



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

**“DISEÑO Y DESARROLLO DE UN POSTRE VISCOSO “ARROZ CON LECHE”
PASTEURIZADO LISTO PARA CONSUMIR”**

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS

Presentada por:

Stephania Denisse Cagua Calderón

María Lucila Hidalgo García

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

Estoy profundamente agradecida con mi familia, base principal de mi crecimiento, apoyo constante en cada uno de mis pasos y metas, a quienes siempre agradeceré por la bendición de existir. Agradezco a los profesores que con dedicación y vocación estuvieron a lo largo de toda mi vida académica y a mis amigos con los que he vivido las experiencias que me han formado como ser humano, en especial a Malu con quien comparto este

logro, por su paciencia y
persistencia, amiga lo logramos.

Stephania Denisse Cagua
Calderón

AGRADECIMIENTO

Estoy agradecida con Dios, mi familia y mi compañera de tesis.

María Lucila Hidalgo García

DEDICATORIA

A MARIANA MI EJEMPLO DE PERSEVERANCIA Y AMOR INCONDICIONAL, MADRE, AMIGA Y MOTIVADORA, A AMADO POR TODO EL AMOR Y APOYO CON EL QUE IMPULSA MI VIDA PROFESIONAL, A DIANA QUIEN ME HA INSPIRADO EN LOS DIFERENTES ROLES DE UNA MUJER, MIS TIAS EMILIA Y PANCHITA POR ABRIRME SUS BRAZOS DESDE EL PRIMER MOMENTO, ACOGERME EN SU CASA Y SER MI HOGAR.

FINALMENTE A MIS AMIGOS
CON LOS QUE COMPARTI
TODOS ESTOS AÑOS DE
ESTUDIO.

**Stephania Denisse Cagua
Calderón**

DEDICATORIA

A MI FAMILIA, MIS PROFESORES
Y MI AMIGOS Y COMPAÑEROS
QUE DE UNA U OTRA FORMA
FUERON PARTE DE ESTE
LOGRO.

María Lucila Hidalgo García

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

M.Sc. Haydeé Torres C.
DIRECTORA DEL TFG

M.Sc. Ana María Costa V.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

Stephania Denisse Cagua Calderón

María Lucila Hidalgo García

RESUMEN

El presente proyecto de graduación tiene como objetivo el diseño y desarrollo de un postre viscoso “arroz con leche” en una presentación cómoda, personal e inocua.

En el desarrollo de la formulación del producto se realizó varios ensayos en el laboratorio, donde se obtuvieron tres fórmulas preliminares cuya diferencia está establecida por la cantidad de azúcar que contiene cada una. Dichas fórmulas fueron sometidas a una evaluación sensorial de preferencia de escala hedónica realizada a 90 personas, donde los datos que se obtuvieron fueron evaluados a través de un método estadístico, que determinó que la fórmula B (leche 68,18%, arroz cocido 22,00%, azúcar 8,00%) fue la preferida por la mayoría de los panelistas.

Se caracterizó reológicamente la fórmula final del arroz con leche a diferentes velocidades de rotación 5, 10, 20 y 50 RPM a una temperatura de 40 °C, donde se estableció que el fluido presenta un comportamiento no-newtoniano pseudoplástico.

En la etapa mezcla de las materias primas con los ingredientes se realizó el proceso térmico de pasteurización. Se estableció el tratamiento térmico

usando el método de Ball-Stumbo, dando como resultado un tiempo de proceso de 15 minutos a una temperatura de 98 °C, de esta manera se eliminó la *Salmonella* spp como principal microorganismo de interés que afecta el producto.

Se presentó un diagrama de flujo, el que esquematiza las etapas de proceso del producto, además de su respectiva descripción. Conjuntamente, se describió la selección de los equipos adecuados para producir 15.282 unidades diarias de arroz con leche. Una vez definidos los equipos a utilizar de acuerdo a la capacidad de producción se estableció las áreas básicas para la línea de proceso “arroz con leche”, siguiendo el orden obtenido con la distribución mediante la herramienta SPL. Las áreas definidas fueron: recepción de materia prima e ingredientes, de proceso y de almacenamiento.

Se determinó el material polimérico para el envase que contiene el producto, el cual cuenta con una película base compuesta por polietileno de baja densidad, evoh y nylon, además una película sellante formada por foil de aluminio, los cuales aseguran la conservación del producto.

Finalmente, mediante una ficha de estabilidad se definió que el arroz con leche tendrá un tiempo de vida útil de 18 días a una temperatura de almacenamiento de 5 °C.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vii
SIMBOLOGÍA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO 1.....	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Caracterización de las materias primas.....	4
1.4. Perfil del producto.....	13
1.4.1. Descripción del producto.....	13
1.4.2. Concepto del producto.....	14
1.4.3. Segmentación del Mercado.....	14

CAPÍTULO 2	16
2. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO	16
2.1. Determinación de fórmula.....	16
2.1.1. Fórmulas propuestas.....	17
2.1.2. Evaluación sensorial de fórmulas propuestas.....	20
2.1.3. Análisis estadísticos de evaluación sensorial.....	23
2.1.4. Selección de fórmula final.....	28
2.2. Comportamiento reológico.....	29
2.2.1. Determinación de fluido.....	29
2.3. Análisis fisicoquímicos.....	36
CAPÍTULO 3	38
3. ESTUDIO DE TRATAMIENTO DE CALOR	38
3.1. Determinación del microorganismo patógeno de interés.....	38
3.2. Evaluación del proceso térmico.....	39
3.2.1. Cálculo de Parámetros de calor.....	39
3.2.2. Resultados de evaluación de proceso térmico.....	46
3.3. Resultados de pruebas microbiológicas.....	47
CAPÍTULO 4	49
4. DISEÑO DEL PROCESO “ARROZ CON LECHE PASTEURIZADO”	49
4.1. Diagrama de flujo.....	49
4.2. Descripción del Proceso.....	50
4.3. Selección de equipos.....	55
4.3.1. Descripción de equipos.....	55
4.4. Proyección de la capacidad de producción.....	61

4.5. Distribución de la línea.....	64
4.6. Características del envase.....	74
4.6.1. Selección del material de envase.....	75
4.6.2. Presentación del producto en el envase.....	78
4.7. Estabilidad del producto.....	82
4.7.1. Condiciones de estabilidad.....	82
4.7.2. Predicción de tiempo de vida útil.....	85

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
5.1. Conclusiones.....	87
5.2. Recomendaciones.....	90

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍAS

ABREVIATURAS

AOAC	Association of Official Analytical Chemist
Aw	Actividad de agua
AUS	Ausencia
^o Brix	Grados Brix
^o C	Grados Celcius
cm	Centímetros
cP	Centipoises
Do	Tiempo de reducción decimal
E.	Esencia
g	Gramos
h	Hora
Kcal	Kilocalorías
Kg	Kilogramos
kW	Kilovatio
log	Logaritmo
M	Masa
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
min	Minutos
ml	Mililitros
MPa	Megapascal
N	Normalidad de la solución
Pa	Pascal
pH	Potencial de hidrógeno
PRES	Presencia
RPM	Revoluciones por minuto
RPS	Revoluciones por Segundo
s	Segundo
L	Litros
TM	Toneladas métricas
TR	Toneladas de refrigeración
u	Unidades
UFC	Unidades formadoras de colonia
Vs	Valor de esterilización

SIMBOLOGÍA

A:	Acidez titulable
Af:	Concentración crítica de cualquier indicador de deterioro de calidad. Al alcanzarse este valor se concluye la vida útil de producto.
Ao:	Concentración inicial de cualquier indicador de deterioro de la calidad.
B _i :	Efecto del factor "juez"
D:	Tiempo de reducción decimal, es el tiempo necesario para reducir una población microbiana en un 90%
ρ:	Densidad
T _j :	Efecto del factor sobre la variable de respuesta
τ:	Esfuerzo cortante
ε _{ijk} :	Error aleatorio
F:	Estadístico de prueba
<i>fh</i> :	Velocidad de penetración de calor en un recipiente su contenido durante el calentamiento
<i>fc</i> :	Velocidad de penetración de calor en un recipiente su contenido durante el enfriamiento
GL:	Grados de libertad
Ha:	Hipótesis alterna
Ho:	Hipótesis nula
Jclc:	Factor de resistencia del producto
Jhlh:	Factor de resistencia del producto
<i>jh</i> :	Factor de inercia de la curva de calentamiento
<i>jc</i> :	Factor de inercia de la curva de enfriamiento
k:	Constante cuyas dimensiones dependen del valor de n (viscosidad aparente)
kT:	Constante cinética de la reacción de deterioro a temperatura T constante
m:	Masa
μ:	Media general
N:	Número de jueces
n:	Coeficiente de viscosidad del fluido

P:	Probabilidad de obtención de resultado extremo
R-cuad:	Cociente de variabilidad
Θ_s :	Tiempo de vida útil en días.
S:	Desviación estándar
SC:	Suma de cuadrados
TR:	Temperatura de retorta
TI:	Temperatura inicial del producto
Tg:	Temperatura final de calentamiento e inicial de enfriamiento
Tc:	Temperatura del agua de enfriamiento
t:	Tiempo
Δt :	Diferencia de temperaturas
v:	Volumen
V:	Viscosidad cinemática
μ :	Viscosidad dinámica
μ_{ap} :	Viscosidad aparente
Y_k :	Variable de respuesta
\dot{y} :	Velocidad de corte
Z:	Constante de muerte térmica del microorganismo o atributo de calidad seleccionado

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Leche.....	6
Figura 1.2.	Arroz Quebrado.....	9
Figura 1.3.	Azúcar.....	10
Figura 1.4.	Almidón.....	12
Figura 1.5.	Esencias.....	12
Figura 1.6.	Arroz con leche.....	13
Figura 2.1.	Gráfica Caja de Calificación.....	27
Figura 2.2.	Viscosímetro Rotacional.....	29
Figura 2.3.	Viscosidad Aparente del Arroz con Leche a Diferentes Velocidades de Rotacion (Rps).....	33
Figura 2.4.	Gráfica Log de Viscosidad Aparente contra Velocidad Rotacional del Arroz con Leche.....	34
Figura 2.5.	Comportamiento Reológico del “Arroz con Leche”.....	36
Figura 3.1.	Curva de Calentamiento.....	43
Figura 3.2.	Curva de Enfriamiento.....	44
Figura 4.1.	Proceso “Arroz con Leche”.....	50
Figura 4.2.	Relaciones de actividades.....	65
Figura 4.3.	Diagrama de Grafos.....	68
Figura 4.4.	Diagrama de Bloques.....	69
Figura 4.5.	Layout.....	74
Figura 4.6.	Estructura película base.....	77
Figura 4.7.	Estructura película sellante.....	78
Figura 4.8.	Diseño de etiqueta.....	79
Figura 4.9.	Empaque vista superior sin tapa.....	80
Figura 4.10	Empaque vista superior con tapa.....	81
Figura 4.11.	Empaque vista inferior.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición de la Leche por Cada 100 Gramos.....	5
Tabla 2.	Valor Nutricional del Arroz por Cada 100 Gramos.....	7
Tabla 3.	Fórmulas Propuestas.....	20
Tabla 4.	Codificación de muestras.....	23
Tabla 5.	Estadístico descriptivo fórmula 155 y 306.....	25
Tabla 6.	Estadístico descriptivo fórmula 155 y 840.....	25
Tabla 7.	Estadístico descriptivo fórmula 155 y 306.....	26
Tabla 8.	Cuadro de Varianza.....	26
Tabla 9.	Composición Cual-Cuantitativa.....	28
Tabla 10.	Datos Registrados de la Muestra a 40°C.....	30
Tabla 11.	Datos para la Determinación de los Parámetros Reológicos.....	34
Tabla 12.	Resultados de Análisis Físicos – Químicos	37
Tabla 13.	Cálculo Fo.....	40
Tabla 14.	Estudio de Penetración de Calor.....	42
Tabla 15.	Curva de Calentamiento.....	44
Tabla 16.	Curva de Enfriamiento.....	45
Tabla 17.	Parámetros de penetración de calor.....	46
Tabla 18.	Análisis microbiológicos.....	48
Tabla 19.	Selección de Equipo.....	55
Tabla 20.	Frecuencia de Consumo.....	62
Tabla 21.	Demanda Potencial Proyectada.....	63
Tabla 22.	Tiempo de Producción.....	64
Tabla 23.	Niveles de Producción.....	64
Tabla 24.	Clasificación de Actividades.....	67
Tabla 25.	Dimensiones de Empaque.....	80
Tabla 26.	Estudio de Estabilidad.....	84

INTRODUCCIÓN

En la última década la industrialización de la comida autóctona de cada país ha ido en aumento y ha brindado al mercado opciones para una alimentación de preparación rápida o mejor aún de consumo inmediato; entre estos tipos de alimentos se encuentran los postres listos para consumir, que han ganado terreno en el mercado ecuatoriano.

Pensando en la disponibilidad de materias primas ecuatorianas para la elaboración de un postre tradicional como el arroz con leche se ha creído oportuno iniciar con el diseño del proceso de elaboración industrial.

En el presente proyecto de graduación se propone el diseño del proceso del postre “Arroz con leche pasteurizado listo para consumir sin preservantes”, en una presentación individual de 120 g ofreciendo una alternativa práctica como un alimento nutritivo y con buen aporte de energía dentro de la línea de postres tradicionales.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes.

El arroz con leche es un postre típico de la gastronomía de muchos países y diferentes culturas, es el descendiente de potajes de arroz anteriores que datan del tiempo de los romanos, cuya entrada tuvo lugar cuando por primera vez el arroz cocido fue introducido como alimento a Europa por los árabes que ocupaban España y Sicilia. Los romanos sabían del arroz sólo como un producto extremadamente caro puesto que se los incluía en los platos de cuaresma de lujo para los ricos (9).

La receta del arroz con leche ha variado ya sea por su paso a través del tiempo o por las costumbres añadidas de los lugares donde se ha llevado. La base común para preparar este delicioso postre es: leche,

arroz, azúcar y especias, siendo estos los ingredientes principales que los colonizadores trajeron a Latinoamérica, convirtiéndolo en un postre tradicional para varios países incluyendo Ecuador. Puede incluir otros ingredientes como clara de huevo, crema de leche, manteca, vainilla, pasas, nueces; como sellos distintivos que cada país le adiciona al arroz con leche (18).

En la última década la industrialización de la comida autóctona de cada país ha ido en aumento y ha brindado al mercado opciones para una alimentación de preparación rápida o mejor aún de consumo inmediato; entre estos tipos de alimentos se encuentran los postres listos para consumir, que han ganado terreno en el mercado ecuatoriano, ya sea entre las madres que lo ponen en las loncheras de sus hijos, así como también aquellos que buscan comprar en los bares de colegios, universidades y autoservicios un alimento nutritivo, sano y rico para complementar su dieta diaria.

Pensando en la tendencia de consumo de alimentos listos para consumir, la disponibilidad de materias primas ecuatorianas y la gran acogida que el postre arroz con leche tiene en el país, se ha creído oportuno iniciar el diseño del proceso y desarrollo del postre “arroz con leche”.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un postre tradicional ecuatoriano y su línea de proceso, mediante ensayos formulativos, caracterización del producto, investigación bibliográfica y experimental que permita conocer la viabilidad técnica de la fabricación de este producto.

1.2.2. Objetivos específicos

Determinar la formulación del producto mediante el desarrollo de ensayos experimentales y evaluación sensorial que permitan seleccionar la fórmula final.

Caracterizar al producto mediante el estudio reológico, definición de fórmula cuali-cuantitativa y análisis fisicoquímico del mismo, para el posterior diseño de la línea.

Calcular el tiempo y temperatura de proceso mediante el desarrollo del estudio de calor para la eliminación del microorganismo más termorresistente.

Determinar en el proceso de envasado la selección de los equipos, polímeros y condiciones para el producto.

Diseñar la línea de proceso mediante la definición de etapas, selección de equipos y diseño de distribución de línea por método SPL, para la fabricación del arroz con leche.

1.3. Caracterización de las Materias Primas

Leche

La leche, es el ingrediente principal del producto y se define como:

- Leche cruda, producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños diarios, higiénicos, completos e ininterrumpidos, sin ningún tipo de adición o extracción, destinada a un tratamiento posterior previo a su consumo (11).
- Leche pasteurizada, es la leche cruda homogenizada o no, que ha sido sometida a un proceso térmico que garantice la destrucción total de los microorganismos patógenos y la casi totalidad de los microorganismos banales (saprofitos) sin alterar sensiblemente las características fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas de la misma (12).

Este alimento es considerado como una fuente segura de nutrientes, cuyos componentes se muestra en la tabla 1.

TABLA 1
COMPOSICIÓN DE LA LECHE POR CADA 100 GRAMOS

NUTRIENTES	%
Agua	87.5
Lípidos	4.0
Lactosa	4.7
Sustancias nitrogenadas	3.5
Minerales	0.8

Fuente:J. Amiot. Ciencia y Tecnología de la Leche. Editorial Acribia. Zaragoza – España 1991.

Debido a su alto valor nutricional y unido a las costumbres alimentarias del ecuatoriano promedio, convierten a la leche en un alimento de gran consumo. Las cifras de producción en el Ecuador para el año 2013 fueron de 5.675.067 litros (2).

Para la elaboración del producto se utilizó leche cruda de origen vacuno, la cual se adquirió de los pequeños productores del sector ganadero ubicado en la ciudad de Guayaquil, es fresca de color blanco aporcelanado, no tiene olor característico y con un sabor ligeramente dulce.



FIGURA 1.1. LECHE

Arroz

Nutrientes

El arroz es un cereal consumido mayormente como grano entero y considerado como el alimento básico de nuestras comidas. Este cereal proporciona el 20% del suministro de energía alimentaria, aportando con 130 Kcal por cada 100 g, lo que lo convierte en una excelente fuente de energía (14). En la siguiente tabla se muestra el aporte nutricional del arroz.

TABLA 2
VALOR NUTRICIONAL DEL ARROZ POR CADA 100
GRAMOS

Nutrientes	Valor en %
Agua	68.44
Proteína	2.69
Grasa total	0.28
Cenizas	0.41
Carbohidratos	28.17
Fibra dietética	0.4
Azúcares totales	0.05

Fuente: Callejo, M. (2005). Industria de Cereales y Derivados.
 Madrid España: Mundi Prensa

Según datos del MAGAP en Ecuador en el año 2013 la producción de arroz pilado en los ciclos productivos invierno y verano fue de 728.290 TM, volumen superior en el 11 % al producido en la cosecha del 2013 que fue de 657.500 TM (2). Considerado como uno de los alimentos principales dentro de la canasta básica en la mesa de los ecuatorianos.

Tipos de arroz

A continuación se explica de manera breve cada uno de los tipos de arroz según su estado de elaboración:

- Arroz con cáscara, es todo grano entero o pedazo de grano de arroz que conserva 1/8 o más de las cubiertas

exteriores (glumas) o cáscara en relación con el tamaño original del grano.

- Arroz descascarillado, es todo grano entero o pedazo de grano de arroz al que sólo se le ha eliminado la cáscara. Se lo suele llamar también arroz pardo.
- Arroz elaborado o blanqueado, es todo grano de arroz que ha sido descascarado y blanqueado. En el blanqueado se remueve todo o parte del salvado y todo o parte del embrión.
- Arroz quebrado o también conocido como arrocillo, es el fragmento cuya longitud es menor o igual a las tres cuartas partes de la longitud promedio de los granos completos (4).

Esta última clasificación se considera de baja calidad comercial y por lo regular estos granos pequeños (5mm) son mezclados con granos grandes para ser comercializados a un costo menor, en ocasiones son destinados para alimentación animal o en la industria cervecera mezclado con otros cereales como un sub-producto o materia prima para otro proceso.

El arroz quebrado o arrocillo se empleó en la formulación del producto debido a su corta longitud, mayor superficie de

contacto y por ende rápida cocción. Además de suministrar al producto una ventaja técnica, aporta también una ventaja organoléptica debido que sus dimensiones proporcionan una textura parecida al arroz con leche artesanal, en la que el consumidor disfruta de pequeños trozos de arroz, como se explica en el capítulo 2.



FIGURA 1.2. ARROZ QUEBRADO

Azúcar

Denominada también por su nombre científico sacarosa, es el químico orgánico más abundante en el mundo. Pertenece al grupo de los hidratos de carbono simples, de los disacáridos más concretamente.

Abunda en forma natural en casi todas las frutas, pero generalmente donde se la obtiene es a partir del tallo de la

caña de azúcar. Este carbohidrato simple aporta energía, proporciona unas 4 calorías por gramo. Es de fácil digestión y asimilación con gran poder edulcorante que contribuye a endulzar y aportar buen sabor a cualquier tipo de postre (1).

En el Ecuador en el 2013 la producción de azúcar fue de 7.378.22 toneladas, de las cuales la provincia del guayas generó 5.548.445 toneladas (2), lo que representa una fácil adquisición en el mercado y bajo costo.

El azúcar utilizado es transparente de textura granular en forma cristales y de sabor dulce, cuyas características son de ideales para la elaboración del producto “arroz con leche”.



FIGURA 1.3. AZÚCAR

Almidón

Desde el punto de vista químico el almidón es un polisacárido que resulta de la unión de moléculas de glucosa de largas cadenas. Las cadenas por la cual está constituido el almidón son la amilosa 22% (polímero de cadena lineal) y la amilopectina 78% (polímero de cadena ramificada), sólo difieren en su estructura cristalina y en la forma en la que se unen las unidades de glucosa entre sí para formar las cadenas.

Este polisacárido se lo obtiene de las semillas de cereales como maíz, trigo, varios tipos de arroz y tubérculos, particularmente de patata, batata y tapioca.

El almidón modifica la textura de los alimentos por lo que industrialmente se usa como espesante, estabilizador, coloidal y adhesivo (10). En el desarrollo del producto se utilizó almidón de yuca como gelificante natural para la obtención de la viscosidad requerida en el producto final como lo explica el capítulo 2.



FIGURA 1.4. ALMIDÓN

Esencias

Se define como la sustancia o preparación añadidas a un alimento o bebida para conferirle un nuevo aroma o modificar el que tiene, además de potenciar el ya existente (15).

En el producto se utilizó aromatizantes que son esencias artificiales con sabor idéntico al natural. Se empleó esencias de vainilla, canela y clavo de olor, lo que se pretende con el uso de dichas esencias, es otorgar al producto el mismo aroma que conserva el postre elaborado tradicionalmente en los hogares.



FIGURA 1.5. ESENCIAS

1.4. Perfil del Producto

1.4.1. Descripción del Producto

Es un postre lácteo con consistencia viscosa y sabor dulce, tiene como ingredientes principales al arroz, leche y azúcar.



FIGURA 1.6. ARROZ CON LECHE

Nombre Genérico:

Postre de arroz con leche

Contenido Neto

El peso individual por unidad es de 120 g.

Presentación

El producto se presenta en un envase plástico, compuesto por una película base de polietileno de baja densidad, EVOH y NYLON además de una película sellante cuyo material es una película de aluminio.

1.4.2. Concepto del Producto

La tradición acompaña a su nombre que invita a recordar los postres caseros consumidos por lo general en la mesa del hogar o como postres gourmet en ciertos restaurantes de la ciudad. Es un producto de presentación innovadora que se ofrece como una alternativa práctica de postres nutritivos y con buen aporte de energía.

1.4.3. Segmentación del Mercado

Inicialmente se basó este proyecto en la población guayaquileña de clase media y media-alta como posibles consumidores, de los cuales se conoce que el 77% de personas comprendidas entre los 5 a 64 años de edad gustan del arroz con leche, y el 26% de ellos estarían dispuestos a consumirlo una vez a la semana (21). Basados en los datos mencionados anteriormente, el 77% de personas fue considerada una cantidad representativa de la población muestral seleccionada como el mercado objetivo, sin embargo para el presente trabajo se determinó que las personas menores de 12 años no tienen decisión de compra y mayores a 35 no suelen consumir alimentos ricos en azúcar, reduciendo de esta forma el mercado potencial a personas entre los 12 a 35

años de edad de clase media, media-alta de la ciudad de Guayaquil.

CAPÍTULO 2

2. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

Para el diseño del proceso de elaboración del producto se definió inicialmente las características que dicho producto posee, es así como la selección de fórmula final, el comportamiento reológico y los análisis fisicoquímicos desarrollados en este capítulo permitió determinar las características del producto.

2.1. Determinación de fórmula

Se realizaron varias pruebas para el desarrollo de la formulación del arroz con leche a nivel de laboratorio, las cuales se elaboraron tomando como referencia recetas artesanales del postre “Arroz con Leche”. Esta receta está preparada básicamente con los siguientes ingredientes: leche, arroz, azúcar y esencias. Partiendo de éstas pruebas se desarrollaron un sin número de fórmulas preliminares que permitieron definir 3 fórmulas, las

cuales fueron sometidas a una evaluación sensorial y un análisis estadístico determinado la fórmula de mayor preferencia por los consumidores.

2.1.1. Fórmulas propuestas

El número de experiencias para el desarrollo de la formulación del arroz con leche fueron 3, las cuales se basaron en pruebas de acierto y error. En ellas se realizaron la caracterización de parámetros organolépticos, determinando el tipo de arroz y los ingredientes finales variando la composición de los ingredientes en el producto. Posteriormente fueron evaluadas a través de un panel de degustación, las cuales fueron servidas a la temperatura de refrigeración y colocadas en pequeños vasos de plásticos previamente rotulados con códigos numerales.

Los resultados de degustación de cada prueba, así como las respectivas observaciones y recomendaciones por cada prueba se detallan a continuación:

Prueba #1

Tuvo como objetivo elaborar un arroz con leche de manera casera, combinado los ingredientes básicos acorde a las costumbres gastronómicas locales. De las degustaciones realizadas se determinó

que las fórmulas iniciales no presentaban la textura acorde a las recetas caseras de referencia, la cantidad de arroz era excesiva y que el grano presentaba una ligera dureza. Durante la degustación del producto este no tuvo aceptación por textura pero si por sabor, por lo que se recomendó realizar un pre-tratamiento del arroz con más tiempo de cocción para evitar la dureza y disminuir del porcentaje de esta materia prima en la formulación.

Prueba #2

Fue enfocada a mejorar la textura del producto, orientándose en la suavidad del grano de arroz, para lo cual se planteó cambiar el tipo de grano mediante pruebas comparativas (ver anexo A) y disminuir la cantidad de esta materia prima en la formulación. Del producto obtenido se pudo observar una consistencia fluida poco viscosa, no deseada y con presencia de sólidos suspendidos que resultaban suaves ante la masticación. Se obtuvo nuevamente aceptación en cuanto a sabor y apariencia por parte de los degustadores, mas no por textura. Se recomendó utilizar un ingrediente adicional que permita formar el gel del producto mucho más rápido para evitar dicha consistencia.

Prueba #3

Estuvo encaminada a evitar la consistencia líquida poca viscosa, para ello se decidió re-ajustar las cantidades de materias primas e

ingredientes en la formulación y utilizar el almidón de yuca, por poseer dentro de sus propiedades la gelificación a temperaturas de pasteurización, a las cuales es sometido el producto. De las degustaciones realizadas se determinó que la apariencia, textura y sabor, tuvieron comentarios positivos de los degustadores, obteniendo una alta aceptación en comparación con las pruebas anteriores. De igual manera se recomendó únicamente ajustar el contenido de azúcar.

De las pruebas de degustación realizadas se determinó que la prueba #3, tuvo una alta aceptación en comparación con las pruebas #1 y #2, sin embargo se decidió mejorar el sabor dulce.

Partiendo de la prueba #3 se desarrollaron 3 fórmulas, cada una con diferentes porcentajes de azúcar: 8, 10 y 12%. En la tabla 3 se detallan el porcentaje de ingredientes de las fórmulas propuestas, las cuales fueron evaluadas sensorialmente con pruebas de preferencia que se describe en el siguiente apartado.

TABLA 3
FÓRMULAS PROPUESTAS

INGREDIENTES	A	B	C
	%	%	%
Leche	68.18	66.18	64.18
Arrocillo cocido	22.00	22.00	22.00
Azúcar	8.00	10.00	12.00
Almidón	1.50	1.50	1.50
E. Vainilla	0.15	0.15	0.15
E. Canela	0.15	0.15	0.15
E. Clavo de olor	0.02	0.02	0.02

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

2.1.2. Evaluación sensorial de las fórmulas propuestas

Con el objetivo de seleccionar la fórmula de mayor preferencia para el consumidor se realizaron pruebas sensoriales de preferencia de escala hedónica a 90 personas, cuyos resultados fueron analizados mediante el método estadístico Test de T-Student con un 95% de confianza.

Para analizar las tres fórmulas propuestas los jueces no entrenados debían escoger el nivel de preferencia evaluando el producto mediante una escala de 5 puntos:

- 1) me disgusta
- 2) me disgusta ligeramente
- 3) ni me gusta ni me disgusta

4) me gusta ligeramente

5) me gusta mucho.

En el anexo B se muestra la ficha de la evaluación sensorial.

Pruebas de preferencia

Partiendo de las tres muestras seleccionadas, se realizó pruebas sensoriales afectivas de preferencia, donde se definió tres grupos de personas que forman parte de la población objetivo, es decir hombres y mujeres de 12 a 35 años de edad pertenecientes al nivel socio-económico medio de la ciudad de Guayaquil.

El primer grupo lo conformaron estudiantes adolescentes de 12 a 14 años de edad del octavo y noveno año de básica pertenecientes al Colegio Particular Experimental Politécnico (COPOL), no se realizaron pruebas con adolescentes menores de 12 años puesto que se considera que en su mayoría no tienen decisión de compra, y aún lo hacen a través de sus padres.

El segundo grupo lo conformaron los adultos jóvenes de 18 a 24 años de edad estudiantes de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

Finalmente el tercer grupo fue conformado por los adultos productivos de 25 a 35 años que laboran en la parte administrativa

de dicha institución. El segundo y tercer grupo se consideran como compradores potenciales directos puesto que disponen de los recursos económicos para comprar el producto.

Una vez definidos los grupos, se procedió a la evaluación de las fórmulas a través de un método afectivo con la prueba de medición del grado de satisfacción o también llamada prueba hedónica, con el fin de conocer la fórmula de mayor preferencia.

Tratamiento de las muestras

Las muestras fueron elaboradas un día antes de la evaluación y almacenadas en refrigeración a 5°C. El día de la evaluación las muestras fueron servidas a la temperatura de almacenamiento de refrigeración y colocadas en pequeños vasos de plásticos previamente rotulados con códigos numerales, ver tabla 4. Los jueces no entrenados se encontraban en paneles separados con la finalidad que no exista ningún tipo de influencia sobre su respuesta.

TABLA 4
CODIFICACIÓN DE MUESTRAS

Código	% de Azúcar
840	8 %
306	10 %
155	12 %

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Junto con las muestras se proporcionó a los panelistas una ficha de calificación donde evaluaron cada muestra según el nivel de agrado de preferencia, siendo el máximo nivel de agrado: me gusta y el mínimo nivel de desagrado: me disgusta.

2.1.3 Análisis estadístico de evaluación sensorial

Para obtener los resultados de esta prueba se evaluó los datos de las pruebas sensoriales a través del método estadístico Test de T-Student donde se utilizó el software MINITAB 16, con el cual se evaluó la diferencia de las medias entre las muestras.

Luego, se procedió a hacer el planteamiento de las hipótesis tanto nulas como alternas:

Prueba de hipótesis:

H_{01} : $U1 = U2$; media de fórmula 155 es igual a la media de fórmula 306.

H_{a1} : $\neg H_{01}$; media de fórmula 155 es diferente a la media de fórmula 306.

H_{02} : $U1 = U3$; media de fórmula 155 es igual a la media de fórmula 840.

H_{a2} : $\neg H_{02}$; media de fórmula 155 es diferente a la media de fórmula 840.

H_{03} : $U2 = U3$; media de fórmula 306 es igual a la media de fórmula 840.

H_{a3} : $\neg H_{03}$; media de fórmula 306 es diferente a la media de fórmula 840.

Con los resultados obtenidos en la prueba sensorial, se evaluaron las fórmulas de la siguiente manera:

- Fórmula: 155 vs. 306
- Fórmula: 155 vs. 840

- Fórmula: 306 vs. 840

En las tablas 5, 6 y 7 se muestran los resultados de la prueba T Student donde se comparan la diferencia de las medias de cada fórmula.

TABLA 5

ESTADISTICO DESCRIPTIVO FÓRMULA 155 Y 306

MUESTRA	N	MEDIA	DT	EEM
155	77	2.69	1.44	0.16
306	77	4.519	0.718	0.082

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

TABLA 6

ESTADISTICO DESCRIPTIVO FÓRMULA 155 Y 840

MUESTRA	N	MEDIA	DT	EEM
155	77	2.69	1.44	0.16
840	77	4.234	0.872	0.099

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

TABLA 7**ESTADISTICO DESCRIPTIVO FÓRMULA 306 Y 840**

MUESTRA	N	MEDIA	DT	EEM
306	77	4.519	0.718	0.082
840	77	4.234	0.872	0.099

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Mediante los resultados estadísticos se observa que las medias entre las fórmulas 306 y 840 no existe diferencia significativa. Sin embargo dichas fórmulas si poseen diferencias al ser comparadas con la media de la fórmula 155.

TABLA 8**CUADRO DE VARIANZA**

Muestra	N	Media	Agrupación
A (840)	77	4.2	A
B (306)	77	4.5	A
C (155)	77	2.6	B

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

De acuerdo a la tabla 8 se observa las letras de cada una de las fórmulas, si dichas letras son compartidas por las muestras indican que estadísticamente son iguales, es decir que para

los jueces las muestras A y B son iguales, siendo la muestra C definida como diferente.

A continuación se muestra un diagrama de cajas, figura 2.1, sobre la preferencia de los jueces con respecto a las muestras, donde se observa gráficamente cómo se comporta la media de las muestras, logrando determinar diferencias existentes entre las fórmulas 306 y 840 vs la fórmula 155.

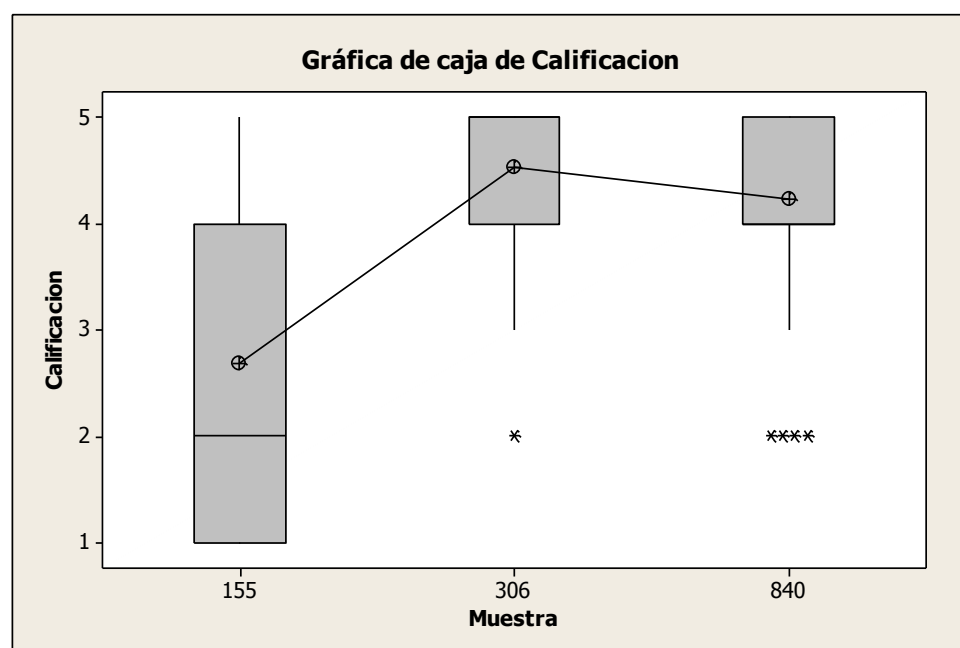


FIGURA 2.1. GRÁFICA DE CAJA DE CALIFICACIÓN

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

2.1.4. Selección de Fórmula Final

A través de los resultados del análisis sensorial se definió que las fórmulas 840 (8% azúcar) y 306 (10% azúcar) no presentan diferencias significativas para los jueces, es decir que ambas fórmulas pueden ser seleccionadas como la fórmula final del producto.

Por lo tanto, considerando que la fórmula 840 posee la menor cantidad de azúcar, factor que representa una ventaja técnica en la formación del coloide (capítulo 4 apartado 4.2), se ha seleccionado a dicha fórmula como la final.

Fórmula Cualitativa y Cuantitativa

Con las pruebas sensoriales realizadas se determinó la formulación final, cuyo contenido de azúcar es 8%, en la tabla 9 se observa la composición cuali-cuantitativa del producto.

TABLA 9
COMPOSICIÓN CUALI-CUANTITATIVA

INGREDIENTES	%
Leche	68.18
Arrocillo Cocido	22.00
Azúcar	8.00
Almidón	1.50
E. Vainilla	0.15
E. Canela	0.15
E. Clavo de olor	0.02

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

2.2. Comportamiento reológico

Para definir la selección de equipos dentro de la línea se determinó del comportamiento reológico, mediante un viscosímetro rotacional marca Brookfield modelo RVT, utilizando el número de disco 4, mostrado en la figura 2.2. En el anexo C se explica el fundamento de operación y las principales partes del equipo (5).



FIGURA 2.2. VISCOSÍMETRO ROTACIONAL

2.2.1 Determinación de fluido

Para la medición de la viscosidad del arroz con leche se utilizó el procedimiento detallado en el anexo D y E, en donde se determinó la viscosidad de la muestra y la selección de aguja, respectivamente (17). La muestra se sometió a diferentes velocidades de rotación (5, 10, 20 y 50 RPM) a una temperatura de 40 °C, la temperatura utilizada corresponde a la temperatura final del producto en el

momento de envasado, en la tabla 10 se presenta los datos registrados en la medición.

TABLA 10

DATOS REGISTRADOS DE LA MUESTRA A 40°C

Velocidad Rotacional (rpm)	Lectura	Factor M=1000	Viscosidad (cp)
5	40	400	16000
10	51	200	10200
20	65	100	6500
50	80	40	3200

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014).

Para obtener la viscosidad aparente en centipoise (cp), en donde este factor de acuerdo al número de disco y velocidad rotacional es multiplicado por las lecturas obtenidas dadas por el dial del equipo, en el anexo F de manera más explícita se detalla cómo se realizó.

Al realizar las mediciones con el mismo número de disco a diferentes velocidades se logró evaluar las propiedades reológicas del fluido de estudio.

Caracterización reológica del “Arroz con Leche”

Para determinar los parámetros reológicos del producto se utilizó la siguiente metodología:

1. Calcular la viscosidad aparente una vez obtenidas las lecturas en el viscosímetro para cada velocidad de rotación expresada en revoluciones por minutos, como se explica en el anexo F.
2. Graficar: velocidad de rotación (rps) contra la viscosidad aparente (μ_{ap}).
3. Determinar el tipo de comportamiento (newtoniano o no-newtoniano) y clasificación del fluido, de acuerdo a la tendencia de la gráfica.
4. Si se considera un comportamiento no-newtoniano, los parámetros reológicos n y k se los determina mediante la siguiente ecuación 2.1:

$$\log (\mu_{ap.}) = (n - 1) \log(4\pi N/60^*) + \log k \quad \text{Ecuación 2.1}$$

*60 = factor de conversión a segundos.

Se relaciona el logaritmo de $4\pi N/60$ contra el logaritmo de la viscosidad aparente. Donde n se obtiene de la pendiente del gráfico de $\log (4\pi N/60)$ contra $\log (\mu_{ap.})$, k es el punto de corte de ordenadas.

5. Si el coeficiente de correlación de la curva obtenida es alto, entonces el fluido se ajusta al modelo de la ley de potencia.

6. Una vez confirmado el tipo de fluido, se gráfica la curva de comportamiento reológico: τ contra $\dot{\gamma}$. Donde $\dot{\gamma}$ se calcula de la expresión matemática $2V/n$ y τ del modelo matemático expresado en la ecuación 2.2.

$$\tau = k (\dot{\gamma})^n \quad \text{Ecuación 2.2}$$

En la figura 2.3. se presentan los resultados del ensayo reológico realizado al “arroz con leche” permitiendo la clasificación del fluido, se observa el comportamiento reológico al graficar los valores de la velocidad de rotación en segundos contra la viscosidad aparente, la cual se ajusta adecuadamente al modelo de la ley de potencia comportándose como un fluido pseudoplástico. Esta figura presenta una curvatura hacia arriba característica de los fluidos no newtonianos y en forma particular de los pseudoplásticos, este tipo de fluidos muestran una disminución en la viscosidad con un incremento a la velocidad de corte.

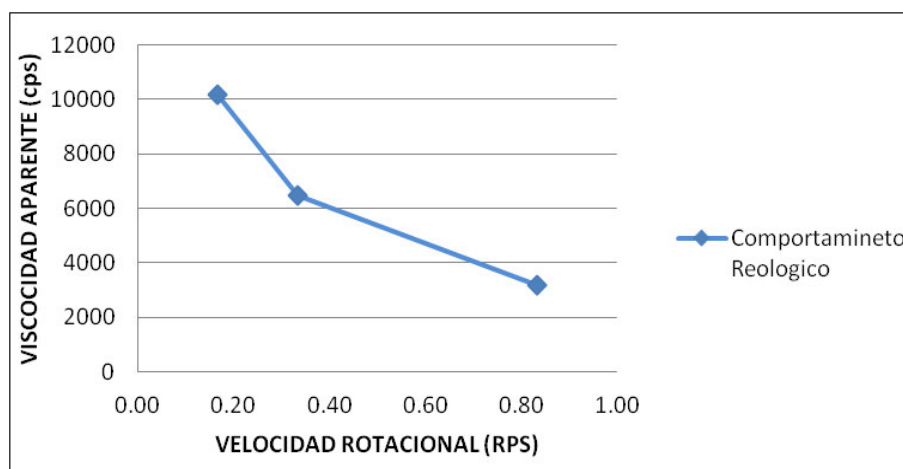


FIGURA 2.3. VISCOSIDAD APARENTE DEL ARROZ CON LECHE A DIFERENTES VELOCIDADES DE ROTACIÓN (RPS)

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Dado que al aumentar la velocidad rotacional se observa una disminución de la viscosidad aparente registrada se comprueba que la muestra tiene un comportamiento no-newtoniano clasificándose como un pseudoplástico. Al definir las características del fluido se realizó cálculos de los parámetros reológicos n y k mediante la aplicación de la ecuación 2.2. Para ello se utilizó los datos registrados con el viscosímetro y los valores de viscosidad aparente calculados con los factores de conversión, según la metodología empleada en el anexo F.

En la tabla 11 se muestran los datos registrados y calculados para la determinación de los parámetros reológicos.

TABLA 11
DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS
REOLÓGICOS

RPM	RPS	μ_{ap} (cPs)	μ_{ap} (Pa.s)	Log (μ_{ap})	$4 \pi N/60$ (s)	Log ($4\pi N/60$)
5	0.08	16.000	16.00	1.204	1.047	0.019
10	0.17	10.200	10.20	1.008	2.094	0.320
20	0.33	6.500	6.50	0.812	4.189	0.622
50	0.833	3.200	3.20	0.505	10.472	1.020

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014).

En la figura 2.4. se encuentran graficados los datos de viscosidad aparente ($\text{Log}(\mu_{ap})$) contra la velocidad rotacional ($\text{Log}(4 \pi N/60)$) para la determinación de los valores n y k .

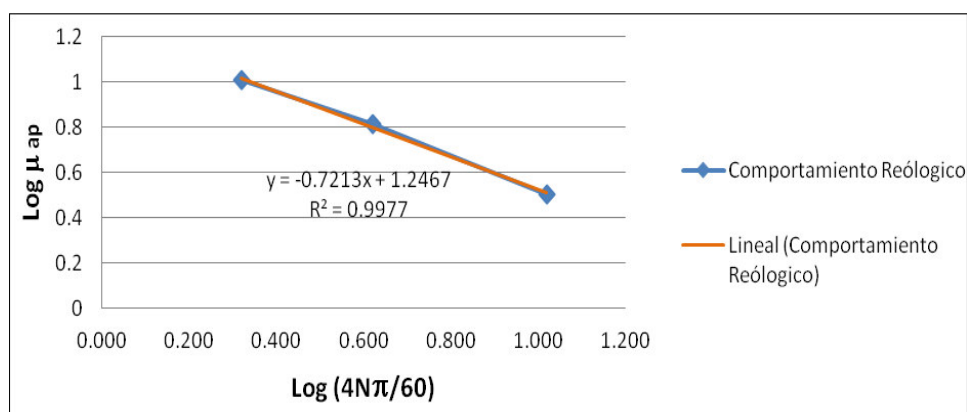


FIGURA 2.4. GRÁFICA LOG DE VISCOSIDAD APARENTE
CONTRA VELOCIDAD ROTACIONAL DEL ARROZ CON
LECHE

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014).

Al graficar los valores log de la velocidad de rotación en segundos contra la viscosidad aparente, se obtuvo un coeficiente de correlación alto ($R^2 = 0.997$), el cual se ajusta adecuadamente al modelo de la ley de potencia para fluidos pseudoplástico, confirmando que es el adecuado para describir el comportamiento del “arroz con leche”.

La ecuación de regresión determinada, ver ecuación 2.3.

$$\log (\mu_{ap.}) = - 0.721 (4\pi N/60^*) + 1.246 \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde se obtiene un valor de $n= 0.28$ y $k = 17.61 \text{ Pa.s.}^n$. El valor del índice de comportamiento al flujo (n) fue menor que uno, lo cual indica una gran desviación con respecto a fluidos newtonianos ($n= 1$), esto revalida su pseudoplasticidad. En la figura 2.5 se muestra el comportamiento del producto, relacionando el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, la curva presenta una forma convexa, la cual es característica de los fluidos pseudoplásticos.

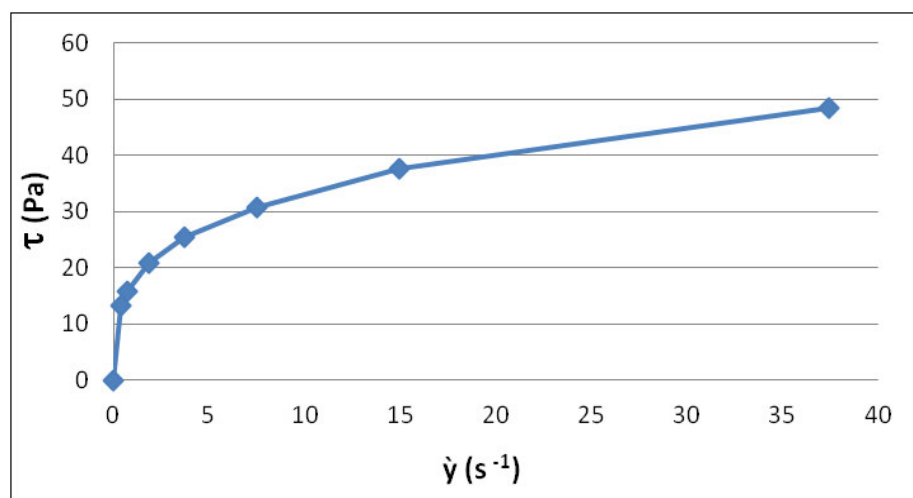


FIGURA 2.5. COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DEL “ARROZ CON LECHE”

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014).

La viscosidad responde a un comportamiento reológico el cual permite definir el tipo de fluido, mediante esta característica se logró determinar que el arroz con leche se comporta como un fluido no newtoniano pseudoplástico, el cual influye en el flujo y velocidad de envasado.

2.3. Análisis Físico-Químico

Una vez obtenida la fórmula final se procedió a determinar todos los parámetros físicos químicos: humedad, actividad de agua, sólidos solubles, % acidez titulable, pH, viscosidad y densidad para la caracterización del producto.

Dichos parámetros se obtienen con la finalidad de determinar: el microorganismo de interés, el proceso térmico a aplicar, la selección de equipos, volumen del producto en envase y su estabilidad.

En el anexo G se detalla el método, los materiales/equipos y procedimientos que fueron empleados para realizar la medición de cada parámetro.

Una vez realizados los análisis físicos – químicos, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 12.

TABLA 12

RESULTADOS DE ANALISIS FÍSICOS – QUÍMICOS

Ensayo	Resultado	Unidad	T (°C)	Método
Humedad	49.08	%	136	AOAC 925.10
Actividad de Agua	0.972	aw	25.3	-
Sólidos solubles	28.00	°Brix	40	-
Acidez	0.15	%	25	AOAC 939.05
Ph	6.1	pH	25	AOAC 943.02
Viscosidad	8.220	mPa-s	40	AOAC 967.16
Densidad	1.1	g/ml	40	AOAC 11.002/84

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

CAPÍTULO 3

3. ESTUDIO DE TRATAMIENTO DE CALOR

3.1. Determinación del microorganismo patógeno de interés

El arroz con leche propuesto en esta tesis, está conformado por arrocillo cocido, leche, almidón de yuca y azúcar; para poder determinar los microorganismos de interés en cuanto a la inocuidad alimentaria, se inició caracterizando el producto, obteniéndose valores de pH y actividad de agua de 6.1 y 0.972, respectivamente.

Basándose en la naturaleza del producto cuyos mayores componentes son la leche cruda y el arroz cocido, se evaluaron la presencia de dos microorganismos como posibles contaminantes *B. cereus* y *Salmonella* spp, que acorde a la información ofrecida por la ICMSF y por la FDA, podrían desarrollarse en los valores de A_w y de pH obtenidos de los análisis realizados del producto.

Si bien el más termorresistente es el *B. Cereus* que se encuentra presente en el arroz, al realizar el análisis microbiológico del producto terminado se obtuvieron resultados de 30 ufc/ g, ver anexo H, acorde a la información publicada en el libro Big bug book de la FDA (6) se requerirían de cargas de $10^5 - 10^8$ ufc/g células vegetativas para que pueda ser considerado como un riesgo para la inocuidad alimentaria (13).

Este microorganismo presenta un valor de termorresistencia de $Z = 10^\circ\text{C}$ a 121.1°C y un valor de $F_{0121.1^\circ\text{C}}$ de 0,43 min, para obtener muerte térmica de *B. Cereus* en el producto a 98°C se requerirían de 93,91 minutos a temperatura constante, a nivel experimental en el proceso solo se realiza un tratamiento térmico de 15 minutos a dicha temperatura, tiempo que no permitiría una muerte térmica del microorganismo, sin embargo se obtiene un producto libre de carga peligrosa de *B. Cereus* indicándonos que el arrocillo cocido es inocuo en cuanto a este microorganismo y encaminándonos al segundo microorganismo de interés para la validación térmica del proceso, la *Salmonella*.

3.2 Evaluación del proceso térmico

3.2.1 Cálculos de parámetros de calor

La determinación de los parámetros de calor tiene como fin identificar el comportamiento del producto ante el tratamiento de

calor, si el proceso es capaz de reducir la carga del microorganismo de interés para obtener un producto inocuo y con características organolépticas deseadas.

Determinación del valor de Fo

El Fo es un factor que permite conocer el tiempo requerido para reducir los ciclos logarítmicos necesarios para destruir un determinado microorganismo.

Con el objetivo de determinar si el proceso al que fue sometido el producto logra eliminar el microorganismo de interés se realiza la comparación del Fo teórico vs Fo experimental, si el Fo experimental es mayor o igual al Fo teórico se puede afirmar que el proceso es adecuado para la reducción de la Salmonella.

Determinación del Valor Fo teórico

El Fo teórico, fue basado en Salmonella spp, tomando como referencia los datos mostrados en la tabla 13.

TABLA 13

CALCULO Fo

DATOS	VALOR
TR	98°C (208°F)
Z	5.5°C (10°F)*
Do	0.25 min
VS	5

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Para determinar el valor de F_o se uso la ecuación 3.1.

Donde: $F_o = VS * D_o$ *Ecuación 3.1*

F_o = Tiempo de destrucción térmica a la temperatura de referencia.

VS = Valor de Esterilización; para pasteurización se utiliza un valor de 5 (8).

D_o = Tiempo de reducción decimal.

Valor D_o

El valor de D_o fue obtenido de manera bibliográfica el cual es igual 0.25min para salmonella spp (8).

Valor Z

El valor de Z fue obtenido de manera bibliográfica el cual es igual a 5.5 °C (8).

Finalmente aplicando la ecuación 3.1 se obtiene un valor de F_o teórico igual a 1.25 minutos.

Determinación del Valor F_o experimental

Para la determinación del F_o experimental se procedió a realizar un estudio de tratamiento térmico tomando en consideración todas las medidas necesarias para la distribución del calor en este producto.

El estudio térmico aplicado es el método de Ball – Stumbo, el cual utiliza curvas de penetración de calor, dichas curvas son gráficos logarítmicos de la etapa de calentamiento y enfriamiento en donde se determinó los parámetros de calor y su comportamiento para calcular el F_0 experimental.

Los valores de tiempo y temperatura que se obtuvieron en el desarrollo de este estudio se dan a conocer en el anexo I.

Los datos que se tomaron como referencia para la realización de este estudio se muestran en la tabla 14.

TABLA 14
ESTUDIO DE PENETRACION DE CALOR

DATOS	VALOR
TR	98 °C (208 °F)
t_l	0 min
Δt	1 min
T_{AGUA}	26,6 °C (79,9 °F)
t	15 min

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Curvas de Calentamiento

La figura 3.1 muestra la curva de la etapa de calentamiento del estudio de tratamiento térmico, donde se observa una desviación en la

linealidad de la gráfica conocida como curva rota, esto se da por la presencia de almidón en el producto cambiando su viscosidad y el mecanismo de transferencia de calor, de convección a conducción.

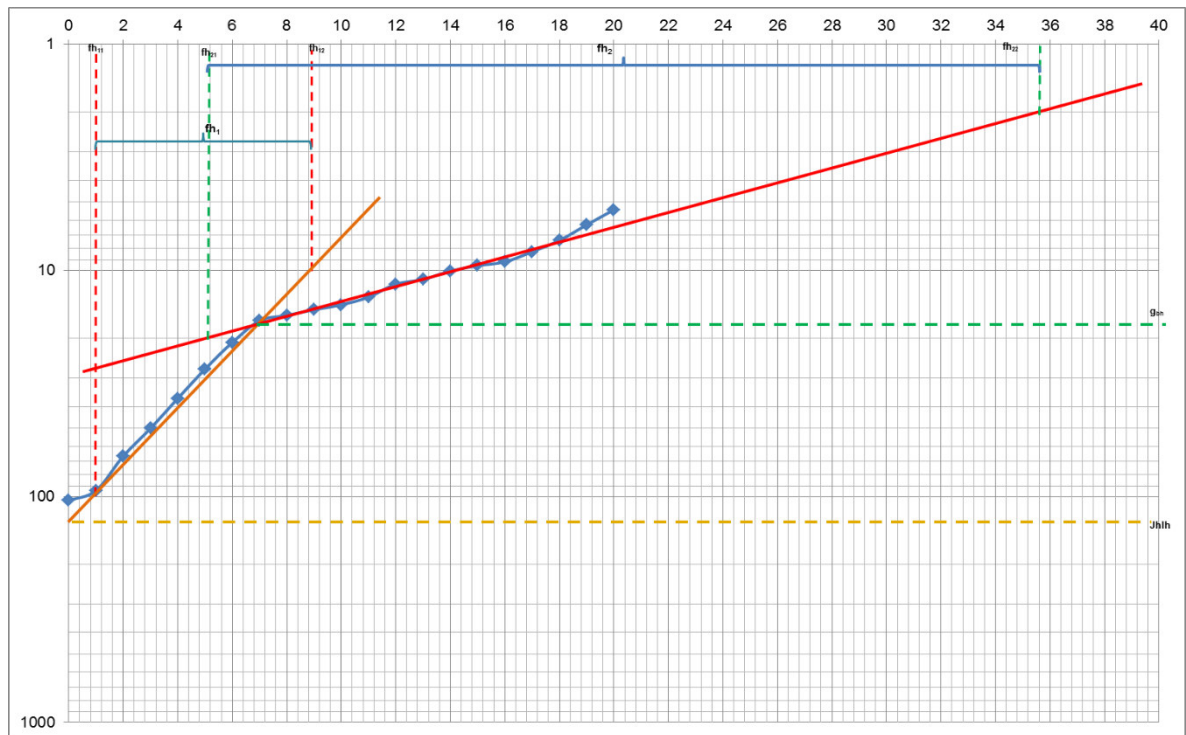


FIGURA 3.1

CURVA DE CALENTAMIENTO

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Los datos obtenidos de esta curva se representan en la tabla 15.

TABLA 15
CURVA DE CALENTAMIENTO

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
fh_{11}	min	1
fh_{12}	min	9
fh_{21}	min	5
fh_{22}	min	35
g_{bh}		18
jh		1,25
r		0,60

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Curvas de Enfriamiento

La figura 3.2 muestra la curva de enfriamiento.

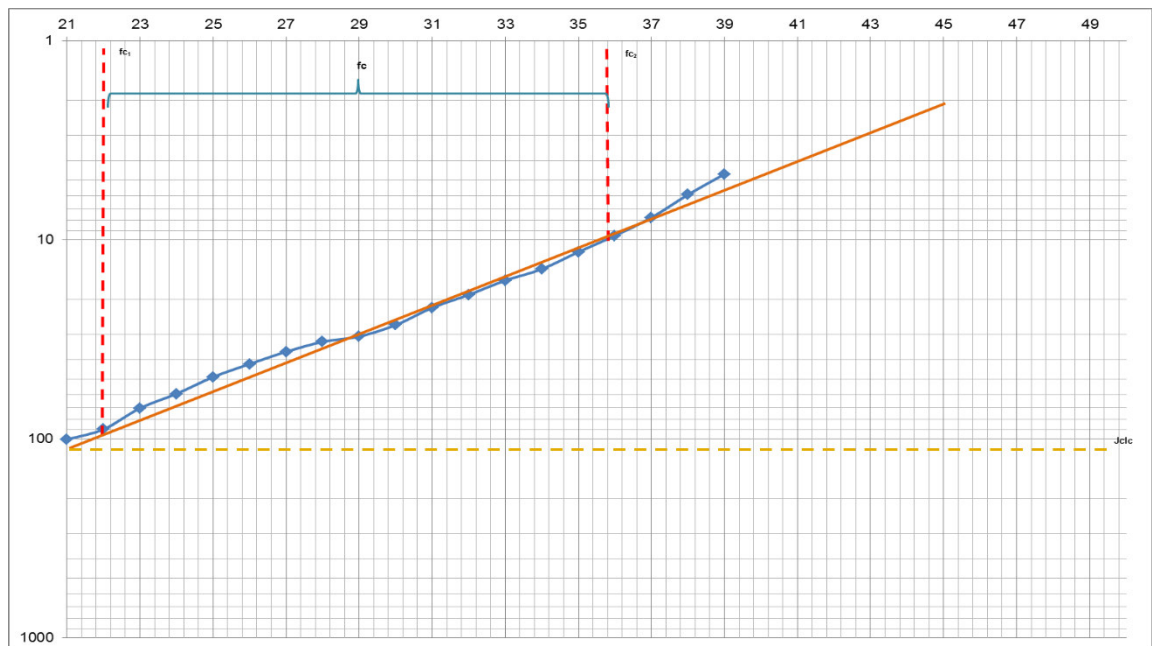


FIGURA 3.2
CURVA DE ENFRIAMIENTO

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Los datos obtenidos de esta curva se observan la tabla 16.

TABLA 16
CURVA DE ENFRIAMIENTO

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
fc₁	min	22
fc₂	min	36
Jc		1.19

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

- **Cálculo de fh₁ y fh₂.**

Para determinar el valor de fh₁ y fh₂, se usó la ecuación 3.2 dando como resultado 8 y 30 minutos respectivamente

$$fh_1 = fh_{12} - fh_{11} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

- **Cálculo de jh**

Para determinar el valor de jh se usó la ecuación 3.3 dando como resultado 1,25.

$$jh = \frac{Jh.Ih}{Tretorta - T_o} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

- **Cálculo de fc**

Para determinar el valor de fc se usó la ecuación 3.4 dando como resultado 19,50 minutos.

$$fc = fc_2 - fc_1 \quad \text{Ecuación 3.4}$$

- **Cálculo de jc**

Para determinar el valor de jc se usó la ecuación 3.5 dando como resultado 1,19.

$$jc = \frac{Jc.Ic}{Tg - Tagua} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Los parámetros de penetración de calor que se obtuvieron se resumen en la tabla 17.

TABLA 17
PARÁMETROS DE PENETRACIÓN DE CALOR

PARÁMETRO	VALOR
fh₁	8 min
fh₂	30 min
Jh	1,25
Fc	14 min
Jc	1,19

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

3.2.2 Resultados de evaluación de proceso térmico

Luego de haber obtenidos los parámetros de calor de cada una de las curvas podemos hallar el valor de U, factor requerido para determinar Fo experimental con la siguiente ecuación:

$$u = \frac{fh^2}{(fh/u)_g} + \frac{r(fh^1 - fh^2)}{(fh/u)_{gbh}} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

Conociendo que el valor U es igual a 1,69, se calculó el valor Fo experimental con la ecuación 3.7:

$$F_o = U * 10^{T_r - T_i / Z} \quad \text{Ecuación 3.7}$$

El resultado de Fo experimental es igual a 1.69, el cual es comparado con el Fo teórico de 1.25, comprobando que al proceso al que fue sometido el producto está sobredimensionado a ser más elevado que lo requerido teóricamente, vale mencionar que el sobredimensionamiento es beneficioso para llegar a la eliminación del microorganismo de interés.

3.3. Resultados de pruebas microbiológicas.

Para asegurar que el arroz con leche es apto para el consumo humano se realizaron pruebas microbiológicas para la determinación de los principales microorganismos que alterarían el producto y afectarían la salud de las personas. Estos resultados se presentan en la tabla 18 asegurando que el producto está libre de microorganismos capaces de alterar el tiempo de vida útil garantizando la seguridad alimentaria del consumidor.

TABLA 18
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos Límite por g o ml	
			m	M
E. Coli	UFC/ g	< 10	10	----
Coliformes	UFC/ g	< 10	10	10 ²
Staphylococcus aureus	UFC / g	< 10	10	10 ²
Aerobios mesófilos	UFC / g	160	10 ⁴	10 ⁵
Salmonella spp	AUS/PRES	Ausencia/ 25 g	Ausencia / 25 g	----
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5°C y Humedad relativa 55% ± 15%.				

Elaborado por: Sanidad y Microbiología VECONSA S.A, 2014.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL PROCESO “ARROZ CON LECHE” PASTEURIZADO

4.1 Diagrama de Flujo

A continuación se esquematiza el diagrama de flujo del proceso para la obtención del arroz con leche, en la siguiente representación gráfica se detalla los parámetros de cada etapa. Ver figura 4.1.

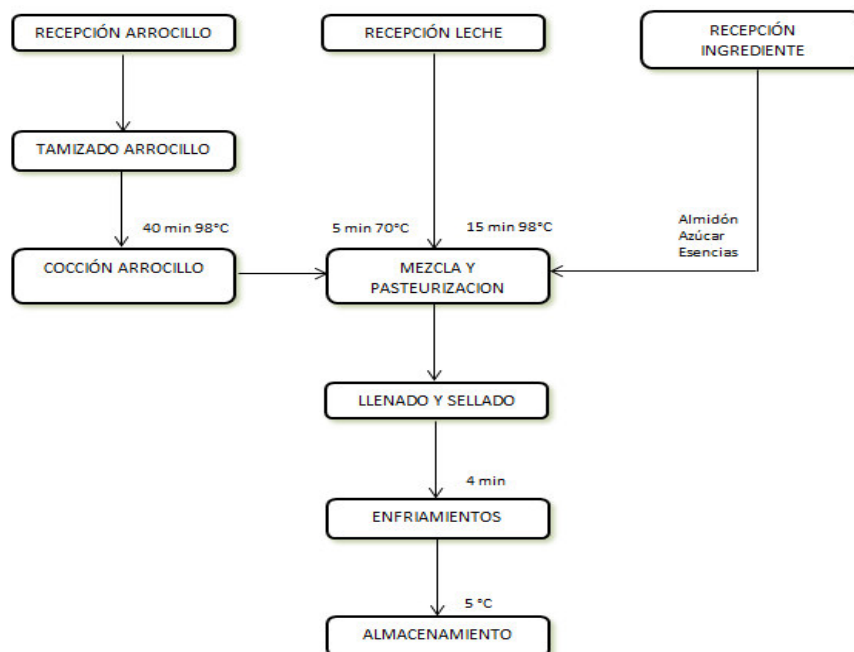


FIGURA 4.1. PROCESO “ARROZ CON LECHE”

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

4.2 Descripción de Proceso

Recepción de Arrocillo e Ingredientes

El arrocillo se receipta en sacos de polipropileno de 50 kg, los cuales ingresan al área de recepción de materia prima para su descarga. En esta área pasan por un control de calidad para verificar que se encuentre en óptimas condiciones. Para su control, deberá contener entre 10 y 12% de humedad, con este rango se evita crecimiento y reproducción de hongos y otros microorganismos.

De igual manera se receiptan los sacos de almidón y azúcar para luego ser utilizados en el proceso. El arrocillo y los demás ingredientes serán almacenados en un área limpia y fresca a temperatura ambiente.

Recepción de Leche

La leche llega en cisternas isotérmicas de acero inoxidable, a una temperatura de 3 °C para mantener sus propiedades en óptimas condiciones. Una vez que la leche llega al área de recepción se realizan las pruebas físico-químicas, organolépticas y microbiológicas. Posteriormente se almacena en un tanque de acero inoxidable a 3 °C hasta ser utilizada para el proceso de elaboración del producto.

Tamizado del arrocillo

El arrocillo pasa por un proceso de tamizado, donde los granos son vertidos sobre una superficie vibratoria con perforaciones uniformes dejando pasar las partículas pequeñas y reteniendo las de tamaños superiores, separando así el arrocillo de cualquier tipo de impurezas, grano vago y/o polvo. Una vez tamizado esta materia prima se coloca en silos hasta el momento de su utilización.

Cocción de arrocillo

En una olla industrial se vierte el arrocillo y agua en una proporción 1:15 por 40 minutos siendo el tiempo escogido mediante pruebas comparativas, ver anexo A, con la finalidad de obtener granos de textura blanda y reducir la carga microbiana. El arrocillo cocido es dosificado en batch a la etapa de mezcla.

Mezcla y Pasteurización

En esta etapa se mezcla primero la leche y el almidón de yuca durante 5 min a 70 °C en una marmita con agitación. Cuando se calienta el almidón en presencia de la leche, se produce la incorporación de agua en el gránulo, esto se da en las áreas menos densas y posteriormente en las regiones más cristalinas de la molécula del almidón. Transcurrido el tiempo de calentamiento, las moléculas del agua de la leche rompen los puentes de hidrógeno del almidón, permitiendo que el agua ingrese más profundamente en el gránulo logrando hincharse. Estos gránulos hinchados ocupan más espacio generando que la mezcla espese a medida que los gránulos se agrandan liberando amilosa. Este proceso llamado gelatinización es el responsable del desarrollo de la viscosidad requerida en el producto final (7).

Transcurrido el tiempo determinado para el desarrollo de la viscosidad en el producto, se incorpora a la mezcla el arrocillo cocido, las esencias y finalmente el azúcar.

El azúcar es el último ingrediente en ser adicionado debido que la sacarosa disminuye la firmeza de la mezcla que contiene almidón. Este ingrediente tiene un efecto protector del almidón absorbiendo el agua que absorbería el gránulo de almidón, evitando un rápido o completo hinchamiento del mismo (3).

En esta etapa ocurre el proceso de pasteurización, donde se aplican los tiempos y temperaturas óptimos determinados en el parámetro de penetración de calor realizado en el apartado 3.2, donde se especifica el tiempo total de tratamiento como 15 min a 98 °C, consiguiendo controlar el microorganismo patógeno de interés, salmonella.

Llenado y sellado

El producto es transportado por una bomba de diafragma hasta los tanques de almacenamiento que abastecen a la máquina llenadora. El cual pasa a los inyectores de la máquina, que se encargan de dosificar con producto a 80 °C, temperatura a la cual la viscosidad permite un rápido llenado en los envases plásticos. Una vez que el

producto es envasado la máquina sella en caliente los envases individuales.

Enfriamiento

Los envases calientes son pasados a un túnel de enfriamiento cuya banda tiene una extensión de 6 m, los envases permanecen en la cámara por 5 min, pasando de 80 °C a 5 °C.

Embalaje

El producto es recibido al final de la banda a 5 °C y embalado en cartones másters distribuidos en una matriz de 4x3 con 4 niveles, los cuales se empacan en cajas cartón de 48 unidades. Cada caja tiene 30 cm de largo, 22 cm de ancho y 14 cm de altura. Los cartones son sellados, paletizados y enviados al área de almacenamiento.

Almacenamiento

El producto final es transportado a la cámara de almacenamiento donde se mantendrá a una temperatura de refrigeración de 5 °C, a espera de su distribución al mercado. Se debe mantener la misma temperatura durante su distribución y venta al consumidor final para evitar romper la cadena de frío pudiendo ocasionar problemas de calidad con el producto.

4.3. Selección de Equipos

4.3.1. Descripción de Equipos

En este apartado, se establecen los equipos para el proceso de elaboración del arroz con leche. Para elaborar este producto a escala industrial, se debe contar con equipos que suplan las necesidades de elaboración del mismo.

Considerando que se planea producir 1.911 unidades por hora (229 kg/h), se establecieron los equipos presentados en la tabla 19.



TABLA 19
SELECCIÓN DE EQUIPOS

EQUIPOS	CARACTERÍSTICAS
	<p>Tanque de almacenamiento de Leche</p> <p><u>Dimensiones</u> Diámetro: 1,16 m. Ancho: 1,50 m. Altura: 3,35 m. Diámetro de entrada y salida: 0,051 m.</p> <p>Potencia: 0,75 kW</p>
	<p>Bomba Centrífuga Sanitaria</p> <p><u>Dimensiones</u> Largo: 0,45 m Ancho: 0,18 m Altura: 0,18 m Diámetro de succión y descarga: 0,040 m Cabezal de carga: 6 m Potencia: 1,1 kW</p>

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

EQUIPOS	CARACTERÍSTICAS
	<p align="center">Zaranda Limpiadora</p> <p><u>Dimensiones</u> Largo: 1,80 m. Ancho: 0,89 m. Diámetro de orificio: 0,005 m.</p> <p>Potencia: 0,745 kW</p>
	<p align="center">Olla Industrial</p> <p><u>Dimensiones</u> Largo: 0,51 m. Ancho: 0,51 m. Altura: 0,50 m. Diámetro de olla: 0,50 m.</p> <p>Potencia: 1,50 kW.</p>
	<p align="center">Marmita (Tanque de mezcla)</p> <p><u>Dimensiones</u> Largo: 1,18 m. Ancho: 1,75 m. Altura: 1,59 m.</p> <p>Potencia: 1,50 kW</p>
	<p align="center">Bomba de Diafragma</p> <p><u>Dimensiones</u> Largo: 0,5 m. Ancho: 0,31 m. Altura: 0,65 m. Diámetro de succión y descarga: 0,056 m Carga de cabezal: 25 m Consumo de aire 25 m³/h</p>

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

EQUIPOS	CARACTERÍSTICAS
	<p style="text-align: center;">Llenadora y Selladora</p> <p><u>Dimensiones</u> Largo: 2,44 m. Ancho: 1,80 m. Altura: 1,20 m.</p> <p>Potencia: 1,20 kW</p>
	<p style="text-align: center;">Túnel de enfriamiento</p> <p><u>Dimensiones</u> Largo banda: 6 m Ancho banda: 1.2 m Altura: 1m Velocidad banda: 0.025 m/s Capacidad: 61 TR</p>

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Tanque de almacenamiento de leche

Tomando en consideración que se desea producir 15.282 unidades por día y que la leche representa el 66,18 % en la formulación se requiere 1200 litros de leche diaria, por tal motivo se seleccionó un tanque de almacenamiento con capacidad de 1500 litros. Este equipo cuenta con un sistema de refrigeración y se encuentra construido totalmente de acero inoxidable, se usa para almacenar el producto durante un breve periodo de tiempo antes de su posterior etapa en la línea de proceso.

Bomba Centrífuga Sanitaria

De acuerdo a la capacidad de producción se requiere bombear desde el tanque de almacenamiento hacia la marmita 192 l/h de leche, por lo que se recomienda una bomba centrífuga sanitaria de acero inoxidable. Esta bombea posee una capacidad de caudal de 0.1 a 6 m³/h.

Zaranda limpiadora

Es indispensable el uso de una zaranda limpiadora para retener las impurezas que se encuentran presentes en el arrozillo. Para esta etapa, se seleccionó una zaranda vibratoria lineal de una malla con una capacidad de 15 kg/h, la cual consta con una superficie de perforaciones uniformes de 0,005 m, que mediante movimientos vibratorios logra remover todo material extraño no deseable, permitiendo pasar únicamente al arrozillo con las dimensiones necesarias de 0.005m.

Olla industrial

Considerando que se desea cocinar 13 kg/h de arrozillo, se recomienda una olla de acero inoxidable con capacidad de 20 kg. En la cocción la mezcla de arroz y agua se caliente a a

una temperatura de 98 °C durante 40 minutos. Al final de la cocción, parte del agua ha sido absorbida por el arroz y el resto evaporada.

Marmita (Tanque de mezcla)

Este equipo es necesario para la etapa de la mezcla de la leche junto al almidón y los demás ingredientes. Este equipo cuenta con un agitador tipo vertical con potencia instalada de 0.5 kW a 30 rpm, debido que se requiere una agitación durante el proceso de gelatinización, permitiendo a los gránulos de almidón hincharse independientemente y crear una mezcla más uniforme, sin grumos. También se considera que al tratarse de un producto con sólidos suspendidos, se recomienda que la marmita de acero inoxidable con capacidad de 500 litros cuente con 2/3 de chaqueta de vapor, para evitar que el producto se queme o se pegue en las paredes del equipo.

Bomba de Diafragma

De acuerdo a la capacidad de producción y considerando que se requiere bombear un fluido viscoso con partículas suspendidas de 0,005 m de longitud, se recomienda una bomba de diafragma de acero inoxidable, la cual permite

bombear 270 l/h de producto desde la marmita hasta el tanque de almacenamiento de la máquina llenadora. La bomba posee una capacidad de caudal de hasta 13.620 l/h.

Llenadora y Selladora

Tomando en cuenta que se desea producir 15.282 unidades diarias, se estableció una capacidad de 500 l/h para la elaboración de 35 unidades por minuto, que permita envasar el producto con una viscosidad de 8.220 mPa-s y con sólidos suspendidos de hasta 6.8 mm. Posee un sensor de temperatura que permite envasar el producto en caliente a 80°C y dispone de un sistema de recirculación al tanque pulmón para evitar el envasado del producto en frío.

En este caso en particular, se considero un excedente del 25% en la capacidad para abastecer un incremento de la producción y para evitar la formación de un cuello de botella en la línea de producción.

Túnel de Enfriamiento

Consta de una banda transportadora de 6 m de largo y 1.2 m de ancho, a una velocidad de 0.025 m/s.

La estructura metálica que forma el túnel tiene aislante en toda su extensión para evitar transferencia de calor con el ambiente.

El túnel de enfriamiento tiene una capacidad de 61 TR, requeridas para reducir la temperatura de los 72 kg de producto contenidos en los 600 envases que ingresan en la extensión de la banda.

4.4. Proyección de la Capacidad de Producción

Para calcular la capacidad de producción se debe tomar en cuenta el segmento a quien va dirigido el producto. Analizando el número de habitantes de Guayaquil, según los datos del INEC la población estimada en el año 2013 fue de 2.039.789 de los cuales el 81.86% corresponde a 801.490 hombres y mujeres de 12 a 35 años de edad pertenecientes al nivel socio-económico medio de la ciudad de Guayaquil; de este número de personas solo se escogió al 77%, que representan el segmento de mercado a cubrir, por lo que la población objetivo se reduce a:

$$801.490 * 77\% = 617.145 \text{ personas}$$

Con esta cantidad se determinó la frecuencia de consumo mensual del producto en unidades, ver tabla 20.

TABLA 20
FRECUENCIA DE CONSUMO

Consumidores	Alternativas	%Consumo (*)	Unidades
617.145	Todos los días	5.00	30.857
617.145	Tres veces a la semana	22.00	135.772
617.145	Una vez a la semana	26.00	160.458
617.145	Cada 15 días	25.00	154.286
617.145	Una vez al mes	22.00	135.772
Total al mes			617.145

(*) Fuente: "Proyección de inversión para la apertura de puntos de venta de postres a base de arroz con leche de la ciudad de Guayaquil". ESPOL (21).

Como se mencionó en la segmentación de mercado que el 26% de las personas prefieren consumir una vez por semana el producto. En base a esto se determinó la proyección de la demanda en el primer año:

$$617.145 * 26\% = 160.458 \text{ unidades semanales}$$

$$160.458 * 4 = 641.832 \text{ unidades mensuales}$$

$$641.832 * 12 = 7'701.984 \text{ unidades anuales}$$

Considerando un error de la estimación muestral del 5%, se puede precisar que la demanda potencial del arroz con leche sería de:

$$7'701.984 / 1.05 = 7'335.222 \text{ unidades anuales}$$

Como el producto es nuevo dentro de la línea de postres lácteos listos para consumir se plantea abarcar el 50% del mercado objetivo produciendo 3'667.611 unidades anuales.

A partir de la demanda potencial en el primer año y con una tasa del 2.5% de crecimiento poblacional en Guayaquil, según datos del INEC, se estima una demanda local del producto “arroz con leche” para un período de 3 años como se muestra en la tabla 21.

TABLA 21
DEMANDA POTENCIAL PROYECTADA

Período	Año 1	Año 2	Año 3
Cantidad	3'667.611	3'759.301	3'853.284

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Se realizará cinco lotes semanales de 15.282 unidades cada uno, teniendo en cuenta que la línea de producción trabajará 5 días a la semana en un turno de 8 horas.

El producto se presentará en unidades individuales de 120 g, lo que implica una producción de 1.911 unidades por hora, es decir 306 kg/h.

Los tiempos y niveles de producción se detallan en las tablas 22 y 23, respectivamente.

TABLA 22
TIEMPO DE PRODUCCIÓN

Anual	12 meses
Mensual	20 días
Diaria	8 horas
TOTAL ANUAL	1920 horas

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

TABLA 23
NIVELES DE PRODUCCIÓN

Tiempo	Unidades
Anual	3'667.611 u
Mensual	305.634 u
Diaria	15.282 u
Hora	1.911 u

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

4.5 Distribución de la Línea

Para el desarrollo de esta sección se utilizó la herramienta técnica llamada Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (SPL), con la cual se definió el diseño del proceso. Se estableció la ubicación de las maquinarias y equipos requeridos tomando en consideración todos los factores que intervienen en el proceso para que sea óptimo, productivo y ordenado.

La SPL es un método que se encarga de definir la eficacia de la ubicación entre áreas, evaluando dicha relación mediante categorías que se jerarquizan por diversos criterios como los flujos aproximados de distintos departamentos (19).

En la figura 4.2 se muestra una técnica conocida como tabla de relaciones de actividades (TRA), instrumento práctico que expone las relaciones entre los procesos, tomando en cuenta parámetros importantes.

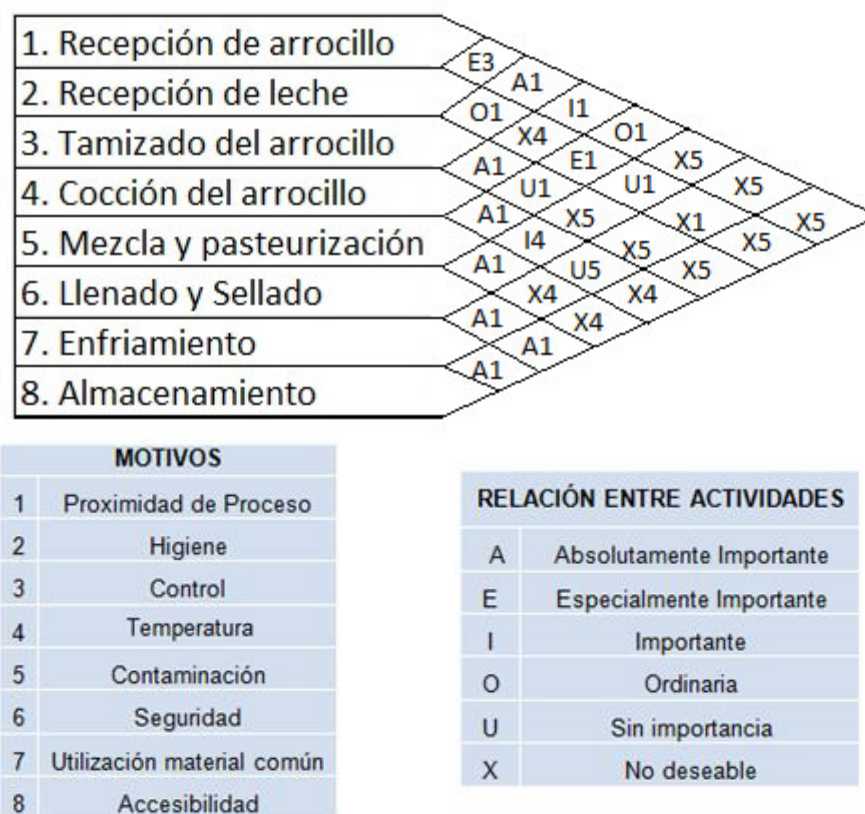


FIGURA 4.2. TABLA DE RELACIONES DE ACTIVIDADES

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Esta técnica consiste en determinar la importancia de la proximidad de áreas de proceso para establecer la mejor distribución posible. La TRA propone dos tipos de factores identificados por “motivos” y “relación entre actividades”, cada una de ellas enlista los parámetros a tomar en cuenta para establecer las relaciones entre etapas.

En la figura 4.2 se han enlistado las etapas del proceso según su flujo, en la parte derecha de la lista se encuentran una serie de cubículos, cada uno representando la intersección de las etapas, en donde queda plasmado el análisis de las mismas. Estos dos parámetros de análisis, tanto los motivos como las relaciones están descritos de forma ordenada, representados por números y letras correspondientemente. De manera detallada se explica en el siguiente ejemplo:

En la figura 4.2 se observa que la etapa de recepción y tamizado del arrocillo se interceptan coincidiendo en un cubículo que contiene el análisis A1, conformado por una letra que corresponde a la relación (A) y un número que corresponde al motivo (1). Es así como en las etapas de recepción y tamizado del arrocillo se tiene una relación “absolutamente importante por proximidad de proceso”. De esta forma se realiza el análisis de las relaciones entre la interacción de cada una de las etapas.

Para definir la ubicación de las etapas se utilizó la teoría de grafos, para tener una visualización de dichas relaciones. Se definió la “importancia de proximidad” de cada interacción de las etapas representadas por números como se muestra en la figura 4.2 clasificándola por importancia. En tabla 24 se muestran la clasificación de actividades, en donde van desde absolutamente importante (A), hasta no deseable (X). Cada relación está en orden descendente de importancia.

TABLA 24

CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

A	E	I	O	U	X
					1-6
					1-7
1-3					1-8
3-4					2-4
4-5					2-7
5-6	1-2	1-4	2-5	2-6	2-8
6-7	2-5	4-6	3-5	3-5	3-6
6-8					3-7
7-8					3-8
					4-8
					5-7
					5-8
5	2	2	2	2	8

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

El diagrama grafos consta de dos partes importantes:

- ✓ Los nódulos, que son un conjunto sencillo de símbolos con los que se representa cada actividad.
- ✓ Aristas o lados, un método que permite indicar la proximidad relativa de las actividades y/o la dirección y la intensidad relativa del recorrido de los productos (21).

Para la elaboración del diagrama se colocan los números de cada etapa del proceso en los nódulos, luego se unen las etapas con aristas comenzando por las relaciones tipo A, a las que se identifica cruzando 4 rayas transversales. Una vez dibujadas las uniones tipo A, se continúa con las tipo E, I, O que se identifican con 3, 2, 1 rallas transversales respectivamente. Con esto se obtiene un diagrama como el que se muestra en la figura 4.3.

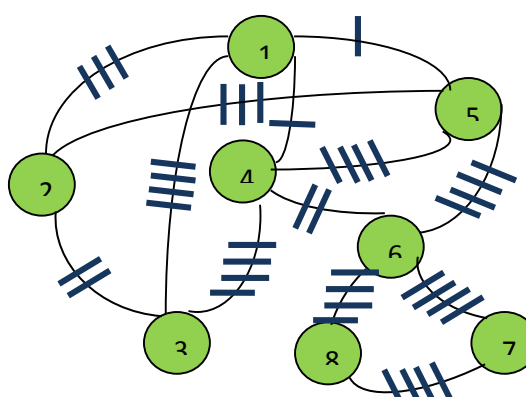


FIGURA 4.3. DIAGRAMA DE GRAFOS

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Con el fin de visualizar el esquema real de distribución se hace uso de un diagrama de bloques donde se muestra de forma ordenada la posición de las etapas como se indica en la figura 4.4.

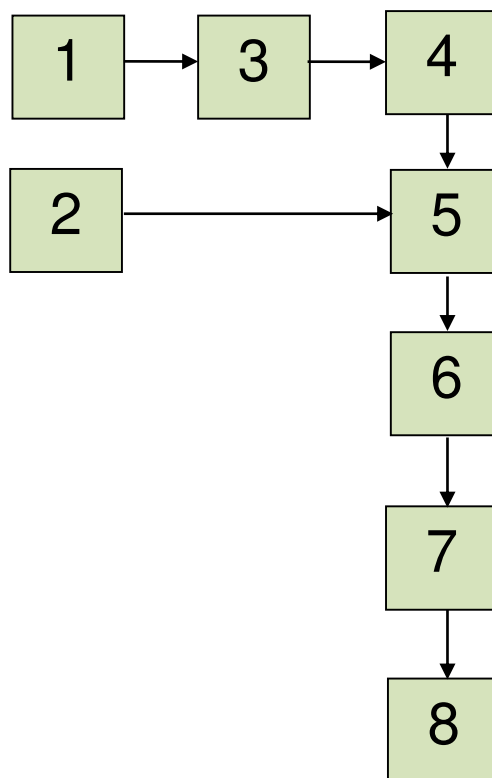


FIGURA 4.4. DIAGRAMA DE BLOQUES

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Finalmente la distribución muestra el flujo por el que pasa el producto en proceso hasta convertirse en producto final, dicho flujo está dispuesto en forma de “U”.

Dimensiones de áreas

Se establecieron las áreas básicas para la línea de proceso “arroz con leche”, siguiendo el orden obtenido con la distribución mediante la herramienta SPL. Las áreas definidas son las siguientes:

Área de recepción de materias primas e ingredientes

Área de proceso

Área de almacenamiento.

- **Área de recepción de Materias Primas e Ingredientes**

Para establecer el área, es necesario conocer la capacidad de producción del arroz con leche, la cual se aproxima a 1.836 kg diarios y además de definir la cantidad de materia prima e ingredientes que podrá almacenar de acuerdo a un determinado número de días. En este caso se establece que podrá almacenar materia prima e ingredientes para 5 días de producción.

Para mantener un producto almacenado bajo las condiciones apropiadas, esta área se encuentra dividida en dos partes: en la primera área se ubican las materias primas secas e ingredientes, es decir arrocillo, almidón, azúcar y esencias, mientras que en la segunda área se ubica el tanque de almacenamiento para la leche.

Almacenamiento de materias primas secas e ingredientes

Para el número de días de producción establecidos, se necesitan aproximadamente 375 kg de arrocillo, 900 kg de azúcar, 135 kg de almidón, 27 kg de esencia de vainilla y 1,8 kg de esencias de canela. Por lo que teniendo la información de las dimensiones del envase para almacenar y el método de almacenamiento se estima el área adecuada de la siguiente manera:

El arrocillo, azúcar y almidón serán receptados en sacos de 50 kg, por lo que el área deberá almacenar 29 sacos en total, mientras que las esencias de vainilla y canela serán almacenadas en bidones de 25 kg cada uno, ubicados en una estantería.

Considerando que los sacos de arrocillos serán almacenados en esta área, se ha decidido ubicar también la zaranda limpiadora, para retirar cualquier impureza y enviar directamente al área de proceso el arrocillo limpio.

Tomando en cuenta la recepción de las materias primas y la ubicación de la zaranda limpiadora el área necesaria es de 25 m², considerando un espacio libre para la circulación de las personas.

Almacenamiento de Leche

En esta área se ubicara el tanque de almacenamiento para la leche, el cual deberá abastecer 1.152 litros diariamente. Considerando las dimensiones de este equipo y la ubicación de un laboratorio para realizar las pruebas físicas químicas de ésta materia prima se recomienda un área de 10 m².

- **Área de proceso**

En el área de proceso se involucra todas aquellas etapas en las que las materias primas comienzan a tener un cambio, en este proceso se consideró desde la etapa de la cocción del arrocillo hasta el llenado y sellado del producto.

Las etapas de procesos que involucren calor fueron ubicadas de manera cercanas para evitar pérdidas de temperatura del producto mientras pasa de una etapa a otra. Es así como los equipos que se utilizan en las etapas de cocción, mezcla y llenado/sellado se ubicaran continuamente en el área de proceso. Considerando la capacidad de producción diaria y las dimensiones de los equipos se recomienda un área de 28 m².

Esta área no tiene divisiones físicas puesto que se requiere que estén unidas para ahorro de espacio y para facilitar el flujo del producto y del personal.

- **Área de Almacenamiento**

Considerando la capacidad de producción de 1.836 kg por día de arroz con leche y usando envases de 120 g de capacidad, el número de unidades diarios producidos es de 15.282 unidades, por lo que en 5 días laborales, el área de almacenamiento debe abarcar 76.410 unidades de producto.

Los envases se empaquetan en cajas cartón de 48 unidades. Cada caja tiene 30 cm de largo, 22 cm de ancho y 14 cm de altura. Cada palet contiene 90 cajas, es decir que 22 palets serán necesarios de acuerdo al volumen fijado de procesamiento.

De acuerdo a dimensiones estándares un palet mide 1 m. x 1.2 m, es decir 1.2 m², considerando los 22 palets, el área recomendada es de aproximadamente 35 m², tomando en cuenta el área libre para la circulación de personas y maquinaria de carga.

Layout

Finalmente la distribución de la línea se define gráficamente como lo muestra la figura 4.5.

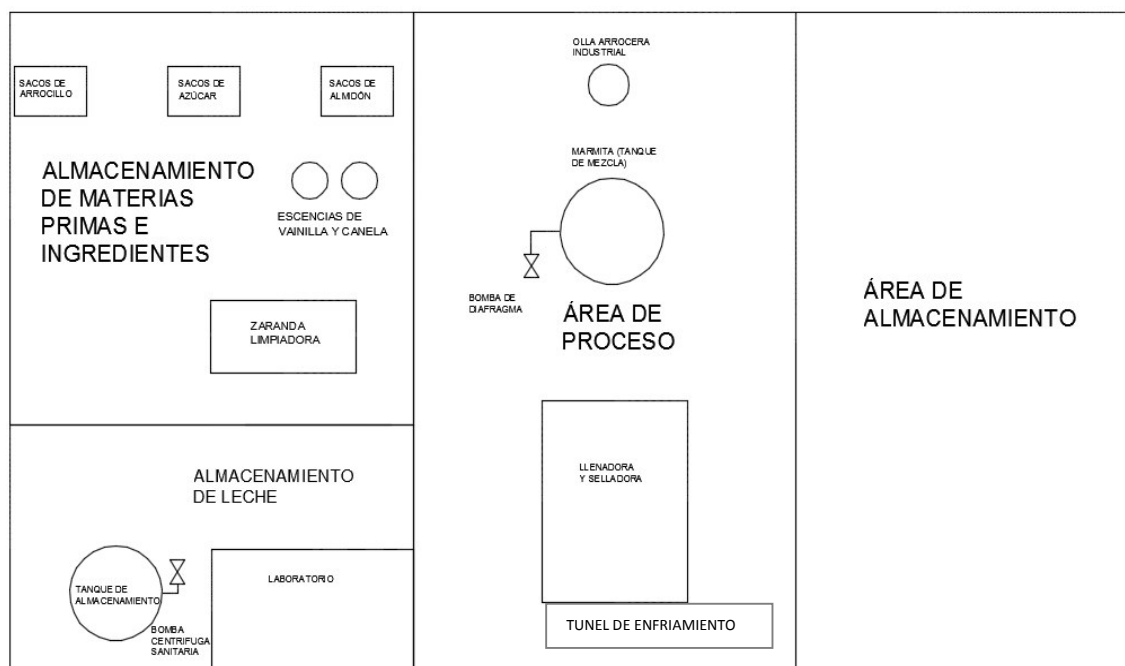


FIGURA 4.5. LAYOUT DE EQUIPOS

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

4.6. Características del envase

Al tratar con un producto a base de leche es susceptible a ciertos factores externos como la luz, oxígeno, agua y microorganismos logrando deteriorar el producto.

Debido a la influencia de estos factores se requiere un envase que brinde: barrera de oxígeno, estabilidad y buena resistencia

mecánica. Todas estas características se obtienen por la combinación de las propiedades individuales de cada uno de los componentes a ser empleados que se detallan en el siguiente apartado.

4.6.1 Selección del material de envase

El material de envase está compuesto por una película base y una película sellante que brinda al producto una barrera contra los factores externos.

Película base

En la capa externa de la película base se encuentra un material que proporciona una adecuada resistencia mecánica, en la capa intermedia se ubica un polímero que brinda la propiedad de barrera contra oxígeno y por último en la capa interna del envase se dispone de un material que ofrece estabilidad al alimento. A continuación se detallan las láminas de polímeros que lo conforman con sus respectivas propiedades y la función que tienen en el producto final:

- Polietileno de baja densidad, este polímero es el que está en contacto con el alimento puesto que al ser inerte no altera las características organolépticas del producto,

así mismo actuara como barrera de vapor de agua evitando la pérdida de peso del producto (20).

- EVOH, este plástico ofrece una excelente barrera al oxígeno evitando una degradación sensorial y nutricional del producto impidiendo el enranciamiento de las grasas y pérdida de textura, esta propiedad es fundamental puesto que el producto no contiene ningún tipo de preservante permitiendo tener una mayor vida útil (20).
- NYLON, este polímero protege a la capa de EVOH proporcionando también una barrera de oxígeno y adicionalmente una barrera de aromas teniendo un fuerte impacto en la calidad sensorial, lo que permite mantener el olor característico del arroz con leche. Adicionalmente presenta una excelente dureza y resistencia (20).

Tanto el EVOH como el NYLON al ofrecer una excelente barrera de oxígeno impiden el crecimiento de microorganismos.

Disposición de la película base

La estructura coextruida de la base tendrá una disposición que contará de una capa interna de polietileno de baja densidad, seguido por una capa de EVOH y finalmente por la capa

externa de NYLON; como se muestra en la figura 4.6 con un espesor de 80μ .

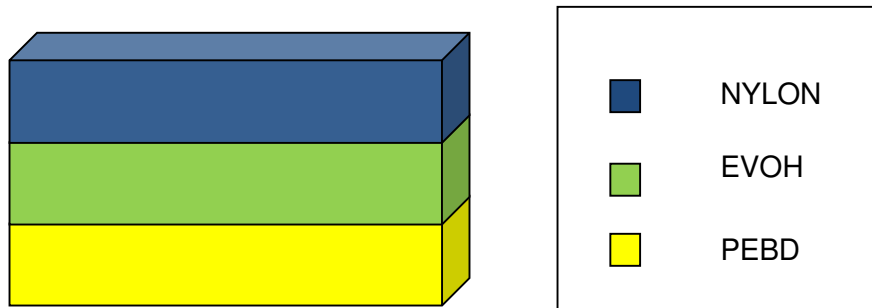


FIGURA 4.6. ESTRUCTURA PELÍCULA BASE

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Película Sellante

Con la película sellante se requiere una buena barrera de gases, principalmente oxígeno y vapor de agua, para este diseño la película sellante está compuesta por la siguiente capa:

- Aluminio, proporciona una protección contra la luz, factor que puede provocar el enranciamiento de algunos componentes de la leche sensibles a la misma. Para este caso específico se requiere un foil de aluminio de 30μ . Además que cuente en su composición con una laca termosellable para producir un buen sellado.

Disposición de la película sellante

La lámina de la película sellante cuenta con una capa interna de aluminio con una laca termosellable, seguido por una capa de tinta, como se muestra en la figura 4.7 con un espesor de 30 μ .

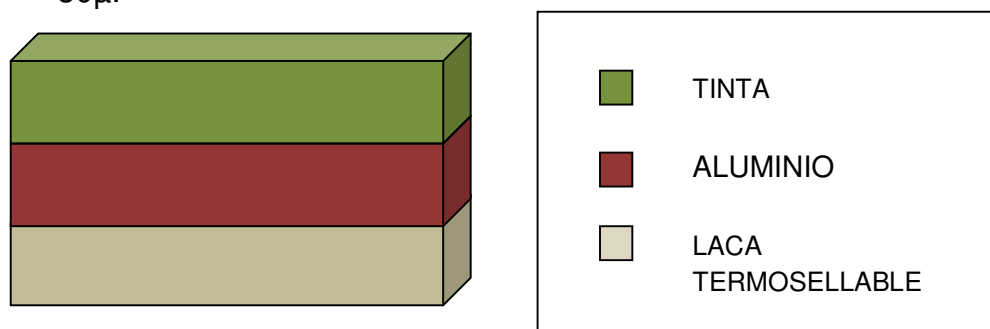


FIGURA 4.7. ESTRUCTURA PELÍCULA SELLANTE

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

4.6.2. Presentación del producto en el envase

Etiqueta

En la figura 4.8 se presenta el diseño de la etiqueta para el producto arroz con leche.



FIGURA 4.8. DISEÑO DE ETIQUETA

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Caracterización del Empaque

Para el producto “Arroz con leche” se propuso un empaque cuya forma asemeje a la de una bandeja con un determinado grado de profundidad.

Dimensiones

El diseño del envase constará con las siguientes dimensiones.

Ver tabla 25.

TABLA 25
DIMENSIONES DE EMPAQUE

	Dimensiones Base	Dimensiones Tapa	Unidad
Largo	6,5	7,5	cm
Ancho	6,5	7,5	cm
Altura	3	----	cm

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

A continuación se observa en las figuras 4.9, 4.10 y 4.11 el diseño del empaque con vista superior sin tapa, vista superior con tapa y vista inferior, respectivamente.

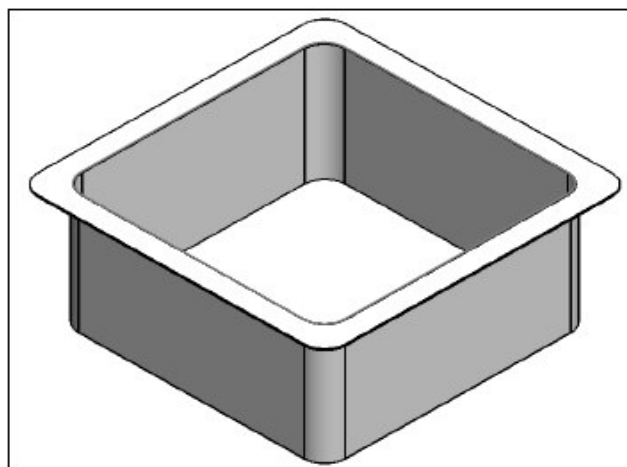


FIGURA 4.9. EMPAQUE VISTA SUPERIOR SIN TAPA

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

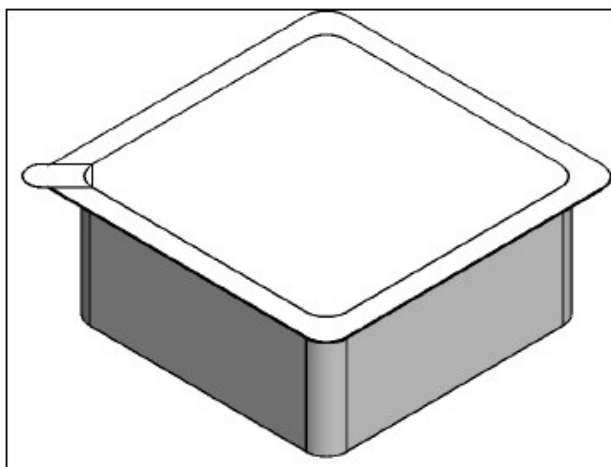


FIGURA 4.10. EMPAQUE VISTA SUPERIOR CON TAPA

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

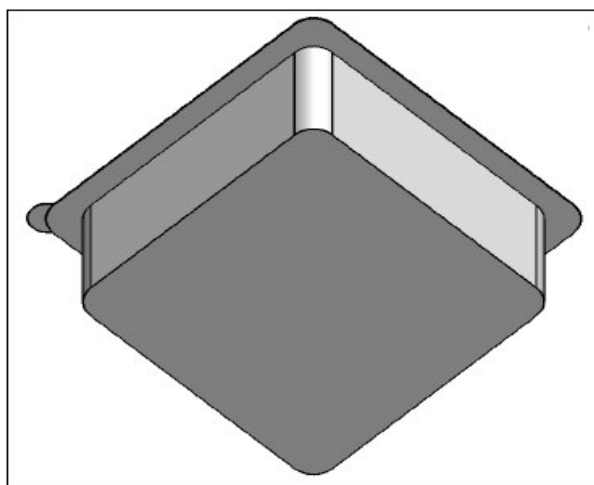


FIGURA 4.11. EMPAQUE VISTA INFERIOR

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

Capacidad

El envase posee una capacidad de 126 cm³ y debido que la densidad del producto es de 1.1g/ml se tiene una capacidad límite de 132 g, en la que solo se dispensa 120 g de producto puesto que se requiere un espacio de cabeza donde se permita realizar el vacío.

4.7 Estabilidad del Producto

Para definir la estabilidad del producto se ha utilizado recursos prácticos como el análisis de las condiciones del producto mediante una ficha de estabilidad y recursos teóricos como la predicción de tiempo de vida útil.

4.7.1 Condiciones de estabilidad

La estabilidad del postre “arroz con leche” está determinada principalmente por tres factores: materias primas, proceso térmico, material de envase y almacenamiento.

- Las materias primas fueron consideradas claves para la estabilidad del postre “Arroz con leche”, específicamente la leche que representa el componente principal en la fórmula con el 66%. El cambio que pudiera ocurrirle a la leche implicaría el

deterioro de la calidad del producto, factor que fue considerado para determinar teóricamente el tiempo de vida útil del producto detallado en el siguiente apartado.

- El proceso térmico ha sido diseñado en base al control del microorganismo patógeno y en vista de que éste posee termoresistencias más altas que aquellas bacterias causantes del deterioro, se considera entonces que luego del proceso térmico la estabilidad del producto no se verá afectada desde el punto de vista microbiológico.
- En el caso del material de envase se debe controlar la hermeticidad del mismo en el momento de llenado y sellado, este es un punto crítico pues se llena en caliente, para que el vapor de agua presente en el alimento genere vacío, implicando ausencia de oxígeno lo que evita la rápida proliferación de microorganismos que en la etapa de mezcla se controlan.
- El enfriamiento es un proceso de suma importancia, al igual que el almacenamiento, se debe mantener la cadena de frío del producto, puesto que al expuesto a ciclos de congelación-descongelación el almidón

presente puede sufrir retrogradación. Este fenómeno ocurre a medida que el agua de la leche se congela y descongela, el agua formada por fusión de los cristales de hielo no es capaz de re-asociarse con el almidón, perdiendo fácilmente el agua atrapada logrando un efecto indeseable en el producto.

Por este motivo se elaboró una ficha de estabilidad que demuestra los 18 días de vida útil que teóricamente posee el producto. En la tabla 26 se observan los parámetros de estabilidad controlados por un tiempo de 18 días.

TABLA 26
ESTUDIO DE ESTABILIDAD

PARAMETRO	Unidad	(*)	29-08-14	02-09-14	06-09-14	10-09-14	13-09-14
TEMPERATURA	(°C)	5	3	4	6	5	5
HUMEDAD RELATIVA	(%)	52	53	53	53	52	55
ACIDEZ	(%)	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19
AEROBIOS TOTALES	UFC/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10
COLIFORMES TOTALES	NMP/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10
SALMONELLA	UFC/25g	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
STAPHYLOCOCCUS AUREUS	UFC/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10
(*) Inicio de Estudio (Ago. 25 2014)							

Elaborado por: Stephania Cagua, Ma. Lucila Hidalgo (2014)

El postre "arroz con leche" mantiene estable sus características microbiológicas en un período de estudio de 18 días, sin embargo presenta alteraciones de acidez cuando existe un incremento de temperatura, ocasionando para el día 19 una separación de fases llamada sinéresis, en base a dicha experiencia se consideró que el tiempo mínimo de vida útil de producto será de 15 días, a pesar de que al día 16 la acidez del producto aún no produce cambios, se considera estos días de estabilidad en caso de existir una ruptura en la cadena de frío.

4.7.2 . Predicción Modelo Matemático para Tiempo de Vida Útil

La determinación del tiempo de vida útil del arroz con leche, se basó en la selección de un indicador para evaluar sus características organolépticas dentro de un período de tiempo.

Al ser un producto lácteo sin ningún tipo de preservante es afectado por la producción de acidez, provocando que las cadenas de amilosa y partes lineales de amilopectina se acerquen y parte del agua de la leche retenida dentro del

almidón comience a salir, generando el proceso de sinéresis en el producto durante su almacenamiento.

Dado que el producto tiene una temperatura de almacenamiento a 5 °C su constante cinética presenta un valor de 0.005% acidez/día. Se consideró además su acidez inicial en un promedio de 0.15% y finalmente cuando alcanza un nivel de 0.24%, es decir que el producto ya se considera en deterioro (16). Se hace uso de la ecuación 4.1:

$$\Theta_s = \frac{(A_f - A_o)}{kT} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Donde:

$$A_o = 0.15\%$$

$$A_f = 0.24 \%$$

$$kT = k5 \text{ } ^\circ\text{C} = 0.005 \text{ \%/día}$$

Aplicando los valores en la ecuación 4.1 se obtiene;

$$\Theta_s = 18 \text{ días.}$$

Es decir que teóricamente el arroz con leche tendrá un tiempo de vida útil de 18 días a una temperatura de almacenamiento de 5 °C, antes de que se inicie un proceso de acidificación que deteriore el producto.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se propuso un producto de recetas tradicionales ecuatorianas, que se da a conocer al mercado en una presentación innovadora en envase plástico, convirtiéndolo en una alternativa práctica de postre para el consumidor. El producto se define como un postre lácteo viscoso en presentación de 120g, dirigido a personas de 12 a 35 años de clase media.
- Se determinó la formulación del arroz con leche realizando 3 pruebas a nivel de laboratorio, donde se escogió mediante pruebas comparativas al arrocillo como materia prima en lugar del arroz, debido que su superficie de contacto al ser menor requiere menos tiempo en la cocción obteniendo un grano de textura blanda. Se empleó almidón de yuca

como gelificante natural para evitar la consistencia líquida poca viscosa del producto.

- Mediante la evaluación sensorial se seleccionó la fórmula 840 que contiene 68,18% de leche, 22,00% de arrocillo, 8% de azúcar, 1,50% de almidón, 0,15% de esencia de vainilla, 0,15% de esencia de canela y 0,02% de esencia de clavo de olor.
- Se caracterizó el producto con la fórmula seleccionada mediante el estudio reológico como un fluido no newtoniano, con comportamiento pseudoplástico y se determinó todos los parámetros físicos químicos: 49.08% de humedad, 0.92 de aw, 28.00 °Brix, 0.15% de acidez titulable, pH 6.1, 8.220 mPa-s y 1,1 g/ml.
- El estudio de calor fue basado en la Salmonella mediante la validación del proceso térmico al que se sometió el producto durante un tiempo de 15 minutos a una temperatura de 98 °C. La validación fue realizada aplicando el método de Ball Stumbo comparando el valor Fo teórico vs. Fo experimental, siendo el valor de Fo experimental mayor al Fo teórico. Este resultado asegura que el tiempo y temperatura aplicado en el

producto está libre de microorganismos capaces de alterar el tiempo de vida útil haciéndolo apto para el consumo humano.

- El producto se envasa y se llena mediante una maquina automática que dispensa y sella en caliente a 80 °C en una envase de material polimérico, que cuenta con una película base compuesta por polietileno de baja densidad, EVOH y NYLON, además de una película sellante formada por aluminio, los cuales aseguran la conservación del producto.
- Para la obtención del arroz con leche se definieron las siguientes etapas: recepción de arrocillo, recepción de leche, tamizado del arrocillo, cocción del arrocillo, mezcla y pasteurización, llenado y sellado, enfriamiento, y almacenamiento. Cada etapa cuenta con su respectivo equipo seleccionado en base a la capacidad de producción (15.282 unidades por día). El diseño de la línea está dispuesto en forma de U según el método de SPL.

5.2. Recomendaciones

- Para lograr un aumento de la vida útil del arroz con leche, se recomienda la adición de conservantes, tales como sorbatos y benzoatos.
- Otro tipo de gelificante que se puede utilizar es: pectina o gelatina, que son los más comúnmente utilizados en productos lácteos.
- La línea de postre viscoso “arroz con leche” puede ser adaptada a productos de características similares para la diversificación y aprovechamiento de la línea.

Anexos

ANEXO A

PRUEBAS DE COMPARATIVAS DE ARROZ VS. ARROCILLO

Para la selección de la materia prima a utilizar en la fórmula se realizaron pruebas comparativas entre el arroz y arrocillo en cuanto a textura y rendimiento, en las que se determinó el tiempo de cocción y la cantidad de agua necesaria.

1. PRUEBA DE TEXTURA

Materiales y equipos

- 6 Ollas
- Agitador
- Termómetro
- Cocina
- Vasos plásticos de 6 onzas
- Texturómetro LFRA - Brookfield

Sustancias:

- Arroz
- Arrocillo
- Agua

Procedimiento

PRETRATAMIENTO DE ARROZ

A continuación se detalla el procedimiento de las pruebas realizadas al arroz a 30, 40 y 50 minutos en las proporciones de 1:12, 1:15 y 1: 18 arroz-agua, correspondientemente.

1. Se pesan 3 muestras de 50 g de arroz.
2. Se pesan las proporciones de agua correspondiente a las relaciones 1:12, 1:15 y 1:18 arroz / agua, posteriormente se vierte cada una de ellas en ollas diferentes.
3. Se calienta el agua de las tres ollas hasta 100° C y se agrega los 50 g de arroz.
4. Se agita constantemente hasta que transcurran:
 - 30 min para la relación 1:12
 - 40 min para la relación 1:15
 - 50 min para la relación 1:18
5. Cada una de las muestras se vierten en vasos plásticos, se los rotula y almacena a 5°C para su posterior lectura.

PRETRATAMIENTO DE ARROCILLO

A continuación se detalla el procedimiento de las pruebas realizadas al arrocillo a 30, 40 y 50 minutos en las proporciones de 1:12, 1:15 y 1: 18 arrocillo-agua, correspondientemente.

1. Se pesan 3 muestras de 50 g de arrocillo.
2. Se pesan las proporciones de agua correspondiente a las relaciones 1:12, 1:15 y 1:18 arrocillo / agua, posteriormente se vierte cada una de ellas en ollas diferentes.

3. Se calienta el agua de las tres ollas hasta 100° C y se agrega los 50 g de arrocillo.
4. Se agita varia hasta que transcurran:
 - 30 min para la relación 1:12
 - 40 min para la relación 1:15
 - 50 min para la relación 1:18.
5. Cada una de las muestras se vierten en vasos plásticos, se los rotula y almacena a 5°C para su posterior lectura.

LECTURA DE TEXTURA ARROZ Y ARROCILLO

1. Se coloca una por una las muestras de arroz/ arrocillo (5°C) en la base del texturómetro.
2. Se seleccionan los parámetro de medición en el software TexturePro CT V 1.0 Bld 5.
3. Se procede a la lectura de cada muestra a través del software del equipo.

Resultados

FACTOR	Textura (g)		
TIEMPO / PROPORCION	30 min (1:12)	40 min (1:15)	50 min (1:18)
ARROZ	59,5	59	35
ARROCILLO	29,5	11,5	13

Análisis de resultados

- Cuantitativamente el texturómetro nos confirma que las muestra de arrocillo sometidas a una cocción de 40 y 50 min poseen texturas más suaves, aunque no existe mucha diferencia entre ellas.
- Visualmente la textura de la muestra de arrocillo cuyo tiempo de cocción fue 40 min resulta más homogénea y se observa que aún conserva la forma del grano a pesar de su suavidad.

2. PRUEBA DE RENDIMIENTO

Materiales y equipos

- 6 Ollas
- Agitador
- Vasos plásticos de 6 onzas
- Balanza

Sustancias:

- Arroz
- Arrocillo
- Agua

Procedimiento

A continuación se detalla el procedimiento para realizar los cálculos de rendimiento del arroz vs arrocillo con diferentes tiempos y temperaturas, para

esto se basó en la prueba anterior de textura, tomando los pesos de las muestras antes y después de la cocción.

PRETRATAMIENTO DE ARROZ

1. Se toma como **peso 1** los 50 g de arroz para cada una de las muestra a tratarse con tiempos de 30min, 40 min y 50 min.
2. Luego de la cocción del arroz se pesa y anota cada una de los pesos de las muestras como **peso 2**.
3. Se procede a utilizar la siguiente fórmula para calcular el rendimiento de cada muestra.

$$\% = \frac{Peso2 - Peso1}{Peso1} \times 100 =$$

Resultados

FACTOR	PESO FINAL (g)			RENDIMIENTO (%)		
	30 min	40 min	50 min	30 min	40 min	50 min
ARROZ	233	210	185	366	320	270

PRETRATAMIENTO DE ARROCILLO

1. Se toma como **peso 1** los 50 g de arrocillo para cada una de las muestras de arrocillo a tratarse con los tiempos 30min, 40 min y 50 min.
2. Luego de la cocción del arrocillo se pesa y anota cada una de los pesos de las muestras como **peso 2**.
3. Se procede a utilizar la siguiente fórmula para calcular el rendimiento de cada muestra.

$$\% = \frac{Peso2 - Peso1}{Peso1} \times 100 =$$

Resultados

FACTOR	PESO FINAL (g)			RENDIMIENTO (%)		
	30 min	40 min	50 min	30 min	40 min	50 min
ARROCILLO	254	265	282	408	430	464

Análisis de resultados

- Las muestras de arrocillo a 40 min y 50 min muestran los rendimientos más altos en comparación con el arroz.
- En las pruebas realizadas al arroz vs arrocillo, se determinó que la materia prima más óptima es el arrocillo por tener mejor textura y mayor rendimiento.
- En cuanto al tratamiento se escoge la relación 1:15 arrocillo- agua sometida a 40 min de cocción, puesto que la diferencia con el tratamiento a 50 min no presenta diferencia significativa, y al ser menor el tiempo produce un ahorro de energía que repercute en los costos.

ANEXO B

FICHA DE ENCUESTA SENSORIAL

Nombre: _____ **Edad:** _____ **Fecha:** _____

PRODUCTO: ARROZ CON LECHE

Pruebe NUESTRO POSTRE **Arroz con leche** Y INDIQUENOS CUAL OPCION DE LAS SIGUIENTES ESCOGERIA PARA CALIFICARLO POR SU SABOR

Marque con una **X** el reglón que corresponda a la calificación para cada muestra.

	MUESTRAS		
ESCALA	306	840	155
Me gusta	_____	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____	_____
Me disgusta	_____	_____	_____

Comentarios: _____

MUCHAS GRACIAS!!!

ANEXO C

VISCOSÍMETRO ROTACIONAL MARCA BROOKFIELD MODELO RVT

Fundamento: Su funcionamiento se basa en la rotación de una aguja o cilindro dentro del material de prueba. El dial del instrumento esta graduado de manera tal que la lectura multiplicada por un factor da directamente la viscosidad en centipoise.

Es un viscosímetro rotacional, que consta de un resorte de berilio y cobre, en el que se inserta una aguja o disco y de una horquilla que enmarca la zona de la aguja. Esta se sumerge en el líquido hasta el nivel marcado en la misma. Al funcionar el elemento rotatorio y la aguja giran con una velocidad angular constante que se fija con un dado selector situado en el cabezal. La torca o par generado por la resistencia viscosa del líquido se puede leer en una escala situada también en el cabezal para lo cual se presiona una palanca llamada "clutch" la cual acopla una aguja deflectora a la escala. La deflexión leída es proporcional a la torca. En la figura A1 se muestran los principales elementos del viscosímetro de Brookfield.

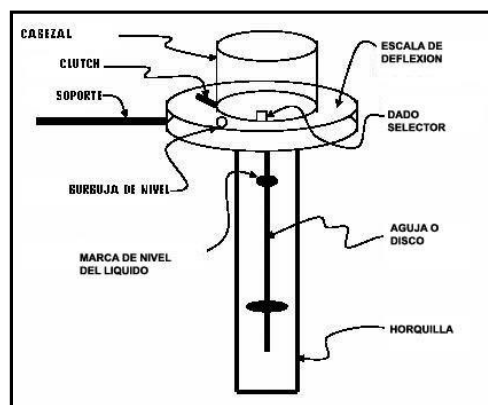


Figura A1. Principales Elementos Del Viscosímetro De Brookfield.

ANEXO D

MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD DE LA MUESTRA Y FÓRMULAS

1. Nivelar el viscosímetro a través de la burbuja de nivel ubicada en el cabezal del equipo.
2. Colocar la muestra a una temperatura de 40°C en un vaso de precipitación de 600 ml, llenado hasta los 500 ml, (verificar que la muestra no contenga burbujas de aire).
3. Seleccionar la aguja adecuada según la viscosidad del material de prueba y ajustarla en el eje inferior del cabezal sosteniendo firmemente el eje inferior con una mano y enroscando el disco con la otra (esta operación se la debe realizar con cuidado, no se debe golpear la aguja contra los lados del vaso de precipitación que contiene la muestra puesto esto puede dañar la alineación del eje).
4. Bajar cuidadosamente el cabezal hasta que el nivel del material de prueba llegue a la ranura (corte) que se encuentra en la aguja.
5. Encender el switch del motor "on" para que comience a girar la aguja. Dejar que gire varias veces y que el apuntador se estabilice antes de hacer la lectura. Este tiempo dependerá a la velocidad a la cual el disco este rotando.

6. Accionar el “clutch” de la parte de atrás del cabezal y apagar el switch del motor “off” para detener el equipo y realizar la lectura con el indicador a la vista.

7. Leer la lectura señalada por el apuntador y anotarla, al igual que la velocidad rotacional y el número de disco utilizado, para posteriormente realizar el cálculo de viscosidad aparente como se detalla en el anexo F.

8. Esperar unos cinco minutos; cambiar la velocidad rotacional en el dado selector del cabezal (de menor a mayor velocidad) y repetir los pasos del 4 al 7.

9. Este mismo procedimiento se realiza para la medición de viscosidad de las formulas A, B y C.

Fuente: Soria, A. (2003). Manual de los Laboratorios de Fenómenos de Transporte. México: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

ANEXO E

SELECCIÓN DE AGUJA Y VELOCIDAD ROTACIONAL

El viscosímetros Brookfield modelo RVT viene equipado con siete tipos de agujas diferentes las cuales trabajan a diez velocidades: 0.5, 1, 2, 2.5, 4, 5, 10, 20, 50 y 100 RPM. Las agujas se atornillan en la parte inferior del cabezal, operación que debe hacerse con mucho cuidado para no dañar el mecanismo.

Para saber que numero de disco es el correcto para utilizar en la medición de viscosidad, se empleo el método de prueba error, el cual consiste en verificar siempre que la lectura del dial del viscosímetro este entre 10 y 100% de la escala total. Se hacen pruebas con un disco y una velocidad, se presiona el "clutch" de manera que la aguja indicadora quede en la zona visible de la escala, si la aguja se estaciona fuera de la escala o fuera del rango de 10 y 100%, se cambia la velocidad de rotación, hasta hallar la combinación de disco y velocidad rotacional más adecuada. Los discos más grandes (#1, 2, 3) generalmente se utilizan para materiales de menor viscosidad, mientras que, los discos más pequeños (#4, 5, 6,7) se utilizan para materiales de mayor viscosidad.

Existe, para cada combinación de disco y velocidad, un rango máximo de viscosidad que es igual al factor del disco multiplicado por 100, y un rango mínimo de viscosidad que es igual a este factor multiplicado por 10.

Por ejemplo para la aguja numero 4 de un viscosímetro RVT a 10 rpm el factor es igual a 200. Por lo tanto, el máximo rango para esta combinación será de 20000 cP y el mínimo de 2000 cP.

En el ensayo reológico del arroz con leche, se lo llevó a cabo empleando el disco número 4 y trabajando a tres velocidades rotacionales (10, 20 y 50 rpm.) (15, 16).

Fuente: Soria, A. (2003). Manual de los Laboratorios de Fenómenos de Transporte. México: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

ANEXO F

CONVERSIÓN DE LAS LECTURAS OBTENIDAS EN EL VISCOSÍMETRO A VISCOSIDAD APARENTE (CENTIPOISE).

1. Utilizar el número de disco y la velocidad rotacional (rpm) para definir el factor utilizando la tabla de factores del viscosímetro de Brookfield modelo RVT.

MODELO: RVT									
N° de disco	1	2	3	4	5	6	7	FACTOR M=1000	
0.5	200		2M	4M	8M	20M	80M		
1	100		1M	2M	4M	10M	40M		
2	50		500	1M	2M	5M	20M		
2.5	40		400	800	1.6M	4M	16M		
4	25		250	500	1M	2.5M	10M		
5	20		200	400	800	2M	8M		
10	10	40	100	200	400	1M	4M		
20	5	20	50	100	200	500	2M		
50	2	8	20	40	80	200	800		
100	1	4	10	20	40	100	400		

Fuente: Soria, A. (2003). Manual de los Laboratorios de Fenómenos de Transporte. México: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

2. Multiplicar la lectura obtenida por el factor una vez determinado.
3. Expresar el resultado en centipoise (cp).

Velocidad rotacional (rpm)	Lectura	Factor M= 1000	Conversión	Viscosidad (cP)
0.5	22	4M	22*4M	88000
1	26	2M	26*2M	52000
2.5	32.5	800	32.5*800	26000
5	40	400	40*400	16000
10	51	200	51*200	10200
20	65	100	65*100	6500
50	80	40	80*40	3200

Fuente: Soria, A. (2003). Manual de los Laboratorios de Fenómenos de Transporte. México: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

ANEXO G

Determinación de Humedad

Se utilizó el método AOAC 925.10, el cual utiliza una balanza equipada con una lámpara infrarroja, marca Kern modelo MLB 50-3, que detecta automáticamente el contenido de humedad de la muestra.

Materiales y Equipos:

- Platillo de aluminio
- Espátula
- Balanza
- Lámpara infrarroja

Procedimiento:

- Colocar 4 g de la muestra sobre el platillo de aluminio y esparcirlo.
- Encender y tarar la balanza.
- Leer el porcentaje de humedad que indica el equipo.

Resultado: % de humedad

Determinación de Actividad de Agua

Para la medición de este parámetro se empleó el AqualabWater de la serie 3, donde el equipo da el resultado directo de la actividad de agua.

Materiales y Equipos:

- Bandeja de plástico redonda
- Espátula
- AqualabWater

Procedimiento:

- Colocar una pequeña cantidad de producto en la bandeja de plástico.
- Introducir la muestra en el Aqualab para su lectura.

Resultado: aw

Determinación Sólidos Solubles

Se midieron los sólidos solubles de la muestra por medio de un refractómetro, con escala que va de 0 a 30 °Brix, por lectura directa.

Materiales y Equipos:

- Espátula
- Refractómetro

Procedimiento:

- Colocar una pequeña cantidad de producto sobre el lente del refractómetro.
- Hacer una lectura directa del equipo.

Resultado: °Brix

Determinación de Acidez

Para determinar el porcentaje de acidez presente en el arroz con leche se aplicó el método AOAC 939.05, que se basa en titular la muestra con una solución de hidróxido de sodio al 0.1N y fenolftaleína como indicador.

Materiales y Reactivos:

- Balanza analítica
- Espátula

- Matraz elenmeyer
- Bureta
- Agua destilada
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio

Procedimiento:

- Pesar 9 de muestra en un matraz de elenmeyer y añadir 90 g de agua destilada.
- Agitar hasta formar una mezcla homogénea.
- Colocar 3 gotas de fenolftaleína.
- Agregar lentamente gotas de hidróxido de sodio con agitación hasta que se produzca un cambio de color en la muestra (rosado persistente).
- Leer en la bureta el volumen de solución empleada.
- Realizar los cálculos de porcentaje de acidez con la ecuación 3.4.

$$A = 0,900 \frac{V * N}{m1-m} * 100 \text{Ecuación 3.4.}$$

Cálculos:

$$A = 0,900 \frac{1,8 * 0,1}{231 - 132} * 100$$

Resultado: % de acidez

Determinación de pH

De acuerdo al método de la AOAC 943.02 se determinó la acidez o alcalinidad del producto mediante el valor de potencial de hidrógeno.

Materiales y equipos:

- Vaso de precipitación de 50 ml.
- Papel toalla
- Phmetro
- Agua destilada

Procedimiento:

- Calibrar el phmetro: Lavar el electrodo con agua destilada y secar con papel toalla, introducir el electrodo en la solución buffer con pH 4 y calibrar. Lavar el electrodo y secar, introducir el electrodo en la solución buffer con pH 7 y calibrar.
- Lavar el electrodo con agua destilada y secar con papel toalla.
- Colocar 10 g de muestra en el vaso de precipitación de 50 ml.
- Introducir el electrodo en la muestra contenida en el vaso de precipitación y leer el valor del pH dado por el equipo.

Resultado: pH

Determinación de Viscosidad

Se aplicó el método AOAC 967.16 donde se empleó el viscosímetro Brookfield modeloLVDVII+PRO, el funcionamiento de este equipo se basa en la rotación de una aguja (spindle S63) dentro de la muestra.

Materiales y Equipos:

- Vaso de precipitación
- Espátula
- Viscosímetro

Procedimiento:

- Llenar en un vaso de precipitación de 250 ml. con 195 ml. de muestra del arroz con leche.
- Colocar en el viscosímetro la aguja correspondiente, en este caso se utilizó la aguja S63 para realizar las lecturas.
- Colocar el selector en speed y seleccionar la velocidad (RPM).
- Bajar la aguja del equipo cuidadosamente hasta la muestra, esta tiene que estar por encima de la línea de aforo.
- Encender el motor (enter) para que empiece a girar la aguja y tomar las lecturas de viscosidad.

Resultado: Pa-s

Determinación de Densidad

De acuerdo al método de la A.O.A.C. 11.002/84,20.56/90 se determinó densidad del producto.

Materiales y equipos:

- Vaso de precipitación de 50 ml.
- Balanza analítica
- Probeta de 50 ml.
- Espátula

Procedimiento:


- Colocar la probeta de 50 ml en la balanza previamente calibrada.
- Anotar el peso de la probeta como P1.
- Tarar la balanza e inmediatamente colocar la muestra en la probeta hasta que la balanza indique 30 g.
- Observar el volumen que marca la probeta.
- Sustituir los datos en la ecuación 3.5.

$$\rho = m / v \quad \text{Ecuación 3.5.}$$


Resultado: g/ml

ANEXO H

ANÁLISIS DEL BACILLUS CEREUS EN MUESTRA DE ARROCILLO



Escuela Superior Politécnica del Litoral
Laboratorio PROTAL-ESPOL



GCR -I-1-01-400-03

Informe: 15-01/0055-M1001

Datos del cliente

Nombre: Stephania Denisse Cagua Calderón	Teléfono: 097671096
Dirección: Capitán Najera 4306 y la 13ava	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Arroz cocido	Código muestra: 15-01/0055-M1001
Marca comercial: S/M	Lote: AR13112015
Tipo de alimento: VARIOS	Fecha elaboración: 4/01/2015
Envase: envase de vidrio	Fecha expiración: 20/01/2015
Conservación: Refrigeración 0°C - 4 °C	Fecha recepción: 5/01/2015
Fecha análisis: 5/01/2015	Vida útil: 18 días
Contenido neto declarado: 300 g	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: 300 g	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Microbiológicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Bacillus Cereus *	UFC/g	3.0 x 10 ⁻¹	---	BAM 8th *

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

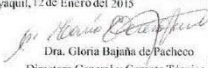
Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

* Observaciones:
Se realizó parámetro microbiológico solicitado por el cliente.
Los datos microbiológicos se encuentran registrados en el cuaderno interno de trabajo de microbiología, en la página 13-04696.

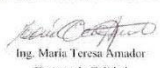
Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
^ Representa el Exponente
* Subcontratado

En microbiología los valores expresados como < 1,8, < 2, < 3, y < 10 se estiman ausencia
La fecha de vencimiento para la validez de los resultados del presente informe (Boletín) es de 360 días a partir de su emisión

Guayaquil, 12 de Enero del 2015



Dra. Gloria Bajajá de Pacheco
Directora General y Gerente Técnico



Ing. María Teresa Amador
Gerente de Calidad

www.laboratorioprotal.espol.edu.ec

VIGENTE DESDE: 01.07.07 REV. 03 Campus "Gustavo Galindo U.", km 30.5 a la Perimetral, coniguo a Pádua, 53m de Cochila
Teléfonos: 042 - 668923 / 729 / 729 * Telefax: 042 - 259233
Facebook: Laboratorio Protal-Espol - Siguenos: @labprotal - rec@eplo@espol.edu.ec - labprotal@espol.edu.ec

ANEXO I

ESTUDIO DE TRATAMIENTO TÉRMICO

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°F)
0	79.88
1	114.08
2	141.98
3	158.36
4	171.50
5	181.04
6	187.52
7	191.66
8	192.56
9	193.46
10	194.18
11	195.26
12	196.88
13	197.42
14	198.32
15	198.86
16	199.22
17	200.12
18	201.02
19	202.10
20	203.00
21	203.54
22	204.08
23	204.62
24	204.98
25	205.34
26	205.52
27	205.88
28	206.06
29	206.24
30	206.60

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°F)
31	207.32
32	207.50
33	207.86
34	208.86
35	208.88
36	208.90
37	208.92
38	208.94
39	208.96
40	208.98
41	209.00
42	209.02
43	209.04
44	209.06
45	209.08
46	209.10
47	209.12
48	209.14
49	209.16
50	209.18
51	209.20
52	209.22
53	209.24
54	209.26
55	209.28
56	209.30
57	209.32
58	209.34
59	209.36
60	209.38
61	209.40
62	209.42
63	209.44
64	209.46
65	209.48
66	209.50

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°F)
67	209.52
68	209.54
69	209.56
70	209.58
71	209.60
72	209.62
73	209.64
74	209.66
75	209.68
76	209.70
77	209.72
78	209.74
79	209.76
80	209.78
81	209.80
82	209.82
83	209.84
84	209.86
85	209.88
86	209.90
87	209.92
88	209.94
89	209.96
90	209.98
91	210.00
92	210.02
93	210.04
94	210.06
95	210.08
96	210.10
97	210.12
98	210.14
99	210.16
100	210.18
101	210.20
102	210.22

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°F)
103	210.24
104	210.26
105	210.28
106	210.30
107	210.32
108	210.34
109	210.36
110	210.38
111	210.40
112	210.42
113	210.44
114	210.46
115	210.48
116	210.50
117	210.52
118	210.54
119	210.56
120	210.58
121	210.60
122	210.62
123	210.64
124	210.68
125	210.69
126	210.73
127	210.75
128	210.81
129	210.83
130	210.85
131	196.20
132	195.80
133	184.6
134	165.2
135	154.4
136	144.0
137	137.1
138	131.5

TIEMPO (min)	TEMPERATURA (°F)
139	127.6
140	125.6
141	121.8
142	117.0
143	113.9
144	111.0
145	109.0
146	106.5
147	104.5
148	102.7
149	100.9
150	99.7

BIBLIOGRAFÍA

1. Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: Pearson. PP. 48, 49.
2. Banco Central del Ecuador. (2014). *Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario*. 2014, Marzo 1, De Departamento de Publicaciones Económicas, Dirección de Estadística Económica, Banco Central del Ecuador
Sitio Web:
http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCwQFjAC&url=http%3A%2F%2Fcontenido.bce.fin.ec%2Fdocumentos%2FPublicacionesNotas%2FCatalogo%2FEncuestas%2FCoyuntura%2FIntegradas%2Fetc201304.pdf&ei=yEb_VK_AGuW1sASS64DoCg&usg=AFQjCNFdAhtcg1phXpyueKrMZcST0A8aEg&bvm=bv.87611401,d.cWc
3. Bilbao, C. (2005). *Soluciones integrales para la industria agroalimentarias*. España Madrid: Mundi Prensa. P. 8.

4. Callejo, M. (2005). *Industria de Cereales y Derivados*. Madrid España: Mundi Prensa. P. 151.
5. Carmona, A. (2008). *Manual del Viscosímetro Brookfield*. Tingo María Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
6. Center for Food Safety and Applied Nutrition (CFSAN). (2012). *Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook*. USA: Food and Drug Administration (FDA).
7. Coello, V., Garcés C. (2012). *Análisis de propiedades térmicas durante gelatinización en tres variedades de arroz INIAP aplicando el calorímetro diferencial de barrido (DSC)*. Guayaquil Ecuador: ESPOL. PP. 37, 38, 39, 40.
8. Cornejo, F. (2009). *Compendio de Ingeniería de Procesos II*. Guayaquil Ecuador: ESPOL Carrera de Ingeniería en Alimentos. PP. 49, 52, 60.
9. Davidson, A. (2007). *Compañero de Oxford a la Alimentación*. Diciembre 1, 2013, de Oxford University Press Sitio web:

<http://www.experienceproject.com/es/s/historias/Historia-De-Arroz-Con-Leche-Del-Siglo-Primero/297089>.

10. Hoseney, R. (1991). *Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales*. Zaragoza España: Acribia. PP. 31, 32, 35, 41.

11. INEN. (2012). Norma 009. Leche Entera.

12. INEN. (2012). Norma 010. Leche Pasteurizada.

13. International Commission on Microbiological Specifications for Food (ICMSF). (1996). *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*. New York: Kluwer Academic & Plenum Publishers. PP. 651, 655.

14. Latham, C. (2008). *Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. Abril 20, 2014, De Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Sitio Web: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s00.htm#Contents>

15. Multon, J. (2006). *Aditivos y Auxiliares de Fabricación en las Industrias Agroalimentarias*. Zaragoza España: Acribia. P. 273.
16. Roa, V. (1995). *Métodos teóricos de predicción de vida útil en alimentos envasados*. Caracas Venezuela: Universidad Simón Bolívar. PP. 3, 20.
17. Soria, A. (2003). *Manual de los Laboratorios de Fenómenos de Transporte*. México: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. PP. 23, 24, 25, 26.
18. Simeti, M. (2008). *Pompa y Sustento: 25 siglos de los Alimentos de Sicilia*. Febrero 13, 2013, de Comunicados de ECCO Hopewell Sitio web: <https://pdflibros.es/author/MWJzbXdnaw~/~/Mary-Taylor-Simeti>.
19. Vanaclocha, A. (2005). *Diseño de industrias agroalimentarias*. España Madrid: Mundi Prensa. P. 50.
20. Vidales, D. (2003). *El mundo del envase, manual para el diseño y producción de envases y embalajes*. Barcelona España: Gustavo Gili. PP.134, 135, 136, 137.

21. Villacreses, W., Andrade, X, & Salazar, D. (2010). *Proyección de inversión para la apertura de puntos de venta de postres a base de arroz con leche de la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil Ecuador: ESPOL. PP. 27, 28, 29.