

Obtención de queso mozzarella, mediante el diseño de un proceso industrial, en la provincia de Chimborazo, cantón Colta

Obtaining mozzarella cheese, through the design of an industrial process, in the province of Chimborazo, city Colta

- ¹ Danielita Fernanda Borja Mayorga  <https://orcid.org/0000-0002-8438-064X>
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Faculty of Chemical Engineering, Riobamba, Ecuador
dborja@epoch.edu.ec
- ² Marco Raul Chuiza Rojas  <https://orcid.org/0000-0003-1908-8033>
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Faculty of Chemical Engineering, Riobamba, Ecuador
m.chuiza@epoch.edu.ec
- ³ Mónica Lilian Andrade Avalos  <https://orcid.org/0000-0001-5736-5607>
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Faculty of Chemical Engineering, Riobamba, Ecuador
moandrade@epoch.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/04/2022

Revisado: 22/05/2022

Aceptado: 27/05/2022

Publicado: 24/06/2022

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v4i2.2.228>

Cítese:

Borja Mayorga, D. F., Chuiza Rojas, M. R., & Andrade Avalos, M. L. (2022). Obtención de queso mozzarella, mediante el diseño de un proceso industrial, en la provincia de Chimborazo, cantón Colta. AlfaPublicaciones, 4(2.2), 146–169. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i2.2.228>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>



La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras claves:

leche, queso mozzarella, diseño, proceso, industria láctea.

Keywords: milk, mozzarella cheese, design, process, dairy

Resumen

Introducción. La industrialización de un proceso permite obtener un producto en menor tiempo y se asegura la calidad de este con lo establecido en la norma NTE INEN 82: Queso mozzarella. **Requisitos. Objetivo.** Diseñar un proceso industrial para la obtención de queso mozzarella en la planta procesadora “SIERRALAC” perteneciente a la Corporación de Organizaciones Campesinas e Indígenas de las Huaconas y Culluctus (COCIH), en la Provincia de Chimborazo, Cantón Colta. **Metodología.** Se inició con la caracterización de la materia prima, mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos basados en la NTE INEN 0009: 2012. Leche cruda. **Requisitos.** NTE INEN 9:2012. Además, se realizó pruebas para identificar las variables de operación para la elaboración de queso mozzarella a nivel de laboratorio arrojando los siguientes resultados: temperatura de pasteurización a 65 °C durante 30 minutos, temperatura de enfriamiento a 40 °C, tiempo de acidificación de 2-3 horas, pH ideal entre 5,2-5,4 para la etapa de hilado, temperatura de hilado a 65 °C y tiempo de salado de 3 horas. Para cumplir con los requerimientos de la microempresa se empleó el método de fermentación enzimática debido a su alto rendimiento y calidad del producto. **Resultados.** En base a los valores de las variables de operación se realiza el diseño de los equipos a escala industrial, cuyos equipos son: una marmita con un sistema de agitación, un tanque de hilado, una lira y una mesa de moldeo para una capacidad de procesamiento de 500 litros de leche. **Conclusión.** La validación del diseño de ingeniería se efectuó mediante la caracterización físico, bromatológico, y microbiológico de queso mozzarella de acuerdo con la norma NTE INEN 82: Queso mozzarella. **Requisitos,** cuyos resultados cumplen con los parámetros de calidad siendo apto para su consumo. Mediante un estudio de análisis financiero se verificó que el proyecto es viable, para garantizar la inocuidad del producto se recomienda aplicar buenas prácticas de manufactura.

Abstract

Introduction. The industrialization of a process allows a product to be obtained in less time and its quality is ensured with the

industry.

provisions of the NTE INEN 82 standard: Mozzarella cheese. Requirements. **Objectives.** Design an industrial process to obtain mozzarella cheese in the "SIERRALAC" processing plant belonging to the Corporation of Peasant and Indigenous Organizations of Huaconas and Culluctus (COCIH), in the Province of Chimborazo, city Colta. **Methodology.** It began with the characterization of the raw material, through physical-chemical and microbiological analyzes based on the NTE INEN 0009: 2012. Raw milk. Requirements. NTE INEN 9:2012. In addition, tests were carried out to identify the operating variables for the production of mozzarella cheese at the laboratory level, yielding the following results: pasteurization temperature at 65 °C for 30 minutes, cooling temperature at 40 °C, acidification time of 2- 3 hours, ideal pH between 5.2-5.4 for the spinning stage, spinning temperature at 65 °C and salting time of 3 hours. To meet the requirements of the microenterprise, the enzymatic fermentation method was used due to its high yield and product quality. **Results.** Based on the values of the operating variables, the design of the equipment is conducted on an industrial scale, whose equipment is: a pot with a stirring system, a spinning tank, a lyre, and a molding table for a processing capacity of 500 liters of milk. **Conclusion.** The validation of the engineering design was conducted through the physical, bromatological, and microbiological characterization of mozzarella cheese according to the NTE INEN 82 standard: Mozzarella cheese. Requirements, whose results meet the quality parameters being suitable for consumption. Through a financial analysis study, it was verified that the project is viable, to guarantee the safety of the product, it is recommended to apply good manufacturing practices.

Introducción

A nivel mundial, nacional y local la producción de leche se ha incrementado paulatinamente, constituyéndose en uno de los sectores más importantes referente a la generación de empleo en el sector agrícola y en la economía de los países (Ruíz, 2017).

La producción lechera en el Ecuador constituye una actividad productiva sustancial por razones de orden económico y nutricional. Según estudios estadísticos realizados por el

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP), indica que existen más de 600.000 personas que dependen directamente de la producción de leche y varía en cada zona de acuerdo con la disponibilidad que tengan en su medio y los requerimientos de cada población, siendo un ingreso relativamente seguro y creciente en los últimos días para los pequeños productores (Cuichan, 2006).

Dentro de la industria láctea una de las tecnologías más relevantes que se ha desarrollado es la elaboración de quesos, aprovechando todos los nutrientes que presentan la leche y así obtener quesos que presenten características nutritivas y un sabor muy exquisito como es el queso mozzarella (Quinzo, 2015). El queso mozzarella tiene su origen en Italia, desde allí se difundió por el resto del mundo, es un queso de pasta hilada de masa acidificada, antiguamente elaborado con leche de búfala, debido a que es escaso conseguir la leche de búfala hoy en día es reemplazado con leche de vaca y ocupa un gran puesto en el mercado de la pizzería y de la industria quesera (Sémper, 2016). Los elementos nutricionales que aporta este producto son: proteínas, grasas, vitaminas y minerales tales como; calcio, hierro y fósforo, permitiendo así el buen funcionamiento del organismo (Toro, 2011).

Los beneficios nutricionales que brinda este tipo de queso es que, al ser un alimento rico en fósforo, ayuda a mantener los huesos y dientes sanos así también una piel equilibrada, mayor resistencia física y contribuye a mejorar las funciones biológicas del cerebro. Además, por poseer un alto contenido de calcio es esencial para los huesos y consumo durante el embarazo (Sémper, 2016).

La quesera recepta alrededor de 1000 litros de leche diario, de los cuales 400 se procesan para la elaboración de queso fresco de 500 y 1000 gramos con el fin de brindar a los consumidores un producto de calidad y que conserve su valor nutritivo, esto permite solventar la economía de la organización para mejorar la calidad de vida de la zona en la cual habitan, además la cantidad restante de leche entregan a otras industrias lácteas; con el fin de contribuir en la mejora continua de la corporación se ha visto la necesidad de obtener queso mozzarella, mediante el diseño de un proceso industrial, el cual permite ayudar a que la empresa siga creciendo y buscando nuevos mercados.

La salud alimentaria exige que los productos de consumo masivo sean aptos para el consumo humano tanto en las características bromatológicas, microbiológicas y organolépticas basadas en la NTE INEN 0082: Queso Mozzarella. Requisitos, es por ello la importancia de realizar un estudio de la calidad microbiológica del queso mozzarella, debiéndose conocer la calidad microbiológica de los productos que elabora esta empresa para garantizar la salud de los consumidores (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2011).

Por tanto, es significativo emprender acciones al respecto, como por ejemplo al proponer una alternativa de producción, que ofrezca a los pequeños productores la elaboración de un producto de calidad y con un buen rendimiento, pudiéndose convertir los mismos en la generación de economía propia para el sector.

Metodología

Leche

La leche es un líquido secretado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, obtenida por el ordeño completo de una o más vacas bien alimentadas y en buen estado de salud, caracterizado por poseer alto valor nutricional (Alais,1985, pp.4-5; Revilla, 1985, p.11).

Tabla 1

Composición de la leche de varios mamíferos

Especie	% Agua	% Grasa	% Proteína
Vaca	87	3.8	3.35
Humana (mujer)	87	3.8	2.30
Cabra	86	4.8	4.30
Oveja	83	5.3	6.30
Yegua	90	0.6	2.10
Burra	91	1.2	1.50
Búfala	82	8.0	4.0
Coneja	70	10.5	15.5
Llama	86	3.2	3.9

Fuete: Revilla (1985)

Para llevar a cabo el presente proyecto se sustentó en métodos, como: Inductivo, Deductivo y Experimental, para obtener los valores de las variables de operación y poder diseñar un proceso de obtención de queso mozzarella.

Para realizar la caracterización de la leche cruda, el muestreo resalta un punto importante, puesto que de ello dependen los resultados de la calidad de la materia prima. De acuerdo con las normas descritas a continuación:

NTE INEN 0004: 1984. Leche y productos lácteos. Muestreo (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 1984).

- Instructivo para “Toma de muestras de leche cruda” (Instructivo INT/CL/010), publicado por el Laboratorio de Control de Calidad de Leche Agrocalidad

La caracterización de la leche se basó en la NTE INEN 0009:2012. Leche cruda. Requisitos (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2012).

Determinación de grasa, sólidos no grasos, proteína, densidad, temperatura, lactosa, conductividad, pH

Los respectivos análisis se determinaron mediante la ayuda de un equipo denominado Ekomilk Ultra, es un analizador de leche robusto, confiable y de parámetros múltiples que proporciona resultados de análisis rápidos, este no requiere de reactivos, emite resultados precisos en tan solo 2 min aproximadamente. A continuación, en la tabla 2 se tabulan los resultados (Agrocalidad, 2017).

Tabla 2

Parámetros que analiza el equipo Ekomilk Ultra

Parámetros	Rango	Precisión	Unidad
Grasa	0,5 - 12	± 0,1	%
Sólidos no grasos	6 - 12	± 0,2 %	%
Densidad	1,0260 – 1,0330	0,00005	g/cm^3
Proteína	2 - 6	± 0,2	%
Temperatura	0 - 50	± 0,1	°C
Lactosa	0,5 – 7	± 0,2	%
Conductividad	2 - 20	± 1 %	mS/cm (18°C)
pH	0,00 - 14	± 0,02	-

Nota: Manual Ekomilk Ultra 2015 **Fuente:** Agrocalidad (2017)

Resultado de la caracterización de la materia prima

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de la leche cruda, se muestra en la tabla 3, la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los requerimientos.

Tabla 3
Análisis fisicoquímico de la leche cruda de la microempresa de lácteos “SIERRALAC”

Parámetros	Método de ensayo/Norma	Unidad	Resultado	Valor Limite permisible	
				Mínimo	Máximo
Grasa	PEE/CL/002 Método de referencia (AOAC 972.16)	(g/100ml)	3,95	3,0	-
Proteína	PEE/CL002 Método de referencia (AOAC 972.16)	(g/100ml)	3,32	2,9	-
Solidos totales	PEE/CL/002 Método de referencia (AOAC 972.16)	(g/100ml)	12,59	11,2	-
Solidos no grasos	PEE/CL/002 Método de referencia (AOAC 972.16)	(g/100ml)	8,65	8,2	-
Punto crioscópico (°C)	PEE/CL/013	(g/100ml)	-0,5735	-0,536	-0,512
Agua añadida	PEE/CL/013	%	0,00	-	-
Acidez	PEE/CL/012	(g/100ml)	0,17	0,13	0,17
Grupo de antibióticos 1 (β -LACT-SULF-TETRA)	PEE/CL/010 Establecido en el CODEX CAC/MRL2	(pos/neg)	Negativo	Negativo	-
Cloruros	PEE/CL/014	(pos/neg)	Negativo	Negativo	-
Neutralizantes	PEE/CL/005	(pos/neg)	Negativo	Negativo	-
Peróxidos	PEE/CL/008	(pos/neg)	Negativo	Negativo	-

Nota: Laboratorio de Control de Calidad de Leche. **Fuente:** Agrocalidad (2017)

Se determina que dos parámetros se encuentran con valores críticos, como la acidez con un valor de 0,17 (g/100ml) encontrándose en el límite máximo, esto es debido a la presencia de carga microbiana y punto crioscópico con un valor de -0,5735 (g/100ml), esta variación suele presentarse debido al aumento de la acidez, sin embargo, la leche puede ser procesada ya que para este tipo de queso mozzarella.

Tabla 4
Análisis de la densidad relativa de leche cruda

Parámetros	Método de ensayo/Norma	Unidad	Resultado	Valor Limite permisible	
				Mínimo	Máximo
Densidad relativa A 20 °C	Método del lactodensímetro/NTE INEN 11	-	1,029	1,028	1,032

Nota: Laboratorio de Bromatología y Bioquímica de la Facultad de Ciencias. ESPOCH.

Fuente: Agrocalidad (2017)

De acuerdo con la tabla 3, se indica que la densidad relativa se encuentra dentro del límite establecido por la norma INEN 09. Leche cruda. Requisitos.

Tabla 5
Análisis de pH en leche cruda

Parámetros	Método de ensayo/Norma	Unidad	Resultado	Valor Limite permisible	
				Mínimo	Máximo
pH	Medición directa utilizando el equipo Ekomilk.	-	6,62	6,5	6,8

Nota: Laboratorio de la Planta de Lácteos Tunshi-ESPOCH. **Fuente:** Agrocalidad (2017)

Tabla 6
Análisis microbiológicos de la leche cruda

Parámetros	Método de ensayo/Norma	Unidad	Resultado	Límite máximo
Recuento de células somáticas	PEE/CL/001	(x1000/ml)	276	7,0*10 ⁵
Contaje total de bacterias	PEE/CL/003	(x1000/ml)	19136	-

Nota: Laboratorio de control de calidad de leche. **Fuente:** Agrocalidad (2017)

La cantidad de células somáticas es mínima y está dentro del límite, mientras que el contaje total de bacterias se encuentra con una cantidad crítica, esta alteración suele presentarse por falta de higiene durante el ordeño y transporte, pero dicha anomalía se contrarresta en la etapa de pasteurización.

Ensayos a escala de laboratorio para la elaboración de queso mozzarella

El queso mozzarella es un queso de pasta hilada, blando, de color ligeramente blanco amarillento y de sabor suave. Obtenido de leche pasteurizada o cruda, mediante la

adición de fermentos lácticos, al conseguir una adecuada acidez de la cuajada y el proceso de hilado; es un ingrediente óptimo en la pizzería, sánduches, ensaladas y platos calientes (Toro, 2011, p.30).

Requerimientos de materia prima e insumos, materiales y equipos

Una vez determinado que la leche cumple con los parámetros establecidos por la norma, se procede a la elaboración de queso mozzarella, en este caso, se llevó a cabo mediante fermentación enzimática por su buen rendimiento.

Tabla 7

Materia prima e Insumos

Materia prima	Insumos
	Cuajo líquido
Leche cruda	Fermento láctico TCC-20 (Streptococcus Thermophilus y Lactobacillus Helveticus)
	Cloruro de calcio
	Cloruro de sodio

Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Tabla 8

Materiales y equipos necesarios para la elaboración de queso mozzarella

Materiales	Equipos	Reactivos
Pipeta	Tanque de recepción	• Agua destilada
Espátula	Caldero	
Vidrio reloj	Marmita	
Varilla de agitación	Liras horizontal y vertical	
Malla	Tanque de hilado y amasado	
Moldes	Mesa quesera	
Lienzos	Prensadora	
Recipientes (jarras, baldes, ollas)	Cocina industrial	
Cucharones	pH-metro	
Cuchillo	Termómetro industrial	
Vasos de precipitación de 250 y 500 ml	Balanza analítica	
Fundas plásticas (específico para quesos)	Selladora	
Equipo de protección personal (guantes, mascarilla, botas, cofia)	Cámara de refrigeración	

Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Descripción del proceso a nivel de laboratorio

El proceso consiste en seguir una secuencia de pasos hasta la obtención del producto final, para ello es importante el control de las variables, como temperatura, pH, tiempo de acidificación, etc. Previamente para empezar es necesario realizar la dosificación adecuada tanto de materia prima como de los insumos requeridos, a continuación, en la tabla 8:

Tabla 9

Formulación de ensayos para la elaboración de queso mozzarella

Materia prima e insumos	Dosis	Unidad
Leche	10	L
Fermento láctico TCC- 20	0,16	g
Cloruro de calcio	3	g
Cuajo líquido	1	ml

Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Resultados y Discusión

Una vez obtenido el producto a escala de laboratorio se identifica las variables de operación del proceso.

Tabla 10

Variables y Parámetros del proceso

Variables	Tipos de variables	Concepto	Método de medición	Etapa durante el proceso	Parámetro
Temperatura	Independiente	Cantidad de calor o frío de los cuerpos.	Termómetro	Pasteurización	65 °C
				Enfriamiento	40 °C
				Acidificación	40 °C
				Hilado	65 °C
				Salado	10-15 °C
Tiempo	Dependiente	Duración de las etapas del proceso.	Cronómetro	Pasteurización	30 min
				Enfriamiento	5-10 min
				Acidificación	2-3 horas
				Salado	3 horas
pH	Dependiente	Nivel de acidez o basicidad de una solución acuosa.	Potenciómetro	Acidificación	5,2 – 5,4
Cantidad de fermento láctico, cloruro de calcio, cuajo y cloruro de sodio	Dependiente	Aditivos que brindan características propias al queso mozzarella.	Balanza	Estandarización	Fermento láctico 1% Cloruro de calcio 21% Cuajo 7% Cloruro de sodio 1%

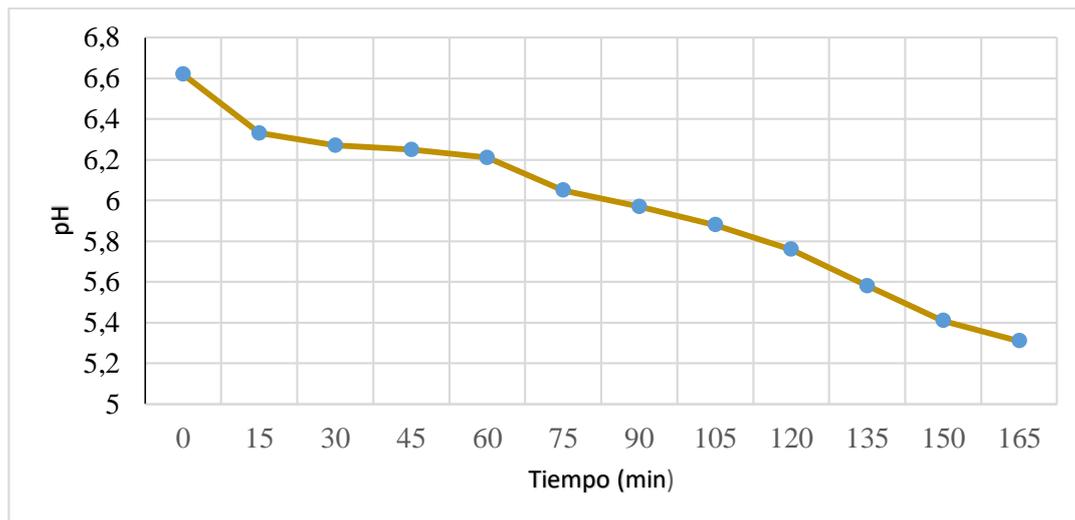
Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Curva de acidificación

Permite determinar la variación del pH de la cuajada en función del tiempo, a fin de conseguir un valor que varíe entre 5,2 - 5,4 ideal para el hilado (Antezana, 2015).

Figura 1

Curva de acidificación de queso mozzarella mediante fermentación enzimática



Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Balance de materia y energía

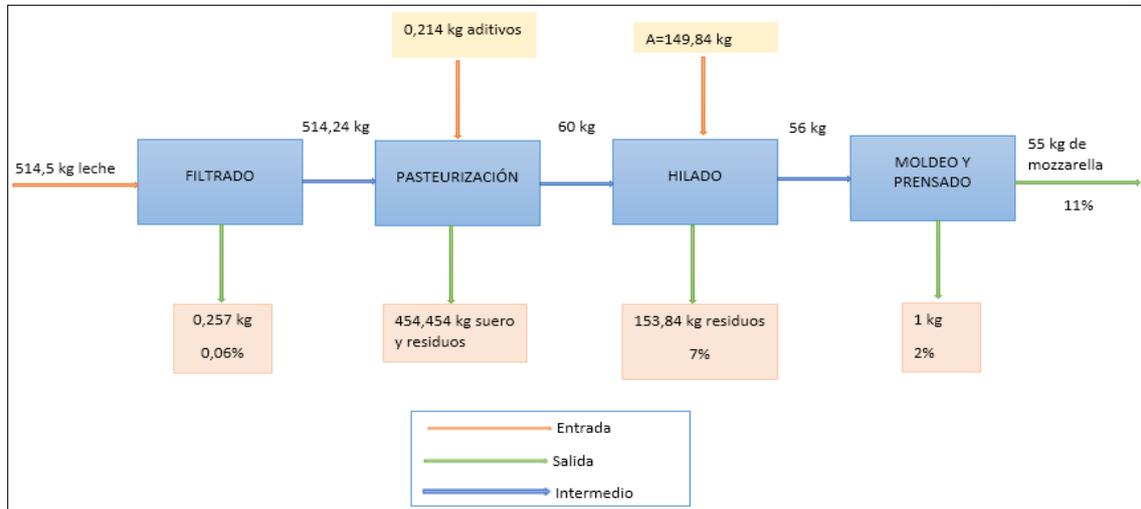
El proceso de elaboración de queso mozzarella a nivel de laboratorio permitió tomar datos experimentales, a fin de realizar los cálculos de balance de masa y energía, que servirá como sustento para el diseño respectivo a escala industrial (Oviedo & Rodríguez, 2013).

Balance de masa

El balance de masa en el proceso de elaboración de queso mozzarella permite determinar el rendimiento de cada una de las etapas, tomando como base la masa que entra y sale de la misma. El volumen de leche destinado para la elaboración de queso mozzarella es de 500 L.

Figura 2

Balance general de masa para la elaboración de queso mozzarella



Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Para determinar el rendimiento global del proceso de elaboración de queso mozzarella, se divide la cantidad de queso mozzarella y la cantidad de masa de alimentación el mismo arroja un resultado del 11%

Balance de energía

El balance de energía se establece según la primera ley de la termodinámica, el cual permite determinar las cantidades de energía que se intercambian y acumulan dentro del sistema, para realizar estos cálculos de consideran los mecanismos de transferencia de calor (McCabe et al., 1998), y contemplando todos los equipos que contiene el proceso se determinó que el balance global de transferencia para la Marmita es 3,839 KJ/Kg °C, en la Caldera 0,16 KW/m²°C, y en el pasteurizador 0,22 KW/m²°C.

Resultados del dimensionamiento de equipos

Se consideran varias ecuaciones para realizar el dimensionamiento de los equipos (Geankoplis, 1998), arrojando los siguientes resultados:

Tabla 11
Dimensiones de la marmita

Descripción	Simbología	Valor	Unidad
Medidas de la marmita			
Volumen de diseño	V_{DM}	0,075	m^3
Volumen total del tanque	V_{TM}	0,575	m^3
Diámetro del tanque	D_t	0,90	m
Radio interno del tanque	r_i	0,45	m
Altura del tanque	h	0,90	m
Diámetro de la chaqueta	\emptyset_{ch}	0,09	m
Material Acero Inoxidable AISI	–	304	–
Sistema de agitación			
Longitud de brazo del agitador	L_B	0,45	m
Espesor del agitador	E_a	0,045	m
Diámetro del agitador	\emptyset_a	0,675	m
Distancia entre el fondo del tanque y la paleta	E	0,45	m
Altura de la paleta	A_p	0,09	m
Distancia entre rejillas	X_r	0,075	m
Numero de paletas	N_p	6	–
Velocidad rotacional	N	1	rps
Potencia	P	1	Hp

Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Tabla 12
Dimensiones de lira

Descripción	Simbología	Valor	Unidad
Longitud del brazo de lira	L_{BL}	0,65	m
Espesor de lira	E_L	0,065	m
Longitud de lira	L_L	0,30	m
Alto de la paleta de lira	A_{pL}	0,13	m
Altura total de lira	A_{TL}	0,78	m
Distancia entre el fondo del tanque y la lira	x	0,12	m
Distancia entre hilo e hilo	x_V	0,03	m

Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Tabla 13
Dimensiones del tanque de hilado

Descripción	Simbología	Valor	Unidad
Volumen de diseño de hiladora	V_{DH}	0,0225	<i>m</i>
Volumen total de hiladora	V_{TH}	0,1725	<i>m</i>
Diámetro interno del tanque	D_{tH}	0,60	<i>m</i>
Radio del tanque de hiladora	r_{iH}	0,30	<i>m</i>
Altura del tanque de hiladora	h_H	0,60	<i>m</i>

Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Tabla 14
Dimensiones de mesa de moldeo

Descripción	Simbología	Valor	Unidad
Longitud de mesa	L_m	1,50	<i>m</i>
Ancho de mesa	a_m	0,75	<i>m</i>
Altura de mesa	A_m	0,80	<i>m</i>
Volumen de mesa	V_m	0,90	m^3

Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Proceso de producción

El proceso de producción de elaboración de queso mozzarella propuesto para la microempresa “SIERRALAC” es considerado como un tipo de producción batch, puesto que la leche solo se recepta una vez al día y por ser una nueva línea de producción para la planta.

Materia prima, aditivos e insumos

Para la elaboración de queso mozzarella a nivel industrial es necesario el requerimiento de los siguientes aditivos, materia prima e insumos para procesar 500 litros de leche diarios.

Tabla 15

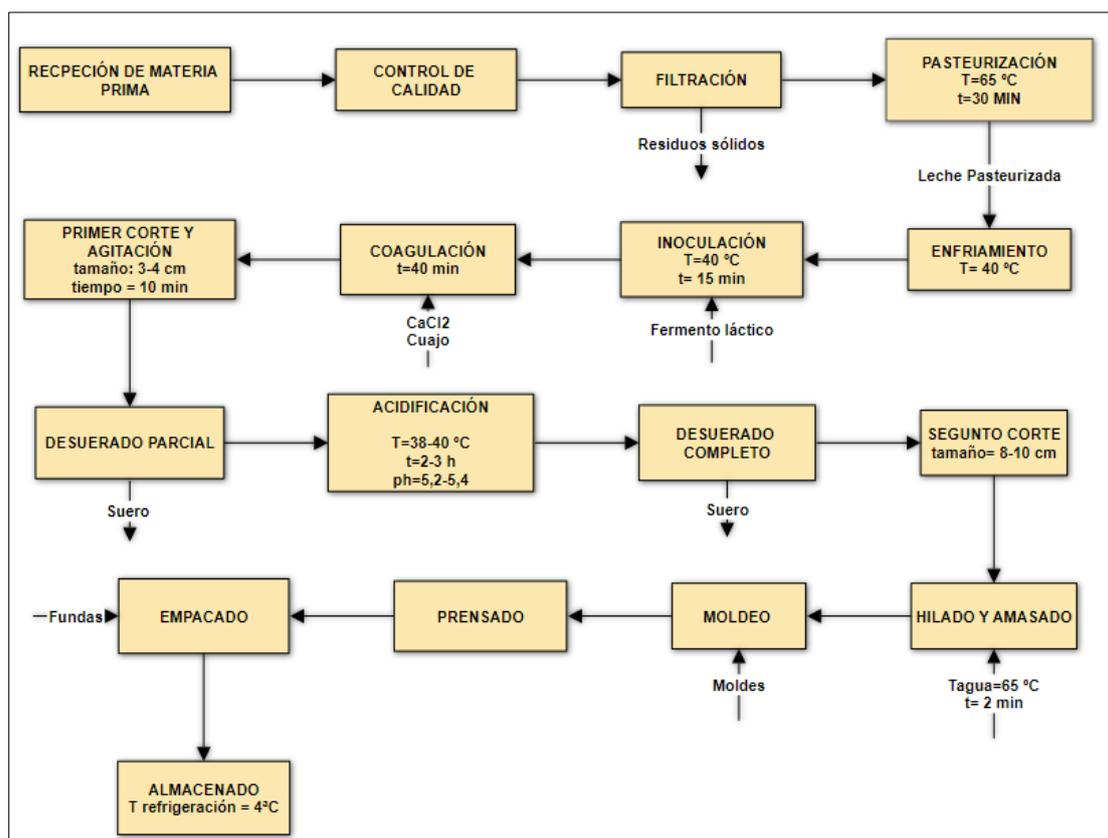
Materia prima, aditivos e insumos

Materia prima	Leche cruda	Cantidad	Unidad
Aditivos	Cloruro de calcio	150	g
	Fermento láctico TCC-20 (bacterias thermophilus)	8	g
	Cuajo líquido	50	mL
	Cloruro de sodio	23%	-
Insumos	Fundas plásticas	110	Unidades

Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Figura 3

Diagrama del proceso de elaboración de queso mozzarella



Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Descripción del diagrama del proceso de elaboración de queso mozzarella

- **Recepción de materia prima**

La leche cruda es receptada en un tanque de acero inoxidable, el cual presenta un filtro (lienzo) a fin de que queden retenidas las impurezas y partículas adheridas a la leche.

- **Control de calidad**

Mediante pruebas de calidad permite determinar si la leche cumple con los estándares de calidad y si es apta para ser procesada, garantizando la inocuidad de la leche y posteriormente del producto final.

- **Pasteurización**

Etapas que mediante la adición de calor permite destruir los microorganismos patógenos y perjudiciales presentes en la leche, así, asegurando la higiene durante el proceso. Para efectuar dicha etapa, la leche sufre un tratamiento lento a una temperatura de 65 °C durante un tiempo de 30 minutos, dicha temperatura es considerada adecuada ya que se mantiene las propiedades nutricionales del producto sin modificación alguna.

- **Enfriamiento**

La leche pasteurizada es enfriada, mediante la ayuda de una corriente de agua fría hasta conseguir una temperatura que oscila entre 38-40 °C

- **Inoculación**

Consiste en adicionar la cantidad exacta de fermento láctico TCC-20 que es un medio de cultivo de bacterias *streptococcus thermophilus*, específico para queso mozzarella. La temperatura óptima de esta etapa es de 38-40 °C, puesto que es la adecuada para que las bacterias se desarrollen de una manera adecuada. Para mantener una mezcla homogénea se empleará el agitador respectivo.

- **Adición de cloruro de calcio**

Para que la cuajada adquiriera mayor firmeza mecánica se agrega cloruro de calcio, debido que durante la pasteurización se efectúa un proceso normal de precipitación de calcio.

- **Coagulación**

Proceso en el que se produce la formación de un gel por la acción del cuajo, dado que tiene la capacidad de coagular las proteínas que se encuentran en la leche. Para que se forme la cuajada debe permanecer en reposo durante 40 minutos.

- **Primer corte y agitación**

El objetivo del corte es convertir la masa de cuajada formada en fragmentos pequeños, permitiendo así la eliminación del suero, el tamaño de los granos incide en el tipo de queso que se desea elaborar. Para ello se utilizan liras horizontal y vertical para obtener trozos de 3-4 cm aproximadamente, después se debe realizar un batido lento sin romper los trozos de cuajada durante 10 minutos con el fin de conseguir que los granos de cuajada estén consistentes.

- **Desuerado parcial**

Consiste en eliminar las 2/3 partes del suero, para el cual se usan mallas para evitar eliminar granos de cuajada.

- **Acidificación**

Proceso en el que los granos de la cuajada alcanzan un pH óptimo para la etapa de hilado, para ello la temperatura debe mantenerse de 38-40 °C durante un tiempo de 2-3 horas, tiempo necesario para que el pH alcance un valor de 5,2 a 5,4. Para llevar un control de pH adecuado es necesario la ayuda de un potenciómetro, en el que el pH se mide cada 15 minutos hasta lograr llegar a dichos valores.

Previamente al hilado se realiza la prueba de hilado, se verifica colocando un pequeño trozo de cuajada en agua caliente (60-65 °C) y observar que se estire, una vez comprobado será ideal para la siguiente etapa; caso que se puede aplicar al no disponer de un equipo Potenciométrico.

- **Desuerado total y corte**

Con la ayuda de mallas el suero se elimina por completo. Una vez eliminado el suero por completo se procede a cortar la masa de cuajada en fragmentos de 8-10 cm aproximados.

- **Hilado y amasado**

Proceso térmico que consiste en someter los trozos de cuajada en agua o suero caliente (60-65 °C) durante 2 min y luego se estira e introduce en agua caliente hasta el moldeo con el objeto de que adquiera brillo, plasticidad y capacidad de formar hebras.

- **Moldeado y Prensado**

La masa hilada se debe colocar en moldes y mediante la ayuda de una prensa mecánica logrando adquirir un producto con mayor compactación y firmeza.

- **Enfriado**

El queso debe ser enfriado a temperatura de 5-10 °C durante 15-25 minutos, debido que si entra directamente produce un queso deformado, salmuera caliente y mayor

concentración de sal en el queso, salida de agua y grasa del queso para la salmuera y la salmuera está más expuesta al deterioro.

- Salazón

Para que el queso adquiriera el sabor característico se sumerge en salmuera a una concentración del 23% durante 6-8 horas.

- Empacado

Colocar los quesos en fundas plásticas para que posteriormente sean comercializados.

- Almacenado

Para conservar y prolongar el tiempo de vida el producto final se somete a un cuarto o cámaras de refrigeración (4°C).

Figura 4

Queso mozzarella



Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Validación del proceso

Una vez elaborado el producto y a fin de validar el diseño se realizó la caracterización del queso mozzarella establecido por la norma NTE INEN 0082:2011. Queso mozzarella. Requisitos.

Tabla 16

Análisis físico de queso mozzarella

Análisis físico	
Parámetro	Características
Color	Blanco
Olor	Característico
Aspecto	Normal, libre de material extraño

Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Tabla 17
Análisis bromatológico de queso mozzarella

Parámetro	Método	Resultado	Unidad	Limite permisible	
				Mín.	Máx.
Humedad	NTE INEN 63	39,21	%	-	60
Grasa	NTE INEN 64	46,32	%	45	-

Nota: Laboratorio de Servicios Analíticos, Químicos y Microbiológicos en Aguas.

Tabla 18
Análisis microbiológico de queso mozzarella

Parámetros	Método	Resultado
Escherichia Coli UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Stafilococcus Aureus UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Enterobacteraceas UFC/g	Siembra en masa	40
Salmonella en 25 g	Reveal 2.0 NEOGEN	Ausencia
Listeria en 25 g	Reveal 2.0 NEOGEN	Ausencia

Nota: Laboratorio de Servicios Analíticos, Químicos y Microbiológicos en Aguas

Conforme a los resultados conseguidos de los análisis, el queso mozzarella elaborado a escala piloto cumple con los requisitos establecidos por la norma NTE INEN 0082: 2011. Queso Mozzarella. Requisitos, de manera que el diseño para esta nueva línea de producción en la microempresa es factible para su implementación.

Tabla 19
Equipos requeridos para la producción de queso mozzarella

Equipo	Descripción	Características
Marmita	Material de acero inoxidable 304, posee una camisa o chaqueta por donde circulará el vapor para llevar a cabo la pasteurización, además contendrá un agitador tipo rejilla de paletas planas inclinadas con ángulo de inclinación de 45 °C permitiendo que la transferencia de calor se dé por todo el fluido logrando así que la mezcla sea homogénea, 1 válvula de salida y bridas para fijar el equipo en el piso.	Volumen = 575 L Altura = 0,90 m Diámetro = 0,90 m Área = 3,43 m ² Espesor del agitador = 0,044 m Diámetro del agitador = 0,66 m Altura de las paletas = 0,09 m Potencia del motor = 1 Hp

Tabla 19
Equipos requeridos para la producción de queso mozzarella (continuación)

Equipo	Descripción	Características
Lira vertical	Material de acero inoxidable 304, en el que el número de hilos depende del tipo de queso a elaborar y por lo tanto el corte es diferente.	Longitud del brazo de la lira = 0,65 m Espesor de la lira = 0,065 m Alto de la paleta de la lira = 0,13 m Altura total de la lira = 0,78 m
Tanque de hilado	Material acero inoxidable 304. Forma cilíndrica.	Volumen total del tanque = 172.5 L. Diámetro interno del tanque = 0,60 m. Radio del tanque = 0,30 m. Altura del tanque = 0,60 m. Área = 1 m ²
Mesa de moldeo	Material de acero inoxidable 304, específicamente dimensionado para el moldeo.	Longitud = 1,50 m Ancho = 0,75 m Altura = 0,80 m Volumen = 0,90 m

Fuente: Agrocalidad (2017), elaborado por Guaila

Capacidad de producción

De un volumen de 500 L de producción se obtiene 55 kg de queso mozzarella, para que el producto salga al mercado se propuso una presentación de 500 gramos, mismos que son empacados en fundas de plástico respectivo.

Análisis costo-beneficio del proyecto

El estudio financiero del presente proyecto permite determinar la viabilidad de este, en el que los costos de los equipos, materiales, materia prima, aditivos se han considerado los costos del mercado.

Conforme a los resultados del estudio financiero se obtiene que los indicadores financieros más importantes son el TIR (Tasa Interna de Retorno con un valor de \$ 5866,20 y el VAN (Valor Actual Neto) con el 87%, el proyecto es económicamente viable debido a que el TIR es mayor que la tasa de rendimiento del mercado, el proyecto es aceptable puesto que el VAN es mayor que cero y la relación costo beneficio será de \$ 1,09 por cada dólar que se invierte y el período de recuperación de lo invertido será de 0,96 años.

Conclusiones

- La caracterización de la leche cruda se realizó mediante análisis fisicoquímico y microbiológico en base a la NTE INEN 0009: Leche cruda. Requisitos, donde se determinó que los parámetros más importantes para este proceso fueron densidad 1,029 (ug/l) y acidez 0,17 (g/100ml).
- Mediante pruebas realizadas a escala piloto se obtuvo queso mozzarella con un rendimiento del 11 %, durante el proceso se identificó las variables más relevantes siendo estas las siguientes: temperatura de pasteurización a 65 °C, tiempo de acidificación de 2-3 horas, temperatura para la acidificación de 40 °C, pH de hilado que varía entre 5,2-5,4, la temperatura de hilado de 65 °C y tiempo de salado de 4-6 horas.
- En base a los datos obtenidos a nivel de laboratorio se realizó el diseño de ingeniería para procesar 500 litros de leche, en base a cálculos técnicos, dimensionamiento, tipo de material y presupuesto se diseñó los siguientes equipos: marmita, sistema de agitación, lira vertical, tanque de hilado y mesa de moldeo para la obtención de queso mozzarella a escala industrial, además el material de los equipos es de acero inoxidable AISI 304 por tratarse de un alimento.
- Por medio de la caracterización del queso mozzarella se validó el diseño obteniendo los siguientes valores: humedad 39% y grasa (falta) y mediante el análisis microbiológico el producto presenta ausencia de escherichia coli, stafilococcus aureus, salmonella, listeria y enterobacteraceas con 40 UFC/g, está dentro de rango.

Referencias Bibliográficas

- Agrocalidad. (2017). *Instructivo para toma de muestras de leche cruda*.
<http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/instructivo-para-toma-de-muestras-de-leche-cruda-19-01-2017.pdf>.
- Alais, C. (1985). *Ciencia de la leche: Principios de técnica lechera*. [ed.] Manuel Company. Barcelona-España: Reverté, S. A., 4-5.
- Antezana Vázquez C. (2015). *Efecto de la hidrólisis enzimática de la lactosa en el perfil de textura de queso fresco normal y bajo en grasa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina Perú] Archivo digital.
http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1789/Q04_A558_T%20BAN%20UNALM.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Cuichan R, (2006). *Diseño de un plan de análisis de peligros y puntos críticos para el control para queso mozzarella en la empresa la holandesa*.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/885/1/27T075.pdf>
- Geankopolis Christie, J. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. (3.^a ed.).
<https://fenomenosdetransporte.files.wordpress.com/2008/05/geankopolis.pdf>
- McCabe, Warren, L., Smith, Julian C., & Harriott, P. (1998). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. (7.^a ed.). Editorial McGraw-Hill.
<http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/14698.pdf>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (1984). *Norma Técnica Ecuatoriana 4, Leche y productos lácteos. Muestreo. Requisitos*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/4-1.pdf>.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana 9, Leche cruda. Requisitos*.
<https://ia601905.us.archive.org/26/items/ec.nte.0009.2008/ec.nte.0009.2008.pdf>.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2011). *Norma Técnica Ecuatoriana 82, Queso Mozzarella. Requisitos*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/82.pdf>.
- Oviedo Carrillo, M. & Rodríguez Mejía, V. (2013). *Diseño y construcción de un sistema para la producción de queso ricota a partir lacto suero de la Planta de Lácteos ESPOCH*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3202>

- Quinzo, O. (2015). *Diseño e implementación de un manual de buenas prácticas de manufactura bpm, para la empresa láctea alpen swiss s.a.*
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6080/1/27T0316.pdf>.
- Revilla, A. (1985). *Tecnología de la leche*. México: Herrero Hermanos, Alais, C. (pp. 11). <https://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3963/1/P.AL237.pdf>
- Ruíz, G. (2017). *Evaluación de queso mozzarella elaborado con leche de tres especies zootécnicas*.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7087/1/17T1460.pdf>.
- Sémper, B. (2016). “*Diseño y construcción de un prototipo de amasadora e hiladora semi automática para queso mozzarella en la empresa riolac*”.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5793/1/27T0306.pdf>.
- Toro, P. (2011). *Elaboración de queso mozzarella (utilizando leche de bovino) a partir de cuatro tipos de leche acidulada con un cultivo termófilo (streptococcus thermophilus), ácido cítrico, ácido láctico y suero ácido, utilizando 2 tipos de coagulación*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]
<http://repositorio.utC.edu.ec/handle/27000/863>.

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Indexaciones

