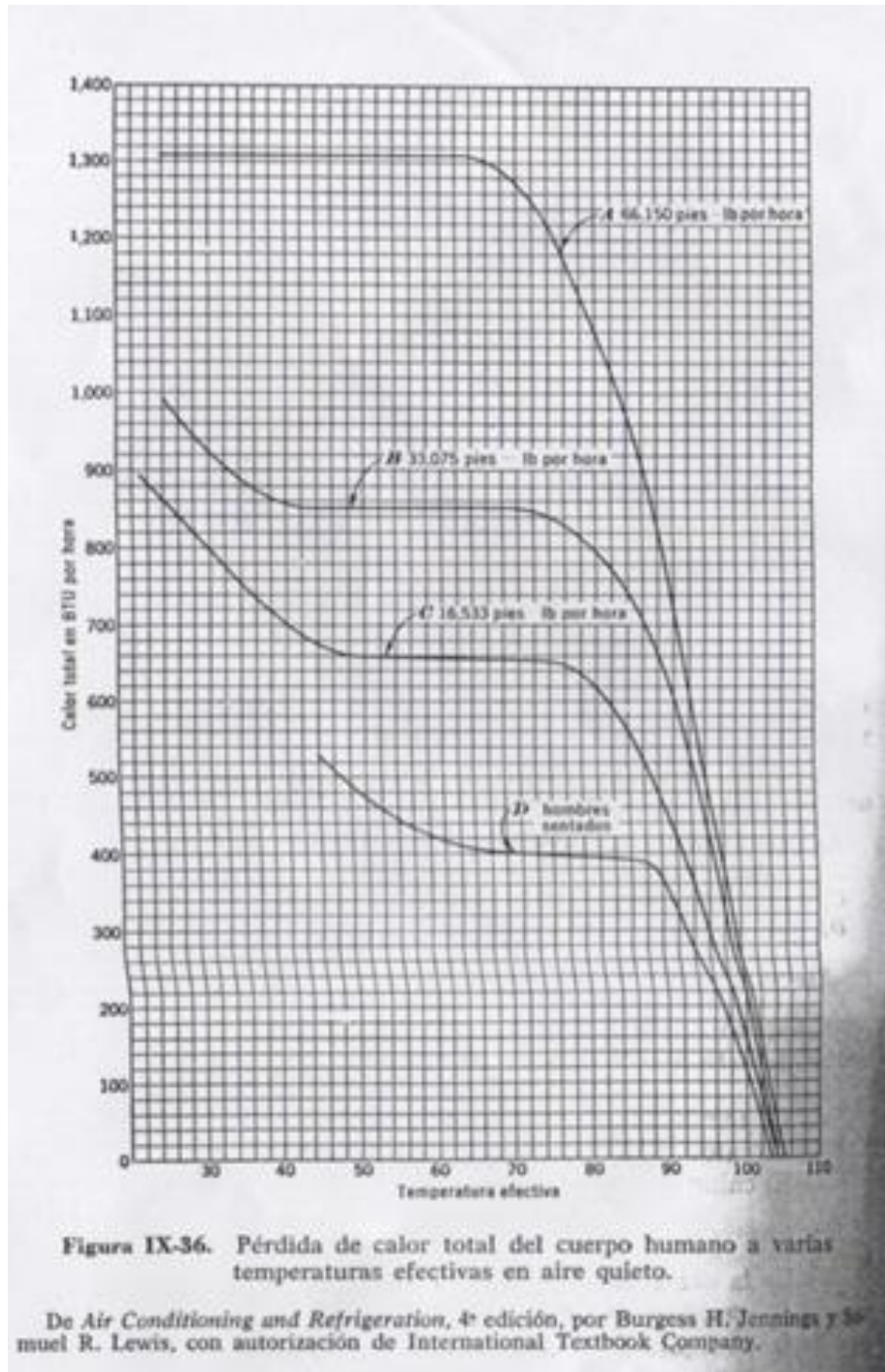
TABLA IX-16. Cambio promedio de aire, por 24 horas para cuarto de almacenamiento a menos de 32°F, debido a abertura de puertas y filtración

Volumen pies ³	Cambio de aire por 24 horas	Volumen pies ³	Cambio de aire por 24 horas	Volumen pies ³	Cambio de aire por 24 horas	Volumen pies ³	Cambio de aire por 24 horas
250	29.0	1,000	13.5	5,000	5.6	25,000	2.3
300	26.2	1,500	11.0	6,000	5.0	30,000	2.1
400	22.5	2,000	9.3	8,000	4.3	40,000	1.8
500	20.0	2,500	8.1	10,000	3.8	50,000	1.6
600	18.0	3,000	7.4	15,000	3.0	75,000	1.3
800	15.3	4,000	6.3	20,000	2.6	100,000	1.1

Tomado del libro *Principles of Refrigeration*, de Roy J. Dossat, publicado por John Wiley and Sons, Inc.

Fuente: HERNÁNDEZ Goríbar Eduardo. 2003. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. Editorial Limusa S.A. Mexico

Gráfico de pérdida de calor total del cuerpo humano a varias temperaturas.



Fuente: HERNÁNDEZ Goríbar Eduardo. 2003. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. Editorial Limusa S.A. Mexico