



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN
DE YEMA DE HUEVO EN POLVO.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR:

BRADLEY AARON BUSTILLOS SALINAS

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN
DE YEMA DE HUEVO EN POLVO.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: BRADLEY AARON BUSTILLOS SALINAS

DIRECTORA: ING. MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Bradley Aaron Bustillos Salinas**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Bradley Aaron Bustillos Salinas, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de junio del 2024



Bradley Aaron Bustillos Salinas

1722669825

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto técnico, **DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE YEMA DE HUEVO EN POLVO**, realizado por el señor: **BRADLEY AARON BUSTILLOS SALINAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Guillermo Eduardo Davalos Merino PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-06-04
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-04
Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-04

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis queridos padres, cuyo amor y sacrificio han sido mi mayor inspiración; a mis hermanos, por su constante apoyo y comprensión. A mis amigos y familia extendida, gracias por su apoyo emocional y compañía durante este viaje. Cada uno de ustedes ha jugado un papel fundamental en la realización de este logro, y por ello, les dedico esta tesis con profunda gratitud y cariño.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mis padres, por su amor incondicional y constante apoyo, a la bendición de Dios por la cual me ha permitido llegar hasta aquí, así como a mi directora y asesor de tesis, por su invaluable guía y paciencia. También extendo mi gratitud a mis profesores y compañero por su enriquecedora colaboración y amistad. A mi familia y amigos, gracias por su aliento y compañía en todo momento, por su crucial contribución a este logro

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos específicos	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes de investigación	5
2.2 Referencias Teóricas.....	6
2.2.1 Particularidades del Huevo	6
2.2.2 Estructura del Huevo	6
2.2.3 Cáscara	6
2.2.4 Clara	7
2.2.5 Yema.....	7

2.2.6	Ovoproductos.....	7
2.2.7	Huevo Deshidratado.....	8
2.2.8	Aplicaciones del huevo deshidratado en la industria alimentaria	8
2.2.9	Ventajas y desventajas del uso del huevo deshidratado en la industria alimentaria.....	9
2.2.10	Mercado de ovoproductos en el Ecuador	10
2.2.11	Muestreo	10
2.2.12	Normas para caracterización del huevo y ovoproductos.....	10
2.2.13	Caracterización microbiológica de los ovoproductos.....	11
2.2.14	Secado.....	11
2.2.15	Método Soxhlet	12

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	13
3.1	Localización del Proyecto.....	13
3.2	Metodología	14
3.2.1	Método deductivo	14
3.2.2	Método inductivo.....	14
3.2.3	Enfoque experimental	15
3.2.4	Variables a controlar	15
3.2.5	Caracterización de la materia prima.....	17
3.2.5.1	Caracterización físico-química	17
3.2.6	Elección del método.....	21
3.2.7	Balance de materia de la yema de huevo en polvo en el secador	29
3.2.8	Diseño del proceso	31
3.2.9	Factibilidad económica del proyecto	31
3.3	Ingeniería del proyecto.....	31
3.3.1	Primer método de obtención de yema de huevo en polvo.....	22
3.3.2	Descripción del proceso	22

3.3.3	Segundo método de obtención de la yema deshidratada	24
3.3.4	Cinética de secado	32
3.3.5	Periodos de secado.....	33
3.3.6	Parámetros para analizar el comportamiento de secado.....	34
3.3.6.1	Tiempo en el periodo de Velocidad constante	34
3.3.7	Diseño industrial de un secador de bandejas.....	35
3.4	Simulación del proceso del secador para la yema de huevo en polvo	37
3.4.1	Humedad en base seca	37
3.4.2	Humedad libre.....	41
3.4.3	Variación de tiempo	41
3.4.4	Variación de la humedad.....	41
3.4.5	Velocidad de secado	42
3.4.6	Tiempo en el periodo de Velocidad constante	46
3.4.7	Tiempo en el periodo de velocidad decreciente	46
3.4.8	Tiempo total de secado.....	48
3.4.9	Cálculo del rendimiento del proceso en peso	48
3.5	Dimensionamiento del secador de bandejas.....	49
3.5.1	Carga del sólido sobre las bandejas.....	49
3.5.2	Área total de las bandejas.....	50
3.5.3	Área para una bandeja	50
3.5.4	Espesor de las bandejas	51
3.5.5	Volumen de las bandejas	53
3.5.6	Masa de las bandejas	55
3.5.7	Longitud de la cámara interna.....	56
3.5.8	Ancho de la cámara interna	56
3.5.9	Altura de la cámara interna	56
3.5.10	Área de la cámara interna	57
3.5.11	Volumen de la cámara interna.....	57
3.5.12	Longitud de la cámara externa	58

3.5.14	Ancho de la cámara externa.....	58
3.5.15	Altura de la cámara externa.....	59
3.5.16	Área de la cámara externa	59
3.5.17	Volumen de la cámara externa	59
4.	Análisis e interpretación de resultados.....	61
4.1	Resultados caracterización la yema de huevo en polvo.....	61
4.1.1	Caracterización físico-química de la yema de huevo en polvo.....	61
4.1.2	Caracterización microbiológica de la yema de huevo en polvo	61
4.2	Resultado de las magnitudes del secador de bandejas	61
4.2.1	Resultados del dimensionamiento del secador de bandejas	62
4.2.2	Requerimiento del presupuesto	62
4.2.3	Propuesta del triturador.....	63
4.2.4	Costos de equipos y depreciación.....	64
4.3	Análisis costo beneficio.....	64
4.3.1	Cálculo del punto de equilibrio.....	64
4.3.2	Costos fijos.....	65
4.3.3	Costos variables.....	65
4.3.4	Costos indirectos.....	66
4.3.5	Costos totales de inversión fija y egresos	67
4.3.6	Cálculo del TIR y VAN.....	67
4.3.7	Resultados análisis VAN y TIR.....	69
4.3.8	Período de recuperación de la inversión	69
4.4	Análisis de resultados y discusión	71

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Principales componentes del primer proceso de deshidratación	8
Tabla 2.2: Propiedades del huevo	11
Tabla 3-1: Ubicación del proyecto.....	13
Tabla 3.2 Huevo fresco de gallina de acuerdo a su grado de calidad.....	15
Tabla 3-3: Variables del proceso.....	16
Tabla 3-4: Materiales, reactivos y equipos usados en la extracción de Grasas de la yema de huevo deshidratada	18
Tabla 3-5: Procedimiento para la determinación de cenizas.....	21
Tabla 3-6: Requisitos microbiológicos de los ovoproductos	21
Tabla 3-7: Consideraciones para la elección del método.....	25
Tabla 3-8: Datos para la obtención del resultado del área bajo la curva.....	34
Tabla 3-9: Datos experimentales del proceso de secado para la yema de huevo	38
Tabla 3-10: Datos de las bandejas con el sólido seco	38
Tabla 3-11: Datos para la determinación de la curva de secado	39
Tabla 3-12: Velocidad de secado	43
Tabla 3-13: Datos de humedad crítica y humedad en equilibrio del proceso.	46
Tabla 3-14: Datos de humedad libre y velocidad de secado para graficar la integral.....	47
Tabla 3-15: Rendimiento en peso del producto	49
Tabla 3-16: Medidas para el diseño del secador de bandejas.....	49
Tabla 3-17: Características mecánicas del acero AISI 304.....	52
Tabla 4-1: Caracterización físico-química de la yema de huevo en polvo	61
Tabla 4-2: Requisitos microbiológicos de los ovoproductos	61
Tabla 4-3: Resultados del dimensionamiento de las bandejas	62
Tabla 4-4: Resultados del dimensionamiento de la cámara interna del secador	62
Tabla 4-5: Resultados del dimensionamiento de la cámara externa del secador	62
Tabla 4-6: Presupuesto para la construcción del secador de bandejas	63
Tabla 4-7: Características del molino pulverizador	63

Tabla 4-8: Depreciación de los equipos de producción	64
Tabla 4-9: Costo de la materia prima.....	64
Tabla 4-10: Cantidad de producto procesado.....	64
Tabla 4-11: Costo de la fabricación de 1 frasco de 450g de yema de huevo deshidratada	65
Tabla 4-12: Costos de la mano de obra de la empresa.....	65
Tabla 4-13: Costos de la materia prima	65
Tabla 4-14: Costos indirectos de la producción de la yema de huevo en polvo	66
Tabla 4-15: Costos totales de implementación de los equipos para el proceso	66
Tabla 4-16: Resumen de los gastos generados en la producción de la yema de huevo en polvo	66
Tabla 4-17: Costos totales de producción	67
Tabla 4-18: Proyección de ganancias anuales.....	67
Tabla 4-19: Cálculo del VAN	68
Tabla 4-20: Cálculo del TIR	68
Tabla 4-21: Indicadores VAN y TIR	69
Tabla 4-22: Cálculo del período de recuperación	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Dispositivo de extracción Soxhlet	12
Ilustración 3-1: Mapa ubicación empresa Corporiz S.A	13
Ilustración 3-2: Ubicación de la empresa Corporiz S.A.....	14
Ilustración 3-3: Extracción de grasas.	18
Ilustración 3-4: Diagrama de flujo del primer método de obtención de la yema de huevo en polvo	22
Ilustración 3-5: Diagrama de flujo del segundo método para la deshidratación de la yema de huevo	24
Ilustración 3-6: Curva humedad vs tiempo	33
Ilustración 3-7: Curva de velocidad de secado.....	33
Ilustración 3-8: Método seleccionado para la deshidratación de la yema de huevo	26
Ilustración 3-9: Selección de huevos frescos	27
Ilustración 3-10: Separación de la yema y la clara de huevo	27
Ilustración 3-11: Peso de las yemas para ingresar al secador de bandejas	28
Ilustración 3-12: Ingreso de las yemas en el secador de bandejas a 70°C	28
Ilustración 3-13: Molienda de la yema de huevo deshidratada.....	29
Ilustración 3-14: Tamizado de la yema de huevo deshidratada	29
Ilustración 3-15: Curva de humedad vs tiempo de la bandeja 1	40
Ilustración 3-16: Curva de humedad vs tiempo de la bandeja 2	40
Ilustración 3-16: Curva de humedad vs tiempo de la bandeja 3	40
Ilustración 3-17: Curva de humedad vs tiempo de la bandeja 4	41
Ilustración 3-18: Velocidad de secado bandeja 1.....	44
Ilustración 3-19: Velocidad de secado bandeja 2.....	44
Ilustración 3-20: Velocidad de secado bandeja 3.....	44
Ilustración 3-21: Velocidad de secado bandeja 4.....	45
Ilustración 3-22: Grafica 1/N vs Xlibre	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

ANEXO B: SEPARACIÓN DE LA YEMA DE HUEVO

ANEXO C: **DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE LA MATERIA PRIMA**

ANEXO D: DETERMINACIÓN DE CENIZAS DE LA MATERIA PRIMA

ANEXO E: DETERMINACIÓN DE GRASAS DE LA MATERIA PRIMA

ANEXO F: OBTENCIÓN DE LA YEMA DE HUEVO EN POLVO

RESUMEN

La malnutrición en Chimborazo es parte de la transición nutricional y epidemiológica el cual es un problema de salud grave que ocurre cuando el cuerpo no recibe los nutrientes adecuados para funcionar correctamente debilitando el sistema inmunológico. Este fenómeno se presenta con una mayor intensidad dentro de la provincia, debido a que la desnutrición crónica infantil afecta al 43.7%, el objetivo de la presente investigación se enfoca en diseñar un proceso industrial para la obtención de yema de huevo en polvo de en la empresa “Corporiz S.A”, en la Ciudad de Riobamba. La metodología implementada se dirigió en elaborar una yema de huevo en polvo como un producto que se utilizará principalmente en la industria de alimentos también como proteína, este método consistió en verificar el proceso industrial y el producto final para que cumpla lo estipulado en la Normativa para Huevos Comerciales y Ovoproductos NTE INEN 1973:2011. Los resultados de los análisis la yema de huevo en polvo obtenida cumplió con los estándares especificados en la normativa siendo un ovoproducto derivado del huevo fresco, teniendo una humedad debajo del 5% lo cual establece la norma, y cumplen con el proyecto a largo plazo de producción como proveedores directos, para la factibilidad económica del producto final para la empresa CORPORIZ S.A. los resultados indicaron que el proyecto es rentable, con un porcentaje de rentabilidad del 33% /TIR), y un Valor Actual Neto (VAN) de \$15.479,93 y una recuperación de la inversión en un período de 1 año y 5 meses. En este contexto se concluye que la elaboración de una yema de huevo en polvo es una inversión sólida y respalda la viabilidad financiera del proyecto.

Palabras clave: < HUEVO>, <PROTEINA>, <YEMA EN POLVO>, <DESNUTRICIÓN INFANTIL>, < INDUSTRIA DE ALIMENTOS>, <TIR>, <OVOPRODUCTOS>.



0870-DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

Malnutrition in Chimborazo is part of the nutritional and epidemiological transition, which is a serious health problem that occurs when the body does not receive adequate nutrients to function properly, weakening the immune system. This phenomenon is presented with greater intensity within the province, because chronic child malnutrition affects 43.7%, the objective of this research focuses on designing an industrial process for obtaining egg yolk powder in the company "Corporiz S.A.", in the city of Riobamba. The methodology implemented was aimed at developing an egg yolk powder as a product to be used mainly in the food industry also as a protein, this method consisted of verifying the industrial process and the final product to meet the requirements of the Standard for Commercial Eggs and Egg Products NTE INEN 1973:2011. The results of the analysis of the egg yolk powder obtained complied with the standards specified in the regulation, being an egg product derived from fresh eggs, having a humidity below 5%, which is established in the regulation, and complies with the long-term production project as direct suppliers, for the economic feasibility of the final product for the company CORPORIZ S. A., the results indicated that the egg yolk powder obtained complies with the standards specified in the regulation. A. the results indicated that the project is profitable, with a profitability percentage of 33% /TIR), and a Net Present Value (NPV) of \$15,479.93 and a recovery of the investment in a period of 1 year and 5 months. In this context it is concluded that the production of an egg yolk powder is a solid investment and supports the financial viability of the project.

Key words: <EGG>, <PROTEIN>, <EGG YOLK POWDER>, <INFANT NUTRITION>, <FOOD INDUSTRY>, <TIR>, <OVOPRODUCTS>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la industria alimentaria, en el transcurrir de los tiempos ha existido una búsqueda constante de innovaciones y mejoras de los procesos productivos se han desarrollado técnicas avanzadas para la obtención y transformación de productos. Es por eso que el presente proyecto con este contexto plantea un diseño de un proceso industrial destinado en la obtención de yema de huevo en polvo, siendo un aporte significativo con el fin de abordar desafíos específicos en la producción de este producto el cual es esencial principalmente en aplicaciones culinarias y alimenticias.

En este trabajo se presenta una alternativa para la obtención de yema de huevo en polvo, mediante un proceso industrial, normalmente térmico para así obtener un producto de calidad de gran utilidad en la industria procesadora de alimentos. El interés en la yema de huevo en polvo se centra en su versatilidad y practicidad, ofreciendo los beneficios del producto y su alto valor nutricional los cuales se detallan mediante la caracterización físico-química y microbiológica de la materia prima, siendo este alto en contenido proteico y grasas naturales, las proteínas se consideran fundamentales para el cuerpo humano, ya que brindan la energía necesaria para el buen funcionamiento del organismo, los suplementos nutricionales ofrecen una alternativa a la desnutrición, ya que han demostrado ser un sustento nutricional óptimo en situaciones donde es busca solventar la deficiencia de nutrientes al consumo de alimentos diarios.

El diseño del proceso industrial propone explorar y optimizar cada etapa del proceso, desde la selección de la materia prima, pasteurización, separación de las yemas, deshidratación el cual se propone dos métodos: secador de bandejas y por liofilización, seleccionando el mejor método para su producción bajo consideraciones de rendimiento, factor económico y el tiempo en que se demora en deshidratar la materia prima, para después pasar por un proceso de trituración, tamizado y envasado del producto final. También tomando en cuenta aspectos fundamentales como le eficiencia del producto y la viabilidad económica para la empresa

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La malnutrición en Chimborazo es parte de la transición nutricional y epidemiológica el cual es un problema de salud grave que ocurre cuando el cuerpo no recibe los nutrientes adecuados para funcionar correctamente debilitando el sistema inmunológico. Este fenómeno se presenta con una mayor intensidad dentro de la provincia, debido a que la desnutrición crónica infantil afecta al 43.7% (Vásquez, 2020). Así también para personas que tienen restricciones dietéticas como productos sin gluten, sin lactosa o sin huevo fresco. La yema de huevo en polvo se utiliza como suplemento alimentario para sustituir y brindar las proteínas, vitaminas y minerales necesarios para una dieta adecuada.

Los ovoproductos generalmente son usados en las industrias panaderas, pasteleras y de salsas, debido que estos proveen componentes funcionales como: colorantes, emulsionantes, espesantes, aromatizantes y texturales; además de tener la ventaja para transporte y almacenamiento en buenas condiciones de inocuidad. El Instituto de Estudios de Huevo; (2006), indica que la yema de huevo en polvo tiene usos tecnológicos en la industria de alimentos como; Aromatizantes, colorantes, antioxidantes, capacidad emulsionante (Yasmin Mesa Rodríguez et al. 2018).

El presente trabajo se emplea como alternativa para dar un uso rentable al componente no utilizado en el proceso de obtención de albumina que vendría a ser la yema de huevo generados por la empresa Corporiz S.A ubicada en la ciudad de Riobamba la cual se dedica a la producción de suplementos alimenticios.

1.2 Justificación

La materia prima que se busca aprovechar es la yema de huevo que queda como componente no utilizado debido a un proceso anterior elaborado en la empresa con el fin de darle un uso comercial. En este trabajo se presenta una alternativa para la obtención de yema de huevo en polvo, mediante un proceso industrial, normalmente térmico (pasteurización, cocción, deshidratación, liofilización, congelación...) para así obtener un producto de calidad de gran utilidad en la industria procesadora de alimentos (Sandoval, Soriano, Instituto de Estudios del Huevo 2009).

Durante mucho tiempo se ha tenido información errónea acerca de la yema de huevo incluso se ha dicho que es mala para la salud, pero con el tiempo y mediante estudios se ha demostrado todo lo contrario, la yema de huevo deshidratada se utiliza para producir suplementos alimentarios en forma de polvo. Estos suplementos pueden ser utilizados como fuentes de proteínas, vitaminas y minerales en alimentos fortificados, este producto es un alimento que contribuye notablemente en tu salud cardiaca, el correcto funcionamiento del sistema nervioso, además de mantenimiento de los músculos.

La yema de huevo en polvo tiene un alto valor nutricional como proteínas, grasa, vitaminas, minerales y tiene enorme utilidad en los procesos de elaboración de alimentos, es un producto que se obtiene mediante la pasteurización, cocción, deshidratación, liofilización, congelación de las yemas de huevo frescas. Es ampliamente utilizado en la industria alimentaria como un ingrediente conveniente y de larga duración.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un proceso industrial para la obtención de yema de huevo en polvo de en la empresa “Corporiz S.A”, en la Ciudad de Riobamba”

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar fisicoquímica y/o microbiológica la yema de huevo en polvo en base a lo estipulado en la Normativa para Huevos Comerciales y Ovoproductos NTE INEN 1973:2011
- Identificar las variables, parámetros y las operaciones necesarias para efectuar los cálculos de diseño en el proceso industrial para la obtención de la yema de huevo en polvo.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el diseño del proceso industrial de obtención propuesto.
- Realizar un estudio de factibilidad económica y técnica del proceso.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

Según Callejas y Ramírez (2018, pag. 1), realizaron una investigación en la Universidad de La Salle donde se estudió el aprovechamiento de huevo deshidratado en la elaboración de un producto cárnico emulsionado y en el cual demostraron que la adición de huevo deshidratado mejora e iguala las propiedades tecnológicas de un producto cárnico elaborado con proteína de soya, generando un menor exudado, mayor aporte proteico y de minerales y una disminución en el contenido total de grasa en el producto.

Por otro lado, Yáñez (2009), describe en su investigación el uso del huevo como patrón de referencia en el trabajo con los extensores cárnicos, debido a que el huevo es un patrón aminoacídico exigente y puede ser utilizado en la formulación de productos alimenticios con el empleo de extensores cárnicos, debido a la alta calidad de la proteína en él contenida, con ellos se pretende aprovechar la funcionalidad, conservar el valor nutricional, considerar la calidad de la proteína y controlar los costos de producción.

Como lo demuestran Francioni y Martínez (2017, pág. 4) en su proyecto: “Producción de huevo en polvo”, como resultado de la deshidratación de un huevo entero, se encuentra el huevo en polvo, considerado como un ovoproducto, el cual se encuentra en matrices alimentarias de productos como mayonesas, helado, galletas, postres, alimentos congelados, panificados, productos de la industria farmacéutica y cosmética.

Anbesse, Geremew y Solomon, (2019) realizaron un estudio para mejorar el estado nutricional de macarrones mediante la adición de huevo en polvo a la harina de sémola en cinco proporciones de huevo en polvo (20%, 25%, 30%, 35% y 40%). En los resultados mostrados en el artículo se observó que al aumentar la proporción de huevos se aumentó sus componentes nutricionales y mejoraron las características del producto tales como la dureza, el tiempo de cocción, el tiempo de estabilidad y de ruptura de la masa.

Hernández Ordoñez, et al., (2016), realizaron un estudio para evaluar la flora microbiana de una pasta alimenticia compuesta elaborada con huevo fresco, huevo en polvo y clara de huevo en polvo para determinar con cuál de las tres materias primas es más factible realizar la elaboración

de esta pasta alimenticia, se observó que la flora microbiana de levaduras y mohos fue menos en la pasta compuesta por huevo entero fresco con un conteo de 1.0×10^1 CFU g⁻¹, huevo entero en polvo presentó un conteo de 2×10^2 CFU g⁻¹ y la pasta hecha con clara de huevo en polvo obtuvo un conteo de $2,6 \times 10^2$ UFC g⁻¹.

La avicultura es una de las principales actividades agropecuarias en el Ecuador, misma que ha tenido un crecimiento en los últimos 40 años, las actividades productivas de la industria avícola se pueden clasificar en: crianza de todo tipo de aves, producción de carne, plumas o huevos; el mercado avícola tiene como sus principales exponentes a la crianza de pollos para consumo 71% y gallinas ponedoras 16% de todas las actividades avícolas que se desarrollan en el país, por último las principales provincias que dominan este sector productivo son: Guayas, Manabí, Pichincha, Sto. Domingo y Tungurahua, con el 80% de la producción nacional Sánchez, (2020).

2.2 Referencias Teóricas

2.2.1 Particularidades del Huevo

El huevo es un alimento de gran valor por su elevado contenido de nutrientes esenciales, fáciles de absorber y utilizar, y también sustancias bioactivas con efectos positivos sobre la salud, la inclusión del huevo en la dieta de cualquier persona, y especialmente en la de aquellas más activas físicamente, aporta claras ventajas nutricionales y sanitarias (Balta López & Manrique, 2018).

2.2.2 Estructura del Huevo

Es importante conocer la estructura del huevo para comprender su correcta manipulación y brindar una óptima calidad al mismo. El corte transversal de un huevo permite diferenciar la cáscara, la clara y la yema, separadas entre sí por membranas que mantienen su integridad.

2.2.3 Cáscara

Está formada principalmente por bicarbonato de calcio y es la primera proyección del huevo, equivale al 11% del peso total del huevo, según la NTC 1240, esta debe estar limpia entera y libre de roturas. Dentro de esta normativa se tolera rugosidades, color no uniforme, manchas y pequeñas deformaciones.

2.2.4 Clara

Se considera que su principal función es la protección bacteriológica y física de la yema, está constituida en un 88% de agua y proteínas en un 11% y equivale al 56% del peso total de huevo, esta ha de ser translúcida y libre de impurezas.

2.2.5 Yema

Es el óvulo del huevo y se encuentra constituido por lípidos en un 31%, proteínas en un 16% y equivale aproximadamente al 33% del peso total del huevo, es de color amarillo uniforme, sin impurezas, y está en el centro del huevo.

2.2.6 Ovoproductos

Se consideran como ovoproductos todos los productos derivados de los huevos de aves, principalmente de gallinas ponedoras, con la finalidad de darle un valor agregado al huevo fresco que es normalmente consumido en su estado natural, es decir sin tratamiento o procesamiento alguno (INOVO, 2011), y a su vez existe una gran variedad de ovoproductos como lo son:

- Huevos líquidos
- Huevos deshidratados
- Derivados congelados
- Derivados compuestos
- Componentes aislados

De los ovoproductos anteriormente mencionados, se podría decir que son los más comunes que existen hasta la actualidad, cabe resaltar que de estos ovoproductos el menos explotado es el huevo deshidratado a consecuencia que las tecnologías para la industrialización de este ovoproducto en Ecuador son escasas y por consecuente el huevo deshidratado no tiene una presencia notoria en el mercado local (Nuñez et al., 2016).

Tabla 2-1: Principales componentes del primer proceso de deshidratación

Componentes	Descripción
Recepción de la materia prima	Se selecciona cuidadosamente los huevos frescos de mejor calidad, sin daños en la cáscara.
Lavado	Reduce las impurezas de los huevos seleccionados, para lo cual se usa agua a 60°C y con tenue cepillado para quitar los sólidos que se puedan encontrar en la parte visible del huevo.
Cascado	Se rompe el huevo mecánicamente para poder quitar la yema de la clara
Separado	Se debe trabajar la yema de la clara por separados por lo que mecánicamente se los disocia.
Filtrado	Sirve para separar algún tipo de residuo que todavía este presente en la yema, para después realizar una homogenización de la muestra para garantizar su buen estado.

Realizado por: Bustillos, B 2024.

En la tabla 2-1, se analiza los procesos alimentarios a los cuales se somete la yema de huevo fresco para convertirse en yema deshidratada y posteriormente en polvo, evidenciando los procesos que se deben controlar para cumplir así con la normativa INEN, para ser un alimento de calidad, en el primer proceso incluye la pre-pasteurización conformado de pasos fundamentales, como la selección de la materia prima para su posterior lavado, el separado el cual nos permite trabajar con la yema la cual se desea deshidratar finalmente con el filtrado que permite retener residuos grandes los cuales pueden afectar en el proceso.

2.2.7 Huevo Deshidratado

Por definición se considera al huevo deshidratado como aquel al que se le ha disminuido el contenido de agua de constitución del huevo, por medio de un procedimiento tecnológico adecuado y es apto para el consumo humano así también como para uso de tipo industrial, el huevo entero deshidratado es un sólido con un contenido en agua $\leq 5\%$. El huevo deshidratado es un ovoproducto que se obtiene al someter al huevo fresco a un tratamiento térmico que provoca la evaporación del agua y con la ayuda de estabilizadores que eviten la destrucción de los componentes del huevo fresco, de esta manera se obtiene una mezcla en polvo de la yema y clara, este producto puede obtener sus componentes por separados esto quiere decir solo yema deshidratada o solo albumen (clara) deshidratado, para lo cual, previo al proceso térmico deben separarse la yema y el albumen de manera mecánica, para que de esta manera se pueda obtener el producto de la manera que se requiera Callejas y Ramírez Gamboa (2018, pág. 45).

2.2.8 Aplicaciones del huevo deshidratado en la industria alimentaria

La industria alimentaria con el pasar de los años requiere de componentes de calidad para la producción de diferentes productos alimenticios, por lo cual el huevo deshidratado viene a ser un componente que ofrece ciertas ventajas a industrias alimentarias como: productores de salsas y mayonesas, panificadoras, confiterías, reposterías, comida preparada y precocida Francioni & Martínez, (2017), esto con la idea de utilizar un producto innovador que genere un mejor resultado frente al huevo en estado natural, ya que de esta manera se lo podría reemplazar por el huevo deshidratado tomando en cuenta los beneficios y/o ventajas que puede ofrecer este ovoproducto.

2.2.9 Ventajas y desventajas del uso del huevo deshidratado en la industria alimentaria

2.2.9.1 Ventajas

o El huevo como producto deshidratado tiene ciertas ventajas en comparación con el huevo fresco dentro de la industria alimentaria, esto se debe a que en el proceso es sometido a un tratamiento térmico que garantiza la ausencia de los microorganismos como son: Salmonella y E. coli, preservando así la seguridad alimentaria Rojas, (2022, pág. 4).

o Su capacidad de un almacenamiento prolongado y una vida útil extendida son factores importantes, ya que, al ser un producto deshidratado en forma de polvo, puede tener una conservación hasta un año, esto depende de los estabilizadores utilizados, garantizando su calidad a lo largo de este período Escudero et al. (2015, pág. 9).

o Su facilidad de uso, al no tener el recubrimiento de la cáscara en comparación al huevo fresco, asegura la ausencia de residuos sólidos de cáscara en el producto final, facilitando la producción de alimentos que cumplan los estándares de calidad permitidos Miranda et al. (2015, pág. 1).

o En comparación con los huevos frescos, el huevo deshidratado reduce el espacio de almacenamiento, ya que, no necesita de cubetas de cartón, que son usualmente utilizadas para almacenar y transportar los huevos frescos Ventajas y Desventajas del Huevo Deshidratado, (2020, pág. 1).

2.2.9.2 Desventajas

o Limitación al usarse como ingrediente, por el motivo que, al estar en forma de polvo, no es viable para ser utilizado de manera convencional para consumidores que deseen preparar un huevo cocido o frito de manera tradicional Callejas & Garzón, (2018).

2.2.10 Mercado de ovoproductos en el Ecuador

En la actualidad, el mercado de ovoproductos en Ecuador se encuentra sobrexplotado esto se debe a la falta de industrialización de este suplemento. Uno de los principales desafíos radica en la competencia directa con los huevos frescos, ya que, la comercialización de los ovoproductos en el país es limitada. Aunque en el transcurso de los últimos años se ha notado un incremento en las importaciones de huevo líquido y huevo deshidratado, la implementación de industrias dedicadas a la producción de ovoproductos no ha evolucionado lo suficiente para cubrir las necesidades nacionales de diversos productos derivados del huevo, en especial del huevo deshidratado Pazmiño y García (2016, pág. 1).

2.2.11 Muestreo

Al referirnos al termino de recolectar muestras tomamos en consideración que existe una normativa que establece el correcto manejo de las mismas, dicha norma viene dada en la NTE INEN 1973:2011 la cual menciona que para realizar el muestreo se debe considerar como muestra al envase el cual contenga los huevos y no al huevo en unidad, se rechazará el lote que no cumple con alguno de los requisitos microbiológicos establecidos por la norma, esto con el fin de conservar las propiedades y características del huevo hasta llegar al laboratorio de bromatología ubicado en la Facultad de Ciencias perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para su respectivo análisis. Uno de los principales aspectos para un adecuado muestreo es el no tener ningún tipo de alteraciones al momento de realizar los análisis por lo que se debe evitar la recolección de huevos defectuosos y no aptos contemplando lo establecido en la norma vigente NTE INEN, 1973.2011, (2011, pág. 5).

2.2.12 Normas para caracterización del huevo y ovoproductos

Para la caracterización de los huevos comerciales y ovoproductos, existen ciertos requisitos establecidos en las normas que regulan los límites que deben cumplirse al momento de ser evaluadas. Son requisitos establecidos por organizaciones que pueden ser nacionales o

internacionales que definen límites para la calidad que debe presentar el huevo y ovoproductos como la yema de huevo en polvo. Estas normas son la garantía para proteger la salud humana y dependerán de los agentes reguladores de cada país.

2.2.12.1 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1973:2011

Esta norma establece criterios de calidad del huevo y de los ovoproductos para que puedan ser de consumo humano en sus diversas presentaciones, permite la selección de los huevos que estén en mejor estado y estén aptos para su comercialización como huevo entero o para ser convertidos en ovoproductos, los requisitos de la norma para la selección de los huevos van desde el tamaño por unidad, por docena o por cubetas, su grado de calidad, las características físicas, requisitos microbiológicos de los huevos frescos y ovoproductos. Esta norma busca garantizar la inocuidad de los huevos, con el fin de preservar la salud de los consumidores NTE INEN, 1973.2011, (2011).

2.2.13 Caracterización microbiológica de los ovoproductos

La caracterización microbiológica pretende estudiar la muestra con el fin de determinar la cantidad total de bacterias aerobias y especificar un período de vida útil, además de evaluar la calidad sanitaria de la yema deshidratada a través de dos determinaciones *Escherichia coliforme* y *Salmonella* los cuales son dos patógenos que comúnmente se pueden encontrar en los huevos frescos Sánchez y Ruíz, (2018).

Tabla 2.2: Propiedades del huevo

10.0 Grupo de Alimento: Huevos y derivados. Incluye huevo entero, claras, yemas; pasteurizados líquidos o deshidratados y los huevos frescos en su cáscara.			
10.1 Subgrupo del alimento: Huevo entero, claras, yemas; pasteurizados líquidos o deshidratados.			
Parámetro	Categoría	Tipo de Riesgo	Limite Máximo permitido
<i>Escherichia coli</i>	5	A	> 3 NMP/G
<i>Salmonella ssp/25 g</i>	10		Ausencia

Realizado por: Bustillos, B 2024

2.2.14 Secado

La definición de secado se basa en la transferencia de más y de calor simultanea que se puede dar bajo condiciones controladas para de esta manera lograr una eliminación de agua casi en su totalidad. El objetivo principal de esta operación unitaria, es prolongar la vida útil de los alimentos removiendo la cantidad de agua y disminuyendo así su actividad, esta disminución conlleva una

inhibición de la actividad, enzimática y de los microorganismos. En este sentido si se detecta presencia de humedad en el producto ocasionara una activación de las enzimas en el producto, como consecuencia de esta actividad el deterioro del producto final (Vinicio y Morales 2016, pág. 3).

2.2.15 Método Soxhlet

La extracción Soxhlet considerada un proceso de separación sólido-líquido El procedimiento consta en colocar una muestra sólida pulverizada en un material poroso el cual se coloca en la cámara del extractor Soxhlet. Los vapores se condensan al momento de calentar el solvente extractante el cual está ubicado en el matraz, dichos vapores luego caen en forma de gotas sobre el cartucho que contiene la muestra, obteniendo así los analitos solubles presentes. Una vez que el nivel del disolvente condensado en la cámara llegue a la parte superior del sifón lateral, el disolvente que contiene los analitos disueltos, asciende por el sifón y regresa al matraz de ebullición. Este proceso puede repetirse las veces que sean necesarias hasta que se complete la extracción de los analitos de la muestra y los cuales se concentran en el disolvente

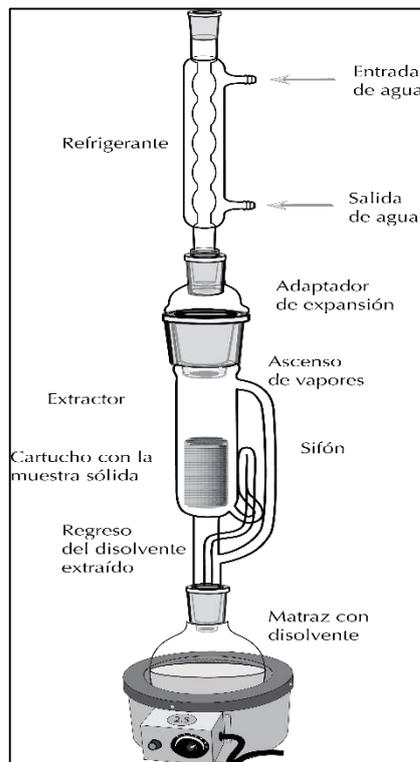


Ilustración 2-1: Dispositivo de extracción Soxhlet

Fuente: Luna, 2014.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización del Proyecto



Ilustración 3-1: Mapa ubicación empresa Corporiz S.A

Fuente: Google maps 2023

Tabla 3-1: Ubicación del proyecto

Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Coordenadas	Latitud: 1°40'05.2'' SUR Longitud: 78°38'54.4'' OESTE
Empresa	Corporiz S.A

Realizado por: Bustillos, B 2024.

El proyecto será llevado a cabo en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, en la empresa de alimentos Corporiz S.A. La empresa se encuentra ubicada en la ciudad en las calles Ayacucho entre García Moreno y España con las coordenadas Latitud: 1°40'05.2'' SUR Longitud: 78°38'54.4'' OESTE.

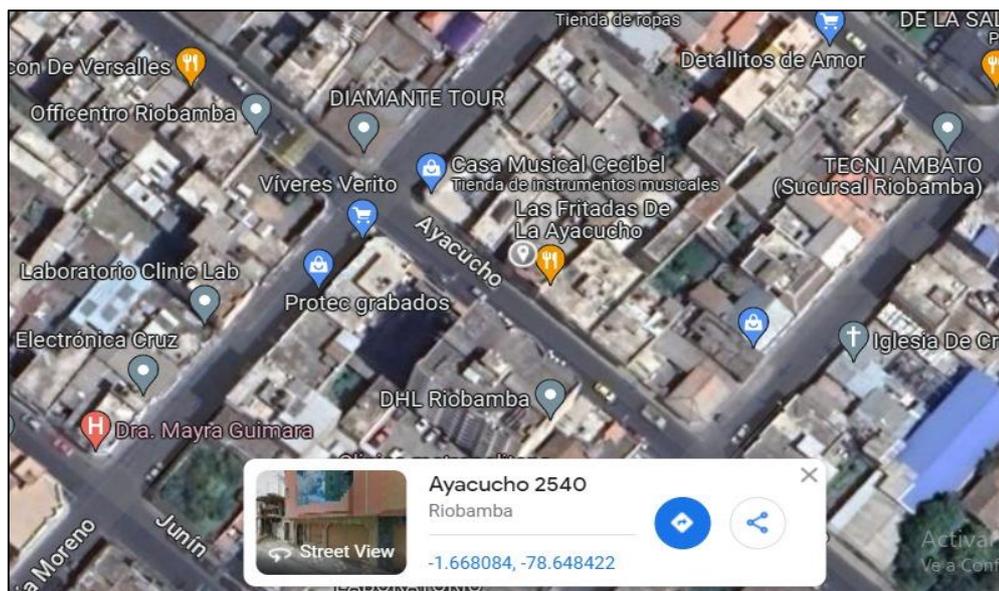


Ilustración 3-2: Ubicación de la empresa Corporiz S.A.

Fuente: Google maps 3023

3.2 Metodología

3.2.1 Método deductivo

El producto a elaborar en este caso la yema de huevo en polvo es un producto que se utiliza principalmente en la industria de alimentos, este método consiste en verificar su proceso industrial y el producto final estén cumpliendo lo estipulado en la Normativa para Huevos Comerciales y Ovoproductos NTE INEN 1973:2011, el presente trabajo implementa técnicas de deshidratación eficientes para lograr un producto final en forma de polvo.

3.2.2 Método inductivo

El enfoque inductivo del presente proyecto se basa en la obtención de datos de las propiedades beneficiosas al utilizar yema de huevo en polvo en la industria alimentaria y los desafíos en su obtención, como problemas de calidad, costos de producción o limitaciones tecnológicas. Dichos desafíos son el punto de partida para implementar oportunidades de mejora en la eficiencia del proceso, enfocándonos en la parte más deficiente del procedimiento con el fin de formular nuevas propuestas de diseño para conseguir un producto de calidad.

3.2.3 *Enfoque experimental*

3.2.3.1 *Selección de muestra*

Se empieza eligiendo los huevos de mejor calidad del lote seleccionado según la norma establecida, una vez se tengan los huevos de mejor calidad se separan las yemas de las claras de igual manera seleccionando las de mejor contextura y mejor calidad.

Tabla 3.2 Huevo fresco de gallina de acuerdo a su grado de calidad

	Grado A	Grado B
Yema	Debe tener visibilidad al trasluz, bajo forma de sombra solamente, no debe tener contorno aparente, no separándose sensiblemente de la posición central en caso de rotación del huevo. Libre de cuerpos extraños	Visible a trasluz, bajo forma de sombra únicamente; pequeña separación en caso de rotación del huevo. Se permite manchas de sangre y/o carne hasta 3mm

Fuente: NTE INEN 1973

Realizado por: Bustillos, B 2024

Con lo establecido en la tabla 3-2 podemos determinar que la materia prima seleccionada se encuentra dentro del grado de calidad tipo A, lo cual es apta para su utilización para su deshidratación.

3.2.4 *Variables a controlar*

En la Tabla 3-3 podemos observar las variables dependientes e independientes que involucra el proceso de secado para la obtención de la yema de huevo en polvo.

Tabla 3-3: Variables del proceso

PRODUCTO	TIPO DE VARIABLE	SUB-VARIABLE	CONCEPTO	EQUIPO/APARATO DE MEDICIÓN	EFECTO EN EL PROCESO	PARÁMETROS
Yema de huevo en polvo	Independiente	Temperatura	Cantidad de energía térmica consumida en una escala definida	Termómetro	Elimina la totalidad de agua contenida en la muestra	60 a 70°C
		Tiempo	Duración del proceso de secado	Cronómetro	Cantidad de tiempo en la cual se mantiene constante el nivel de deshidratación del producto	1-3 días
		Método de secado	Proceso el cual se basa en lograr una eliminación de agua casi en su totalidad	- Secador de bandejas - Liofilizador	Reduce el contenido de humedad, prolongando así la vida útil del producto	Calor Congelación
		Flujo de aire en el secado	Movimiento de aire utilizado para remover la humedad	Termómetros y termopares Manómetro	Asegura la uniformidad del secado garantizando así la calidad final del producto	Depende del equipo
	Dependientes	Contenido de humedad final del polvo	Porcentaje de humedad residual en el producto final	Termobalanza	Un contenido de humedad bajo inhibe el crecimiento de bacterias hongos y levaduras	Menor al 5%
		Propiedades organolépticas	Características sensoriales del producto, cruciales para la aceptación del producto	Panel sensorial	Un color uniforme, indica un proceso de secado adecuado	Color, olor y sabor de la yema de huevo en polvo
		Composición nutricional	Cantidad y proporción de nutrientes presentes en el producto final	Equipo Soxhlet Determinación de proteínas	Calidad nutricional, energía y funcionalidad del producto	Parámetros establecidos en la norma INEN

Realizado por: Bustillos, B 2024

3.2.5 Caracterización de la materia prima

Para las pruebas de caracterización se utilizó el laboratorio bromatología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el cual se realizó los análisis físico-químicos necesarios para cumplir con los requisitos establecidos en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1973:2011, Referente a las características físicas del huevo comercial de gallina, requisitos microbiológicos de los huevos frescos y requisitos microbiológicos de los ovoproductos.

3.2.5.1 Caracterización físico-química

➤ Extracción de grasa

Para la determinación del índice de grasas se realizó por el método de extracción de Soxhlet, el cual consta de una extracción directa con una muestra seca con adición de éter. Para lo cual se inicia tomando una muestra de 5gr de materia seca, lo envolvemos en papel filtro y lo colocamos dentro del equipo para después añadir una cantidad suficiente de solvente éter hasta la mitad de la cámara de esta manera se garantizó el perfecto funcionamiento del extracto.

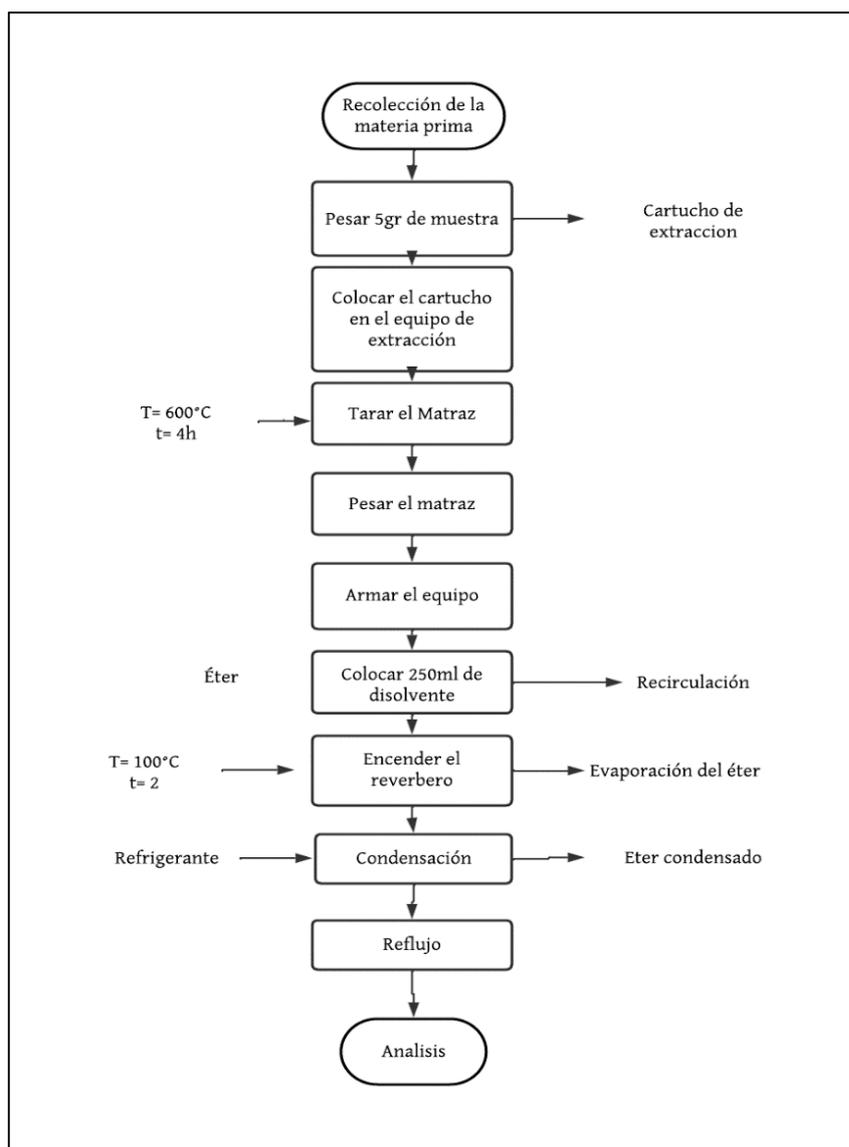


Ilustración 3-3: Extracción de grasas.

Realizado por: Bustillos, B 2024

En la Tabla 3-4 se detallan los materiales y reactivos utilizados para el análisis de determinación de grasas de la materia prima.

Tabla 3-4: Materiales, reactivos y equipos usados en la extracción de Grasas de la yema de huevo deshidratada

Materiales	Reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> - 5gr de la muestra seca - Refrigerante de bolas - Balón de destilación - Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> - Éter 	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo soxhlet - Balanza analítica

Realizado por: Bustillos, B 2024

Una vez que empiece el primer reflujo conocido como primer ciclo, se debe tomar el número de sifonadas hasta llegar a un punto en que la cantidad de éter en el matraz sea mínima, se lo deja enfriar sobre su soporte, consiguiente a esto se procede a recuperar el éter utilizado mediante un equipo de destilación para utilizarlo en extracciones ulteriores, se pesa el valor del matraz con la grasa que se puede observar en su interior y se procede a sacar su porcentaje mediante la siguiente fórmula:

$$G(\%) = \frac{m_2 - m_1}{M} * 100$$

Ecuación 1

Donde:

m_1 = masa en g del matraz vacío

m_2 = masa en g del matraz con grasa

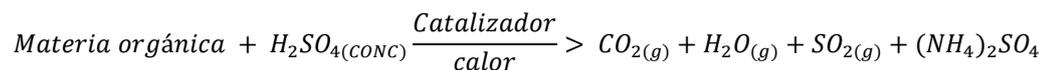
M = peso de la muestra en g

➤ *Determinación de proteínas*

Para la determinación de las proteínas totales se utiliza el método de Micro Kjeldahl.

Las proteínas conocidas como macromoléculas completas con un alto peso molecular, las cuales tienen como elemento químico más sobresaliente el nitrógeno por lo cual, el mejor método para determinar su porcentaje es conocido como el método de Kjeldahl-Willfart-Gunninfg el cual considera las siguientes etapas fundamentales:

Digestión: La materia prima es tratada con ácido sulfúrico concentrado y sulfato de cobre como catalizador para oxidar la materia orgánica en CO₂ y agua para transformar el nitrógeno en amoniaco e imínico los cuales se desprenden de las proteínas y aminoácidos. Durante el proceso se observa la formación de una espuma negra indicando que la materia se está carbonizando, hasta tener como resultado un líquido claro el cual indica que la reacción química ha terminado.



Destilación: Una vez terminada la digestión de la muestra se añade una cantidad excesiva de hidróxido de sodio al 40% m/v. Este reactivo se encarga de descomponer el sulfato de amonio en amoniaco, el cual posteriormente se destila mediante arrastre de vapor.

➤ *Determinación de humedad*

Se pesan 5gr de muestra deshidratada en la cápsula de aluminio dentro de la termobalanza a una temperatura de 105°C durante un lapso de tiempo de 1 hora para finalmente aplicar la siguiente ecuación:

$$\%H_2O = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100$$

Ecuación 2

Donde:

m_0 = Peso de la cápsula limpia y seca

m_1 = Peso de la cápsula + muestra antes de secar

m_2 = Peso de la cápsula + muestra después de secar

➤ *Determinación de cenizas*

Se llevó a cabo por un método indirecto conocido como método de incineración de mufla, el cual consiste en colocar la muestra en un crisol seco y quemarla en la mufla a una temperatura de 500°C con el fin de eliminar toda la materia orgánica que puede combustionar u oxidar y formar CO₂, quedando así solo la sustancia orgánica en forma de ceniza blanca, se debe calentar hasta mantener un peso constante de la ceniza color gris claro. Previamente se coloca la muestra en un desecador hasta que se enfríe, pesamos y anotamos el valor del crisol con la ceniza.

Encontramos el porcentaje de cenizas mediante las siguientes expresiones:

$$\%C = \left\{ \left(\frac{m_1 - m}{m_2 - m} \right) \right\} * 100$$

Ecuación 3

Donde:

%C = contenido de cenizas en porcentaje de masa

m = masa de la cápsula vacía en g

m_1 = masa de la cápsula con la muestra después de la incineración en g

m_2 = masa de la cápsula con la muestra antes de la incineración en g

Tabla 3-5: Procedimiento para la determinación de cenizas

Determinación de cenizas	
Fundamento	Este procedimiento es utilizado para calcular la cantidad de minerales o sustancias inorgánicas presentes en una muestra mediante un proceso de calcinación
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Crisol • Mufla • Desecador • Pinzas • Balanza
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Tarar el crisol y pesarlo • Pesarse 5gr de muestra seca y colocarlo en el crisol • Colocar el crisol en el reverbero, hasta calcinar la muestra • Colocar el crisol en la mufla a una temperatura de 500°C por 12 horas • Colocar el crisol en el desecador hasta que se enfríe • Pesarse y realizar los cálculos pertinentes

Realizado por: Bustillos, B 2024

3.2.5.2 Caracterización microbiológica

Para la caracterización microbiológica la yema de huevo en polvo siendo un ovoproducto debe cumplir los requisitos planteados en la Tabla 3- 6.

Tabla 3-6: Requisitos microbiológicos de los ovoproductos

Parámetro	Límite por g/ml			
	n	c	m	M
Recuento Aerobio Mesófilos *	5	2	10 ⁴	5 * 10 ⁴
E. coli ufc/g **	5	2	Ausencia	---
Salmonella spp en 25g **	5	0	Ausencia	---
* Parámetros de vida útil del producto				
** Parámetros de inocuidad del producto				

Fuente: NTE INEN, 1973.2011, (2011, pág. 5)

Realizado por: Bustillos, B 2024.

3.2.6 Elección del método

Para la elección del método más factible tomamos en cuenta los principales factores dentro del proceso los cuales implican, la materia prima a utilizar, la cantidad de equipos, reactivos, y el rendimiento del producto final, así también como el tiempo del proceso para su obtención. Se debe tomar en cuenta que, el método seleccionado puede ser modificado con el fin de la mejora

de calidad del producto. El estudio se llevará a cabo a nivel de laboratorio para fines industriales, considerando dos métodos para el proceso de deshidratación de la yema de huevo en polvo con el fin de preservar las propiedades características del huevo. En bibliografía no se explican detalladamente los métodos de obtención de yema de huevo en polvo, se encuentra información de productos como el huevo entero deshidratado, en este sentido las condiciones de obtención de la yema de huevo en polvo varían dependiendo de la calidad del huevo según su normativa, en el presente trabajo se plantea un método accesible para la obtención del producto final con un alto rendimiento y de la mejor calidad para el consumidor.

3.2.7 *Primer método de obtención de yema de huevo en polvo*

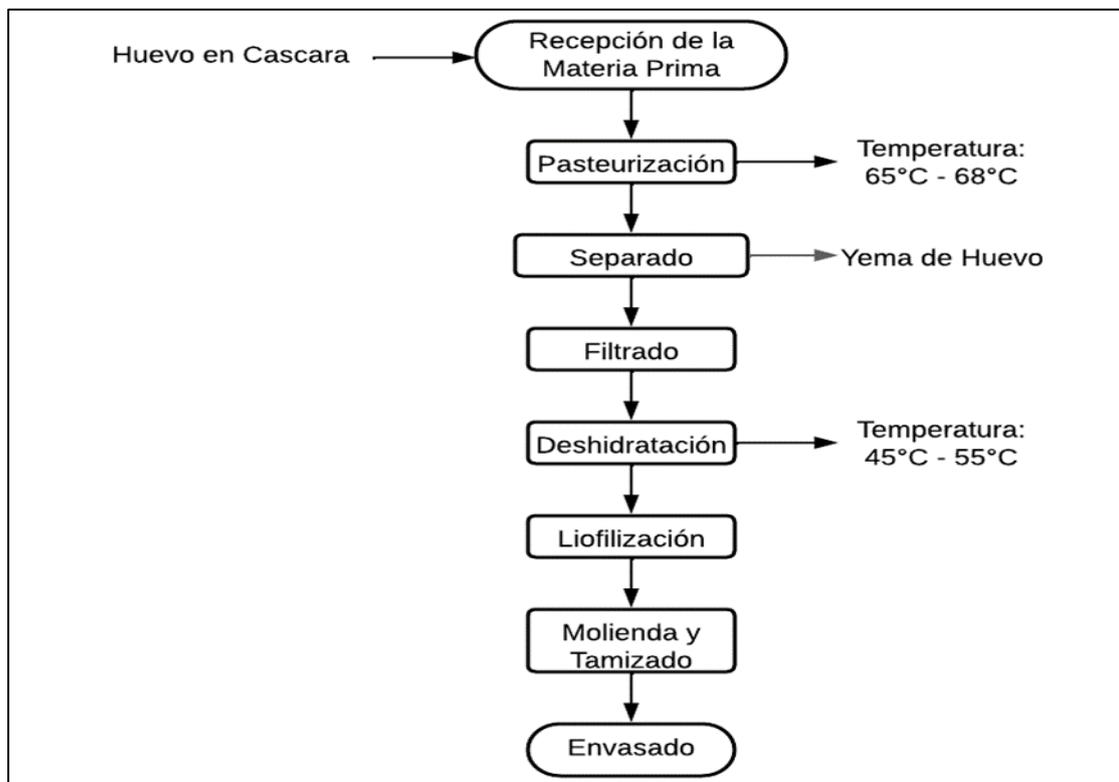


Ilustración 3-4: Diagrama de flujo del primer método de obtención de la yema de huevo en polvo

Realizado por: Bustillos, B 2024

3.2.8 *Descripción del proceso*

3.2.8.1 *Recepción de la materia prima.*

Se recibe los huevos frescos, previamente revisados sin ningún maltrato en su estructura.

3.2.8.2 *Separado*

En este caso se lleva a cabo una separación mecánica de la yema y la clara, obteniendo la yema de huevo seguimos con el siguiente proceso que es el filtrado.

3.2.8.3 *Filtrado*

Se filtra la yema con el fin de eliminar cualquier impureza que pueda estar aún presente, aquí realizamos una homogenización de las yemas para verificar que la muestra se encuentre en buen estado.

3.2.8.4 *Pasteurización*

Se trabaja a una temperatura de 65°C – 68°C que es la temperatura a la cual soporta la yema de huevo garantizando así la eliminación del 99.9% de microorganismos patógenos.

3.2.8.5 *Deshidratación*

La deshidratación de la yema de huevo implica eliminar su contenido de humedad para convertirla en forma de polvo. Este proceso puede llevarse a cabo mediante diversas técnicas de secado, como la atomización o la liofilización.

3.2.8.6 *Liofilización*

Método de deshidratación empleado para la preservación de alimentos sujetos al deterioro o para la obtención de productos en forma de polvo. Durante el proceso de liofilización, se elimina el contenido de agua del producto mediante sublimación, un proceso en el cual el agua presente pasa directamente del estado sólido (hielo) al estado gaseoso (vapor) sin pasar por la fase líquida.

3.2.8.7 *Molienda y Tamizado*

Dependiendo el tamaño deseado se procede a moler y tamizar el polvo para garantizar una textura fina y uniforme.

3.2.8.8 Envasado

Una vez que la yema deshidratada ha sido sometida a los procesos de secado y enfriamiento, se procede a empacarlo y medir su peso en el envase designado, en este caso, bolsas de polietileno con cierre automático.

3.2.9 Segundo método de obtención de la yema deshidratada

3.2.9.1 Deshidratación por secador de bandejas

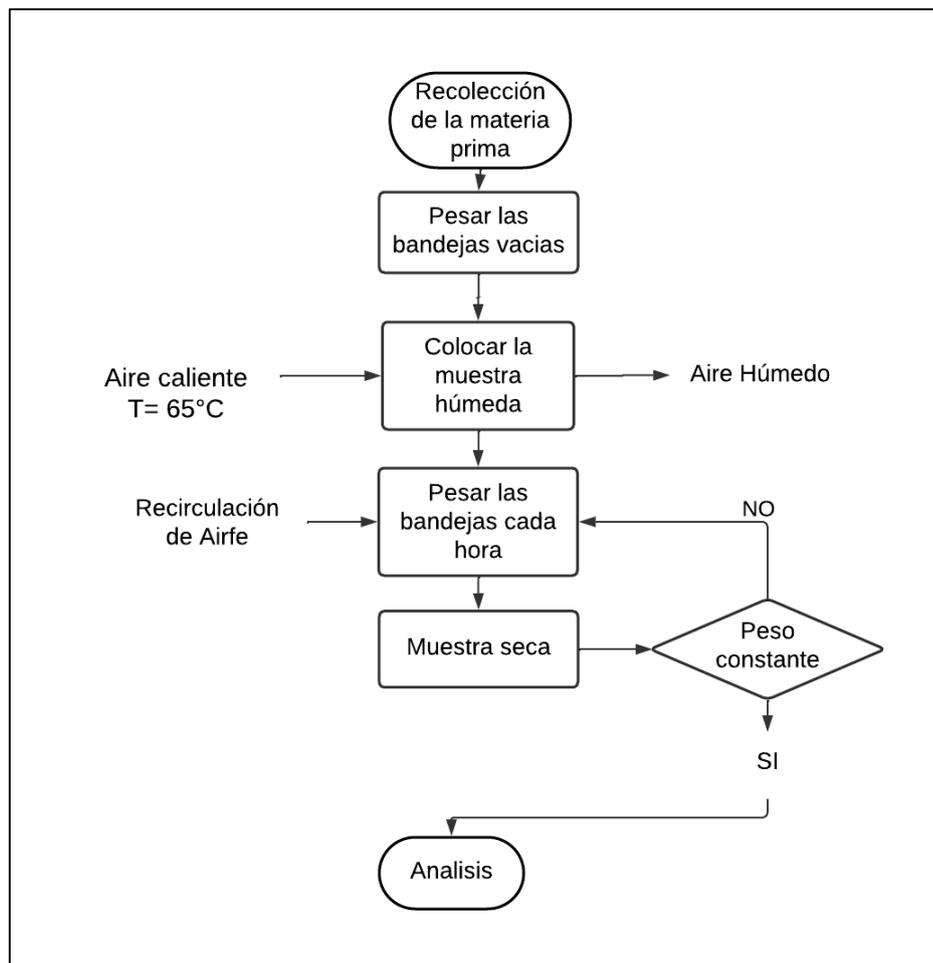


Ilustración 3-5: Diagrama de flujo del segundo método para la deshidratación de la yema de huevo

Realizado por: Bustillos, B 2024

3.2.9.2 Factores que intervienen en el proceso de secado

- **Temperatura del aire:** Siendo este una de las variables mas importantes en el proceso de secado. Este factor es directamente proporcional en relación con la eliminación de la humedad mientras más se eleve la temperatura más humedad se eliminará, podemos manipular esta variable tomando en cuenta la temperatura máxima de secado de la yema de huevo.
- **Humedad relativa del aire:** Es expresada en porcentaje (%) y es definida como, la razón de presión de vapor de agua en ese instante, con relación a la presión de saturación de vapor de agua a iguales temperaturas
- **Velocidad del aire:** Se encarga de transportar la energía que necesita el equipo para calentar el agua que contiene la muestra para facilitar su evaporación, también es el encargado de transportar la humedad que sale de la muestra. Es necesario una circulación regular de aire para lograr un secado rápido y uniforme
- **Contenido de humedad:** Se refiere a la cantidad de agua presente en la yema de huevo la cual es necesaria eliminar para secar el producto.

Tabla 3-7: Consideraciones para la elección del método

Liofilizador	Secador de bandejas
Mayor tiempo de deshidratación del producto	Menor tiempo de deshidratación del producto
Mayor coste de producción	Menor coste de producción
Mayor complejidad en el manejo del equipo	Facilidad de manejo
Se necesitan materiales extras para poner la materia prima en el liofilizador	Menor uso de materiales para su funcionamiento
Menor capacidad de producto	Adecuado para producción de lotes más grandes
Humedad final menor al 4%	Humedad final menor al 4%

Realizado por: Bustillos, B 2024

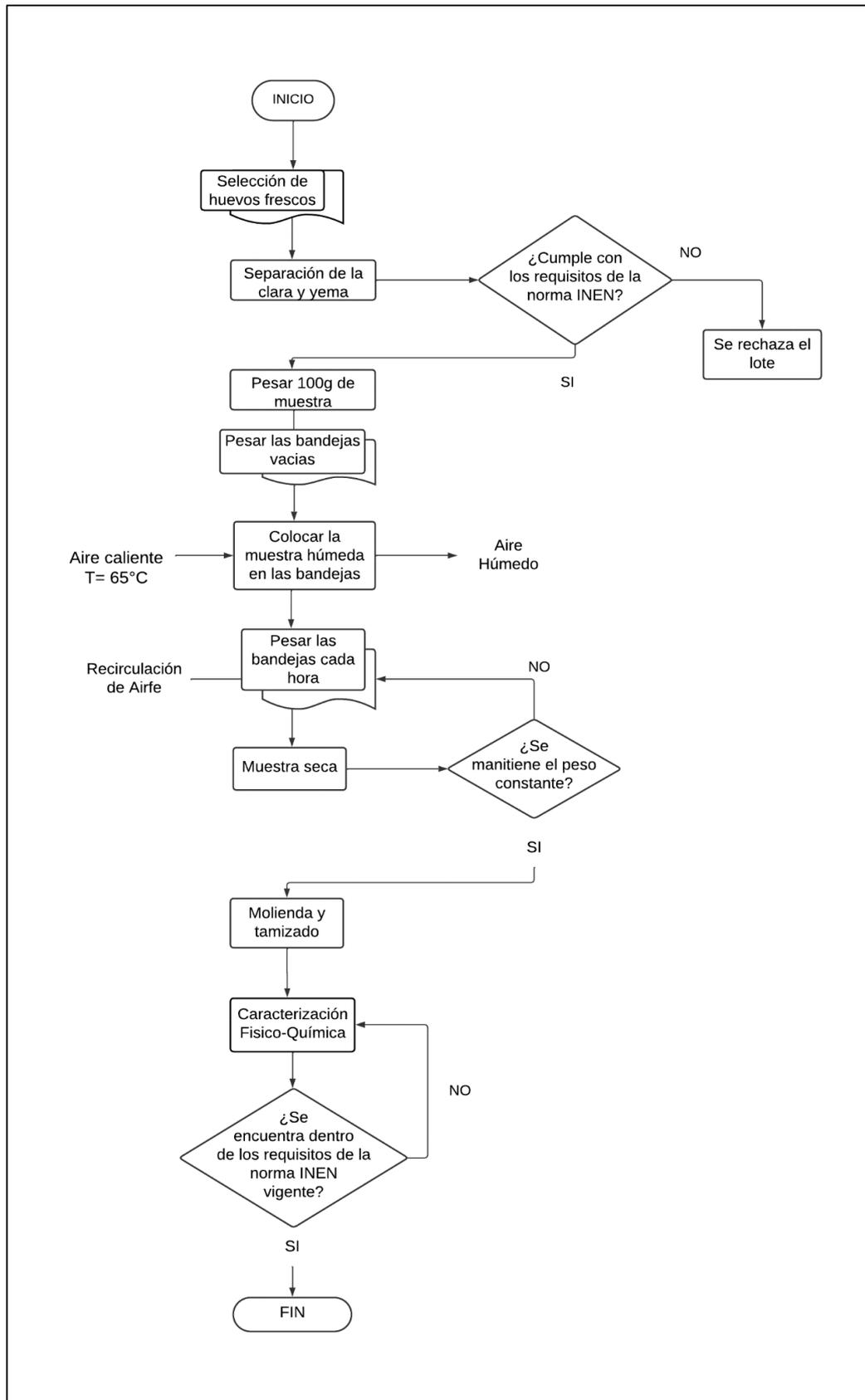


Ilustración 3-8: Método seleccionado para la deshidratación de la yema de huevo

Realizado por: Bustillos, B 2024

Selección de huevos frescos

La selección de los huevos frescos se hace de manera manual, eligiendo los huevos en mejor estado, pasando también por un proceso de pasteurización con el fin de eliminar cualquier impureza presente en su estructura externa.



Ilustración 3-9: Selección de huevos frescos

Realizado por: Bustillos, B 2024

Separación de la clara y la yema

La separación de la yema de la clara se realizó de manera manual, extrayendo la yema con una botella esterilizada.



Ilustración 3-10: Separación de la yema y la clara de huevo

Realizado por: Bustillos, B 2024

Peso de las yemas

Se separó una cantidad de yemas de una cubeta de huevos (30 huevos), se pesó en la balanza analítica para posteriormente colocar en las bandejas.



Ilustración 3-11: Peso de las yemas para ingresar al secador de bandejas

Realizado por: Bustillos, B 2024

Se coloca las yemas en las bandejas de aluminio a una altura de entre 0.3 a 0.5 cm para ingresar al secador de bandejas.



Ilustración 3-12: Ingreso de las yemas en el secador de bandejas a 70°C

Realizado por: Bustillos, B 2024

Molienda y tamizado

Una vez que la yema de huevo este deshidratada se hace un proceso de molienda de manera manual o con la ayuda de una trituradora eléctrica, para después dar paso al tamizado para obtener un producto en polvo



Ilustración 3-13: Molienda de la yema de huevo deshidratada

Realizado por: Bustillos, B 2024



Ilustración 3-14: Tamizado de la yema de huevo deshidratada

Realizado por: Bustillos, B 2024

Envasado

El envasado se realizará en fundas empacadas al vacío para preservar la inocuidad y duración del producto

3.2.10 Balance de materia de la yema de huevo en polvo en el secador

3.2.10.1 Balance de materia

Dicho balance se basa en el concepto de la Ley de la Conservación de la Materia, el cual define que “Los átomos ni se crean, ni se destruyen solo se transforman”. Entonces considerando esta expresión sabemos que: la masa que ingresan al sistema, deberá salir del mismo o acumularse en su interior. El balance de materia queda expresado por la siguiente ecuación:

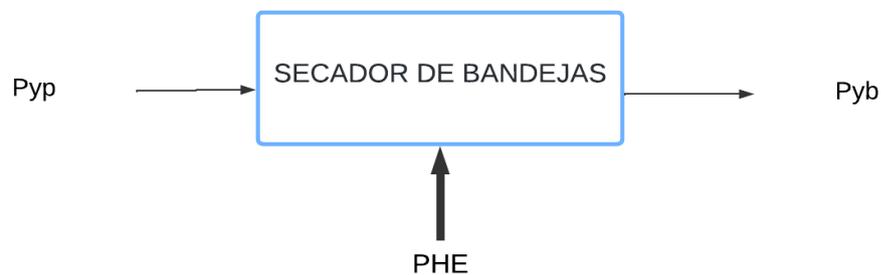
$$\text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Acumulación}$$

Ecuación 4

Secador de bandejas:

Para el balance de masa se necesitó pesar una muestra inicial de 287.777gr de yema de huevo, la cual se dividió en 4 bandejas de aluminio las cuales se pesaron vacías antes de colocar las muestras en cada una de ellas, para ingresar al secador de bandejas el cual mantuvo una temperatura de 70°C, así obteniendo los siguientes datos de cada bandeja.

Tomando en cuenta que el contenido de humedad de la yema de huevo cruda presentó una humedad igual al 46,021% y se obtuvo una humedad final del 0,78% en el producto final.



Balance general

$$P_{yp} = P_{HE} + P_{yb}$$

Ecuación 5

Balance por componentes

$$X_{yp}P_{yp} = X_{yb}P_{yb}$$

Ecuación 6

Donde:

P_{yp} = Peso de la yema primaria (g)

P_{yb} = Peso de la yema en bruto (g)

P_{HE} = Peso de la humedad extraída (g)

X_{yp} = Fracción másica del contenido de materia seca en la corriente de salida

X_{yb} = Fracción másica del contenido de materia seca en el almidón bruto

Despejando P_{yb} :

$$P_{yb} = \frac{X_{yp}P_{yp}}{X_{yb}}$$

Ecuación 7

$$P_{yb} = \frac{0,54 * 287,88}{0,99}$$

$$P_{yb} = 157,025 \text{ g}$$

3.2.11 Diseño del proceso

Se refiere al conjunto de operaciones unitarias que se efectuarán después de definir el mejor método que favorezca la producción de la yema de huevo en polvo. Es necesario contar con equipos que permitan la producción mensual de 120kg de yema de huevo en polvo, por lo tanto, el rendimiento del producto desempeña un papel fundamental en la selección del tamaño de los equipos.

3.2.12 Factibilidad económica del proyecto

La factibilidad técnica del proceso estará complementada con la factibilidad económica. Para analizar la viabilidad del proceso se pretende analizar el punto de equilibrio y los indicadores VAN y TIR para conocer el coste beneficio del proceso.

3.3 Ingeniería del proyecto

Analizar los diferentes procesos por los cuales debe pasar el huevo fresco en un inicio para la obtención de yema de huevo en polvo como producto final.

En la etapa de ingeniería del proyecto, se incluirá la creación de un diagrama de flujo, representado en la ilustración 3-4, con el objetivo de visualizar el proceso que debe seguir de forma secuencial. Una vez que los puntos cruciales de este diagrama hayan sido identificados, se

llevará a cabo la ejecución de un análisis de balance de masa. En este análisis, se investigarán las posibles pérdidas en el proceso mediante la revisión de fuentes bibliográficas.

La obtención de la yema de huevo en polvo se puede realizar por el siguiente método:

Base húmeda: Es la cantidad de agua que contiene el sólido con referencia al sólido húmedo la cual se puede calcular con la siguiente expresión:

$$X_{bh} = \frac{m_a}{m_a + m_s}; \frac{\text{kg de agua}}{\text{kg sólido húmedo}} * 100$$

Ecuación 9

Donde:

X_{bh} = Contenido de humedad en base húmeda

m_a = Masa de agua contenida en el sólido (kg)

m_s = Masa de sólido totalmente seca (kg)

3.3.1 *Cinética de secado*

Conocida como la velocidad de secado la cual se determina por la pérdida de humedad presente en el sólido húmedo respecto al tiempo y trabajando a condiciones de temperatura, presión, humedad y velocidad permanecen constantes con el tiempo.

$$N = \frac{S}{A} \left(- \frac{dx}{d\theta} \right)$$

Ecuación 10

Donde:

N = Velocidad del secado (kg/m² h)

S = Peso del solido seco (kg)

A = Área de la superficie expuesta al secado (m²)

X = Humedad en base seca (kg de agua/kg sólido seco)

θ = Tiempo de secado (h)

3.3.2 Periodos de secado

3.3.2.1 Curva de humedad- tiempo

En este periodo la humedad de la muestra disminuye de manera constante desde el valor del punto inicial (punto A) hasta que se aproxime como limite a la humedad de equilibrio que corresponde a las condiciones constantes del aire.

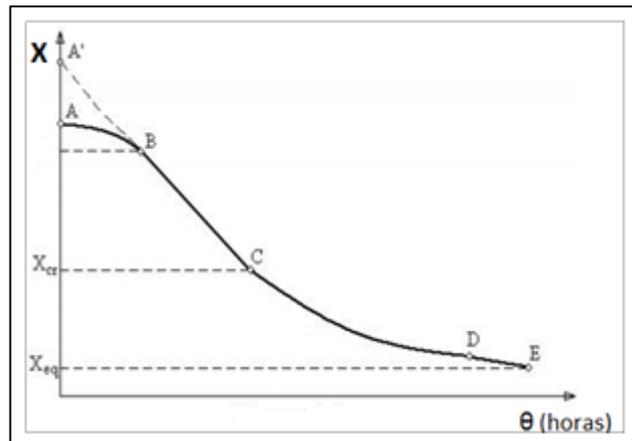


Ilustración 3-6: Curva humedad vs tiempo

Fuente: Ruíz, L 2016

3.3.2.2 Curva de velocidad de secado

En esta curva se presentan varios tramos diferentes los cuales se representan la ilustración 3-7:

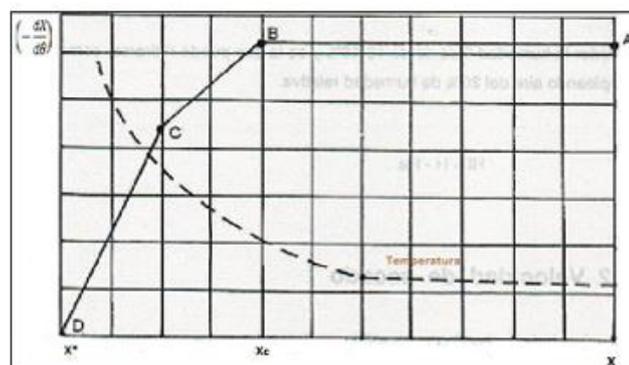


Ilustración 3-7: Curva de velocidad de secado

Fuente: Ruíz, L 2016

En el tramo A-B conocido como Período de Inducción o ajuste: El material sólido en este caso la yema de huevo empieza a calentarse y conjuntamente va creciendo la velocidad de evaporación. Podemos apreciar este proceso debido a que la masa de la yema de huevo va decreciendo con el transcurso del tiempo. La velocidad se hace máxima cuando el calor penetra al centro del sólido.

El tramo B-C. Periodo antecrítico o de velocidad de secado constante: En este período la yema de huevo se encuentra en una etapa de secado constante evaporándose así la humedad no ligada.

Tramo C-D: Primer período poscrítico: Es el primer período en el cual la velocidad de secado es decreciente, esto quiere decir en el cual la velocidad varía linealmente con la humedad

Tramo D-E: Segundo período poscrítico: En este período se pierde la relación del tramo anterior Ruíz, (2016, pág. 22).

3.3.3 *Parámetros para analizar el comportamiento de secado*

3.3.6.1 *Tiempo en el periodo de Velocidad constante*

$$t_1 = \frac{S}{A * Rc} (X_1 - X_2)$$

Ecuación 11

Dónde:

t_1 = Tiempo en el periodo de velocidad constante (h)

S= Peso del solido seco (kg)

A= Área de la superficie expuesta al secado (m^2)

Rc = Velocidad de secado a la que la humedad decreciente $kg/m^2 * h$

X_1 = Humedad libre inicial

X_2 = Humedad critica

3.3.6.2 *Tiempo en el periodo velocidad decreciente*

Para este periodo se necesitan los datos representados en la Tabla 3-8:

Tabla 3-8: Datos para la obtención del resultado del área bajo la curva

X libre	N	1/N
---------	---	-----

Realizado por: Bustillos, B 2024

Graficamos los puntos Xlibre vs 1/N con el fin de encontrar el área bajo la curva para determinar el tiempo con la siguiente fórmula:

$$t_2 = \frac{S}{A} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{N}$$

Ecuación 12

Dónde:

S= Peso del solido seco (kg)

A= Área de la superficie expuesta al secado (m²)

$\int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{N}$ = Área bajo la curva de la velocidad decreciente de secado

3.3.4 *Diseño industrial de un secador de bandejas*

3.3.4.1 *Cantidad de producto a secar*

El diseño del equipo es orientado para una capacidad de 12 kg de yema de huevo por cada ciclo. Dicha cantidad a sido considerada con el propósito de examinar la viabilidad de su implementación a escala industrial.

3.3.4.2 *Espesor del producto*

Se ha determinado que un grosor óptimo para la cantidad de yema de huevo que será sometida al proceso de secado sea de 0,5cm de la altura de las bandejas de aluminio en las cuales se verterá la yema de huevo húmeda. Esta selección es con el fin de lograr una velocidad de secado mas eficiente. No es muy aconsejable utilizar un espesor menor, debido a que se desaprovecharía la eficiencia del equipo el cual se está diseñando.

3.3.4.3 *Distancia entre bandejas*

La distancia recomendable entre bandejas es de 12cm con el fin de proporcionar una mejor recirculación con respecto al agua evaporada del producto, para el alcance y manejo de las muestras al momento de ingresarlas o retirarlas del equipo.

3.3.4.4 Altura de las bandejas

La altura de las bandejas será de 4 cm, esto para evitar el riesgo de derrames al momento de manipular las bandejas, ya que al tratarse de la yema de huevo se encuentra en estado líquido antes de ingresar al secador

3.3.4.5 Condiciones térmicas

Las condiciones ideales para el diseño del secador de bandejas, deben ser aptas para que pueda trabajar con temperaturas superiores a las del ambiente. La temperatura ideal y la temperatura máxima para deshidratar las yemas y preservar sus propiedades nutricionales deben estar en rango entre 60°C a 70°C.

3.3.4.6 Componentes y características

Podemos considerar 3 componentes importantes:

- Cámara de secado: Fabricado con acero inoxidable, perseverando así la inocuidad y seguridad para el manejo de alimentos. Compuesta de una puerta con sellos herméticos, su disposición de bandejas tiene soportes laterales soldados a las paredes del secador, facilitando así una manipulación sencilla y adecuada.
- Resistencias eléctricas: Su función principal es calentar el equipo interno, permitiendo así ajustar la temperatura de manera óptima dependiendo de las necesidades específicas del producto procesado.
- Recirculador de aire: La incorporación de un ventilador con el fin de mantener un flujo de aire en movimiento al interior de la cámara. El sistema contribuye a prevenir cualquier proceso de calcinación del producto, esto permite la seguridad que el proceso de secado tenga la finalidad de una deshidratación adecuada.

3.3.4.7 Ventilación

Siendo uno de los componentes de suma importancia, se estableció a partir de experimentos realizados, que el ventilador esencial para el secador debe tener la capacidad de funcionar a 1700rpm. Siendo su función principal arrastrar toda la humedad del producto.

3.3.4.8 Sistema de control

El equipo contará con un sistema controlador de: temperatura, sensor, indicador y actuador.

3.4 Simulación del proceso del secador para la yema de huevo en polvo

3.4.1 Humedad en base seca

$$X_{bs} = \frac{m_a}{m_s} ; \frac{kg \text{ de agua}}{kg \text{ sólido seco}}$$

Ecuación 13

Tabla 3-9: Datos experimentales del proceso de secado para la yema de huevo

TIEMPO (MIN)	TIEMPO (H)	MUESTRA + BANDEJA				MUESTRA			
		B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
0	0	95,356	70,76	57,396	55,767	0,088358	0,063274	0,050	0,048
30	0,5	92,853	68,443	54,941	53,881	0,085855	0,060957	0,048	0,047
60	1	89,99	65,974	52,591	51,512	0,082992	0,058488	0,045	0,044
90	1,5	87	63,571	50,583	49,234	0,080129	0,056085	0,043	0,042
120	2	85	61,893	48,109	47,982	0,077626	0,054407	0,041	0,041
150	2,5	82,157	59,279	46,791	45,981	0,075159	0,051793	0,040	0,039
180	3	80,387	57,768	45,189	43,987	0,073389	0,050282	0,038	0,037
210	3,5	78,203	55,642	44,694	42,176	0,071205	0,048156	0,038	0,035
240	4	76,638	54,523	43,856	41,256	0,06964	0,047037	0,037	0,034
270	4,5	75,438	53,812	43,373	40,717	0,06844	0,046326	0,036	0,033
300	5	74,618	53,224	42,969	40,291	0,06762	0,045738	0,036	0,033
330	5,5	73,789	52,723	42,6	39,94	0,066791	0,045237	0,036	0,033
360	6	73,229	52,286	42,299	39,621	0,066231	0,0448	0,035	0,032
390	6,5	72,63	51,822	42,029	39,281	0,065632	0,044336	0,035	0,032
420	7	72,042	51,372	41,715	38,954	0,065044	0,043886	0,035	0,032
450	7,5	70,715	50,485	41,187	38,335	0,063717	0,042999	0,034	0,031
480	8	69,77	49,751	40,673	37,89	0,062772	0,042265	0,034	0,031
510	8,5	69,176	49,413	40,402	37,621	0,062178	0,041927	0,033	0,030
540	9	68,688	49,131	40,176	37,42	0,06169	0,041645	0,033	0,030
570	9,5	67,546	48,789	39,984	36,954	0,060548	0,041303	0,033	0,030
600	10	64	46,138	39,075	36,765	0,057347	0,038652	0,032	0,029
630	10,5	61	45,867	38,438	36,097	0,053548	0,038381	0,031	0,029
660	11	57	44,726	38	35,876	0,050347	0,03724	0,031	0,029
690	11,5	56,375	44,678	37,987	35,629	0,049377	0,037192	0,031	0,028
720	12	55,867	43,987	36,543	35,498	0,048869	0,036501	0,029	0,028
750	12,5	55,123	43,075	36,004	35,4	0,048125	0,035589	0,029	0,028
780	13	53,789	42,879	35,624	34,916	0,046791	0,035393	0,029	0,028
810	13,5	53,234	42,829	34,999	34,892	0,046236	0,035343	0,028	0,028
840	14	53,112	42,687	34,797	34,789	0,046114	0,035201	0,028	0,027
870	14,5	52,991	42,552	34,656	34,708	0,045993	0,035066	0,028	0,027
900	15	52,897	42,179	34,576	34,675	0,045899	0,034693	0,027	0,027
930	15,5	52,891	42,047	34,377	34,55	0,045893	0,034561	0,027	0,027

Realizado por: Bustillos, B 2024

En la Tabla 3-10 se plantean los datos de las 4 bandejas con el sólido seco es decir con la yema de huevo ya deshidratada cuando ya se obtuvo un peso constante en la operación de secado.

Tabla 3-10: Datos de las bandejas con el sólido seco

Bandejas	B1	B2	B3	B4
Temperatura	70°C	70°C	70°C	70°C
Peso del solido seco en kg	0,045	0,035	0,027	0,027
Área de secado m ²	0,05	0,05	0,05	0,05

Realizado por: Bustillos, B 2024

Los cálculos se realizan a partir de los datos de la bandeja 3 a una temperatura de 70°C

$$X_{bs} = \frac{0,050 - 0,027}{0,027}$$

$$X_{bs} = 0,8438 \frac{kg \text{ de agua}}{kg \text{ sólido seco}}$$

Tabla 3-11: Datos para la determinación de la curva de secado

Tiempo (h)	Peso Yema de huevo (kg)	Peso agua (kg)			Humedad base húmeda	Humedad base seca
0,0	0,050	0,023				0,8438
0,5	0,048	0,021				0,7538
1,0	0,045	0,018				0,6677
1,5	0,043	0,016				0,5941
2,0	0,041	0,014				0,5034
2,5	0,040	0,012				0,4551
3,0	0,038	0,011				0,3963
3,5	0,038	0,010				0,3782
4,0	0,037	0,009				0,3475
4,5	0,036	0,009				0,3298
5,0	0,036	0,009				0,3150
5,5	0,036	0,008				0,3014
6,0	0,035	0,008				0,2904
6,5	0,035	0,008				0,2805
7,0	0,035	0,007				0,2690
7,5	0,034	0,007				0,2496
8,0	0,034	0,006			46%	0,2308
8,5	0,033	0,006				0,2209
9,0	0,033	0,006				0,2126
9,5	0,033	0,006				0,2055
10,0	0,032	0,005				0,1722
10,5	0,031	0,004				0,1489
11,0	0,031	0,004				0,1368
11,5	0,031	0,004				0,1323
12,0	0,029	0,002				0,0794
12,5	0,029	0,002				0,0596
13,0	0,029	0,001				0,0457
13,5	0,028	0,001				0,0228
14,0	0,028	0,000				0,0154
14,5	0,028	0,000				0,0102
15,0	0,027	0,000				0,0073
15,5	0,027	0,000				0,0000

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Curvas Humedad-Tiempo

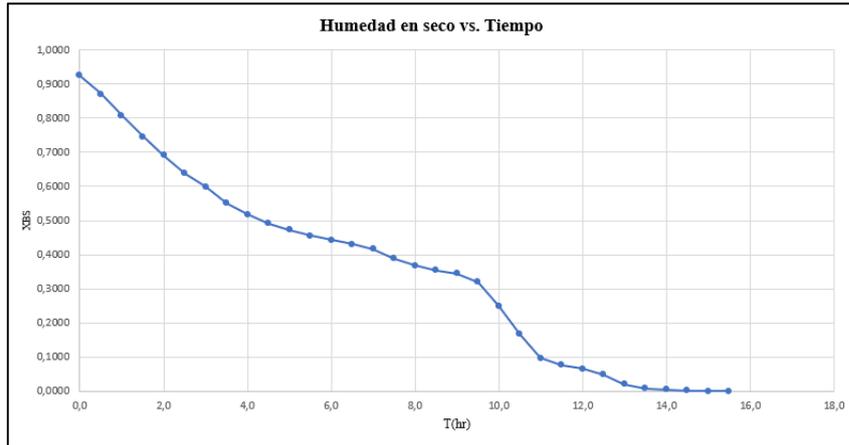


Ilustración 3-15: Curva de humedad vs tiempo de la bandeja 1

Realizado por: Bustillos, B 2024.

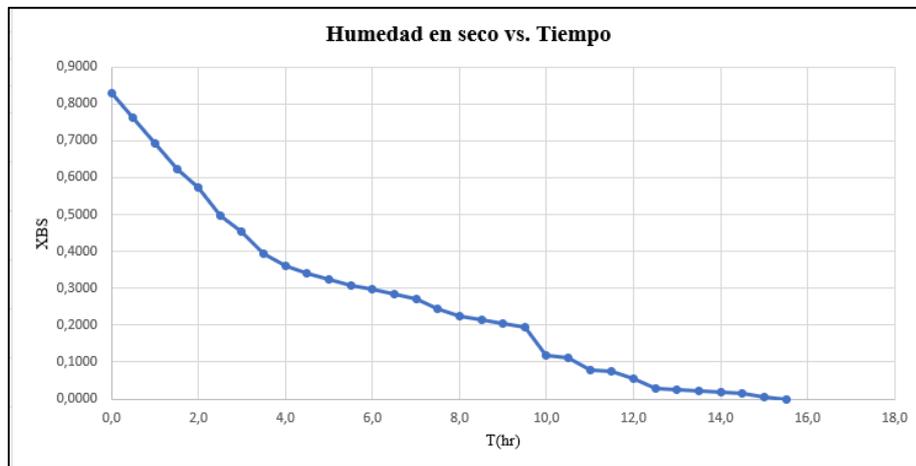


Ilustración 3-16: Curva de humedad vs tiempo de la bandeja 2

Realizado por: Bustillos, B 2024.

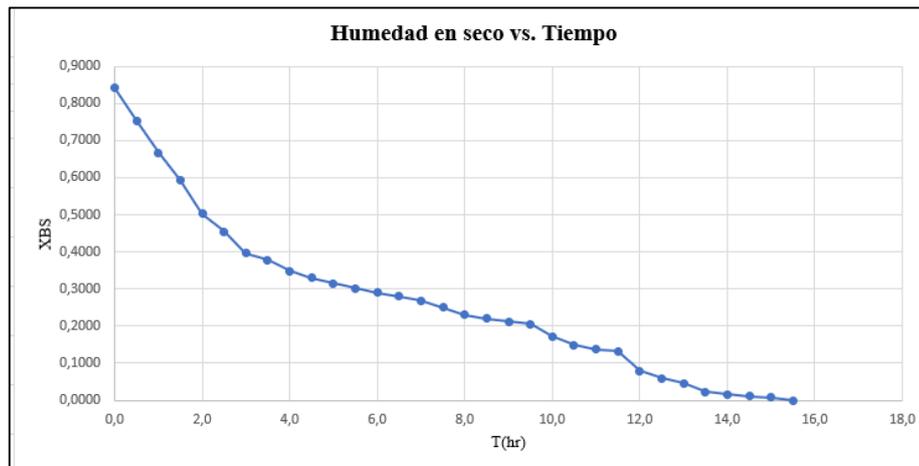


Ilustración 3-16: Curva de humedad vs tiempo de la bandeja 3

Realizado por: Bustillos, B 2024.

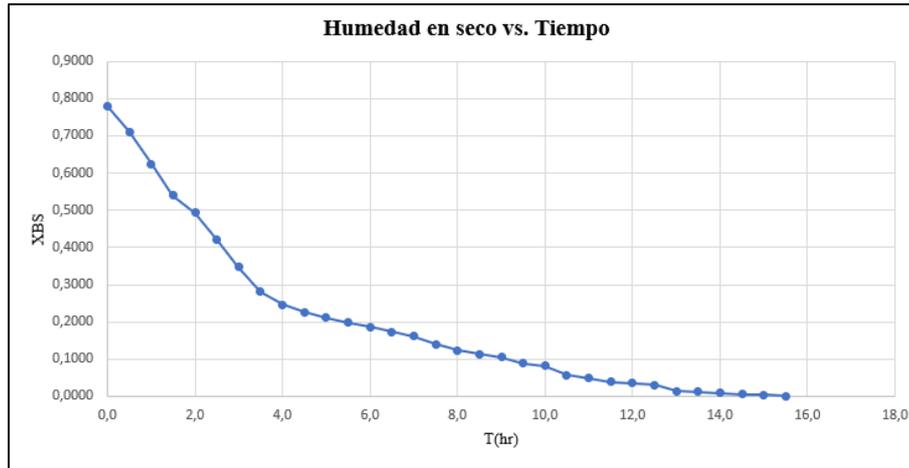


Ilustración 3-17: Curva de humedad vs tiempo de la bandeja 4

Realizado por: Bustillos, B 2024.

3.4.2 Humedad libre

$$X_l = \text{Humedad en base seca} - \text{Humedad en equilibrio}$$

Ecuación 14

$$X_l = 0,8438 - 0,0073$$

$$X_l = 0,8365$$

3.4.3 Variación de tiempo

$$\Delta\theta = \theta_n - \theta_{n-1}$$

Ecuación 15

$$\Delta\theta = 0,5 - 0$$

$$\Delta\theta = 0,5h$$

3.4.4 Variación de la humedad

$$\Delta X = x_n - x_{n-1}$$

Ecuación 16

$$\Delta X = 0,7538 - 0,8438$$

$$\Delta X = -0,09 \frac{\text{kg de agua}}{\text{kg sólido seco}}$$

3.4.5 Velocidad de secado

$$N = \frac{S}{A} \left(- \frac{dx}{d\theta} \right)$$

Ecuación 17

$$N = \frac{0,027}{0,05} \left(- \frac{-0,09}{0,5} \right)$$

$$N = 0,0974 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{m}^2 * \text{h}}$$

Para realizar la curva de velocidad de secado se necesita obtener los datos de la velocidad de secado representado por N y la Humedad libre representado por Xlibre, como se muestra en la Tabla 3-9.

Tabla 3-12: Velocidad de secado

Xlibre	DELTA X/DELTA T	N (kgh2o/m2*h)
0,8365	0,1800	0,097420635
0,7465	0,1723	0,093253968
0,6604	0,1472	0,07968254
0,5868	0,1814	0,098174603
0,4961	0,0966	0,052301587
0,4478	0,1174	0,063571429
0,3890	0,0363	0,019642857
0,3709	0,0614	0,033253968
0,3402	0,0354	0,019166667
0,3225	0,0296	0,016031746
0,3077	0,0271	0,014642857
0,2941	0,0221	0,011944444
0,2831	0,0198	0,010714286
0,2732	0,0230	0,012460317
0,2617	0,0387	0,020952381
0,2423	0,0377	0,020396825
0,2235	0,0199	0,010753968
0,2136	0,0166	0,008968254
0,2053	0,0141	0,007619048
0,1982	0,0666	0,036071429
0,1649	0,0467	0,025277778
0,1416	0,0242	0,013095238
0,1295	0,0089	0,004801587
0,1250	0,1059	0,057301587
0,0721	0,0395	0,021388889
0,0523	0,0279	0,015079365
0,0384	0,0458	0,024801587
0,0155	0,0148	0,008015873
0,0081	0,0103	0,005595238
0,0029	0,0059	0,003174603
0,0000	0,0146	0,007896825
- 0,0073	0,0005	0,000254736

Realizado por: Bustillos, B 2024,

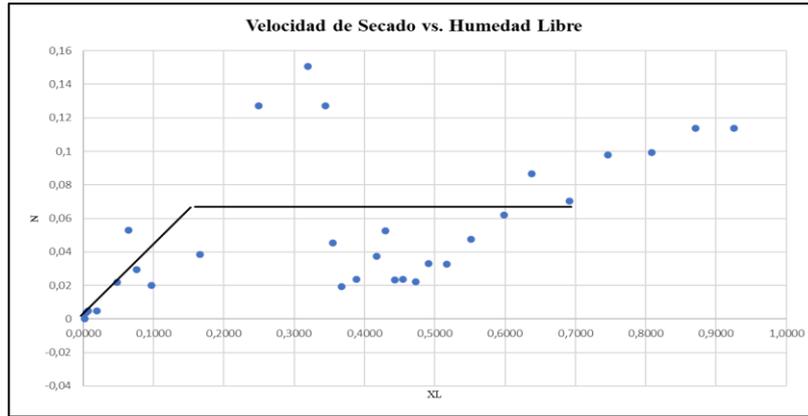


Ilustración 3-18: Velocidad de secado bandeja 1

Realizado por: Bustillos, B 2024.

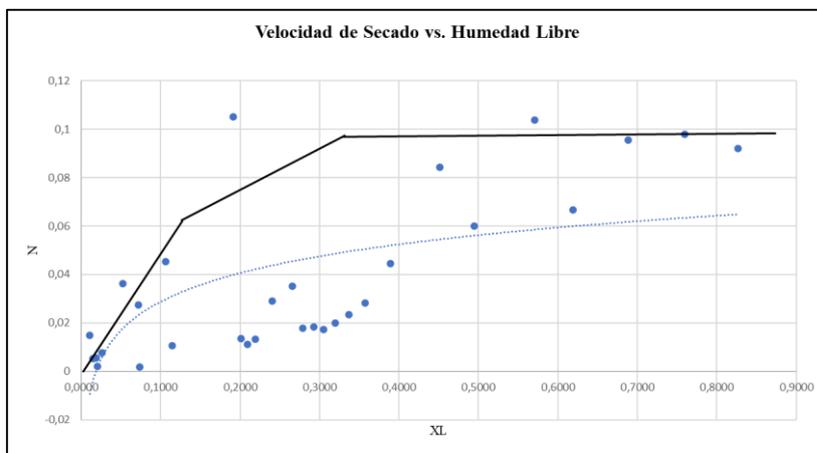


Ilustración 3-19: Velocidad de secado bandeja 2

Realizado por: Bustillos, B 2024.

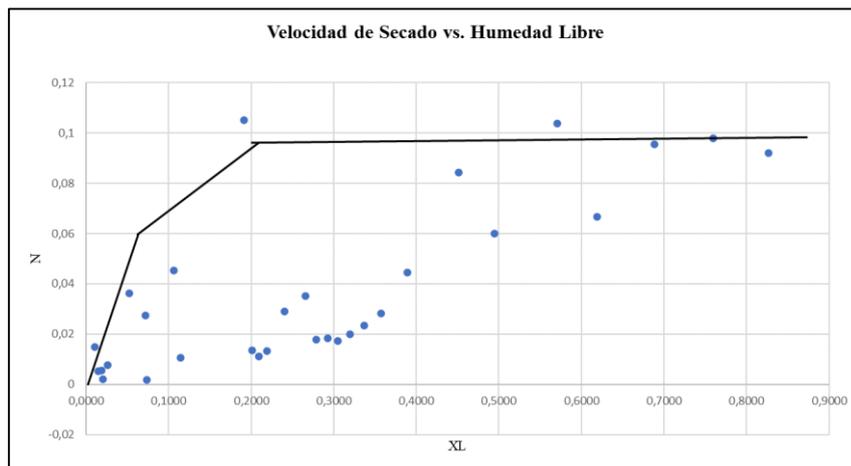


Ilustración 3-20: Velocidad de secado bandeja 3

Realizado por: Bustillos, B 2024.

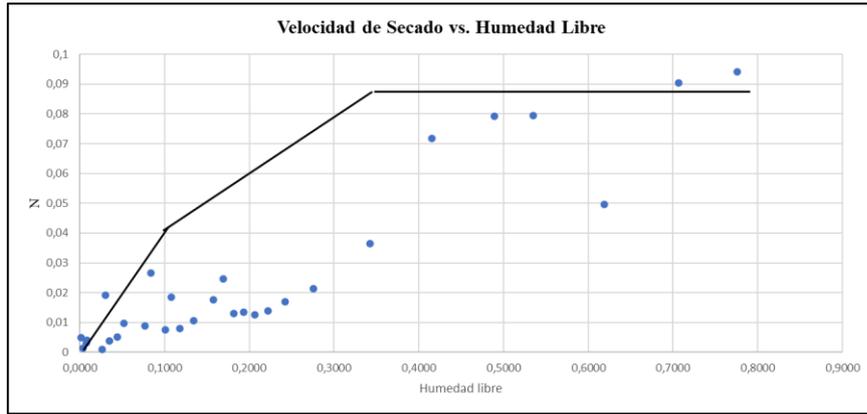
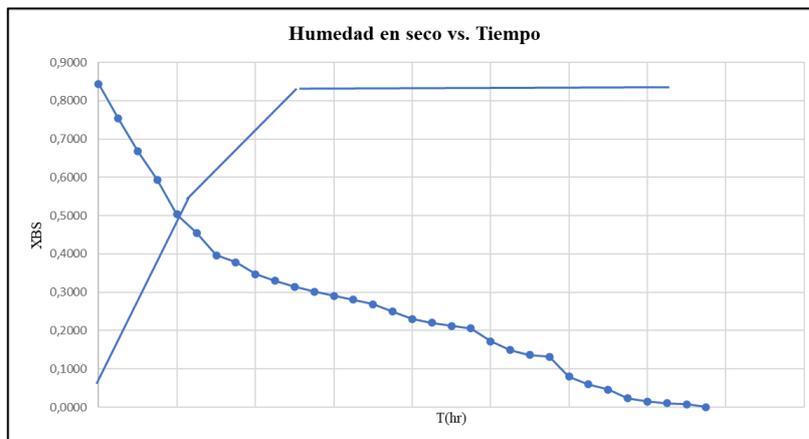
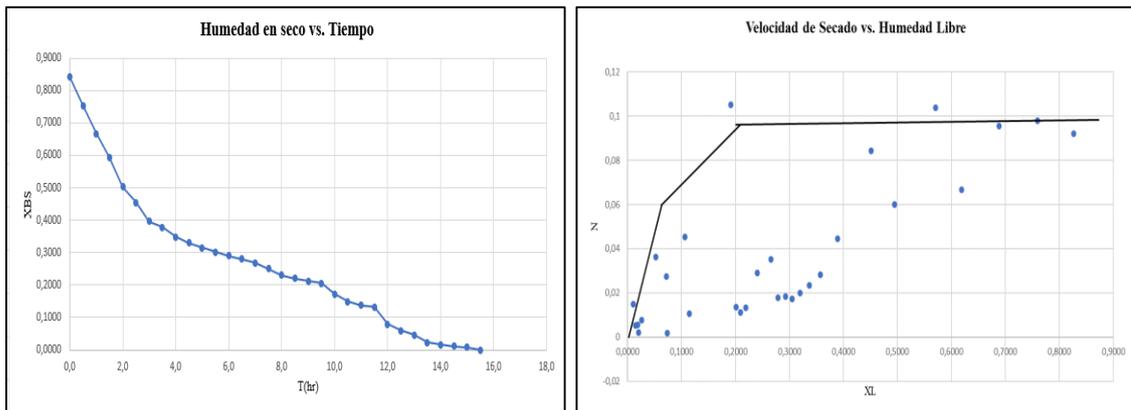


Ilustración 3-21: Velocidad de secado bandeja 4

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Una vez obtenidas las gráficas de humedad y velocidad de secado, al ser analizadas y comparadas con bibliografía observamos que las ilustraciones 3-16 y 3-20 correspondientes a la bandeja 3 se asemejan al fenómeno de secado.



Realizado por: Bustillos B, 2024

En la tabla 3-13 podemos observar los datos de la humedad crítica y humedad en equilibrio respectivamente, estos valores obtenidos de la gráfica de velocidad de secado, nos serán útiles para la determinación del tiempo total de secado correspondiente a la yema de huevo. Estos datos son obtenidos de la curva de velocidad de la gráfica 3-20 correspondientes a la bandeja 3.

Tabla 3-13: Datos de humedad crítica y humedad en equilibrio del proceso.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Humedad crítica	X _c	0,1982	kg de agua/g sólido seco
Humedad en equilibrio	X*	0,0073	kg de agua/g sólido seco

Realizado por: Bustillos, B 2024.

3.4.6 *Tiempo en el periodo de Velocidad constante*

$$t_1 = \frac{S}{A * Rc} (X_i - X_2)$$

Ecuación 18

$$t_1 = \frac{0,027}{0,05m^2 * 0,036} (0,8365 - 0,1982)$$

$$t_1 = 9,57 h$$

3.4.7 *Tiempo en el periodo de velocidad decreciente*

$$t_2 = \frac{S}{A} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dx}{N}$$

Ecuación 19

Para el cálculo del t₂ necesitamos los datos del área bajo la curva como se observa en la ecuación 19. Por lo que en la tabla 3-14 se detallan los datos para graficar la curva para calcular su área, se necesitan los datos de xlibre y 1/N como se observa a continuación.

Tabla 3-14: Datos de humedad libre y velocidad de secado para graficar la integral

Xlibre	N (kgh ₂ o/m ² *h)	1/N
0,8365	0,09742063	10,264766
0,7465	0,09325397	10,723404
0,6604	0,07968254	12,549801
0,5868	0,0981746	10,185934
0,4961	0,05230159	19,119879
0,4478	0,06357143	15,730337
0,3890	0,01964286	50,909091
0,3709	0,03325397	30,071599
0,3402	0,01916667	52,173913
0,3225	0,01603175	62,376238
0,3077	0,01464286	68,292683
0,2941	0,01194444	83,72093
0,2831	0,01071429	93,333333
0,2732	0,01246032	80,254777
0,2617	0,02095238	47,727273
0,2423	0,02039683	49,027237
0,2235	0,01075397	92,98893
0,2136	0,00896825	111,50442
0,2053	0,00761905	131,25
0,1982	0,03607143	27,722772
0,1649	0,02527778	39,56044
0,1416	0,01309524	76,363636
0,1295	0,00480159	208,26446
0,1250	0,05730159	17,451524
0,0721	0,02138889	46,753247
0,0523	0,01507937	66,315789
0,0384	0,02480159	40,32
0,0155	0,00801587	124,75248
0,0081	0,00559524	178,7234
0,0029	0,0031746	315
0,0000	0,00789683	126,63317
-0,0073	0,00025474	3925,6281

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Una vez que se grafica la curva 1/N vs Xlibre se calcula el área bajo la curva obtenida que se muestra en la ilustración 3-22.

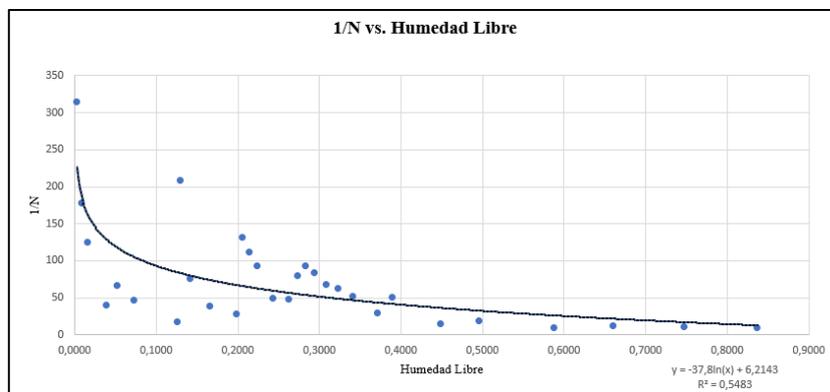


Ilustración 3-22: Grafica 1/N vs Xlibre

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Una vez se obtiene la gráfica de $1/N$ vs Humedad libre, se calcula el área bajo la curva el cual es el resultado de la integral:

Área bajo la curva = 0,93

$$\int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{W} = 0,93$$

Este dato reemplazando en la ecuación:

$$t_2 = \frac{0,027}{0,05m^2} * 0,93$$

$$t_2 = 0,50 h$$

3.4.8 *Tiempo total de secado*

$$t_T = t_1 + t_2$$

Ecuación 20

$$t_T = 9,57h + 0,50h$$

$$t_T = 10,07 h$$

3.4.9 *Cálculo del rendimiento del proceso en peso*

Una vez que se termina la operación de secado con el tiempo calculado anteriormente se puede calcular el rendimiento del proceso con un promedio de las 4 bandejas con producto final de yema de huevo deshidratada, como se observa en la Tabla 3-15.

Tabla 3-15: Rendimiento en peso del producto

Yema de huevo cruda en (g)	Yema de huevo en polvo (g)	Rendimiento (%)
88,358	45,893	48,06
63,274	34,561	45,38
50,299	27,280	45,76
48,406	27,189	43,83
Promedio		45,76

Realizado por: Bustillos, B 2024.

El tiempo de secado el cual se demoró para obtener la yema de huevo en polvo es de 10,07 h tomando en cuenta que se trabajó con datos a nivel de laboratorio con cantidades pequeñas, en consideración a las bandejas se trabajó en bandejas de aluminio con dimensiones pequeñas en comparación al diseño del secador de bandejas que se plantea a nivel industrial para cantidades más grandes, el cual se presenta a continuación:

3.5 Dimensionamiento del secador de bandejas

Para el dimensionamiento se tomará en cuenta lo establecido en el apartado 3.3.6 del marco metodológico, donde se detallan las condiciones del secador. Los datos a considerar para el diseño del secador de bandejas se representan en la Tabla 3-16.

Tabla 3-16: Medidas para el diseño del secador de bandejas

Especificaciones	Unidad	Valor
Capacidad de la cámara	kg	12
Densidad de la yema de huevo	kg/L	0,87
Peso específico de la yema de huevo	N/m^3	8489,25
Número de niveles		4
Capacidad por bandeja	kg	3
Altura de las bandejas	cm	4
Espesor de los niveles	cm	0,5
Espesor mínimo de la yema de huevo	cm	0,5
Espesor máximo de la yema de huevo	cm	1

Realizado por: Bustillos, B 2024.

3.5.1 Carga del sólido sobre las bandejas

$$\frac{Ls}{A} = \delta p * t$$

Ecuación 21

$$\frac{Ls}{A} = 870 \frac{kg}{m^3} * 0,01m$$

$$\frac{Ls}{A} = 8,7 \frac{kg}{m^2}$$

Dónde:

$\frac{Ls}{A}$ = Carga del sólido sobre las bandejas (kg/m^2)

δp = Densidad de la yema de huevo (kg/L)

t = Espesor máximo de la yema de huevo (m)

3.5.2 Área total de las bandejas

$$A_{tb} = \frac{L}{\frac{Ls}{A}}$$

Ecuación 22

$$A_{tb} = \frac{12kg}{8,7 \frac{kg}{m^2}}$$

$$A_{tb} = 1,38 m^2$$

Dónde:

A_{tb} = Área total de las bandejas (m^2)

L = Capacidad de la cámara (kg)

$\frac{Ls}{A}$ = Carga del sólido sobre las bandejas (kg/m^2)

3.5.3 Área para una bandeja

$$A_b = \frac{A_{tb}}{Nb}$$

Ecuación 23

$$A_b = \frac{1,38 \text{ m}^2}{4}$$

$$A_b = 0,35 \text{ m}^2$$

Dónde:

A_b = Área de una bandeja (m^2)

A_{tb} = Área total de las bandejas (m^2)

N_b = Número de bandejas

Con el resultado del área de $0,35 \text{ m}^2$ para una bandeja, podemos establecer las siguientes dimensiones:

- Longitud: 0,7 m
- Ancho: 0,5 m

3.5.4 *Espesor de las bandejas*

$$t_e = \frac{P * a_b^2}{t_a^2}$$

Ecuación 24

Dónde:

t_e = Esfuerzo de diseño (lb/pulg^2)

t_a = Espesor del material del cual las bandejas están fabricadas (Acero AISI 304)

a_b = Ancho de las bandejas (Pulg)

P = Fuerza máxima que las bandejas pueden estar sometidas (lb/pulg^2)

Cálculo de P :

$$P = \frac{C_b * g}{a_b * lb}$$

Ecuación 25

$$P = \frac{3kg * 9,8 \frac{m}{s^2}}{0,5m * 0,7m}$$

$$P = 84 \frac{N}{m^2} = 0,012 \frac{lb}{pulg^2}$$

Dónde:

P = Fuerza máxima que las bandejas pueden estar sometidas ($lb/pulg^2$)

C_b = Capacidad por bandeja (kg)

g = Gravedad ($9,8 \frac{m}{s^2}$)

a_b = Ancho de las bandejas (Pulg)

lb = Longitud de las bandejas (m)

Cálculo de t_e :

$$t_e = \frac{t_t}{f_s}$$

Ecuación 26

Dónde:

t_e = Esfuerzo de diseño ($lb/pulg^2$)

t_t = Resistencia a la tracción del acero AISI 304 ($lb/pulg^2$)

f_s = Factor de seguridad

Para la obtención del dato de t_t revisamos la tabla 3-17 donde encontramos la resistencia a la tracción del acero necesario para la construcción de las bandejas el cual es AISI 304 el cual se ha escogido el rango menor con valor (50), el cual se a ha transformado a $\frac{lb}{pulg^2}$ con el fin de facilitar los cálculos.

Tabla 3-17: Características mecánicas del acero AISI 304

	Valor	Símbolo	Unidad
Resistencia a la tracción	50-70	t_t	Kg/mm^2

Fuente: Ruíz, L 2016.

Realizado por: Bustillos, B 2024.

De igual manera según bibliografía CUARAN Y TINILLO, Diseño y construcción de un prototipo deshidratador atmosférico de bandejas discontinuo con circulación forzada de una capacidad de $0,85m^3$ con la utilización de energía solar, se ha tomado el dato del factor de seguridad.

$$t_e = \frac{1705 \frac{lbf}{pulg^2}}{1,5}$$

$$t_e = 1136,6 \frac{lbf}{pulg^2}$$

Con este dato obtenido reemplazamos en la ecuación 20, y al despejar t_a tenemos:

$$t_a^2 = \frac{0,012psi * (19,69pulg)^2}{1136,6 psi}$$

$$t_a^2 = 0,0041 pulg^2$$

$$t_a = 0,06 pulg = 1,5mm$$

Con estos resultados obtenidos, se considera que para la cantidad de 3kg de materia prima en cada bandeja de dimensiones: 0,5 m por 0,7 m, el espesor de 1,5mm será suficiente, sin embargo, se debe tomar en cuenta los factores de construcción del equipo, por lo que se puede recomendar un espesor de hasta 2mm.

3.5.5 Volumen de las bandejas

$$V_b = V_1 + V_2 + V_3$$

Ecuación 27

Dónde:

V_b = Volumen de las bandejas (m^3)

V_1 = Volumen de la base de la bandeja (m^3)

V_2 = Volumen del pretil ancho de la bandeja (m^3)

V_3 = Volumen del pretil largo de la bandeja (m^3)

Cálculo de V1:

$$V_1 = a_b * lb * eb$$

Ecuación 28

$$V_1 = 0,5 m * 0,7 m * 0,002 m$$

$$V_1 = 0,0007m^3$$

Dónde:

V_1 = Volumen de la base de la bandeja (m^3)

a_b = Ancho de las bandejas (m)

lb = Longitud de la bandeja (m)

eb = Espesor de la bandeja (m)

Cálculo de V2:

$$V_2 = a_b * hb * eb$$

Ecuación 29

$$V_2 = 0,5 m * 0,04 m * 0,002 m$$

$$V_2 = 0,00004m^3$$

Dónde:

V_2 = Volumen de la base de la bandeja (m^3)

a_b = Ancho de las bandejas (m)

hb = Altura de la bandeja (m)

eb = Espesor de la bandeja (m)

Cálculo de V3:

$$V_3 = lo_b * hb * eb$$

Ecuación 30

$$V_3 = 0,7 \text{ m} * 0,04 \text{ m} * 0,002 \text{ m}$$

$$V_3 = 0,000056 \text{ m}^3$$

Dónde:

V_2 = Volumen de la base de la bandeja (m^3)

l_{ob} = Longitud de las bandejas (m)

hb = Altura de la bandeja (m)

eb = Espesor de la bandeja (m)

Reemplazando en la ecuación 27 se tiene:

$$V_b = 0,0007\text{m}^3 + 0,00004\text{m}^3 + 0,000056 \text{ m}^3$$

$$V_b = 0,00079 \text{ m}^3$$

3.5.6 Masa de las bandejas

$$\delta = \frac{M_b}{V_b}$$

Ecuación 31

$$M_b = \delta * V_b$$

$$M_b = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,00079 \text{ m}^3$$

$$M_b = 6,16 \text{ kg}$$

Dónde:

δ = Densidad del acero AISI 304 ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

M_b = Masa de la bandeja (kg)

V_b = Volumen de la bandeja (m^3)

3.5.7 Longitud de la cámara interna

$$l_{ci} = lb + 0,10lb$$

Ecuación 32

$$l_{ci} = 70cm + 0,10 (70cm)$$

$$l_{ci} = 77cm = 0,77m$$

Dónde:

l_{ci} = Longitud de la cámara (m)

lb = Longitud de las bandejas (m)

3.5.8 Ancho de la cámara interna

$$a_{ci} = ab + 0,10ab$$

Ecuación 33

$$a_{ci} = 50cm + 0,10 (50cm)$$

$$a_{ci} = 55cm = 0,55m$$

Dónde:

a_{ci} = Ancho de la cámara (m)

ab = Ancho de las bandejas (m)

3.5.9 Altura de la cámara interna

$$h_{ci} = nb * hb + 6 * esp$$

Ecuación 34

$$h_{ci} = 4 * 0,04 m + 6 * 0,12 m$$

$$h_{ci} = 0,88 \text{ m} = 88 \text{ cm}$$

Dónde:

h_{ci} = Altura de la cámara interna (m)

nb = Numero de bandejas

hb = Altura de las bandejas (m)

esp = Espacio entre bandejas (m)

3.5.10 Área de la cámara interna

$$A_{ci} = 2(a_{ci} * h_{ci} + l_{ci} * h_{ci} + a_{ci} * l_{ci})$$

Ecuación 35

$$A_{ci} = 2(0,55 * 0,88 + 0,77 * 0,88 + 0,55 * 0,77) \text{ m}$$

$$A_{ci} = 3,17 \text{ m}^2$$

Dónde:

A_{ci} = Área de la cámara interna (m^2)

a_{ci} = Ancho de la cámara (m)

h_{ci} = Altura de la cámara interna (m)

l_{ci} = Longitud de la cámara interna (m)

3.5.11 Volumen de la cámara interna

$$V_{ci} = a_{ci} * h_{ci} * l_{ci}$$

Ecuación 36

$$V_{ci} = 0,55 \text{ m} * 0,88 \text{ m} * 0,77 \text{ m}$$

$$V_{ci} = 0,372 \text{ m}^3$$

Dónde:

V_{ci} = Área de la cámara interna (m^3)

a_{ci} = Ancho de la cámara (m)

h_{ci} = Altura de la cámara interna (m)

l_{ci} = Longitud de la cámara interna (m)

3.5.12 Longitud de la cámara externa

$$l_{ce} = l_{ci} + espt + 2(espm) + espv$$

Ecuación 37

$$l_{ce} = 0,77m + 0,003m + 2(0,003 m) + 0,05$$

$$l_{ce} = 0,82m = 82cm$$

Dónde:

l_{ce} = Longitud de la cámara externa (m)

l_{ci} = Longitud de la cámara interna (m)

$espt$ = Espesor de la tapa (m)

$espm$ = Espesor del acero inoxidable (m)

$espv$ = Espacio del ventilador (m)

3.5.14 Ancho de la cámara externa

$$a_{ce} = a_{ci} + 4(espm) + 2(espa)$$

Ecuación 38

$$a_{ce} = 0,55m + 4(0,003m) + 2(0,04m)$$

$$a_{ce} = 0,64 m = 64 cm$$

Dónde:

a_{ce} = Ancho de la cámara externa (m)

a_{ci} = Ancho de la cámara interna (m)

$espm$ = Espesor del acero inoxidable (m)

$espa$ = Espesor de la lana de vidrio (m)

3.5.15 *Altura de la cámara externa*

$$h_{ce} = h_{ci} + espr + espa + 4(espm)$$

Ecuación 39

$$h_{ce} = 0,88m + 0,12m + 0,04m + 3(0,003m)$$

$$h_{ce} = 1,049m = 104,9cm$$

Dónde:

h_{ce} = Altura de la cámara externa (m)

h_{ci} = Altura de la cámara interna (m)

$espr$ = Espacio para las resistencias (m)

$espa$ = Espesor de la lana de vidrio (m)

$espm$ = Espesor de la lámina de acero inoxidable (m)

3.5.16 *Área de la cámara externa*

$$A_{ce} = 2(a_{ce} * h_{ce} + l_{ce} * h_{ce} + a_{ce} * l_{ce})$$

Ecuación 40

$$A_{ce} = 2(0,64 * 1,05 + 0,82 * 1,05 + 0,64 * 0,82)$$

$$A_{ce} = 4,12 m^2$$

Dónde:

A_{ce} = Área de la cámara (m^2)

a_{ce} = Ancho de la cámara externa (m)

h_{ce} = Altura de la cámara externa (m)

l_{ce} = Longitud de la cámara externa (m)

3.5.17 *Volumen de la cámara externa*

$$V_{ce} = a_{ce} * h_{ce} * l_{ce}$$

Ecuación 41

$$V_{ce} = 0,64 \text{ m} * 1,04 \text{ m} * 0,82\text{m}$$

$$V_{ce} = 0,55 \text{ m}^3$$

Dónde:

V_{ce} = Volumen de la cámara externa (m^3)

a_{ce} = Ancho de la cámara externa (m)

h_{ce} = Altura de la cámara externa (m)

l_{ce} = Longitud de la cámara externa (m)

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados caracterización la yema de huevo en polvo

4.1.1 Caracterización físico-química de la yema de huevo en polvo

Tabla 4-1: Caracterización físico-química de la yema de huevo en polvo

Determinaciones	Unidad	Métodos de análisis	Resultados
Humedad	%	INEN 518	0,78
Grasas	%	INEN 523	51,88
Proteínas	%	INEN 1670	25,03

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.1.2 Caracterización microbiológica de la yema de huevo en polvo

En la tabla 4-2 se observa los resultados de la caracterización microbiológica de la yema de huevo en polvo, según los cultivos realizados muestras ausencia de salmonella y E. coli ufc/g. y un conteo de colonias para aerobio mesófilos dentro de la norma establecida para aceptar al producto

Tabla 4-2: Requisitos microbiológicos de los ovoproductos

Parámetro	Límite por g/ml			
	n	c	m	M
Recuento Aerobio Mesófilos *	3	2	10 ⁴	5 * 10 ⁴
E. coli ufc/g **	5	2	Ausencia	---
Salmonella spp en 25g **	5	0	Ausencia	---
* Parámetros de vida útil del producto				
** Parámetros de inocuidad del producto				

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.2 Resultado de las magnitudes del secador de bandejas

4.2.1 Resultados del dimensionamiento del secador de bandejas

Tabla 4-3: Resultados del dimensionamiento de las bandejas

Magnitud	Símbolo	Valor	Unidad
Longitud	l_b	0,7	m
Ancho	a_b	0,5	m
Espesor	t_b	0,002	m
Área	A_b	0,35	m^2
Volumen	V_b	0,00079	m^3

Realizado por: Bustillos, Bradley 2024.

Tabla 4-4: Resultados del dimensionamiento de la cámara interna del secador

Magnitud	Símbolo	Valor	Unidad
Longitud	l_{ci}	0,77	m
Ancho	a_{ci}	0,55	m
Altura	h_{ci}	0,88	m
Área	A_{ci}	3,17	m^2
Volumen	V_{ci}	0,372	m^3

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Tabla 4-5: Resultados del dimensionamiento de la cámara externa del secador

Magnitud	Símbolo	Valor	Unidad
Longitud	l_{ce}	0,82	m
Ancho	a_{ce}	0,64	m
Altura	h_{ce}	1,04	m
Área	A_{ce}	4,12	m^2
Volumen	V_{ce}	0,55	m^3

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.2.2 Requerimiento del presupuesto

Tabla 4-6: Presupuesto para la construcción del secador de bandejas

Material	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total (\$)
Plancha de acero inoxidable AISI 304	4	180	720
Plancha lana de vidrio	1	40	40
Vidrio templado	1	30	30
Ventilador	1	70	70
Resistencia eléctrica	3	20	20
Soportes de acero inoxidable	4	8	32
Plancha malla metálica	1	35	35
Sistema de control automático de temperatura	1	800	800
Total (\$)			1747

Fuente: Ríos, Ricardo 2022.

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.2.3 Propuesta del triturador

Una vez terminado el proceso de secado, obtenemos la yema de huevo deshidratada y el siguiente proceso es la trituración para lograr como producto final la yema de huevo en polvo. Por lo que se sugiere incorporar un equipo industrial en la empresa con la capacidad de triturar la materia prima y lograr un tamaño de partícula extremadamente fino, para lograr estas especificaciones se propone la adquisición de un molino de cuchillas. La propuesta del pulverizador se detalla a continuación en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7: Características del molino pulverizador

Molino triturador eléctrico					
Especificaciones	Tensión 110V	Velocidad 2800rpm	Potencia 3000W	Diámetro de taladro 150mm	Rotación antihoraria
Características	Fabricada a base de hierro galvanizado	Triturado de arroz: 75 kg/h	Triturado de trigo: 75 kg/h	Triturado de maíz: 60 kg/h	Precio: \$339,90
Aplicaciones	Apta para moler y obtener harinas y productos en polvo	Triturar soja, arroz, empapados en pulpa	Trituradora de alimentos.		

Fuente: Ríos, Ricardo 2022.

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.2.4 Costos de equipos y depreciación

Tabla 4-8: Depreciación de los equipos de producción

Equipos	Precio \$	Mensual	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Salvamento al año
Secador de bandejas	1447	12,0583333	144,7	144,7	144,7	144,7	144,7	723,5
Pulverizador	339,9	2,8325	33,99	33,99	33,99	33,99	33,99	169,95
	TOTAL	14,8908333	178,69	178,69	178,69	178,69	178,69	893,45

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.3 Análisis costo beneficio

4.3.1 Cálculo del punto de equilibrio

Con datos establecidos con los valores de costo de los huevos se plantea el costo del huevo entero y la cantidad de yema de huevo en polvo que se puede obtener como se observa a continuación en la Tabla 4-9.

Tabla 4-9: Costo de la materia prima

Producto	1 cubeta de huevos	519,75 g de yema (1 cubeta)
Costo \$	\$ 3	\$ 3

Realizado por: Bustillos, Bradley 2024

El equipo de secador de bandejas tendrá una capacidad de 12 kg de materia prima generando como producto final 6 kg de yema de huevo deshidratada equivalente a una producción de 13 lb. El cual tendrá un precio de \$8,65 la libra de yema de huevo en polvo con un margen de ganancia del 50%. Así obteniendo el precio del producto procesado para su venta como se detalla en la tabla 4-10.

Tabla 4-10: Cantidad de producto procesado

	Costo (\$)
12 kg de yema de huevo	69,26
6 kg de yema deshidratada	112,45

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Tabla 4-11: Costo de la fabricación de 1 frasco de 450g de yema de huevo deshidratada

Materia prima	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Importe
Yema de huevo	834,93	g	\$0.0058	\$4,84
Subtotal				\$4.84

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.3.2 Costos fijos

Los costos fijos van enfocados a los costos de la empresa que serán necesarios cada mes para la producción del producto y su calidad como se observan en la Tabla 4-12.

Tabla 4-12: Costos de la mano de obra de la empresa

	Cantidad	Costo Unitario	Costo mensual	Costo anual
Operario	1	\$ 460,00	\$ 460,00	\$5520
Energía eléctrica		\$ 110	\$ 110,00	\$1320
Subtotal			\$570	\$6840

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.3.3 Costos variables

Los costos variables tienen que ver directamente con los costos de producción de la yema de huevo en polvo, diarios, mensuales y anuales. También las unidades producidas en los envases para las ventas que serán envases de 450g como se detalla en la Tabla 4-13.

Tabla 4-13: Costos de la materia prima

	Día	Mes	Año
Producción yema de huevo en polvo	6 kg	120 kg	1440 kg
Unidades Producidas envases 450g	13	266	3192
Costos	\$64,53	\$1290,66	\$15480

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.3.4 Costos indirectos

Los costos indirectos forman parte del proceso de producción los cuales se toma en cuenta: los insumos para la producción de la yema de huevo en polvo, el marketing para la publicidad del producto final, las etiquetas y fundas para el envasado final, y la depreciación de los equipos, como se detalla en la Tabla 4-14.

Tabla 4-14: Costos indirectos de la producción de la yema de huevo en polvo

	Día	Mes	Año
Insumos	\$3,50	\$70	\$840
Marketing	\$2,50	\$50	\$600
Etiquetas y fundas para empacar	\$0,50	\$10	\$120
Depreciación de los equipos	\$0,50	\$14,89	\$178,69
Total	\$7	\$ 144,89	\$1738,69

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Tabla 4-15: Costos totales de implementación de los equipos para el proceso

Material	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
EQUIPOS Y MAQUINARIA			
Secador de bandejas	1	\$1747	\$1747
Pulverizador	1	\$339,90	\$339,90
Subtotal			\$2086,90
INSTALACIONES DE EQUIPOS			
Mano de obra	1	\$500	\$500
Subtotal			\$500
TOTAL			\$2586,90

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Tabla 4-16: Resumen de los gastos generados en la producción de la yema de huevo en polvo

Presupuesto	Costo total \$
Inversión fija	
Presupuesto de los equipos	\$2586,90
TOTAL	\$2586,90
Egresos anuales	
Presupuesto para materia prima	\$15480
Presupuesto de mano de obra	\$6840
TOTAL	\$22320

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.3.5 Costos totales de inversión fija y egresos

Para los costos de inversión fija tanto para los egresos al año, se tomará en cuenta un incremento del 5%, esto, en caso de contar con imprevistos que afecten de forma directa al proceso de producción. Como se puede observar en la Tabla 4-17.

Tabla 4-17: Costos totales de producción

Descripción	Valor
Inversión fija	\$2586,90
Inversión fija + 5% de impuestos	\$2716,25
Egresos anuales	\$22320
Egresos anuales + 5% de impuestos	\$23436

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Tomando en consideración el costo de producción de cada empaque de 450 g con un precio de \$4,84 como podemos observar en la Tabla 4-11 y comercializándose con un valor de \$10, en comparación con productos similares ya comercializados que tienen un costo mayor, los ingresos y ganancias anuales se muestran en la Tabla 4-18 a continuación.

Tabla 4-18: Proyección de ganancias anuales

Descripción	Flujo de caja anual (\$)
Ingresos	\$ 31920
Egresos	\$ 23436
Ganancia	\$ 8484

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.3.6 Cálculo del TIR y VAN

➤ *Valor actual neto (VAN)*

Este análisis tiene el fin de determinar la factibilidad del proyecto, el cual nos permite conocer en cuanto se ganará o se perderá en el proyecto. El VAN se lo analiza según los siguientes criterios:

- ✓ $VAN > 0$ = La inversión del proyecto generará beneficios
- ✓ $VAN = 0$ = La inversión del proyecto no generará beneficios
- ✓ $VAN < 0$ = La inversión del proyecto generará pérdidas

En base a estos criterios para el cálculo del van se necesitan los datos de los ingresos, egresos anuales así también como el flujo de caja de cada año como se detalla en la Tabla 4-19.

Tabla 4-19: Cálculo del VAN

Período inicial	Inversión inicial			
0	\$ 22000			
Período años (j)	Ingreso	Egreso	Flujo de caja	$\frac{F_j}{(1+i)^j}$
1	\$ 31920	\$ 23436	\$ 8484	\$ 7712,72727
2	\$ 32303,04	\$ 23436	\$ 8867,04	\$ 7328,13223
3	\$ 33082,96	\$ 23436	\$ 9646,96	\$ 7247,90383
4	\$ 34288,3	\$ 23436	\$ 10852,3	\$ 7412,26692
5	\$ 35964	\$ 23436	\$ 12528	\$ 7778,90234
	$i = 12\%$	$VAN = -inv + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$		\$15.479,93

Realizado por: Bustillos, B 2024.

➤ *Tasa interna de retorno (TIR)*

Se refiere a la tasa de interés o rentabilidad que ofrece la inversión inicial, es decir el porcentaje que representa el beneficio o la pérdida de una inversión mediante un análisis de cantidades que no se han retirado del proyecto. La TIR es el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. El análisis de la TIR se realiza mediante los siguientes criterios:

- ✓ TIR > i = La inversión del proyecto es aceptado
- ✓ TIR = i = La inversión del proyecto es indiferente
- ✓ TIR < i = La inversión del proyecto es rechazado

El cálculo del TIR se detalla a continuación en la Tabla 4-20.

Tabla 4-20: Cálculo del TIR

Tasa de rentabilidad (%)	$VAN = -inv + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$
12	\$15.479,93
TIR	33%

Realizado por: Bustillos, B 2024.

4.3.7 Resultados análisis VAN y TIR

Tabla 4-21: Indicadores VAN y TIR

VAN	\$15.479,93
TIR	33%

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Como podemos observar en la Tabla 4-21 tenemos un VAN de \$15.479,93 entonces, el $VAN > 0$ = La inversión del proyecto generará beneficios, la inversión va a generar ganancias sobre la rentabilidad exigida por lo que el proyecto es aceptado.

De igual manera el cálculo del TIR es mayor que la tasa, es decir $33\% > 12\%$ entonces el proyecto de inversión es aceptado

4.3.8 Período de recuperación de la inversión

El período de recuperación de la inversión es fundamental para la factibilidad económica del proyecto, es al tiempo el cual la empresa generará ganancias después de haber recuperado la inversión como se detalla a continuación en la Tabla 4-22.

Tabla 4-22: Cálculo del período de recuperación

Período (años)	Flujo de caja	Flujo acumulado
0	-22000	-22000
1	8484	-13516
2	8867,04	-4648,96
3	9646,96	4998

Realizado por: Bustillos, B 2024.

Para el cálculo del tiempo de recuperación neto se utiliza la siguiente ecuación:

$$PDR = \text{Último periodo acumulado negativo} + \frac{|\text{último flujo acumulado negativo}|}{\text{flujo de caja del año siguiente}}$$

Ecuación 42

$$PDR = 2 + \frac{-4648,96}{9646,96}$$

$$PDR = 1,52 \rightarrow 1 \text{ año y } 5 \text{ meses}$$

El período de recuperación de la inversión netamente será dentro de 1 año y 5 meses por lo que se considera al proyecto rentable.

4.4 Análisis de resultados y discusión

Inicialmente, se llevó a cabo una revisión bibliográfica de la literatura con respecto a los procedimientos de la obtención de yema de huevo en polvo y su proceso de secado, con el objetivo de obtener el producto final. Posteriormente, se simuló el proceso de secado en el laboratorio de operaciones unitarias de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Utilizando como punto de partida una cantidad de 250,337 g de yema cruda a escala de laboratorio y obteniendo como producto deshidratado 134,923. La materia prima cruda tanto como el producto final fueron sometidas a pruebas de caracterización físico-químicas y microbiológicas. Este análisis confirmó que parámetros como: humedad, grasas, proteínas, y otros parámetros físico químicos cumplen con los estándares aceptables como establece la norma inen NTE INEN 1973:2013, así también como la caracterización microbiológica en la cual se observó ausencia de salmonella y E.coli, y los parámetros de aerobios mesófilos están dentro de la norma establecida.

Para los cálculos del diseño se tomó en consideración un secador de bandejas apto para la empresa de 4 niveles y aplicado para la producción de 120 kg al mes, con una producción diaria de 6kg. Se tomo en cuenta los rendimientos del proceso a nivel de laboratorio con un promedio del 45% lo cual es aceptable para el producto deseado

Para validar la factibilidad económica se tomo en cuenta el análisis financiero TIR y VAN, para el cual se determinó el costo de la materia prima al año con un margen de \$15,480 en la producción de 3192 unidades las cuales se venderán a un precio de \$10 por unidad. Obteniendo los ingresos anuales de \$31920 y egresos de \$23436. Con estos datos se plantea la factibilidad económica y los resultados de TIR y VAN. Con una inversión inicial de \$22000, y una estimación de crecimiento en el flujo de caja anual en un período de 5 años: \$8482, \$8867,04, \$9646,96, \$10852,2 y \$12528 respectivamente, se obtiene una rentabilidad neta del 33% (TIR) y un valor actual neto (VAN) de \$15.479,93, y una recuperación de la inversión en 1 año 5 meses, siendo así el proyecto completamente rentable.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Se caracterizó físico-química y microbiológica a la materia prima siguiendo los parámetros establecidos de la normativa INEN 1973:2013 para “Huevos comerciales y ovoproductos” requisitos. En el cual según los resultados de los análisis la yema de huevo en polvo obtenida cumple con los estándares especificados en la normativa siendo un ovoproducto derivado del huevo fresco, teniendo una humedad debajo del 5% lo cual establece la norma, y cumplen con el proyecto a largo plazo de producción como proveedores directos.
- Se identificó las variables del proceso y definidas de la siguiente manera: para la obtención de un producto de calidad se establece una temperatura de 70°C para su deshidratación, en un secador de bandejas con recirculación de aire al 50%, con un tiempo de secado mínimo de 24 horas en el cual en este periodo de tiempo se puede estabilizar la curva de secado y con un volumen de 0.5cm en relación a la base del recipiente. Se estableció que el secado se llevará a cabo en bandejas de aluminio utilizando un secador de bandejas tipo armario. En cuanto a las operaciones, se limitaron al secado, molienda y tamizado como parámetros clave.
- Se realizó los cálculos necesarios partiendo de una cantidad de materia prima yema de huevo cruda de 250,337 g a escala de laboratorio logrando una cantidad de 134,923 g de yema de huevo en polvo lista para su comercialización, Se llevó a cabo un cálculo de balance de materia en el secador de bandejas asegurando que toda la materia prima ingresada se aprovechará sin generar residuos de la yema de huevo como materia prima. La velocidad de secado se estableció $0,00974 \frac{kgH_2O}{m^2*h}$, con un tiempo mínimo de secado de 10,07h necesarios para completar el proceso.
- Se evaluó la factibilidad económica del producto final para la empresa CORPORIZ S.A. los resultados indican que el proyecto es rentable, con un porcentaje de rentabilidad del 33% /TIR), y un Valor Actual Neto (VAN) de \$15.479,93 y una recuperación de la inversión en un período de 1 año y 5 meses, Estos datos confirman que la inversión inicial es sólida y respalda la viabilidad financiera del proyecto.

RECOMENDACIONES

- La garantía de la inocuidad de la materia prima debe ser fundamental dentro del proceso, y se recomienda una mejora en cada etapa del tratamiento del producto. Se sugiere la implementación de luces UV antes del envasado como medida adicional para eliminar cualquier microorganismo que pudo haber tenido contacto con nuestro producto
- Se recomienda la adquisición de un molino o pulverizador de sólidos con una potencia y capacidad de reducción de tamaño máximas. Esto se busca para alcanzar resultados superiores y optimizar el rendimiento del proceso.
- Se recomienda utilizar bandejas de aluminio para el proceso de secado de la yema de huevo, esto debido a que el contacto con plástico o metal puede provocar alteraciones en la composición, el color y la calidad del producto

BIBLIOGRAFÍA

1. **CALLEJAS GARZÓN, Ana María & RAMÍREZ GAMBOA, Jennifer Natalia.** Aprovechamiento de huevo deshidratado en la elaboración de un producto cárnico emulsionado. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de la Salle. Bogotá-Colombia. 2018. pág 45. [Consulta: 6 marzo 2024]. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/>.
2. **ESCUADERO AUHING, Nelson Edwin.** Plan de negocio para el procesamiento y comercialización de huevo deshidratado. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 2015. pág 9. [Consulta: 3 febrero 2024]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/items/b1095211-2f58-431e-b8c5-58f1ae32a62e>.
3. **FRANCIONI, Ariana Macarena & MARTÍNEZ, Lucia Andrea.** Producción de Huevo en Polvo. (Proyecto final). Universidad Tecnológica Nacional. La Plata-Argentina. 2017. pág 4.
4. **FREIRE, Carolina & MAYORGA, Fernando & VAYAS, Tatiana & SÁNCHEZ, Ana María.** Sector Avícola Ecuador. [en línea]. 2019. [consulta: 9 noviembre 2023]. Disponible en: obest.uta.edu.ec/Sector-avicola-Ecuador.
5. **INEN, 2011.** NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1973:2011 HUEVOS COMERCIALES Y OVOPRODUCTOS. REQUISITOS. [en línea]. 2011. [consulta: 9 de enero 2024]. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.1973.2011/page/n3>.
6. **MARTÍNEZ MORALES, Marco Vinicio.** Obtención de clara de huevo en polvo por medio de la técnica de secado utilizando un equipo que opera por aspersion. (Trabajo de titulación). Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 2016.
7. **MÉNDEZ SILVA, Maritza Anabel.** Diseño de un proceso industrial para la obtención de leche de soya en polvo para la Empresa Productos Lácteos "La Herencia". (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2018.

8. **MIRANDA, J.M., ANTON, X., REDONDO-VALBUENA, C., ROCA-SAAVEDRA, P., RODRIGUEZ, J.A., LAMAS, A., FRANCO, C.M. y CEPEDA, A., 2015.** *Egg and egg-derived foods: Effects on human health and use as functional foods*. 20 enero 2015: MDPI AG.
9. **PAZMIÑO COBA, Johanna Aleida.** Competitividad del sector producción avícola. Caso: empresas pioneras en generación de ovoproductos. 105 p. Tesis (Maestría en Dirección de Empresas). Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. 2016.
10. **ROJAS CAMPUES, Lenin Alejandro.** Elaboración de un proyecto de factibilidad para la implementación de una microempresa dedicada a la producción de huevo deshidratado en el cantón Mejía. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 2022. págs. 1-5. [Consulta: 22 enero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34953>.
11. **RUIZ SEPA, Lilian Rocío.** Diseño de un secador de bandejas para la deshidratación de plátano en la Parroquia Veracruz del Cantón Pastaza. (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba 2016.
12. **GUERREL, José & REYES QUIROZ, Estefany V & RUÍZ SANCHEZ, Orlando.** OBTENCIÓN, CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL HUEVO EN POLVO Y SU EMPLEO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS EN LA REPÚBLICA DE PANAMÁ. *Periodicidad: Semestral* [en línea]. 2018. vol. 2, no. 1. [Consulta: 22 enero 2024]. ISSN 2616-9711. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/212/2121090005/index.html>
13. **SANDOVAL, M., SORIANO, F y INSTITUTO DE ESTUDIOS DEL HUEVO,** 2009. *El gran libro del huevo*. S.l.: Everest. ISBN 9788444102085.
14. **VALDERRAMA NAVARRETE, Daniela & MESA RODRIGUEZ, Leidy Yazmin.** Evaluación de la incorporación de la yema de huevo en polvo como sustituto parcial de grasa y acción antioxidante en carne de hamburguesa. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Pre grado). Universidad de La Salle. Bogota-Colombia. 2018. pág. 23. [consulta: 10 marzo 2024]. Disponible en:

https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentosRetrievedfromhttps://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/264.

15. **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL HUEVO DESHIDRATADO** >> Diez ventajas. [en línea], 2020. [consulta: 6 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.10ventajas.com/ventajas-y-desventajas-del-huevo-deshidratado/>.

ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

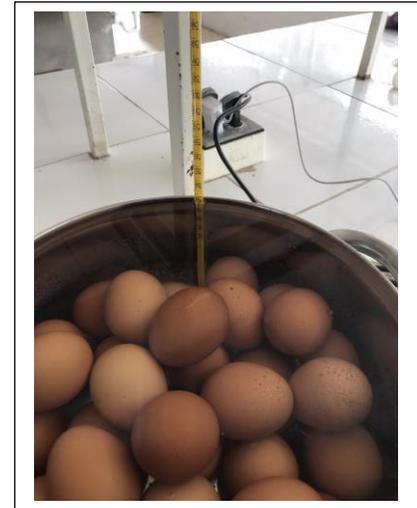
a)



b)



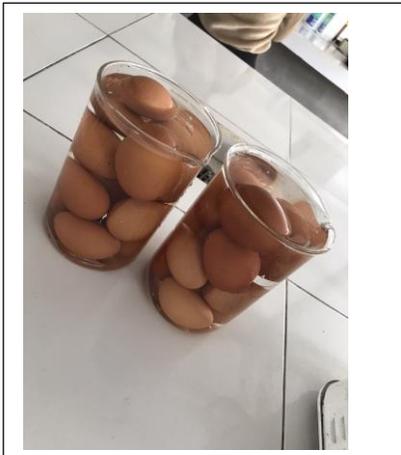
c)



NOTAS: a) Lote de la materia prima del huevo fresco. b) Selección de huevos de calidad tipo A. c) Pasteurización de los huevos.	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Bustillos, B..	OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			01	1:1	2024/03/08

ANEXO B: SEPARACIÓN DE LA YEMA DE HUEVO

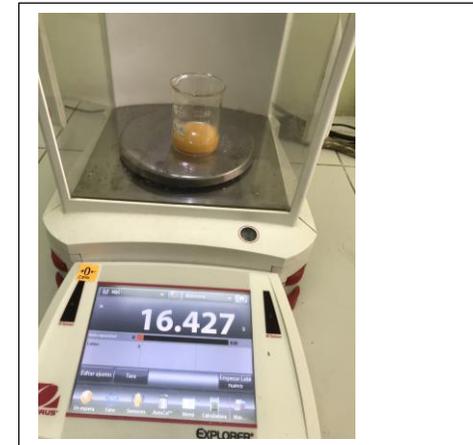
a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Bustillos, B..	OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Materia prima pasteurizada en remojo. b) Pesaje de la yema de huevo cruda c) Segundo pesaje para un promedio	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		01	1:1	2024/03/08

ANEXO C: DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE LA MATERIA PRIMA

a)



b)



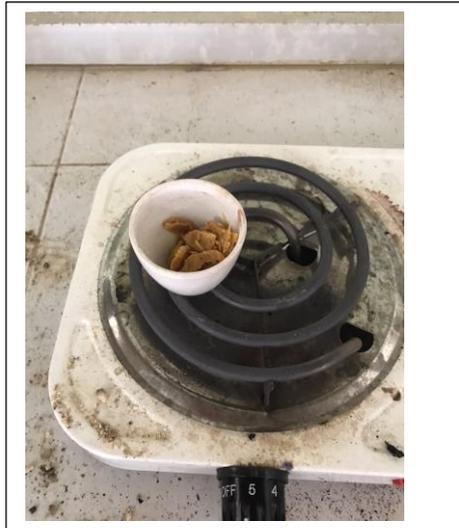
c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Bustillos, B.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Pesaje para la determinación de humedad. b) Yema de huevo en la termobalanza. c) Porcentaje de humedad.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		01	1:1	2024/03/08

ANEXO D: DETERMINACIÓN DE CENIZAS DE LA MATERIA PRIMA

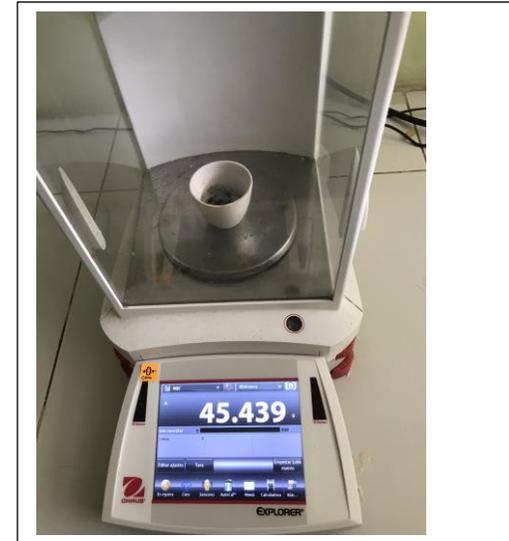
a)



b)



c)



NOTAS:

- a) Muestra en el reverbero para le determinación de cenizas.
- b) Muestra en la mufla a 500°C.
- c) Pesaje de la muestra calcinada.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
 ELABORADO POR:
 Bustillos, B.

CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
01	1:1	2024/03/08

ANEXO E: DETERMINACIÓN DE GRASAS DE LA MATERIA PRIMA

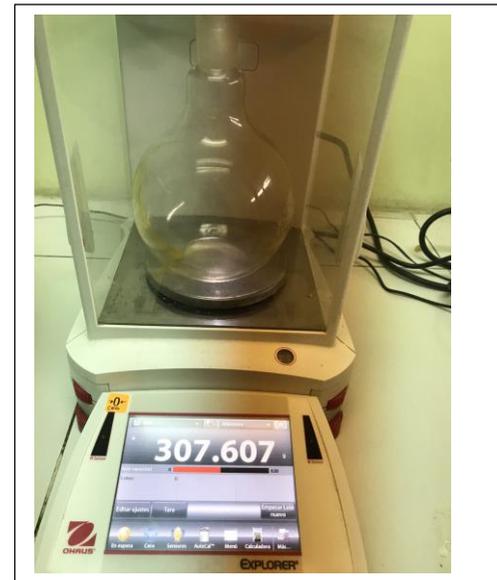
a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Bustillos, B.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Construcción del equipo Soxhet . b) Destilación de etileno. c) Pesaje para le determinación del porcentaje de grasas.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		01	1:1	2024/03/08

ANEXO F: OBTENCIÓN DE LA YEMA DE HUEVO EN POLVO

a)



b)



c)



NOTAS:

- d) Yema líquida en el secador de bandejas.
- e) Molienda.
- f) Tamizado de la yema de huevo en polvo.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
ELABORADO POR:
Bustillos, B.

PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE LA YEMA DE HUEVO

LÁMINA	ESCALA	FECHA
01	1:1	2024/03/08



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 08/ 08 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Bradley Aarón Bustillos Salinas
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
 Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza Directora del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy Asesor del Trabajo de Integración Curricular

