

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Formulación de un snack horneado a partir de harina de arrocillo
obtenida del cantón Yaguachi”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero de Alimentos

Presentado por:

Chiquito Plaza Joel Ismael

Pino Borja Estefany Nicole

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi familia, por ser el pilar esencial en mi vida. A mis amigos de carrera y colegio, por enseñarme a sonreír en los momentos más desafiantes. A mis mejores amigos, Jonathan Yagual y Viviana Vásquez, por estar cuando más los necesitaba y brindarme momentos únicos en mi vida. A mis amigos de videojuegos, por esas partidas excepcionales. A mi ángel de 4 patas, por darme todo su amor y años de amistad.

Joel Ismael Chiquito Plaza

El presente proyecto lo dedico a mis padres que inculcaron en mí el deseo de superación y que es importante la perseverancia para alcanzar lo que uno se proponga. A mis amigos, por formar parte de este largo camino y por haberme permitido construir gratos recuerdos. A mi enamorado por su comprensión y ánimos para seguir adelante.

Estefany Nicole Pino Borja

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios, por darme la fuerza necesaria para superar las adversidades. A mi familia, por darme su cariño incondicional. A la Ph. D. Sandra Acosta, Ph. D. Sócrates Palacios y M. Sc. Galo Chuchuca por su tiempo, consejos y amistad. Al Ph. D. Patricio Cáceres y M. Sc. Haydeé Torres, por guiar el proyecto. Por último, pero no menos importante, a mi compañera de tesis, por acompañarme a no caer ante las adversidades de esta travesía.

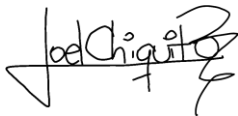
Joel Ismael Chiquito Plaza

Mi más sincero agradecimiento a mis padres por estar junto a mí en este camino y por sus palabras de aliento. Al Ph. D. Patricio Cáceres y la M. Sc. Haydeé Torres por guiar el proyecto. Al Ph. D. Sócrates por su paciencia y comprensión y por enseñarnos que el ser humano se encuentra en constante aprendizaje día a día. A mi compañero de tesis por su apoyo y esmero durante esta travesía.

Estefany Nicole Pino Borja

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Chiquito Plaza Joel Ismael* y *Pino Borja Estefany Nicole* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

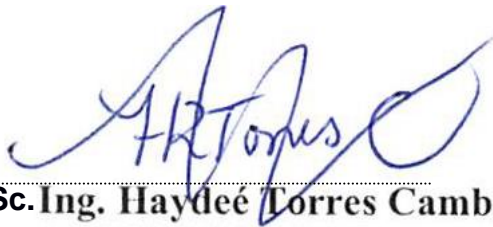


Chiquito Plaza
Joel Ismael



Pino Borja
Estefany Nicole

EVALUADORES



M.Sc.Ing. Haydee Torres Camba

PROFESOR DE LA MATERIA



Ph. D. Patricio Cáceres C.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En Yaguachi, se obtienen grandes cantidades de arrocillo, un subproducto de la molienda del arroz, que en la actualidad se considera como un residuo en lugar de un ingrediente potencial, no obstante, puede ser aprovechado para la elaboración de nuevos productos que impulsen su valor comercial. El presente trabajo tiene como objetivo diseñar un producto con la utilización de la harina de arrocillo. En este caso, la propuesta está orientada a la producción de galletas para la alimentación de niños, que incluyan en su formulación la harina de arrocillo y para complementar su contenido nutricional se le añadió harina de fréjol. Se implementó la metodología del modelado y simulación en base a uno de los componentes más afectados por el proceso de horneado, como es la lisina. Para conseguir el modelo, se usaron ecuaciones que involucraron la interacción del tiempo y temperatura con la concentración de lisina, y la validación de los datos adquiridos se realizó a través de estadísticos. Se obtuvo que la mejor combinación de temperatura y tiempo fue de 130°C y 20 minutos. Así mismo, la formulación óptima contiene 35 % de harina de arrocillo y 15 % de harina de fréjol, aportando con 8,8 % de la ingesta diaria recomendada de lisina. Los resultados del análisis estadístico demostraron que el modelo, basado en la ecuación de Arrhenius, estima la pérdida de lisina en el proceso de horneado. Además, la formulación seleccionada permite tener un producto balanceado por su aporte calórico y nutricional.

Palabras claves: lisina, simulación, arrocillo, galleta.

ABSTRACT

In Yaguachi, there is an obtainment of large amounts of broken rice, a by-product of rice milling which nowadays is considered as a food waste instead of a potential ingredient. However, it could be used to create new products that boost its commercial value. The objective of the current work is to design a product using broken rice flour. In this case, the approach is focused on nourishing children through the production of cookies that includes the broken rice flour in the formulation and to enhance its nutritional content, bean flour was added. The modelling and simulation methodology was implemented based on one of the most affected components in the baking process, such as lysine. To obtain the model, equations that involve the interaction between time and temperature with lysine concentration were used and the validation of the acquired data was done through statistics. The best combination obtained was a temperature and time of 130°C and 20 minutes. Moreover, the optimal formulation included 35 % of broken rice flour and 15 % of bean flour, providing 8,8% of recommended daily intake of lysine. The results of the statistical analysis demonstrated that the model based on Arrhenius equation, estimate lysine loss in the baking process. Besides, the chosen formulation allows to have a balanced product due to its caloric and nutritional contribution.

Keywords: *lysine, simulation, broken rice, cookie.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	1
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Generalidades del arrocillo	3
1.4.2 Generalidades del fréjol	6
1.4.3 Nutrición en niños de 6 a 12 años.....	8
1.4.4 Galletas y su elaboración.....	8
CAPÍTULO 2.....	11
2. Metodología	11
2.1 Obtención de concentración inicial de lisina.....	11
2.2 Obtención de porcentaje de pérdida de lisina: modelado y simulación	12
2.2.1 Variables involucradas en la pérdida de lisina	13
2.2.2 Búsqueda y depuración de los datos	13

2.2.3	Identificación de modelo	15
2.2.4	Proposición de modelo	15
2.2.5	Validación del modelo	16
2.3	Obtención de la concentración final de lisina.....	17
2.4	Aspectos legales	17
2.4.1	NTE INEN 2085: Galletas. Requisitos	17
2.4.2	NTE INEN 1334-2: Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos.....	17
2.5	Distribución de la planta de elaboración de galletas.....	18
2.6	Estimación de costos.....	20
2.6.1	Costos de producción	20
2.6.2	Punto de equilibrio	20
2.6.3	Análisis Financiero.....	20
CAPÍTULO 3.....		22
3.	Resultados y Análisis.....	22
3.1	Obtención de la cantidad de lisina inicial.....	22
3.2	Obtención de porcentaje de pérdida de lisina: modelado y simulación	22
3.2.1	Búsqueda y depuración de los datos	22
3.2.2	Proposición de modelo	23
3.2.3	Validación del modelo.....	25
3.3	Obtención de la concentración final de lisina.....	27
3.4	Aspectos legales	29
3.4.1	NTE INEN 2085: Galletas. Requisitos	29
3.4.2	NTE INEN 1334-2: Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos.....	29
3.5	Distribución de la planta de elaboración de galletas.....	29

3.6	Estimación de costos.....	31
3.6.1	Costos de producción	31
3.6.2	Punto de equilibrio	32
3.6.3	Análisis Financiero.....	32
CAPÍTULO 4.....		33
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	33
4.1	Conclusiones.....	33
4.2	Recomendaciones.....	34
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
USDA	United States Department of Agriculture
FAO	Food and Agriculture Organization of United States
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
FDA	Food and Drug Administration
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
TRA	Tabla Relacional de Actividades
CORELAP	Computerized Relationship Layout Planning
PVP	Precio de Venta al Público
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
TMAR	Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento

SIMBOLOGÍA

mg	Miligramo
µg	Microgramo
g	Gramo
Kcal	Kilocaloría
IU	Unidad Internacional
mm	Milímetro
µm	Micrómetro
min	Minutos
J	Joule
mol	Mol
°K	Grados Kelvin
°C	Grados Celcius
e	Número de Euler
m ²	Metros cuadrados

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de proceso de elaboración de galleta	10
Figura 2.1 Actividades de flujo y no flujo	18
Figura 3.1 Logaritmo natural negativo de la concentración de lisina retenida vs el tiempo.....	23
Figura 3.2 Logaritmo natural del valor k vs el inverso de la temperatura.....	23
Figura 3.3 Modelo obtenido de la pérdida de lisina en la etapa de horneado.....	25
Figura 3.4 Regresión lineal entre los datos simulados y experimentales	25
Figura 3.5 Probabilidad normal para los datos simulados y experimentales	26
Figura 3.6 Tabla Relacional de Actividades.....	29
Figura 3.7 Lay out de la planta	30
Figura 3.8 Asignación de los departamentos por medio del software Corelap 1.0	30
Figura 3.9 Interpretación del lay out asignado por Corelap 1.0	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación de arrocillo por su tamaño	3
Tabla 1.2 Composición del arrocillo y la harina de arrocillo.....	4
Tabla 1.3 Composición química del fréjol por cada 100 g	6
Tabla 1.4 Comparación del contenido de aminoácidos por 100 g de alimentos básicos	7
Tabla 1.5 Ingesta diarias recomendada promedio de nutrientes en niños de 6 a 12 años.....	8
Tabla 1.6 Función de los ingredientes en la elaboración de la galleta	9
Tabla 2.1 Porcentajes de sustitución entre harinas	12
Tabla 2.2 Contenido de proteína, lisina y perfil proteínico de harina de arrocillo y trigo	14
Tabla 2.3 Escala de valoración de la Tabla Relacional de Actividades (T.R.A).....	19
Tabla 2.4 Valoración y motivos para calificar la relación entre actividades	19
Tabla 3.1 Coeficientes de velocidad (k) a 115, 145, 150 y 180°C	24
Tabla 3.2 Ea/R, Energía de activación (Ea) Ln(A) y factor de frecuencia (A)	25
Tabla 3.3 Prueba Man-Whitney	27
Tabla 3.4 Combinaciones de tiempo y temperatura a analizar.....	27
Tabla 3.5 Formulación escogida.....	28

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Ecuador produce anualmente un promedio de 189 mil toneladas de arrocillo, también llamado arroz partido, obteniéndose una gran cantidad de materia prima que puede ser aprovechada (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018). En el cantón Yaguachi se producen cantidades importantes de arrocillo, aproximadamente 3000 kilogramos por día. Cerca de 1 800 kilogramos (60 %) se utiliza por empresas de balanceados y 1 200 kilogramos (40 %) se desperdicia por no ser considerado como componente principal para la elaboración de productos alimenticios (Menéndez, 2020). Esto se evidencia al no ser identificado en la declaración de los ingredientes de alimentos del mercado nacional. Al no darle un uso más amplio al arrocillo, se limitan las ganancias generadas para los agricultores y las personas involucradas en el procesamiento del arroz partido.

A pesar de que el arrocillo se lo obtiene en grano, es más factible comercializar su harina. Para obtenerla, se debe pasar por un proceso de reducción de tamaño llamado molienda, en el que se tiene un rendimiento del 90 % en la transformación de arroz partido a su respectiva harina. Además, su ventaja radica en que se puede transportar más volumen de producto y no hay una pérdida significativa de componentes al ser procesada.

De esta manera, la harina de arrocillo, además de ser fuente de carbohidratos y tener un bajo contenido en grasa, puede ser aprovechada para combatir problemas actuales que presenta la población escolar de 5 a 11 años, como el retardo en la talla (15 %), y de sobrepeso y obesidad (29.9 %) (Alejandro, Santana, & Cumbe, 2016).

1.2 Justificación del problema

El arrocillo a pesar de ser de menor acogida por la industria alimentaria ecuatoriana y ser considerado como un residuo en lugar de un ingrediente potencial, en realidad, no presenta una calidad reducida, ya que ha sido

utilizado en otros países para producir propuestas alimenticias tecnológicamente factibles (Omran & Hussien, 2015) (Folorunso, Omoniyi, & Habeeb, 2016).

Por ende, puede ser aprovechado como parte de la formulación de un alimento dirigido a niños de 6 a 12 años, que cumpla con sus requerimientos nutricionales y calóricos.

Por lo anteriormente mencionado, la propuesta del proyecto es la elaboración de galletas, por ser un producto capaz de generar valor al integrar harinas no convencionales y al ser de preferencia para los niños. Además, la producción de este tipo de alimento presenta ventajas como larga vida de anaquel, rendimiento elevado del proceso de fabricación, factibilidad tecnológica y facilidad de transporte (De Rivera, Doria, Mata, & Lira, 2018).

Para la formulación de las galletas, se hace uso de la harina de arrocillo, que aporta con aminoácidos esenciales azufrados y en mayor proporción, con carbohidratos necesarios para que lo niños realicen sus actividades (Pincioli, 2010).

Debido a que la harina de arrocillo no es un ingrediente con contenido nutricional balanceado, es recomendable el uso de otra harina que complemente sus nutrientes, como es el caso de la harina de fréjol blanco que presenta una mayor cantidad de hierro y calcio, en comparación con las otras variedades de fréjol (Pavón, 2014). Así mismo, proporciona aminoácidos esenciales como lisina y leucina complementando así, el perfil aminoacídico del arrocillo (Vega & Chiriboga, 1989).

Finalmente, la ejecución de este proyecto ofrece también un beneficio socio económico, mejorando los ingresos de los agricultores y las personas involucradas en el procesamiento del arrocillo, al proporcionar una mayor rentabilidad al arroz partido, y generar plazas de trabajos requeridos para la elaboración de las galletas. Del mismo modo presenta un impacto social, al reducir la tasa de malnutrición presente en los niños en el país, al consumir un producto nutricionalmente balanceado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un producto horneado tipo snack aprovechando como ingrediente principal la harina de arrocillo, para la obtención de un alimento con mayor valor comercial.

1.3.2 Objetivos Específicos

Establecer los modelos matemáticos mediante revisión bibliográfica para la selección de las variables del proceso.

Definir la fórmula y las condiciones de las variables de proceso optimizando el valor nutricional.

Analizar la viabilidad económica de la elaboración del producto a través de los costos de producción para su posible implementación.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Generalidades del arrocillo

En el proceso de pilado del arroz (*Oryza sativa* L.), específicamente en el secado del arroz en cáscara y el pulido, se obtiene el subproducto llamado arrocillo, cuyo rendimiento es del 10 al 12 % (Banchón & Cruz, 2017).

Para una definición correcta del arrocillo, se debe establecer que la longitud máxima a la que se puede llegar es del 75 % de un grano entero. Es decir, todos los valores inferiores al porcentaje mencionado con anterioridad forman parte del concepto de arrocillo y han generado una clasificación de acuerdo con su tamaño, que se puede observar en la tabla 1.1 presentada a continuación:

Tabla 1.1 Clasificación de arrocillo por su tamaño

Tamaño	Tamaño del grano de arrocillo obtenido	Referencia
Grande	≥ 3.3 a 4.95 mm	(Codex Alimentarius, 1995)
Medio	1.55 a 3.3 mm	
Corto	≤ 1.55 mm	

Elaborado por: Los autores de este documento

Por otra parte, el consumo del arrocillo es habitual en países asiáticos ya que han sabido aprovechar las características que brinda, como una textura más suave y la mayor absorción de aromas, en la preparación de sus platos exóticos (Folorunso, Omoniyi, & Habeeb, 2016). En otros países, su potencial uso se da en las industrias de cervecería, balanceado de animales, panificación, producción de jarabe de glucosa y en la destilación de licores (Nirmal, 2007).

Composición química del arrocillo y su harina

La composición química del arroz partido presentará diferencias de acuerdo con la variedad que se disponga en Ecuador, en donde podemos encontrar variedades como INIAP 11, 12, 14 y 15 y variedades provistas por la compañía de alimentos PRONACA como lo son el SFL 09 y 11 (Corporación de Industriales Arroceros del Ecuador, 2010). Así como también, los procesos a los cuales será sometido tendrán un gran impacto en el producto final. A continuación, en la tabla 1.2 se presentan rangos de su composición:

Tabla 1.2 Composición del arrocillo y la harina de arrocillo

Composición	Arrocillo (% peso en seco)	Harina de Arrocillo (% peso en seco)	Referencias
Materia Seca	87 – 89	87.34 – 89.74	(Amal, 2016) (Ramirez, Calvante, Ramírez, & Wanderlei, 2016) (Ibrahim, 2017) (Aparecida, Santos, Galvan, Luiz, & Hernan, 2016) (Mc Kinnon, Bowland, & Sucheep, 1976) (Norhaizan, Tan, & Loh, 2013) (Carvalho, y otros, 2013) (Pobee, Akonor, & Bonsi, 2017)
Proteína	6.7 - 10.1	7.00 – 10.55	
Grasa cruda	0.5 - 1.9	0.30 – 0.47	
Cenizas	0.84	0.43 - 0.51	
Fibra Dietaria	0.84 – 1.28	0.88 – 1.04	
Calcio	0.05 - 0.19	0.0953 – 0.0959	
Carbohidratos totales	80.10 – 82.16	76.76 – 81.66	

Elaborado por: Los autores de este documento

Se detalla en la tabla 1.2 que la cantidad de ceniza disminuye, es decir, que la harina de arrocillo contiene una menor cantidad de minerales, siendo beneficioso para otros atributos como el color porque a una menor cantidad de cenizas la luminosidad de la harina aumenta, obteniendo una harina más blanca (Kraithong & Rawdkuen, 2019). Por otra parte, la variación de los valores de los componentes restantes es mínima.

Harina de arrocillo en galletas

Las investigaciones realizadas con el arrocillo en galletas están centradas, en su mayoría, en la sustitución parcial de harinas con o sin gluten, y se evalúa el efecto que tiene la harina de arroz partido en el radio de propagación, dureza y color.

El tamaño de partícula de la harina de arroz partido influye en la relación entre el diámetro y la altura de la galleta, conocida como el radio de propagación, que sirve como índice de una buena expansión del producto (Ibrahim, 2017). Ya que la harina de arrocillo posee una dimensión de partícula promedio de 128 μm , es bajo comparado con la medida media para una buena propagación, que es de 150 μm . Por ende, se debe sustituir hasta un 50 % con otra harina, para que no se vea afectado el producto final (Boz, 2019). Con respecto a la dureza, la harina de arrocillo hasta un 75 % de sustitución genera una mejor característica que una galleta con harina de trigo. La causa de la mejora mencionada se debe a la cantidad de fibra, que a pesar de no ser alta igual absorbe cierta cantidad de agua, haciendo que la dureza disminuya (De Souza, Maciel, De Cássia, Peruch, & Souza, 2015).

Por último, cabe acotar que la sustitución de un producto con harina de arrocillo no generará colores indeseados en el producto final, ya que no posee pigmentos carotenoides que puedan influir de manera significativa. Pero, si ayudará a formar cierta coloración a través de la reacción de Maillard, donde intervendrá el almidón de la harina de arroz partido (Omran & Hussien, 2015).

1.4.2 Generalidades del fréjol

El fréjol (*Phaseolus vulgaris*) es una legumbre de alto contenido proteico, con más de 70 variedades, que forma parte primordial en la dieta de países de Latinoamérica y África (Bravo, Maldonado, Herrera, Ríos, & García, 2015). Estas variedades de fréjol se diferencian principalmente por su sabor, color, forma, por su textura y hasta por su aroma (Hernández, Medina, Robles, Solís, & Tusquellas, 2013). En Ecuador, las variedades más apetecidas son el fréjol canario, calima negro, panamito blanco y rojo moteado.

El fréjol panamito blanco se caracteriza por su forma ovalada y semiaplastada, y por su color blanco. Suele cultivarse en las provincias de Azuay, Loja y Chimborazo (El Comercio, 2011).

Composición química y valor nutricional del fréjol blanco

El fréjol blanco tiene alto contenido de hidratos de carbono y es escaso en lípidos. La composición química del fréjol blanco puede visualizarse en la tabla 1.3.

Tabla 1.3 Composición química del fréjol por cada 100 g

Componentes	Unidades	Fréjol blanco
Agua	g	12.1
Energía	Kcal	337
Proteína	g	22.33
Lípidos	g	1.5
Carbohidratos	g	60.75
Fibra total	g	15.3
Azúcares	g	3.88
Calcio	mg	147
Hierro	mg	5.49
Sodio	mg	5
Zinc	mg	3.65
Código		173745

Fuente: (USDA, 2020)

El fréjol blanco por lo general contiene del 20 al 30 % de proteínas de alto valor biológico, siendo una fuente rica de aminoácidos esenciales descritos dentro de la tabla 1.4, como la leucina y lisina, pero teniendo como limitante aminoácidos como la metionina y el triptófano, por lo que se recomienda que se combine con otros alimentos para mejorar la calidad proteica (Vega & Chiriboga, 1989).

Tabla 1.4 Comparación del contenido de aminoácidos por 100 g de alimentos básicos

Alimento	Humedad %	Proteína mg	Lisina mg	Metionina mg	Cisteína mg	Triptófano mg
Maíz	12	9.5	254	182	147	67
Fréjol blanco	11	22.1	1593	234	188	223
Pollo	66	20	1570	502	262	205

Fuente: (Vega & Chiriboga, 1989)

Elaborado por: Los autores de este documento

El fréjol blanco a su vez contiene vitaminas tales como el ácido fólico, la riboflavina, tiamina y niacina y minerales como zinc, magnesio, potasio hierro y calcio (Franco & Guaranda, 2018). Además, presenta propiedades funcionales por ser fuente importante de polifenoles e isoflavonas por lo que su ingesta ha demostrado que ayuda a la prevención de enfermedades letales como el cáncer (Pavón, 2014).

Factores antinutricionales del fréjol

Las lectinas o aglutininas son glicoproteínas que pueden reducir la biodisponibilidad de micronutrientes tales como hierro o zinc en la dieta, lo que repercute en la salud. Además, son termoestables y pueden inactivarse con la cocción de los fréjoles a una temperatura aproximada a 100°C por 15 minutos, con la mejora de la digestibilidad de las proteínas del fréjol (Martínez, 2016).

Harina de fréjol

La harina de fréjol no contiene gluten, es rica en proteínas y carbohidratos. Es recomendable para sustituir hasta en un 50 % la harina de trigo en productos de panadería y repostería logrando obtener productos con mayor valor nutritivo al duplicar su contenido proteico y elevar la proporción de almidón resistente (Bonilla, Cubero, & Reyes, 2017) (Franco & Guaranda, 2018).

En galletas, se ha evidenciado que el aumento de las proteínas ocasiona una disminución de su radio de propagación y es necesario el uso de una mayor cantidad de agua para la formación de una masa manejable. La harina de fréjol no afecta de forma significativa en la dureza de las galletas y también contribuye en el color debido a mayor disponibilidad de aminoácidos precursores en la reacción de Maillard (Zucco, Borsuk, & Arntfield, 2011).

1.4.3 Nutrición en niños de 6 a 12 años

Dentro de la tabla 1.5 se puede observar las ingestas diarias recomendadas de los nutrientes que necesitan los niños de 6 a 12 años.

Tabla 1.5 Ingesta diarias recomendada promedio de nutrientes en niños de 6 a 12 años

Nutrientes	Dosis diarias recomendada promedio	Referencias
Energía	1963 Kcal	(FAO, 2013) (FDA, 2020) (Csapó & Schobert, 2017)
Carbohidratos	321 g	
Proteínas	47 g	
Lípidos	55 g	
Hierro	9 mg	
Calcio	1050 mg	
Magnesio	420 mg	
Potasio	3500 mg	
Zinc	11 mg	
Lisina	1820	

Elaborado por: Los autores de este documento

1.4.4 Galletas y su elaboración

Definición e ingredientes de las galletas

Las galletas son productos obtenidos por medio del horneado de masa, elaborada a partir de derivados del trigo u otras farináceas con otros ingredientes aptos para el consumo humano (INEN, 2005).

La galleta constará de los ingredientes presentados a continuación en la tabla 1.6:

Tabla 1.6 Función de los ingredientes en la elaboración de la galleta

Ingredientes	Función	Referencias
Harina de arrocillo	Aporte de aminoácidos y participación en la reacción de Maillard	(Stenby, 2013) (Singh, Gupta, Singh Sodhi, & Singh, 2002) (Gyori & Sipos, 2016) (Salvador, Sotelo, & Paucar, 2014) (Pérez, 2017) (Asghar & Abbas, 2012) (Jacob & Leelavathi, 2006) (Gallagher, Kenny, & Arendt, 2005)
Harina de fréjol		
Manteca vegetal	Produce una mayor palatabilidad y textura má suave	
Huevo en polvo	Provee aminoácidos ayudando a la reacción de Maillard Retención de gas	
Leche en polvo	Provee aminoácidos y lactosa, involucrados en la reacción de Maillard	
Agua	Expansión, integración de ingredientes	
Bicarbonato de sodio	Expansión	
Sal	Potencia el sabor, influencia en la absorción de agua, estabiliza las proteínas	
Azúcar	Participa en reacción de Maillard y en proceso de caramelización	
Stevia	Proporciona dulzor, sustituto de azúcar	

Elaborado por: Los autores de este documento

Diagrama de proceso de la elaboración de la galleta

En la figura 1.1 se detalla el proceso para la obtención de la galleta:

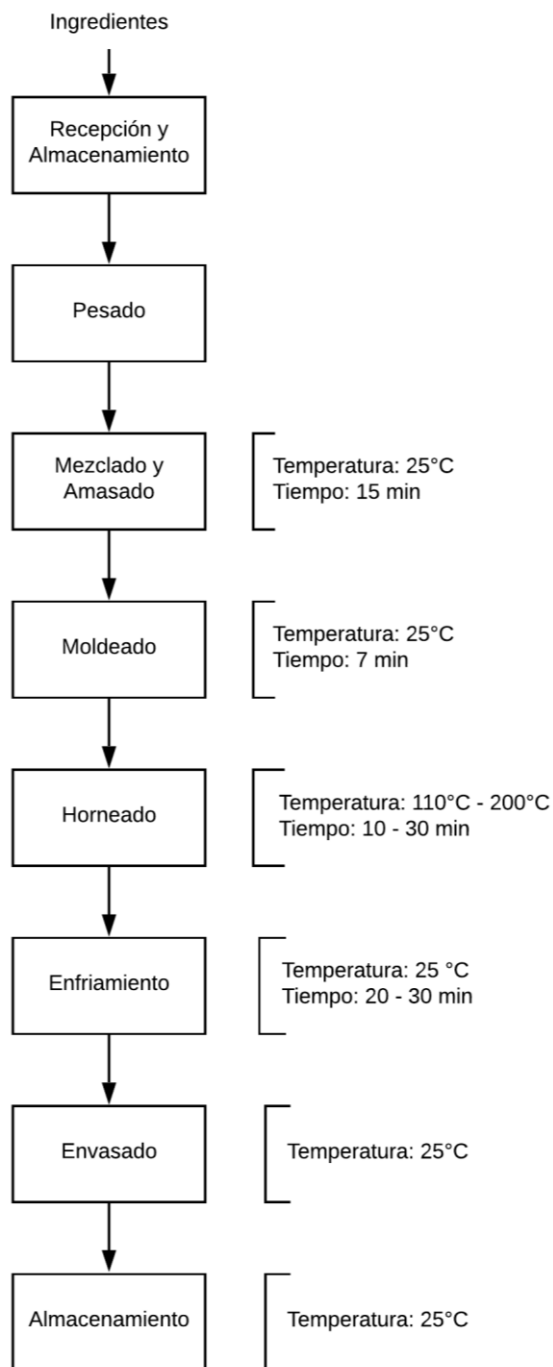


Figura 1.1 Diagrama de proceso de elaboración de galleta

Elaborado por: Los autores de este documento

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En el presente proyecto de investigación, se realizó la revisión bibliográfica para considerar en la formulación de la galleta, un nutriente limitante de interés y el proceso que influenciaba en dicho nutriente, identificando así, la relación entre ambos y poder obtener un perfil nutricional pertinente.

Por ende, se estableció que el proceso de horneado generaba una mayor cantidad de pérdidas de macro y micronutrientes, en donde se encuentra la lisina, el aminoácido indicador más utilizado para observar el efecto del tratamiento térmico, sobre la calidad proteica de los productos horneados (Hui, Corke, De Leyn, Nip, & Cross, 2008) (Patel, Kar, Pradhan, Mohapatra, & Nayak, 2019).

Una vez establecidos estos datos de relevancia, se siguió una metodología centrada en:

- Obtención de la cantidad de lisina inicial por cada porcentaje de sustitución de harina de arrozillo y fréjol.
- Identificación de las variables que afectaron al porcentaje de lisina en el proceso para la obtención de un modelo que permitió predecir distintos escenarios y conseguir el menor porcentaje de pérdida del compuesto.
- Definición de los escenarios que redujeron mínimamente el porcentaje de pérdida de lisina y así, combinarse con los contenidos de lisina iniciales hasta lograr la cantidad de lisina final deseada.

2.1 Obtención de concentración inicial de lisina

La cantidad de lisina depende de los ingredientes que contengan este aminoácido en la galleta, entre los cuales tenemos a la harina de arrozillo (HA), harina de fréjol (HF), huevo en polvo (HP) y leche en polvo (LP). Sin embargo, se seleccionó únicamente la harina de arroz y fréjol porque se utilizan en mayor cantidad en la formulación. Por lo tanto, la cantidad de HP y LP se mantuvo constante, así como su porcentaje de lisina.

Al inicio se definió las distintas combinaciones de harina de arrozillo con harina de fréjol. Estos valores fueron seleccionados de acuerdo con estudios, donde se encontró que trabajó hasta con un 40 % de harina de

arrocillo en las formulaciones; pero con respecto a la harina de fréjol, solo se pudo trabajar como límite hasta un 25 %, ya que se presentaban problemas tecnológicos (Wayne & Hall, 2017) (Ibrahim, 2017). Por ende, se propuso incluir la harina de arrocillo entre valores de 25 y 40 % y para el caso de la harina de fréjol, se trabajó con rangos entre 10 a 25 %, habiendo entre ellos intervalos del 5 %. En la tabla 2.1 se detallan los porcentajes a trabajar:

Tabla 2.1 Porcentajes de sustitución entre harinas

% de HA	% de HF
25	25
30	20
35	15
40	10

Elaborado por: Los autores de este documento

Finalmente, para obtener la concentración de lisina de cada valor de la tabla 2.1, cada cantidad de HA y HF fue multiplicada por la cantidad de lisina contenida por cada 100 g de HA y por cada 100 g de HF, siendo 266.8 mg de lisina y 1593 mg de lisina respectivamente. Estos resultados fueron sumados a la cantidad de lisina fija del huevo (106.42 mg) y leche en polvo (137.76 mg). Para el cálculo, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de lisina inicial} = g \text{ HF} * \left(\frac{266.8 \text{ mg de lisina}}{100 \text{ g de HF}} \right) + g \text{ HA} * \left(\frac{1593 \text{ mg de lisina}}{100 \text{ g de HA}} \right) + \text{HP} + \text{LP} \quad (2.1)$$

2.2 Obtención de porcentaje de pérdida de lisina: modelado y simulación

La simulación consiste en comprobar que un modelo propuesto represente de manera adecuada a un fenómeno de la vida real. Es utilizado en la mayoría de las industrias gracias al uso de softwares que permiten predecir el efecto de las variables que más afecten al proceso y así, tomar las mejores decisiones para prevenir una mayor inversión de tiempo y dinero (Magana, 2017).

El modelado y simulación se empleó para estimar el valor de la pérdida de lisina. Por ende, se siguió una serie de pasos que se centraron inicialmente, en la búsqueda de las variables involucradas, que sirvieron para el hallazgo de los datos a simular. Después, los datos fueron depurados para evitar inconsistencias en los resultados. Seguido de lo anterior, se buscaron los modelos que relacionaron las variables establecidas y se propuso el modelo general, el que fue validado como paso final (Candelaria, y otros, 2011).

2.2.1 Variables involucradas en la pérdida de lisina

La pérdida de lisina en la etapa de horneado se encuentra en función de variables como las expuestas a continuación (Ranhotra G.S., 1988):

Tiempo y Temperatura

A mayor tiempo y temperatura, la pérdida de lisina es mayor. En el horneado, se trabaja en un rango de temperaturas de 110°C a 200°C. Una vez que se alcanza los 100°C el agua de las galletas se evapora. El agua evaporada seca la superficie de la galleta y da inicio al proceso de caramelización (130°C) y de reacción de Maillard (110°C-120°C), siendo la última reacción mencionada la que da uso de aminoácidos como la lisina, para la formación de dextrinas amarillas (110°C) y dextrinas cafés (160°C-170°C), que proporcionan color y sabor, característicos del producto (Stenby, 2013).

Por otra parte, cabe mencionar que el tiempo de cocción es inversamente proporcional a la temperatura, es decir, el tiempo de cocción es menor, mientras más elevada sea la temperatura.

2.2.2 Búsqueda y depuración de los datos

Los datos escogidos para la realización de la simulación fueron en base a estudios sobre el efecto de la pérdida de lisina en el proceso de horneado, en productos de panificación que contienen harina de trigo como ingrediente dentro de su formulación. Esto se puede observar en el apéndice A.

Se asumió que el producto estudiado en el presente proyecto, a base de harina de arrozillo, tuvo un comportamiento similar, con respecto a la

pérdida de lisina, por los niveles de proteína y lisina que contienen, así como también, por el perfil proteico que puede visualizarse en la tabla 2.2:

Tabla 2.2 Contenido de proteína, lisina y perfil proteínico de harina de arrocillo y trigo

Alimento	Contenido de proteína (%)	Contenido de lisina (%)	Perfil proteico (%)	Referencias
Harina de arrocillo	7- 11	2.50 - 3.20	80 % glutelinas 5 % prolaminas 5 % albúminas 10 % globulinas	(Vasal, 2004) (De la Vega, 2009)
Harina de trigo	10 -12	3.5 – 4.00	80 – 85 % gluteninas (glutelina del trigo) y gliadinas (prolamina del trigo) 15 – 20 % albúminas y globulinas	

Elaborado por: Los autores de este documento

De las referencias bibliográficas se tomaron datos de la pérdida de lisina a temperaturas de 115, 145, 150, 180°C.

Una vez obtenido los datos, se prosiguió a realizar una depuración, ya que los datos obtenidos provenían de varias experimentaciones. Es así como, primero se realizó la detección de datos atípicos por medio de regresión lineal y posteriormente se eliminaron porque generaban inconsistencias dentro del análisis. La implementación de este método redujo la data disponible por lo que se recurrió al uso de la imputación, un conjunto de procedimientos cuyo propósito es generar nueva data a partir de la data existente. Entre estas técnicas se encuentra la interpolación, la cual fue ejecutada para tener una base de datos más extensa (Amón, 2010) (Pacheco & Capa, 2010).

2.2.3 Identificación de modelo

Este estudio se centró en el uso de modelos matemáticos que se acoplen al fenómeno de degradación en la etapa de horneado.

Modelo de degradación cinética

El modelo de degradación cinética utilizado para la predicción de la pérdida de lisina se acopla a una reacción de primer orden (Tsao, Frey, & Harper, 1978):

$$\frac{[AL_t]}{[AL_0]} = e^{-kt} = LR \quad (2.2)$$

Donde k es el coeficiente de velocidad específica a tasa constante, $[AL_t]$ es la concentración de lisina a determinado tiempo t, $[AL_0]$ es la concentración de lisina inicial y LR es el porcentaje de lisina retenida.

Al despejar k de la ecuación 2.2 se tiene:

$$k = \frac{-\ln(LR)}{t} \quad (2.3)$$

Modelo de dependencia de temperatura

La tasa de reacción y la temperatura se relacionan mediante la ecuación de Arrhenius (Torres, Guerra, & Rosquete, 2001):

$$k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (2.4)$$

Donde A (1/min) es el factor de frecuencia, E_a es la energía de activación de la reacción (J/mol), T es la temperatura absoluta (°K) y R es la constante universal de los gases (8,31447 J/mol °K).

Al aplicar logaritmo natural a la ecuación (2.4), se tiene:

$$\ln(k) = \ln(A) - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \quad (2.5)$$

2.2.4 Proposición de modelo

Al reemplazar la ecuación (2.4) en (2.2) se obtiene:

$$LR = e^{-(Ae^{\frac{E_a}{RT}})t} \quad (2.6)$$

El porcentaje de lisina retenido, al aplicarle el inverso, se tiene el porcentaje de pérdida de lisina descrito en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ pérdida de lisina} = 100 - (e^{-\left(\frac{E_a}{RT}\right)t} * 100) \quad (2.7)$$

Para la simulación, se analizaron los datos mediante el procesador de cálculo de Microsoft Excel. Primero, a partir de la ecuación 2.3, se procedió a elaborar una gráfica de logaritmo natural del porcentaje de lisina retenida en negativo versus el tiempo, de esta manera se obtuvo la pendiente (valor k), para cada una de las temperaturas mencionadas con anterioridad.

Segundo, una vez encontrados los valores k, a partir de la ecuación 2.5, se elaboró una gráfica de logaritmo natural de la constante k versus el inverso de la temperatura, para obtener una pendiente (E_a/R) y un intercepto ($\ln(A)$).

Finalmente, al introducir los datos encontrados de E_a/R y A en la ecuación 2.7, se obtuvo los valores simulados de pérdida de lisina a distintos tiempos y temperaturas.

2.2.5 Validación del modelo

Para validar el modelo de simulación, se recurrió a 2 métodos:

- **Coefficiente de determinación**

Los datos simulados se comparan con los datos experimentales a través de una regresión lineal entre ellos y se analiza el coeficiente de determinación (R^2), el cual mientras más se acerque a 1, indica que los datos simulados no se encuentran tan alejados de los datos obtenidos por consulta bibliográfica (Wolf, 1982).

- **Prueba estadística de 2 muestras**

Para confirmar si los datos obtenidos a través del modelo de simulación poseían diferencias significativas con los datos experimentales, se realizó un análisis estadístico a través del programa Minitab 18. Primero, se analizó si los datos provenían de una distribución normal o no, gracias a la prueba Anderson-Darling, que se basa en las siguientes hipótesis:

H_0 = Los datos siguen una distribución normal

H_1 = Los datos no siguen una distribución normal

Sí el valor p de la prueba es menor o igual al nivel de significancia escogido ($\alpha=0.05$), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos no siguen una distribución normal. Por el contrario, si el valor p es mayor a 0.05, entonces los datos siguen una distribución normal.

Si los datos se distribuyen normalmente se usa una prueba t de 2 muestras y si no presentan normalidad, se usa una prueba no paramétrica llamada Man-Whitney (Flores, Miranda, & Villasís, 2017). En estas pruebas se analiza el valor p nuevamente, para verificar si la media (caso paramétrico), o mediana (caso no paramétrico), de dos muestras difieren o son iguales.

2.3 Obtención de la concentración final de lisina

Para obtener la concentración final de lisina se juntaron las combinaciones de tiempo y temperatura (intervalos de 10°C) que generaron la menor pérdida de lisina, con cada formulación expuesta en la tabla 2.1. Es decir, cada combinación generó un porcentaje de pérdida el cual fue restado del contenido inicial de lisina, para obtener la cantidad final de lisina. Aquí, se obtuvieron varios resultados los cuales fueron evaluados, consiguiendo así un producto que no generó muchos gastos y sea de calidad.

2.4 Aspectos legales

2.4.1 NTE INEN 2085: Galletas. Requisitos

Esta norma se usó para la comprobación del cumplimiento de la cantidad de proteína mínima requerida en la galleta, la cual debe ser de al menos el 3 %.

2.4.2 NTE INEN 1334-2: Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos

Esta norma se usó como base para la elaboración de la tabla nutricional de la galleta (INEN, 2016). Los valores de cada macro y micromolécula

pertenecientes a cada ingrediente se obtuvieron a través de la base de datos de la USDA.

2.5 Distribución de la planta de elaboración de galletas

Para la distribución adecuada de los procesos en la planta se tomó como base la metodología SLP (Systematic Layout Planning) y el método de generación de lay out de algoritmo heurístico de Corelap, teniendo como restricción un espacio disponible de 300 m².

Primero se procedió a realizar un análisis basado en la metodología de la tabla relacional de actividades, donde se identificó la relación de proximidad entre áreas o departamentos correspondientes a las actividades de flujo y no flujo. En la figura 2.1 se muestra las actividades involucradas dentro del análisis. La tabla 2.3 y 2.4 muestran los criterios utilizados para establecer la relación de proximidad entre actividades para la elaboración de la tabla relacional de actividades.

	Actividades
1	RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA
2	ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA
3	PESADO
4	MEZCLADO Y AMASADO
5	MOLDEADO
6	HORNEADO
7	ENFRIAMIENTO
8	ENVASADO
9	ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO
10	LABORATORIOS
11	LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO
12	VESTUARIOS Y SANITARIOS
13	OFICINAS
14	COMEDORES

Figura 2.1 Actividades de flujo y no flujo

Tabla 2.3 Escala de valoración de la Tabla Relacional de Actividades (T.R.A)

Código	Criterio de Proximidad	Color Asociado
A	Absolutamente necesaria	Rojo
E	Especialmente necesaria	Amarillo
I	Importante	Verde
O	Ordinaria	Azul
U	Sin importancia	-
X	Rechazable	Marrón

Fuente: (Vanaclocha, 2005)

Elaborado por: Los autores de este documento

Tabla 2.4 Valoración y motivos para calificar la relación entre actividades

Valoración	Motivo
1	Proximidad en el proceso
2	Higiene
3	Control
4	Frío
5	Malos olores, ruidos
6	Seguridad del producto
7	Utilización de material común
8	Accesibilidad

Fuente: (Vanaclocha, 2005)

Elaborado por: Los autores de este documento

Una vez elaborada la tabla relacional de actividades, se realizó un dimensionamiento de las áreas por medio del método “el cálculo”, donde se calculó el espacio ocupado por los equipos (superficie estática), los puestos de trabajo de los obreros (superficie gravitacional) y el espacio necesario para el desplazamiento del personal y el mantenimiento de equipos (superficie de evolución).

Finalmente, para conocer una distribución de áreas que sea factible, se aplicó el algoritmo del software Corelap 1.0 incluyendo el dimensionamiento de las áreas y las calificaciones designadas en la tabla relacional de actividades.

2.6 Estimación de costos

2.6.1 Costos de producción

Para la estimación de costos se tomaron en cuenta los costos variables, en donde se encuentra la materia prima, material de empaque y costo de suministros. Por otra parte, se calcularon los costos fijos, que incluyen los costos de mano de obra directa e indirecta, costos de mantenimiento, publicidad y transporte. La estimación se realizó en base a 6 horas laborales en 23 días por mes ya que el proceso se realizará por batch.

2.6.2 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio de basa en la obtención de las unidades que se deben vender, necesarias para cubrir los costos empleados en la producción de la galleta y se la consigue relacionando los costos fijos (CF), costos variables unitarios (CV) y el precio de venta al público (P.V.P.) a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{CF}}{\text{P.V.P.}-\text{CV}} \quad (2.8)$$

2.6.3 Análisis Financiero

La rentabilidad del proyecto se realizó con una proyección del flujo de caja a 5 años y se analizó el valor actual neto (V.A.N.) y la tasa interna de retorno (T.I.R.) que fue comparada con la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR). También, se analizó el plazo de recuperación de la inversión, ya que es un indicador del periodo necesario para recuperar el dinero utilizado para poner en marcha el proyecto. Se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{Plazo de recuperación de inversión} = W + \frac{[X - Y]}{Z} \quad (2.9)$$

Donde W es el último año con flujo de caja negativo, X es la inversión inicial, Y es el flujo de caja del año W y por último Z es el flujo de caja del año de recuperación.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Obtención de la cantidad de lisina inicial

La variación de la cantidad de lisina para cada formulación evaluada de la tabla 2.1, se encuentra en el Apéndice A, en donde se detalla que a medida que aumenta el porcentaje de harina de arrocillo, disminuye el aporte total de lisina inicial porque la harina de arroz partido posee un déficit de aquel aminoácido (Hou, Zhu, & Li, 2010). Es así como, al combinarse con la harina de fréjol, un producto con una elevada cantidad de lisina se obtuvo como resultado que el contenido de lisina alcanzó como máximo hasta el 38.96 % de la ingesta diaria recomendada (1820 mg), siendo este valor el de la formulación constituida por un 25 % de harina de fréjol y 25 % de harina de arroz (908.06 mg de lisina).

3.2 Obtención de porcentaje de pérdida de lisina: modelado y simulación

3.2.1 Búsqueda y depuración de los datos

La base de datos utilizada para la simulación, donde ya fueron eliminados los datos atípicos del apéndice B, se muestra en el Apéndice C, siendo los datos resaltados en amarillo, encontrados mediante revisión bibliográfica y el resto obtenidos por medio de interpolación. Todos estos datos analizados presentaron un buen ajuste a partir de cada una de las temperaturas estudiadas.

3.2.2 Proposición de modelo

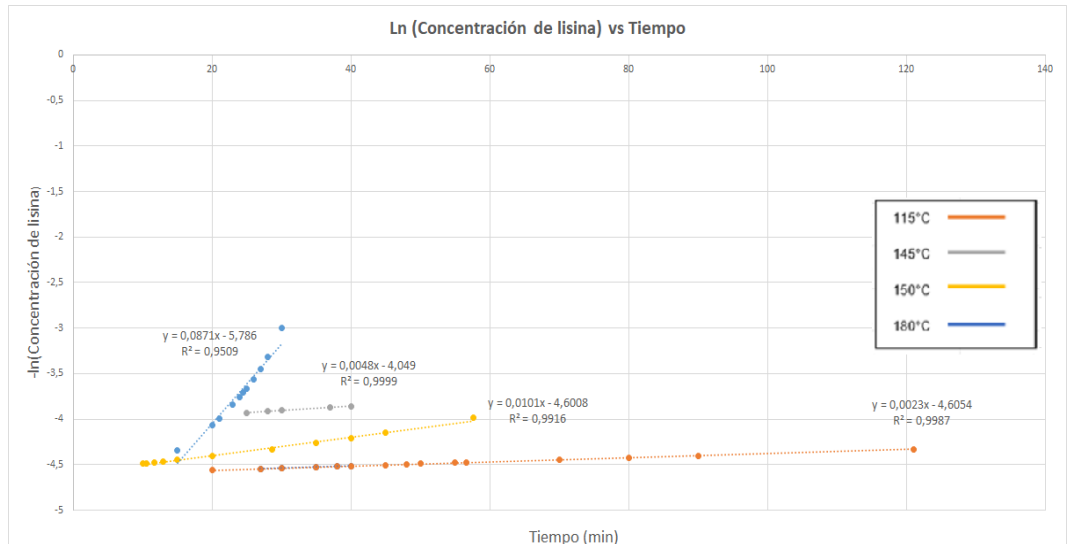


Figura 3.1 Logaritmo natural negativo de la concentración de lisina retenida vs el tiempo

En la figura 3.1 se visualiza las pendientes (valor k), de cada una de las distintas temperaturas con las que se trabajó. Además, se pudo observar que los datos analizados presentaron un ajuste cercano a 1, es decir que el modelo de reacción de primer orden postulado para la pérdida de la lisina se ajusta bien a los datos estudiados.

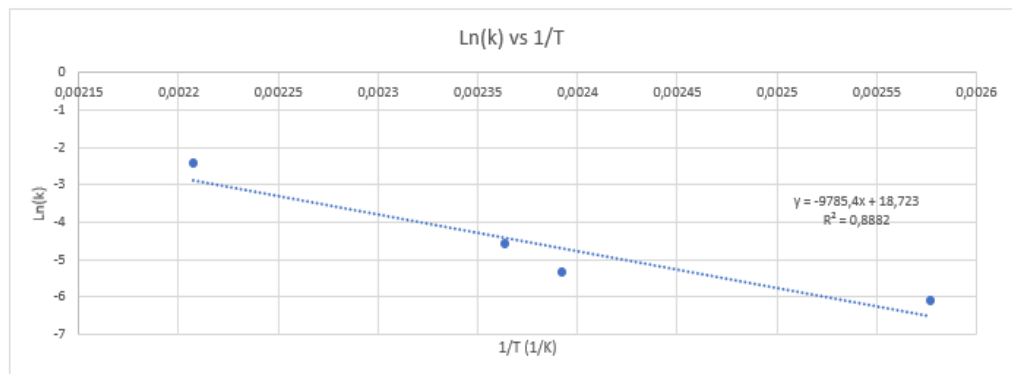


Figura 3.2 Logaritmo natural del valor k vs el inverso de la temperatura

En la figura 3.2 se puede visualizar tanto la pendiente (E_a/R), como el intercepto ($\ln(A)$), datos necesarios para su aplicación dentro del modelo final de degradación de lisina. El coeficiente de determinación (R^2) obtenido varía un 4 % con respecto a un estudio realizado a una fórmula dietética para niños (Torres, Guerra, & Rosquete, 2001). La reducción del coeficiente probablemente fue a causa de la naturaleza de la data analizada proveniente de distintas fuentes, afectando así los valores k a cada temperatura.

En la tabla 3.1 se puede observar que los coeficientes de velocidad (K) aumentaron a medida que se elevaba la temperatura, puesto que a una mayor temperatura existe una mayor energía cinética de las moléculas y, por lo tanto, la velocidad de la reacción se ve incrementada. Se debe agregar que los coeficientes de velocidad presentaron un error estándar reducido.

Por otra parte, la energía de activación que se muestra en la tabla 3.2, indica que a una mayor temperatura en el proceso de horneado ocasionará una mayor degradación de la lisina, esto debido a que a temperaturas más altas se da la reacción de Maillard donde la lisina participa con los azúcares reductores encontrados en los ingredientes (lactosa y la glucosa con fructosa obtenida de la hidrólisis del azúcar), para la formación de compuestos que proporcionan color y sabor.

Tabla 3.1 Coeficientes de velocidad (k) a 115, 145, 150 y 180°C

Temperatura (°C)	K (1/min)	Error estándar de K (1/min)
115	0.0023	0.000023
145	0.0048	0.000024
150	0.0101	0.000310
180	0.0871	0.006596

Elaborado por: Los autores de este documento

Tabla 3.2 Ea/R, Energía de activación (Ea) Ln(A) y factor de frecuencia (A)

Ea/R	Ea (J/mol)	Ln(A)	A (1/min)
9785.41	81360.48	18.72	135272007

Elaborado por: Los autores de este documento

Una vez hallados los datos de Ea/R y A, se introdujeron en la ecuación 2.7 y se obtuvo el modelo de degradación de lisina que se puede observar en la figura 3.3.

$$\% \text{ pérdida de lisina} = 100 - e^{-\left(135272007 e^{-\frac{9785,41}{T}}\right)t} * 100$$

Figura 3.3 Modelo obtenido de la pérdida de lisina en la etapa de horneado

3.2.3 Validación del modelo

- **Coefficiente de determinación**

La figura 3.4 detalla la relación lineal entre los datos simulados y experimentales, en donde se obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) de 0.7655, lo que significa que los datos simulados se acoplan a los datos experimentales en un 77 %, siendo un buen porcentaje al encontrarse por encima del 50 %.

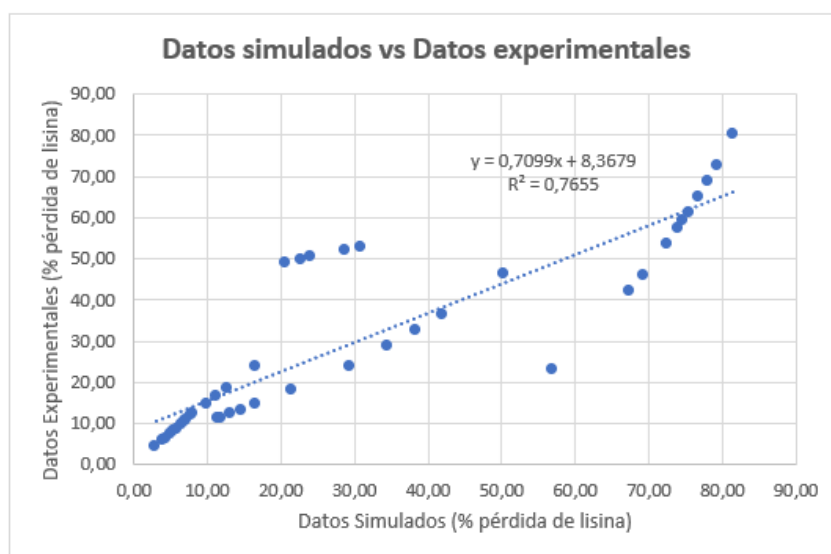


Figura 3.4 Regresión lineal entre los datos simulados y experimentales

- **Prueba estadística de 2 muestras**

En la figura 3.5 se detalla la prueba de normalidad Anderson Darling realizada a los datos experimentales y simulados, con un intervalo de confianza del 95 %.

Los valores p de ambas gráficas fueron menores a 0.05, por ende, se rechazó la hipótesis nula y se mantuvo la hipótesis alterna que consistía en que los datos se distribuyeron de manera no normal.

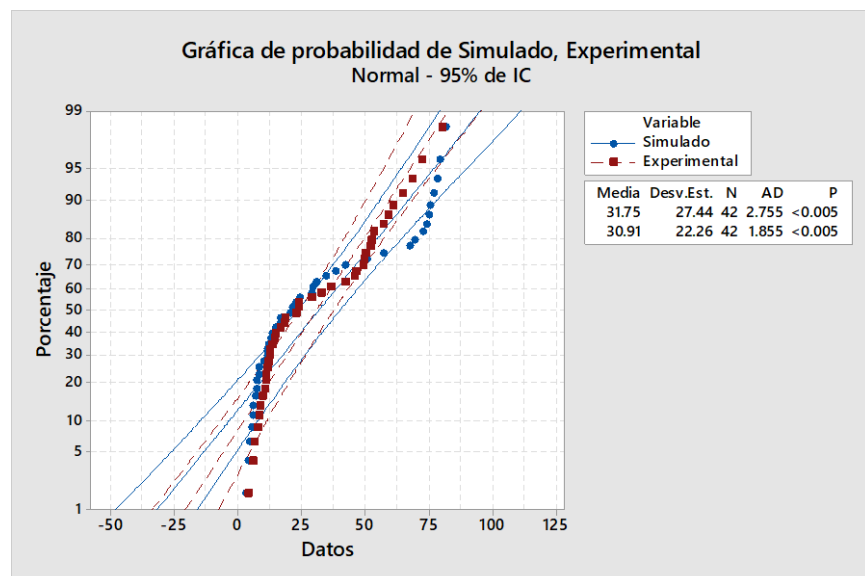


Figura 3.5 Probabilidad normal para los datos simulados y experimentales

Una vez justificada la no normalidad de los datos, se realizó la prueba estadística no paramétrica llamada Man-Whitney, para la evaluación de la significancia entre los datos en base al análisis de la mediana. Lo anteriormente mencionado, se observa en la tabla 3.3 y se detalla el valor p que es de 0.778, y a su vez es mayor a 0.05. Por consiguiente, no se rechaza la hipótesis nula la cual indica que la mediana de las dos muestras no difiere significativamente, rectificando que el modelo simula de manera correcta los datos experimentales.

Tabla 3.3 Prueba Man-Whitney

Prueba de hipótesis	Valor p
$H_0: n_1 = n_2$	0.778
$H_1: n_1 \neq n_2$	

Elaborado por: Los autores de este documento

3.3 Obtención de la concentración final de lisina

En la tabla 3.4, se observan las combinaciones de tiempo y temperatura que se estudiaron, y al acoplarse con las formulaciones de la tabla 2.1, se obtuvo un total de 48 tratamientos que se indican en el Apéndice D. Adicionalmente, en el apéndice se muestra que hubo una menor pérdida de lisina cuando se registraba la menor combinación de temperatura y tiempo, que correspondía a 130°C y 20 minutos respectivamente. Es así como, se escogió trabajar con las condiciones mencionadas con anterioridad, al haber una reducción de 7.42 %.

Tabla 3.4 Combinaciones de tiempo y temperatura a analizar

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Pérdida de lisina (%)
130	20	7.42
130	25	9.19
130	30	10.92
140	20	12.96
140	25	15.92
140	30	18.79
150	20	21.57
150	25	26.19
150	30	30.54
160	15	26.72
160	20	33.94
170	10	29.19

Elaborado por: Los autores de este documento

Por otra parte, para la selección de la formulación final, se tuvo en cuenta que a pesar de que las combinaciones con mayor porcentaje de harina de fréjol brindaban un mayor contenido de lisina final, no era posible escogerlas

ya que, al aumentar la cantidad de harina de legumbre en las formulaciones, se elevaba la cantidad de proteína. Esta macromolécula posee una alta capacidad de retención de agua, por lo tanto, se necesita una mayor cantidad de agua para obtener una mejor masa, que por el contrario se obtendría un producto con elevada dureza, de sensación arenosa y que podría llegar a sobrecalentar la superficie superior del producto, obteniéndose un color demasiado caramelizado o inclusive llegar a una coloración negra (Setyaningsih, Fathonah, Putri, Auda, & Solekah, 2019). Además, el costo de este ingrediente es 6 veces mayor que la harina de arroz partido, lo que incrementaba el costo total.

Por ende, al evaluar las combinaciones de bajo costo total, se observó que a pesar de que la formulación de 40 % de harina de arrocillo con 10 % de harina de fréjol presentó el menor costo, se optó por elegir la formulación de 35 % de harina de arrocillo con 15 % de harina de fréjol, al proveer un mayor aporte de lisina diario (29.33 %) por cada 100 g, proporcionando un 8,8 % por porción de 30 g, manteniendo un bajo costo de materia prima y energía. En la tabla 3.5 se detalla la formulación final.

Tabla 3.5 Formulación escogida

Ingrediente (g)	Porcentaje (%)
Harina de arrocillo	35
Harina de fréjol	15
Huevo en polvo	3.13
Leche en polvo	4.92
Agua	27.35
Manteca vegetal	12.65
Sal	0.12
Stevia en polvo	0.2
Azúcar	0.6
Esencia de vainilla	0.53
Bicarbonato de sodio	0.5

Elaborado por: Los autores de este documento

3.4 Aspectos legales

3.4.1 NTE INEN 2085: Galletas. Requisitos

En el Apéndice E se detalla que la cantidad de proteína obtenida en 30 g de galletas es de 3 g, representando el 10 % de proteína. Al ser un porcentaje mayor a 3 %, se cumplió con lo que especificado por la norma correspondiente.

3.4.2 NTE INEN 1334-2: Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos

En el Apéndice F se observa la tabla nutricional correspondiente a la galleta elaborada de acuerdo con los lineamientos dictados por la norma.

3.5 Distribución de la planta de elaboración de galletas

La figura 3.6 muestra la “Tabla Relacional de Actividades” donde se detallan las actividades de flujo relacionadas al proceso de elaboración de galletas y las actividades de no flujo, las cuales fueron descritas en la figura 2.1.

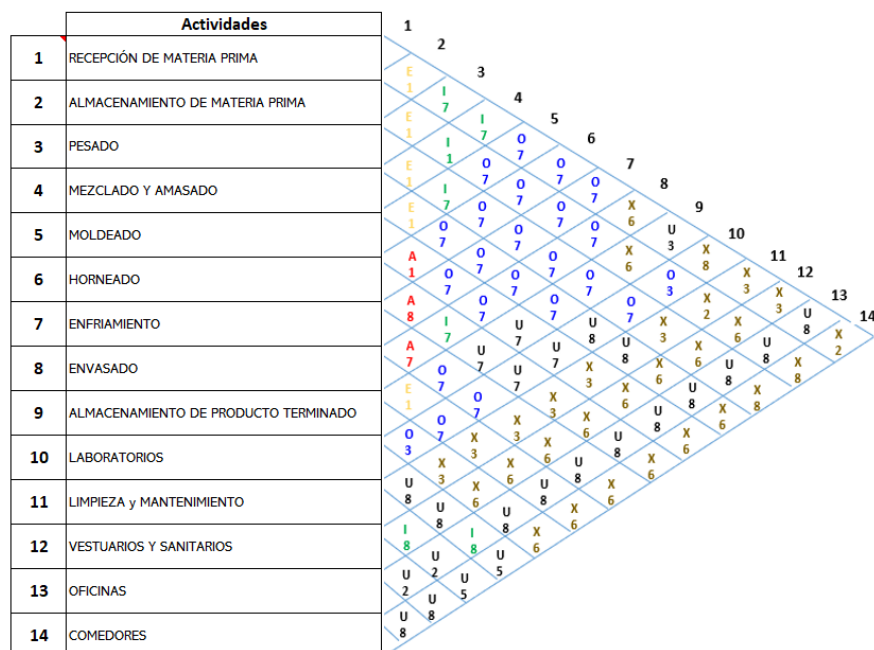


Figura 3.6 Tabla Relacional de Actividades

Elaborado por: Los autores de este documento

En el Apéndice G se detalla el dimensionamiento de cada área a partir de las distintas actividades o departamentos descritos con anterioridad en la figura 2.1, siendo necesario tener disponible como mínimo 266.4 m² para la distribución de la planta.

Los valores de relación de proximidad entre cada departamento y el dimensionamiento de las áreas fueron ingresados dentro del software Corelap 1.0, obteniendo una distribución de las áreas para el diseño de la planta, como puede visualizarse en la figura 3.7, cumpliendo con el principio de marcha hacia adelante en la línea productiva y presentándose a su vez una producción en “s”. Las numeraciones que se muestran en la figura 3.7, corresponden a las actividades detalladas en la figura 3.8, donde el software Corelap 1.0 asignó a cada área una distinta numeración de acuerdo con la importancia respectiva a cada departamento. En la figura 3.9 se muestra la interpretación del lay out de la planta.

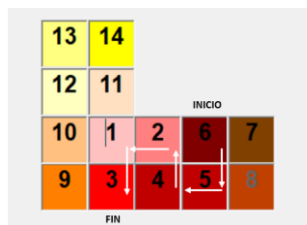


Figura 3.7 Lay out de la planta

1	Enfriamiento
2	Horneado
3	Envasado
4	Moldeado
5	Mezclado y amasado
6	Pesado
7	Almacenamiento materia prima
8	Recepción
9	Almacenamiento de producto terminado
10	Laboratorios
11	Oficina
12	Limpieza y Mantenimiento
13	Vestuario y Sanitarios
14	Comedor

Figura 3.8 Asignación de los departamentos por medio del software Corelap 1.0

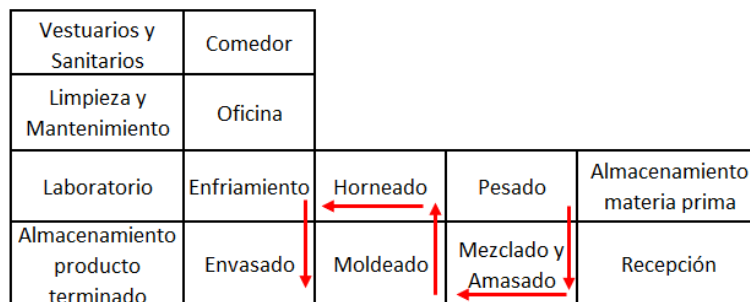


Figura 3.9 Interpretación del lay out asignado por Corelap 1.0

3.6 Estimación de costos

3.6.1 Costos de producción

Costos variables

Para los costos variables se consideraron los costos de materia prima, empaque y costos de suministros.

Los costos de materia prima se obtuvieron a partir de una producción 14 batch por día, obteniéndose 640 unidades de 30g (4 galletas) por batch. En el Apéndice H se detalla el costo de materia prima por kg y de empaque, presentando un costo anual de \$200,224.38.

En el Apéndice I se muestran los costos de suministros estimando los costos de energía eléctrica consumida tanto por los equipos como iluminaria, costos de lubricantes, combustibles, gas, agua y materiales de limpieza. Se obtuvo un costo anual de \$16.686,06.

Costos fijos

Se consideró como costos fijos a los costos de mano de obra directa e indirecta, costos de mantenimiento de equipos, publicidad y transporte.

A través del Ministerio de Trabajo, se obtuvo que el salario básico a pagar a los operarios era de \$400 y también se tomaron en cuenta el décimo tercer sueldo, décimo cuarto sueldo y las aportaciones.

En el Apéndice J se muestran los costos, obteniéndose anualmente \$130,759.04.

Costo de depreciación de equipos

Se obtuvo una depreciación anual total de \$6,569.28. Además, se halló el ingreso por venta de los activos tomando en cuenta una depreciación anual acumulada por 5 años. En el Apéndice K se muestra el balance de equipos.

3.6.2 Punto de equilibrio

En el Apéndice L se muestra un costo fijo de \$130,759.04, así como un costo variable unitario de \$0.09, costo unitario de producción de \$0.14 y un P.V.P. de \$0.25. El punto de equilibrio fue de 805 727 unidades anuales.

3.6.3 Análisis Financiero

En el Apéndice M, se detalla el flujo de caja en una proyección a 5 años, considerando un aumento anual de la demanda en un 5 %.

Se obtuvo un VAN de \$629,096.07 el cual es mayor a 0, siendo un indicador positivo para la rentabilidad del proyecto.

Por otra parte, el TIR obtenido fue de 85 %, un porcentaje mayor al TMAR de 11 %, obteniendo así un porcentaje de rendimiento mayor y que corrobora que la inversión en el proyecto sería factible.

Finalmente, al aplicar la fórmula del período de recuperación de la inversión, se obtuvo que toda la inversión se retornará al año con 2 meses y 12 días.

$$\text{Plazo de recuperación de inversión} = 1 + \frac{259,262.96 - 212,490.25}{234,146.68} = 1.20$$

$$0.20 * 12 = 2.40$$

$$0.40 * 30 = 12$$

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Con el fin de proporcionarle un mayor valor comercial al arrocillo se propuso diseñar galletas a base de harina de arrocillo y harina de fréjol, siendo analizado el proceso de horneado y proporción de harinas dentro de la formulación para optimizar el contenido nutricional del producto. Una vez obtenidos los resultados y posteriormente analizados, se concluye que:

- La formulación escogida de 35% de harina de arrocillo y 15% de harina de fréjol con condiciones de proceso de horneado de 130°C y 20 min, aporta por porción de 30 g, un 8,8% de la dosis diaria recomendada de lisina y 3 g de proteína, de modo que se obtiene un producto balanceado por su aporte calórico y nutricional.
- La pérdida de lisina en el proceso de horneado se acopla a una reacción de primer orden, donde la velocidad de reacción se ve incrementada a medida que aumenta la temperatura del proceso. El coeficiente de velocidad (k) fue de 0.0023 min⁻¹ a 115°C, 0.0048 min⁻¹ a 145°C, 0.0101 min⁻¹ a 150°C y 0.0871 min⁻¹ a 180°C.
- La prueba estadística realizada a los datos experimentales y simulados determinó que los datos no presentaron diferencias significativas, por tanto, el modelo encontrado, basado en la ecuación de Arrhenius, estima la pérdida de lisina en el proceso de horneado.
- El proceso más influyente en la elaboración de galletas es el horneado, en donde factores como la temperatura y tiempo deben ser estudiados exhaustivamente para controlar la disponibilidad de aminoácidos esenciales como la lisina.

- Con la elaboración de la “Tabla relacional de actividades” y el dimensionamiento de las áreas, se obtuvo por medio del software Corelap 1.0 la distribución de la planta con una línea productiva en “S” y cumpliendo con el criterio de flujo hacia adelante establecido en la normativa ARCSA-DE-067-2015-GGG.
- La proyección de la producción anual de galletas en empaques de 4 unidades fue de 2 472 960 paquetes, comprendiendo un total de 74188.8 kg. Además, la viabilidad económica del proyecto se estimó por medio de un flujo de caja proyectado a 5 años, donde se refleja un VAN de \$ 629 096.07 y un TIR de 85 %, siendo estos valores un indicativo de que el proyecto es rentable. Por último, la inversión de \$259 262.96 se recuperará al año 2 meses y 12 días.

4.2 Recomendaciones

- Implementar modelado y simulación con respecto a la humedad y pH, y así observar si la galleta cumple con los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2085.
- Realizar una evaluación sensorial de la galleta para conocer el grado de aceptación por parte de los consumidores y así poder realizar las mejoras respectivas.
- Efectuar un estudio de vida útil del producto para obtener el tiempo en el cual el alimento mantendrá su calidad bajo ciertas condiciones de almacenamiento.
- Realizar el modelado y simulación del efecto del tiempo y la temperatura sobre la pérdida de las vitaminas y minerales afectados en el proceso de horneado.

- Analizar el efecto de implementación de otras harinas no convencionales o ingredientes en la formulación para mejorar la calidad nutricional del producto final.
- Usar la programación lineal para obtener una fórmula a menor costo. Esta formulación debe ser sometida al proceso de simulación para obtener sus parámetros de proceso de horneado.
- Estimar la producción anual a base de una población que no solo involucre al mercado objetivo de este proyecto y así analizar la viabilidad del proyecto con respecto a esa población.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, I., Mabood, I., & Jamal, S. (2016). *Assessment of Proximate Compositions and Functional Properties of Blends of Broken Rice and Wheat Flours*. Sarhad Journal of Agriculture.
- Alejandro, S., Santana, R., & Cumbe, K. (2016). Determinación del estado nutricional en los niños de 6 a 12 años de la escuela Arzobispo Serrano, de la ciudad de Cuenca, Noviembre 2014- Enero 2015. *Facultad de Ciencias Químicas*, 49-55.
- Amal, H. (2016). *Production of Gluten-Free Rolled Paper from Broken Rice By Using Different Hydrothermal Treatments*. Al-Giza: Science Publishing Group.
- Amón, I. (2010). *Guía metodológica para la selección de técnicas de depuración de datos*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Aparecida, V., Santos, V., Galvan, D., Luiz, J., & Hernan, R. (2016). *Syrup production via enzymatic conversion of a byproduct (broken rice) from rice industry*. Maringá: Redalyc.
- Asghar, A., & Abbas, M. (2012). *Dried egg powder utilization, a new frontier in bakery products*. Faisalabad: Agriculture and Biology Journal of North America.
- Ashraf, S., Ghufuran, S., Asad, S., Ali, R., Saeed, H., & Ahmed, M. (2012). *Effect of fat-replacement through rice milling byproducts on the rheological and baking behaviour of dough*. African Journal of Agricultural Research.
- Banchón, D., & Cruz, D. (2017). *Propuesta para mejora de los procesos operativos de la arrocería del pacífico S.A. en el cantón Samborondón*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Bassinello, P., Freitas, D., Ascheri, J., Takeiti, C., Carvalho, R., Koakuzu, S., & Carvalho, A. (2011). *Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours*. ELSEVIER.
- Bender, A. (1972). Processing damage to protein food. *Journal of Food Technology*.
- Bonilla, A., Cubero, E., & Reyes, Y. (2017). Bean (*Phaseolus Vulgaris*) Treatments Effect on Starch Digestible Fractions and Consumer Acceptability in the Production of Bean Wheat Cookies. *Journal of Food and Nutritional Disorders*, 6, 1-5.
- Boz, H. (2019). *Effect of flour and sugar particle size on properties of cookie dough and cookie*. Erzurum: Agriculture Journals.

- Bravo, R. K., Maldonado, H. G., Herrera, M. D., Ríos, J. Á., & García, M. J. (2015). *Galletas con harina de frijol de alta calidad nutricional y nutracéutica*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México D.F.
- Candelaria, B., Ruiz, O., Gallardo, F., Pérez, P., Martínez, Á., & Vargas, L. (2011). Aplicación de modelos de simulación en el estudio y panificación de la agricultura, una revisión. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 999 - 1010.
- Carvalho, A., Zaczuk, P., De Oliveira, A., Ferreira, Tayse, Nunes, R., & Nakamoto, S. (2013). *Characterization of pre-gelatinized rice and bean flour*. Campinas: Scielo.
- Codex Alimentarius. (1995). *Norma del Codex para el arroz*.
- Corporación de Industriales Arroceros del Ecuador. (2010). Recuperado el 11 de junio de 2020, de <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Jornadas-2010/11.pdf>
- Charissou, A., Ait-Ameur, L., & Birlouez-Aragon, I. (2007). Kinetics of formation of three indicators of the Maillard reaction in model cookies: influence of baking temperature and type of sugar. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55, 4532-4539.
- Csapó, J., & Schobert, N. (2017). *Production of a high-nutritional-value functional food, the Update1 bread, with the supplementation of the wheat flour with high-protein-content raw food materials*. Debrecen: De Gruyter open.
- De la Vega, G. (2009). Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13, 27 -32.
- De Rivera, V., Doria, A., Mata, C., & Lira, C. (2018). Preferencias alimentarias durante el recreo escolar: Niños de primaria de 9 a 10 años. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*, 250-263.
- De Souza, S., Maciel, L., De Cássia, R., Peruch, G., & Souza, R. (2015). *TAPIOCA AND RICE FLOUR COOKIES: TECHNOLOGICAL, NUTRITIONAL AND SENSORY PROPERTIES*. Salvador: Scielo.
- El Comercio. (2011). Recuperado el 11 de junio de 2020, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/variedades-de-frejol-se-consumen.html>
- FAO. (2013). *Necesidades Nutricionales*. Recuperado el 11 de junio de 2020, de <http://www.fao.org/3/am401s/am401s03.pdf>

- FDA. (2020). *Vitamins and Minerals*. Recuperado el 11 de junio de 2020, de https://www.accessdata.fda.gov/scripts/interactivenutritionfactslabel/assets/InteractiveNFL_Vitamins&MineralsChart_March2020.pdf
- Fernandez, P., García, B., & Guerra, E. (1999). Blockage of available lysine at different stages of infant cereal production. *Granada: Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Flores, E., Miranda, M., & Villasís, M. (2017). *El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. Estadística inferencial*. Ciudad de México: Alergia México.
- Folorunso, A., Omoniyi, S., & Habeeb, A. (2016). *Proximate composition and Sensory acceptability of Snacks produced from broken rice flour*. American Journal of Food and Nutrition.
- Franco, L., & Guaranda, J. (2018). *Sustitución de harina de trigo por harina de fréjol rojo (Phaseolus vulgaris) y su aplicación en masas pesadas, livianas y quebradas de pastelería en la ciudad de Guayaquil*. Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil.
- Gallagher, E., Kenny, S., & Arendt, E. (2005). *Impact of dairy protein powders on biscuit quality*. European Food Research and Technology.
- Gyori, Z., & Sipos, P. (2016). The role of salt form and concentration on the rheological properties of bakery products. *Analecta*, 10(1), 64-70.
- Hernández, J., Medina, M., Robles, C., Solís, N., & Tusquellas, F. (2013). *Llegums secs: botànica i salut. 1a Trobada sobre plantes d'ús alimentari*. Barcelona: Botanica i Nutricio.
- Horvatic, M., & Eres, M. (2002). Protein nutritive quality during production and storage of dietetic biscuits. *Zagreb: Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Hou, L., Zhu, Y., & Li, Q. (2010). *Characterization and Preparation of Broken Rice Proteins Modified by Proteases*. Zhengzhou: Food Technology and Biotechnology.
- Hui, Y., Corke, H., De Leyn, I., Nip, W.-K., & Cross, N. (2008). *Bakery Products: Science and Technology*. Iowa, Estado Unidos: Publishing, Balckwell.

- Ibrahim, O. (2017). *Utilization of sorghum, broken rice and white beans flours for producing high nutritional value and high quality gluten-free biscuits*. Current Science International.
- INEN. (2005). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 085:2005 Galletas. Requisitos*. Quito.
- INEN. (2016). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-2. Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos*. Quito.
- Jacob, J., & Leelavathi, K. (2006). *Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality*. Mysore: Journal of Food Engineering.
- Kraithong, S., & Rawdkuen, S. (2019). *The effects of chemical composition of rice flour on physico-chemical and functional properties*. Chiang Rai.
- Li-Chan, E., & Nakai, S. (1981). Comparison of browning in wheat glutes enriched by covalent attachment and addition of lysine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 29, 1200-1205.
- Magana, A. (2017). Modeling and Simulation in Engineering Education: A Learning Progression. . *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*.
- Martínez, M. P. (2016). *Antinutrientes proteicos de las leguminosas: tipos, toxicidad y efectos fisiológicos*. Universidad de Valladolid.
- Mc Kinnon, P., Bowland, J., & Sucheep, R. (1976). *Nutritive value of broken rice and ground flint corn for young pigs and rats*. Canadian Journal of Animal Science.
- Menéndez, E. (12 de Junio de 2020). Cantidades de arrocillo producido. (J. Chiquito, & E. Pino, Entrevistadores)
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Cifras Agroproductivas*. Recuperado el 11 de junio de 2020, de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Nirmal, S. (2007). *Handbook of Food Products Manufacturing*. New Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Norhaizan, M., Tan, b., & Loh, S. (2013). *By-products of Rice Processing: An Overview of Health Benefits and Applications*. Rice Research: Open Access.

- Omran, A., & Hussien, H. (2015). *Production and evaluation of gluten-free cookies from broken rice flour and sweet potato*. AFS.
- Pacheco, A., & Capa, H. (2010). Tratamiento Estadístico a la Pérdida e Inconsistencia de Datos del Módulo de Registro Histórico del Sistema de Manejo de Energía del Ecuador del Centro Nacional de Control de Energía-CENACE. *Revista Técnica "energía"*, 6, 35 - 43.
- Patel, A., Kar, A., Pradhan, R., Mohapatra, D., & Nayak, B. (2019). Effect of baking temperatures on the proximate composition, amino acids and protein quality of de-oiled bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) seed cake fortified biscuit. *LWT - Food Science and Technology*, 106, 247 -253.
- Pavón, E. P. (2014). *Determinación de calcio, hierro, sodio y potasio en cinco variedades de fréjol: canario, bayo, blanco, rojo y negro, por espectrofotometría de absorción atómica de llama*. Quito.
- Pérez, H. (2017). *Industria de elaboración de galletas*. Logroño.
- Pincirolí, M. (2010). *Proteínas de arroz. Propiedades Estructurales y Funcionales*. Buenos Aires.
- Pobee, R., Akonor, P., & Bonsi, E. (2017). *Orange-fleshed sweet potato base complementary food provides sufficient vitamin A for infants aged 6-12 months*. African Journal of Food Sciences.
- Prokisch, J., Csiki, Z., Albert, C., & Csapó, J. (2017). Production of high-lysine-content biscuit and examination of the absorption of lysine in humans. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 10, 21-35.
- Ramírez, A., García, B., & Guerra, E. (2001). Effect of toasting time on the browning of sliced bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 513-518.
- Ramirez, D., Calvante, L., Ramírez, J., & Wanderlei, C. (2016). *Physical-chemical characterization of pre-cooked mixed rice flour and barley bagasse*. Londrina: Redalyc.
- Ranhotra G.S., B. M. (1988). Effects of Baking on Nutrients. En H. R. In: Karmas E., *Nutritional Evaluation of Food Processing* (pág. 355 364). Springer.
- Saab, R. M., Rao, C. S., & Da Silva, R. S. (1981). Fortification of Bread with L-Lysine HCl: Losses Due to Baking Process. *Journal of Food Science*, 46, 662-663.

- Salvador, R., Sotelo, M., & Paucar, L. (2014). Estudio de la Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) como edulcorante natural y su uso en beneficio de la salud. *Scientia Agropecuaria*, 5, 157-163.
- Setyaningsih, D., Fathonah, S., Putri, R., Auda, A., & Solekah, N. (2019). *The influence of baking duration on the sensory quality and the nutrient content of mung bean biscuits*. Semarang: Food Research.
- Singh, N., Gupta, S., Singh Sodhi, N., & Singh, R. (2002). Effect of additives on dough and cookie making properties of flour. *International Journal of Food Properties*, 5(3), 547-562.
- Schmitz, I., Gianfrancesco, A., Kulozik, U., & Foerst, P. (2011). Kinetics of Lysine Loss in an Infant Formula Model System at Conditions Applicable to Spray Drying. *Drying Technology: An International Journal*, 29, 1876- 1883.
- Stenby, M. (2013). *Experimentally supported mathematical modeling of continuous baking processes*. Technical University of Denmark.
- Torres, A., Guerra, M., & Rosquete, Y. (2001). Estimación de la vida útil de una fórmula dietética en función de la disminución de lisina disponible. *Food Science and Technology*, 21, 129-133.
- Tsao, T., Frey, A., & Harper, J. (1978). Available lysine in heated fortified rice meal. *Journal of Food Science*, 43, 1106-1108.
- Tsen, C., Reddy, P., Samahy, S., & Gehrke, C. (1983). Effect of the Maillard Browning Reaction in the Nutritive Value of Breads and Pizza Crusts. *The Maillard Reaction in Foods and Nutrition*, 379 -394.
- USDA. (2020). *FoodData Central*. Recuperado el 11 de junio de 2020, de <https://fdc.nal.usda.gov/>
- Vanaclocha, A. (2005). *Diseño de Industrias Agroalimentarias*. Madrid: Mundi Prensa.
- Vasal, S. (2004). The role of high lysine cereals in animal and human nutrition in Asia. *Protein sources for the animal feed industry*, 167-184.
- Vega, J. G., & Chiriboga, C. (1989). *El fréjol su valor nutritivo y algunas formas de utilización*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quito.
- Wayne, C., & Hall, C. (2017). *Consumer acceptability of gluten-free cookies containing raw cooked and germinated pinto bean flours*. Ohio: Food Science & Nutrition.

- Westurlund, E., Theander, O., & Åman, P. (1989). Effects of baking on protein and aqueous ethanol-extractable carbohydrate in white bread fractions. *Journal of Cereal Science*, 10, 139-147.
- Wolf, J. (1982). *Predicting available lysine losses during heat processing*.
- Zucco, F., Borsuk, Y., & Arntfield, S. D. (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT-Food Science and Technology*, 44(10), 2070-2076.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Cantidad de lisina inicial en base a 100g de cada formulación

Ingrediente	Cantidad de lisina (mg)			
	25%	30%	35%	40%
Harina de arrocillo	66.7	80.04	93.38	106.72
Harina de fréjol	398.25	318.6	238.95	159.3
Huevo en polvo	106.42			
Leche en polvo	137.76			
Total	709.13	642.82	576.51	510.2
Aportación diaria (%)	38.96	35.32	31.68	28.03

APÉNDICE B

Datos obtenidos por bibliografía

Temperatura	Tiempo	% pérdida lisina	% lisina disponible	Referencias
90	2.63	34.24	65.76	
90	4.99	40.61	59.39	(Horvatic & Eres, 2002)
90	9.98	45.15	54.85	(Prokisch, Csiki, Albert, & Csapó, 2017)
90	14.97	56.06	43.94	(Bender, 1972)
90	19.96	63.64	36.36	(Fernandez, García, & Guerra, 1999)
90	24.95	66.06	33.94	(Tsao, Frey, & Harper, 1978)
90	30.02	70.91	29.09	(Schmitz, Gianfrancesco, Kulozik, & Foerst, 2011)
108	10.00	4.14	95.86	(Tsen, Reddy, Samahy, & Gehrke, 1983)
115	27	5.7	94.3	(Ramírez, García, & Guerra, 2001)
115	56.6	12.4	87.6	(Patel, Kar, Pradhan, Mohapatra, & Nayak, 2019)
115	121	23.8	76.2	(Li-Chan & Nakai, 1981)
120	30.00	5.00	95.00	(Charissou, Ait-Ameur, & Birlouez-Aragon, 2007)
130	30.00	25.00	75.00	(Westurlund, Theander, & Aman, 1989)
140	60	55	45	(Saab, Rao, & Da Silva, 1981)
145	1.00	3.10	96.90	
145	2.00	3.60	96.40	
145	3.00	11.20	88.80	
145	4.00	11.20	88.80	
145	5.00	21.70	78.30	
145	7.00	22.30	77.70	
145	10.00	22.90	77.10	
145	18.00	34.40	65.60	
145	14.00	34.90	65.10	
145	21.00	40.60	59.40	
145	25.00	49.10	50.90	
145	60	51.40	48.60	
145	40.00	52.60	47.40	
145	30.00	53.10	46.90	

150	10.00	29.94	70.06
150	11.7	12.2	87.8
150	28.6	23.9	76.1
150	57.7	46.1	53.9
174	10.00	50.96	49.04
180	15	22.94	77.06
180	30.00	80.00	20.00
185	6.66	18.7	81.3
185	13.3	37.5	62.5
185	30.7	75.1	24.9
190	10.00	7.69	92.31
190	15	27.41	72.59
200	1.92	3.62	96.38
200	3.99	12.22	87.78
200	5.98	15.38	84.62
200	7.90	19.91	80.09
200	9.96	27.60	72.40
200	12.10	55.66	44.34
200	12.99	73.76	26.24
200	14.02	84.16	15.84
200	15.06	89.59	10.41
200	16.01	91.40	8.60
210	15	43.44	56.56
210	35.00	54.55	45.45
210	43.00	57.00	43.00
220	20.00	11.30	88.70
220	15	47.09	52.91
232	20.00	9.00	91.00
232	25.00	18.00	82.00
232	30.00	27.00	73.00
250	1.98	8.97	91.03
250	4.07	25.56	74.44
250	5.99	35.87	64.13
250	8.02	55.16	44.84
250	9.95	60.54	39.46
300	1.93	15.07	84.93
300	3.93	28.77	71.23
300	5.98	42.92	57.08
300	7.97	63.47	36.53
300	10.08	71.23	28.77

APÉNDICE C

Base de Datos

Temperatura	Tiempo	% pérdida de lisina	% lisina disponible	Temperatura	Tiempo	% pérdida de lisina	% lisina disponible
115	20	4,14	95,86	150	10,50	11,37	88,63
115	27	5,70	94,30	150	11,7	12,20	87,80
115	30	6,38	93,62	150	13	13,10	86,90
115	35	7,51	92,49	150	15	14,48	85,52
115	38	8,19	91,81	150	20	17,95	82,05
115	40	8,64	91,36	150	28,6	23,90	76,10
115	45	9,77	90,23	150	35	28,78	71,22
115	48	10,45	89,55	150	40	32,60	67,40
115	50	10,91	89,09	150	45	36,41	63,59
115	55	12,04	87,96	150	57,7	46,10	53,90
115	56,6	12,40	87,60	180	15	22,94	77,06
115	70	14,77	85,23	180	20	41,96	58,04
115	80	16,54	83,46	180	21	45,76	54,24
115	90	18,31	81,69	180	23	53,37	46,63
115	121	23,80	76,20	180	24	57,18	42,82
145	25,00	49,10	50,90	180	24,5	59,08	40,92
145	28,00	49,80	50,20	180	25	60,98	39,02
145	30,00	50,27	49,73	180	26	64,78	35,22
145	37,00	51,90	48,10	180	27	68,59	31,41
145	40,00	52,60	47,40	180	28	72,39	27,61
150	10,00	11,02	88,98	180	30,00	80,00	20,00

APÉNDICE D

Combinaciones de formulaciones, tiempos y temperaturas considerando % pérdida de lisina por cada 100 g, costo de materia prima y costo energético

Harina de arrocillo	Harina de fréjol	Temperatura	Tiempo	mg lisina inicial	% pérdida de lisina	mg lisina final	% aporte	costo M.P	Costo consumo equipo	Costo total
40	10	170	10	510.2	29.19	361.26	19.85	38.42	0.35	38.77
40	10	160	15	510.2	26.72	373.86	20.54	38.42	0.52	38.94
40	10	130	20	510.2	7.42	472.35	25.95	38.42	0.7	39.12
40	10	140	20	510.2	12.96	444.09	24.40	38.42	0.7	39.12
40	10	150	20	510.2	21.57	400.15	21.99	38.42	0.7	39.12
40	10	160	20	510.2	33.94	337.06	18.52	38.42	0.7	39.12
40	10	130	25	510.2	9.19	463.33	25.46	38.42	0.87	39.29
40	10	140	25	510.2	15.92	428.95	23.57	38.42	0.87	39.29
40	10	150	25	510.2	26.19	376.57	20.69	38.42	0.87	39.29
40	10	130	30	510.2	10.92	454.49	24.97	38.42	1.04	39.46
40	10	140	30	510.2	18.79	414.33	22.77	38.42	1.04	39.46
40	10	150	30	510.2	30.54	354.37	19.47	38.42	1.04	39.46
35	15	170	10	576.51	29.19	408.21	22.43	40.32	0.35	40.67
35	15	160	15	576.51	26.72	422.45	23.21	40.32	0.52	40.84
35	15	130	20	576.51	7.42	533.74	29.33	40.32	0.7	41.02
35	15	140	20	576.51	12.96	501.81	27.57	40.32	0.7	41.02
35	15	150	20	576.51	21.57	452.15	24.84	40.32	0.7	41.02
35	15	160	20	576.51	33.94	380.87	20.93	40.32	0.7	41.02
35	15	130	25	576.51	9.19	523.55	28.77	40.32	0.87	41.19
35	15	140	25	576.51	15.92	484.70	26.63	40.32	0.87	41.19
35	15	150	25	576.51	26.19	425.51	23.38	40.32	0.87	41.19
35	15	130	30	576.51	10.92	513.56	28.22	40.32	1.04	41.36
35	15	140	30	576.51	18.79	468.17	25.72	40.32	1.04	41.36
35	15	150	30	576.51	30.54	400.43	22.00	40.32	1.04	41.36

Harina de arrocillo	Harina de fréjol	Temperatura	Tiempo	mg lisina inicial	% pérdida de lisina	mg lisina final	% aporte	costo M.P	Costo consumo equipo	Costo total
30	20	170	10	642.82	29.19	455.16	25.01	42.22	0.35	42.57
30	20	160	15	642.82	26.72	471.05	25.88	42.22	0.52	42.74
30	20	130	20	642.82	7.42	595.13	32.70	42.22	0.7	42.92
30	20	140	20	642.82	12.96	559.53	30.74	42.22	0.7	42.92
30	20	150	20	642.82	21.57	504.16	27.70	42.22	0.7	42.92
30	20	160	20	642.82	33.94	424.67	23.33	42.22	0.7	42.92
30	20	130	25	642.82	9.19	583.77	32.08	42.22	0.87	43.09
30	20	140	25	642.82	15.92	540.45	29.70	42.22	0.87	43.09
30	20	150	25	642.82	26.19	474.45	26.07	42.22	0.87	43.09
30	20	130	30	642.82	10.92	572.63	31.46	42.22	1.04	43.26
30	20	140	30	642.82	18.79	522.02	28.68	42.22	1.04	43.26
30	20	150	30	642.82	30.54	446.49	24.53	42.22	1.04	43.26
25	25	170	10	709.13	29.19	502.11	27.59	44.12	0.35	44.47
25	25	160	15	709.13	26.72	519.64	28.55	44.12	0.52	44.64
25	25	130	20	709.13	7.42	656.52	36.07	44.12	0.7	44.82
25	25	140	20	709.13	12.96	617.25	33.91	44.12	0.7	44.82
25	25	150	20	709.13	21.57	556.17	30.56	44.12	0.7	44.82
25	25	160	20	709.13	33.94	468.48	25.74	44.12	0.7	44.82
25	25	130	25	709.13	9.19	643.99	35.38	44.12	0.87	44.99
25	25	140	25	709.13	15.92	596.20	32.76	44.12	0.87	44.99
25	25	150	25	709.13	26.19	523.39	28.76	44.12	0.87	44.99
25	25	130	30	709.13	10.92	631.70	34.71	44.12	1.04	45.16
25	25	140	30	709.13	18.79	575.87	31.64	44.12	1.04	45.16
25	25	150	30	709.13	30.54	492.55	27.06	44.12	1.04	45.16

APÉNDICE E

Cantidad de proteína obtenida

Ingredientes	%	Por cada 100 g producto	Por porción de producto	Proteína	p.proteína
Harina de arroz	35,00	35,00	10,50	6,67	0,70
Harina de frejol	15,00	15,00	4,50	22,33	1,00
Manteca vegetal	12,65	12,65	3,80	0	0,00
Huevo en polvo	3,13	3,13	0,94	55,5	0,52
Agua	27,35	27,35	8,21	0	0,00
Leche en polvo	4,92	4,92	1,48	26	0,38
Sal	0,12	0,12	0,04	0	0,00
Stevia en polvo	0,20	0,20	0,06	0	0,00
Azúcar	0,60	0,60	0,18	0	0,00
Vainilla	0,53	0,53	0,16	0	0,00
bicarbonato de sodio	0,50	0,50	0,15	0	0,00

APÉNDICE F

Tabla Nutricional de las galletas

Información Nutricional	
Tamaño por porción: 4 galletas (30g)	
Porciones por envase: 1	
Cantidad por porción	
Energía / Calorías 377 kJ /90 kcal	
Energía de la Grasa / Calorías de la grasa: 147 kJ / 35 kcal	
	%VD*
Grasa Total 4 g	6%
Grasa saturada 1,5 g	8%
Grasa Trans 0 g	
Grasa monoinsaturada 2 g	
Grasa poliinsaturada 1,5 g	
Colesterol 7 mg	2%
Sodio 30 mg	1%
Carbohidratos Totales 12 g	4%
Azúcares <1 g	
Proteína 3 g	6%
Calcio	3%
Hierro	4%
Zinc	2%
Magnesio	3%
*Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8,380 kJ (2,000 kcal).	

APÉNDICE G

Dimensionamiento de las áreas

	Departamento o Actividad	Largo (m)	Ancho (m)	Ss (ESTÁTICA)		Sg (GRAVITACION)		Se (EVOLUCION)		Stotal Ss+Sg+Se	
				Medidas		Área m ²	# Lados usados	Área m ²	Coeficiente K		Área m ²
				Largo (m)	Ancho (m)						
1	Recepción	3,46	3,46	3,46	3,46	11,9716	1	11,9716	0,05	1,19716	25,1
2	Almacenamiento	5	5	5	5	25	1	25	0,05	2,5	52,5
3	Pesado	0,4	0,3	0,4	0,3	0,12	1	0,12	0,05	0,012	0,3
4	Mezclado y Amasado	0,43	0,81	0,43	0,81	0,3483	1	0,3483	0,1	0,06966	0,8
5	Moldeado	2,1	0,95	2,1	0,95	1,995	2	3,99	0,1	0,5985	6,6
6	Horneado	2,8	2,6	2,8	2,6	7,28	1	7,28	0,1	1,456	16,0
7	Enfriamiento	0,68	0,48	0,68	0,48	0,3264	1	0,3264	0,05	0,03264	0,7
8	Envasado	3,77	0,67	3,77	0,67	2,5259	1	2,5259	0,1	0,50518	5,6
9	Bodega	4,47	4,47	4,47	4,47	19,9809	1	19,9809	0,05	1,99809	42,0
10	Laboratorio	2,8	2,8	2,8	2,8	7,84	1	7,84	0,05	0,784	16,5
11	Limpieza y mantenimiento	2,3	2,3	2,3	2,3	5,29	1	5,29	0,05	0,529	11,1
12	Vestuarios y sanitarios	3,1	3,1	3,1	3,1	9,61	1	9,61	0,05	0,961	20,2
13	Oficinas	4,58	4,58	4,58	4,58	20,9764	1	20,9764	0,05	2,09764	44,1
14	Comedores	3,46	3,46	3,46	3,46	11,9716	1	11,9716	0,05	1,19716	25,1
266,4											

APÉNDICE H

Materias primas	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total
Harina de arrocillo	30548.33	kg	\$ 0.32	\$ 9,775.47
Harina de fréjol	13092.14	kg	\$ 2.00	\$ 26,184.28
Huevo en polvo	2731.89	kg	\$ 20.00	\$ 54,637.87
Leche en polvo	4294.22	kg	\$ 8.89	\$ 38,175.64
Sal	104.74	kg	\$ 0.85	\$ 89.03
Azúcar	523.69	kg	\$ 0.70	\$ 366.58
Stevia en polvo	174.56	kg	\$ 20.58	\$ 3,592.48
Manteca vegetal	11041.04	kg	\$ 1.38	\$ 15,236.63
agua	23871.34	kg	\$ 0.00	\$ 11.94
Esencia de vainilla	462.59	kg	\$ 1.99	\$ 920.55
Bicarbonato de sodio	436.40	kg	\$ 15.40	\$ 6,720.63
Empaque	7418.88	kg	\$ 6.00	\$ 44,513.28
			Total	\$ 200,224.38

APÉNDICE I

Costos suministros	Unidad	Costo unitario	Consumo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Energia electrica	Kwh	0,098	31468	\$ 3.083,86	\$ 3.238,06	\$ 3.399,96	\$ 3.569,96	\$ 3.748,46
Lubricantes y combustibles		0,9	11000	\$ 9.900,00	\$ 10.395,00	\$ 10.914,75	\$ 11.460,49	\$ 12.033,51
Gas	kg	0,2	9016	\$ 1.803,20	\$ 1.893,36	\$ 1.988,03	\$ 2.087,43	\$ 2.191,80
Agua	m3	0,5	900	\$ 450,00	\$ 472,50	\$ 496,13	\$ 520,93	\$ 546,98
Materiales de limpieza y otros	l	1,5	966	\$ 1.449,00	\$ 1.521,45	\$ 1.597,52	\$ 1.677,40	\$ 1.761,27
Total				\$ 16.686,06	\$ 17.520,37	\$ 18.396,39	\$ 19.316,20	\$ 20.282,02

APÉNDICE J

Mano de obra Indirecta						
Concepto	Total de obreros	Costo por mes	Décimo tercer sueldo	Décimo cuarto	Aportaciones	Costo anual
Gerente General	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00	\$ 1.605,60	\$ 18.405,60
Jefe de producción	1	\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 1.204,20	\$ 13.804,20
Jefe de Calidad	1	\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 1.204,20	\$ 13.804,20
Analista de calidad	1	\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 1.204,20	\$ 13.804,20
Asistente de personal	1	\$ 545,00	\$ 545,00	\$ 545,00	\$ 729,24	\$ 8.359,24
Director de marketing	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.338,00	\$ 15.338,00
Jefe de mantenimiento	1	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 802,80	\$ 9.202,80
Bodeguero	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 535,20	\$ 6.135,20
TOTAL	7	\$ 5.245,00	\$ 5.245,00	\$ 5.245,00	\$ 7.017,84	\$ 80.447,84

Mano de obra directa						
Etapa	Número de Obreros	Costo por mes (\$)	Décimo tercer sueldo (\$)	Décimo cuarto sueldo (\$)	Aportaciones	Costo anual
Pesado	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 535,20	\$ 6.135,20
Mezclado-Amasado						
Moldeado	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 535,20	\$ 6.135,20
Horneado	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 535,20	\$ 6.135,20
Enfriado	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 535,20	\$ 6.135,20
Envasado	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 535,20	\$ 6.135,20
Almacenamiento de producto terminado	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 535,20	\$ 6.135,20
TOTAL						\$ 36.811,20

Costo total mano de obra	\$ 117.259,04
---------------------------------	----------------------

Costos Indirectos					
Mano de obra	\$ 117.259,04	\$ 117.259,04	\$ 117.259,04	\$ 117.259,04	\$ 117.259,04
Costo mantenimiento	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Costo publicidad	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Costos transporte	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00

APÉNDICE K

Balance de equipos

Activo	Valor de compra	Vida contable	Depreciación Anual	Años despreciándose	Depreciación Acumulada	Valor en libros	Valor de salvamento	Utilidad total
Balanza	\$ 49,48	10	\$ 4,95	5	\$ 24,74	\$ 24,74	\$ 34,64	\$ 9,90
Mezcladora-Amasadora	\$ 510,00	10	\$ 51,00	5	\$ 255,00	\$ 255,00	\$ 357,00	\$ 102,00
Moldeadora	\$ 3.000,00	10	\$ 300,00	5	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00	\$ 2.100,00	\$ 600,00
Horno	\$ 10.800,00	10	\$ 1.080,00	5	\$ 5.400,00	\$ 5.400,00	\$ 7.560,00	\$ 2.160,00
Carretilla de 32 bandejas	\$ 10.000,00	10	\$ 1.000,00	5	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 7.000,00	\$ 2.000,00
Envasadora horizontal	\$ 2.000,00	10	\$ 200,00	5	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.400,00	\$ 400,00
Detector de metales	\$ 30.000,00	10	\$ 3.000,00	5	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00	\$ 21.000,00	\$ 6.000,00
Camiones	\$ 10.000,00	15	\$ 666,67	5	\$ 3.333,33	\$ 6.666,67	\$ 7.000,00	\$ 333,33
Equipos e instrumentos lab	\$ 4.000,00	15	\$ 266,67	5	\$ 1.333,33	\$ 2.666,67	\$ 2.800,00	\$ 133,33
Equipos muebles de oficinas			\$ 6.569,28			\$ 37.513,07	\$ 49.251,64	\$ 11.738,56
							22%	\$ 2.582,48
								\$ 9.156,08
								\$ 46.669,15

APÉNDICE L

Ingresos y Costos

Proyección de acuerdo a la demanda					
Años	1	2	3	4	5
Cantidad	2472960	2596608	2726438	2862760	3005898
Precio	\$ 0,25	\$ 0,25	\$ 0,25	\$ 0,25	\$ 0,25
Ventas	\$ 618.240,00	\$ 649.152,00	\$ 681.609,60	\$ 715.690,08	\$ 751.474,58
Costos M.P	\$ 200.224,38	\$ 202.537,42	\$ 212.664,29	\$ 223.297,50	\$ 234.462,38
costos suministros	\$ 16.686,06	\$ 17.520,37	\$ 18.396,39	\$ 19.316,20	\$ 20.282,02
Mano de obra	\$ 117.259,04	\$ 117.259,04	\$ 117.259,04	\$ 117.259,04	\$ 117.259,04
Costo mantenimiento	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Costo publicidad	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Costos transporte	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00

Costos variables unitario	\$ 0,09				
Costos variables	\$ 216.910,44	\$ 220.057,78	\$ 231.060,67	\$ 242.613,71	\$ 254.744,39
Costos fijos	\$ 130.759,04	\$ 130.759,04	\$ 130.759,04	\$ 130.759,04	\$ 130.759,04

Capital trabajo	\$ 72.303,48
------------------------	--------------

Punto de equilibrio	805727
----------------------------	--------

Costo total	\$ 347.669,48
Costo unitario de producción	\$ 0,14

APÉNDICE M

Flujo de Caja

Años	0	1	2	3	4	5
Cantidad de producto		2472960	2596608	2726438	2862760	3005898
Precio de producto		\$ 0,25	\$ 0,25	\$ 0,25	\$ 0,25	\$ 0,25
Ventas		\$ 618.240,00	\$ 649.152,00	\$ 681.609,60	\$ 715.690,08	\$ 751.474,58
Costos variables		\$ 216.910,44	\$ 220.057,78	\$ 231.060,67	\$ 242.613,71	\$ 254.744,39
Costos fijos		\$ 130.759,04	\$ 130.759,04	\$ 130.759,04	\$ 130.759,04	\$ 130.759,04
Depreciación		\$ 6.569,28	\$ 6.569,28	\$ 6.569,28	\$ 6.569,28	\$ 6.569,28
Utilidad antes de impuestos		\$ 264.001,24	\$ 291.765,89	\$ 313.220,60	\$ 335.748,05	\$ 359.401,87
Impuesto (22%)		\$ 58.080,27	\$ 64.188,50	\$ 68.908,53	\$ 73.864,57	\$ 79.068,41
Utilidad neta		\$ 205.920,97	\$ 227.577,40	\$ 244.312,07	\$ 261.883,48	\$ 280.333,46
Depreciación		\$ 6.569,28	\$ 6.569,28	\$ 6.569,28	\$ 6.569,28	\$ 6.569,28
Inversión terreno	\$ -26.600,00					
Inversión maquinarias	\$ -70.359,48					
Inversión obras físicas	\$ -90.000,00					
Capital de trabajo	\$ -72.303,48					\$ 72.303,48
Ingresos por activos fijos						\$ 46.669,15
Flujo de caja	\$ -259.262,96	\$ 212.490,25	\$ 234.146,68	\$ 250.881,35	\$ 268.452,76	\$ 286.902,74
Flujo de caja acumulado		\$ -46.772,71	\$ 187.373,96	\$ 438.255,32	\$ 706.708,08	\$ 993.610,82
VAN	\$ 629.096,07					
TMAR	11%					
TIR	85%					