



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

TESIS

Determinación de los parámetros reales en el proceso de
evaporación de la elaboración de algarrobina artesanal, a partir
del algarrobo (*Proposis nigra*)

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

AUTOR:

Bach. Carlos Cesar Minguillo Braco

ASESOR:

Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe- ORCID 0000-0002-4185-8922

Lambayeque – Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TESIS

Determinación de los parámetros reales en el proceso de evaporación de la elaboración de algarrobina artesanal, a partir del algarrobo (*Proposis nigra*)

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Industrias
Alimentarias

Autor:

Bach. Carlos Cesar Minguillo Braco

Aprobado por el siguiente jurado:

Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz
Presidente del jurado

M. Sc. Rodolfo Pastor Tineo Huancas
Secretario del jurado

M.Sc. Julio Humberto Tirado Vásquez
Vocal del jurado

Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN - 2024

Siendo la 1:00 pm del día lunes 30 de setiembre del 2024, se reunieron en la sala de sustentación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias los miembros del jurado evaluador de la Tesis Titulada: **"Determinación de los parámetros reales en el proceso de evaporación de la elaboración de algarrobina artesanal, a partir del algarrobo (Proposis nigra)."**; designados con Res. N°402-2024-D-FIQIA de fecha 16 de agosto del 2024 y aprobada con Res. N°418-2023-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 14 de diciembre del 2023, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- **Presidente:** Dr. Abraham Guillermo Ygnacio Santa Cruz
- **Secretario:** M.Sc. Rodolfo Pastor Tineo Huancas
- **Vocal:** Ing. Julio Humberto Tirado Vásquez

La tesis fue asesorada por el Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe, nombrado con Decreto N°033-2021-VIRTUAL-UINV-FIQIA de fecha 21 de mayo del 2021. El acto de sustentación es autorizado con Res. N°421-2024-D-FIQIA de fecha 11 de setiembre del 2024.

La Tesis fue presentada y sustentada por el Bachiller: **MINGUILLO BRACO CARLOS CESAR de la escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias**; y tuvo una duración de 40 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 15 (QUINCE.....) en la escala vigesimal, mención REGULAR.

Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de **INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 1:40p se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas


Presidente
Dr. ABRAHAM G. YGNACIO SANTA CRUZ


Vocal
Ing. JULIO HUMBERTO TIRADO VASQUEZ


Secretario
M.Sc. RODOLFO PASTOR TINEO HUANCAS


Asesor
Dr. LUIS ANTONIO POZO SUCLUPE

CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Dr. LUIS ANTONIO POZO SUCLUPE, usuario (a) revisor de la Tesis titulada:
Determinación de los parámetros reales en el proceso de evaporación de la elaboración de algarrobina artesanal, a partir del algarrobo (Proposis nigra)

Cuyo autor (es) son:

1.- **Carlos Cesar Minguillo Braco**; identificado con documento de identidad N°**44903177**; declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud **18%**, verificables en el Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito (a) analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos,

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 25 de setiembre del 2024



.....

Firma asesor (a)

Nombres y Apellidos: **Luis Antonio Pozo Suclupe**
DNI N°16704678

Adjunta:

Resumen de Reporte automatizado de similitudes
Recibo digital

Determinación de los parámetros reales en el proceso de evaporación de la elaboración de algarrobina artesanal, a partir del algarrobo (Proposis nigra)

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

plantasyflores.pro

Fuente de Internet

3%

2

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

pirhua.udep.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

www.funlam.edu.co

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

7

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe
Asesor

9	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to unsaac Trabajo del estudiante	<1%
11	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
12	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
13	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%
14	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
15	www.lavanguardia.com Fuente de Internet	<1%
16	Submitted to Universidad Pedagogica y Tecnologica de Colombia Trabajo del estudiante	<1%
17	dokumen.pub Fuente de Internet	<1%
18	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1%
19	drodonto.com.br Fuente de Internet	<1%

Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe
Asesor

20

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1% ^{vii}

21

udep.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

22

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz
Gallo

Trabajo del estudiante

<1%

23

eprints.ucm.es

Fuente de Internet

<1%

24

stutzartists.org

Fuente de Internet

<1%

25

www.sartorius.com

Fuente de Internet

<1%

26

Submitted to Universidad del Istmo de
Panamá

Trabajo del estudiante

<1%

27

ECOLOGIA Y TECNOLOGIA AMBIENTAL S.A.C.
"Modificación del EIA del Proyecto en
Ejecución de la Planta de Fabricación de Bolas
de Acero a fin de Implementar el Proyecto
Ampliatorio para la Planta de Fabricación de
Piezas de Acero-IGA0009454", R.D. N° 490-
2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020

Publicación

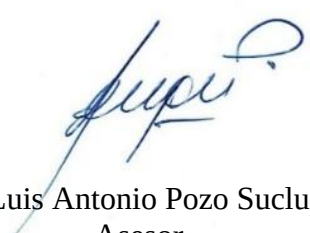
<1%

28

dokumen.site

Fuente de Internet

<1%


Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe
Asesor

29	repositorio.unicauca.edu.co:8080 Fuente de Internet	<1%
30	ferianativa.com Fuente de Internet	<1%
31	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
32	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1%
33	genepics.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
34	1library.co Fuente de Internet	<1%
35	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
36	Submitted to Universidad del Norte, Colombia Trabajo del estudiante	<1%
37	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1%
38	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
39	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%


Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe
Asesor



Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Carlos César Minguillo
Título del ejercicio:	Braco Quick Submit
Título de la entrega:	Determinación de los parámetros reales en el proceso de ev...
Nombre del archivo:	ARROBINA_-CARLOS_MINGUILLO_BRACO-UNPRG-FIQIA-
Tamaño del archivo:	2024... 2.75M
Total páginas:	110
Total palabras:	19,471
Total caracteres:	107,984
Fecha de entrega:	25-sept.-2024 03:24p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2465482960

UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

INFORME DE TESIS

Determinación de los parámetros reales en el proceso de evaporación de la
elaboración de algarrobina artesanal, a partir del algarrobo (*Proponis nigra*)

Para optar el Título profesional de:
Ingeniero de Industrias Alimentarias

AUTOR:
Bach. Carlos César Minguillo Braco

ASESOR:
Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe

Lambayeque – Perú
2024

Dr. Luis Antonio Pozo Suclupe
Asesor

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme llegar a lograr un nuevo reto en mi vida, humildemente este trabajo para ofrecértelo y darte las gracias, porque en tu infinita bondad has permitido que fructifique y al mismo tiempo me hayas concedido culminar esta meta en el camino de la superación profesional.

A mis queridos padres, César Minguillo y Adela Braco quienes creyeron en mí, por demostrarme que el deseo de superación permite salir adelante a pesar de los obstáculos que se presenten, por brindarme la oportunidad de tener una formación profesional y humana.

A mi querida comprensiva compañera de vida, Carmen Rosa Montoya Calderón por su cariño, amor, consejos y apoyo incondicional en mi vida, y motivarme día a día con dulces palabras a llegar a este momento, infinitamente agradecido.

A todos los ingenieros que me apoyaron en este proyecto de vida, muy agradecido por su tiempo y atención; A mi Alma Mater U.N.P.R.G que me acogió y me formó con sus grandes profesionales; A mi Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, mi más grande reconocimiento por todo lo enseñado y aprendido en sus aulas y a los profesionales que guiaron mi vida científica.

Carlos César

DEDICATORIA

A mi padre celestial, el que siempre me acompaña y levanta para continuar en este difícil camino, el proyecto de investigación se lo dedico, con amor y esperanza, a cada uno de mis seres queridos, porque son y serán los pilares para seguir adelante.

A mis padres César y Adela, porque ellos son la motivación de vida; A mi querida hija Nicoll Alejandra motor de mi vida para la superación.

A mi querida compañera de vida, Carmen Rosa, que, con amor, cariño y respeto, este logro es para ti, sin tu ayuda nada hubiera sido posible.

A mis hermanos Diana, alán, klotty, José y Jimmy, orgulloso de culminar mi meta, y ser como hermano mayor un ejemplo a seguir. gracias por confiar siempre en mí.

Carlos César

RESUMEN

Este estudio se enfocó en determinar los parámetros del proceso de evaporación en la elaboración de algarrobina artesanal, con el objetivo de establecer un protocolo de producción estándar; Se analizaron muestras de algarroba y algarrobina en diferentes etapas del proceso de evaporación, midiendo parámetros como la temperatura, y tiempo de evaporación y concentración de jugos. Los resultados mostraron que la evaporación es un proceso crítico que afecta directamente la calidad y rendimiento de la algarrobina, la inexactitud de estos parámetros a temperatura altas y tiempo prolongado hace que se produzca sustancias nocivas en el producto final, la temperatura en la etapa de evaporación y concentración es un promedio de 96 °C y 97 °C respectivamente; El tiempo de extracción de los azúcares y evaporación o concentración del extracto de la algarroba se evaluó y determinó en promedio de 50 min para la extracción y 270 minutos para la concentración de extractos, el °Brix final de la algarrobina a escala artesanal ,sé evaluó en promedio a 73 °Brix; Sé observó que, a mayor tiempo de concentración, mayor cantidad de sólidos solubles por volumen; en el producto final; sé determino un rendimiento promedio de 49.92% de algarrobina, la extracción de azúcares se dividió en 3 pasos de extracción; De acuerdo al estudio realizado, esta información debería aplicarse a procedimientos productivos de algarrobina, bajo un control estricto de las variables estudiadas, con la finalidad de obtener un producto de calidad contribuyendo a la preservación de la tradición artesanal de la elaboración de algarrobina y a la promoción de la industria alimentaria local.

Palabras clave: Algarrobina, Grados Brix, Evaporación, Parámetros, Algarroba.

ABSTRACT

This study focused on determining the real parameters of the evaporation process in the production of artisanal algarrobina, with the aim of establishing a standard production protocol. Samples of carob and algarrobina were analyzed at different stages of the evaporation process, measuring parameters such as temperature, evaporation time, and juice concentration. The results showed that evaporation is a critical process that directly affects the quality and yield of algarrobina. The inaccuracy of these parameters at high temperatures and prolonged times leads to the production of harmful substances in the final product. The temperature in the evaporation and concentration stage was found to be an average of 96°C and 97°C, respectively. The time for sugar extraction and evaporation or concentration of the carob extract was evaluated and determined to be an average of 50 minutes for extraction and 270 minutes for concentration of extracts. The final °Brix of the artisanal algarrobina was evaluated at an average of 73 °Brix. It was observed that a longer concentration time results in a higher amount of soluble solids per volume in the final product. An average yield of 49.92% of algarrobina was determined, and the sugar extraction was divided into three extraction steps. According to the study, this information should be applied to algarrobina production procedures under strict control of the studied variables, in order to obtain a quality product that contributes to the preservation of the artisanal tradition of algarrobina production and the promotion of the local food industry.

Keywords: carob honey, degrees Brix, evaporation, parameters, carob

INDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	12
1.1	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.1.1	<i>Objetivo General</i> -----	¡Error! Marcador no definido.
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i> -----	¡Error! Marcador no definido.
2.	ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS	15
2.1	ANTECEDENTES.....	15
2.2	BASE TEÓRICA	17
2.2.1	<i>Generalidades del Algarrobo</i> -----	17
2.2.1.1	Clasificación botánica del algarrobo. Nombre científico: Ceratonia siliqua-----	17
2.2.1.2	Características del algarrobo y descripción del fruto.-----	19
2.2.1.3	Disponibilidad del recurso natural-----	22
2.2.1.4	Usos potenciales del algarrobo-----	23
2.2.2	<i>Generalidades Sobre la Algarrobina</i> -----	24
2.2.2.1	Definición de la algarrobina-----	24
2.2.2.2	Características de la algarrobina-----	26
2.2.3	<i>Fundamento Teórico del Proceso de la Extracción Sólido – Líquido</i> -----	28
2.2.3.1	Variables que participan en el proceso de extracción. -----	29
2.2.4	<i>producción artesanal de algarrobina en el norte del país</i> -----	30
2.2.4.1	Selección de la Algarroba.-----	31
2.2.4.2	Lavado de Algarroba Técnicas Utilizadas. -----	45
2.2.4.3	Trozado de la Algarroba Técnicas Empleadas. -----	47
2.2.4.4	Extracción de Jugo de Algarroba Métodos. -----	49
2.2.4.5	Concentración de Jugo de Algarroba Métodos.-----	54
2.2.4.6	Envasado de Algarrobina técnicas, equipos, material y Normas empelada. -----	56
	2.2.4.6.1 Técnicas de Envasado:	56
	2.2.4.6.2 Equipos Empleados:	57

2.2.4.6.3	Tipo de Materiales y Envases Utilizados:.....	58
2.2.5	<i>La Evaporación como Factor determinante en el Producto Final.</i> -----	60
2.2.5.1	Factores que influyen en la Evaporación -----	60
2.2.5.2	Leyes Físicas que se Aplican en la Evaporación de Algarrobina.-----	74
2.2.6	<i>Reacciones en la evaporación por las altas temperaturas que ocurren en el proceso de extracción de los azúcares</i>	76
2.2.6.1	Pardeamiento no enzimático -----	78
2.2.6.2	Caramelización-----	79
2.2.6.3	Reacción de Maillard-----	81
2.2.7	<i>Definición y operacionalización de variables</i> -----	82
2.2.7.1	Variables -----	82
	a) Variable dependiente:.....	82
	b) Variable Independiente:	82
3.	MÉTODO Y MATERIALES	83
3.1	MATERIAL DE ESTUDIO	83
3.2	PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE ALGARROBINA.....	84
3.2.1	<i>Recepción de la algarroba</i> -----	84
3.2.2	<i>Selección</i> -----	84
3.2.3	<i>Lavado</i> -----	84
3.2.4	<i>Trozado</i> -----	85
3.2.5	<i>Extracción de azúcares</i> -----	85
3.2.6	<i>Concentración</i> -----	86
3.2.7	<i>Envasado</i> -----	87
3.3	EQUIPOS Y MATERIALES	88
3.4	CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO	89
3.4.1	<i>Temperatura de proceso.</i> -----	90
3.4.2	<i>°Brix, la concentración de los sólidos solubles.</i> -----	90
3.4.3	<i>Tiempo de concentración.</i> -----	90
3.4.4	<i>El rendimiento de la algarrobina.</i> -----	91

3.5	OPERACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES	91
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	93
4.1	RESULTADOS.....	93
4.2	DISCUSIÓN	102
5.	CONCLUSIONES.....	104
6.	RECOMENDACIONES.....	105
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Frutos de Algarrobo (Algarroba).....	21
Figura 2 Usos Potenciales de la Algarroba.....	24
Figura 3 Mecanismo de Reacción del 5-Hidroximetil-2 Furfural a partir de una Aldohexosa(D glucosa)en medio acido.....	77
Figura 4 Mecanismo de Formación de Derivados Furfurales, a partir de Sacarosa,a través de la Caramelización ..	82
Figura 5 Recepción de la Algarroba	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6 Extracción de Azucares	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7 Concentración del Jugo de Algarroba	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8 Procesamiento a Escala artesanal de la Obtención de Algarrobina	87
Figura 9 Temperatura vs Solidos Solubles.....	95
Figura 10 Tiempo vs Solidos Solubles.....	95
Figura 11 Rendimiento vs Solidos Solubles	96
Figura 12 Datos de Temperatura de concentración aplicando ley de Raoult	98
Figura 13 Procesos Experimentales vs Resultados de Temperatura Real y Temperatura aplicando ley de Raoult	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación Botánica _____	18
Tabla 2 Hectáreas y Producción de Algarroba _____	23
Tabla 3 Composición nutricional de la Algarroba _____	27
Tabla 4 Principales Reacciones de Oscurecimiento en Alimentos _____	79
Tabla 5 Operacionalización de Variables _____	82
Tabla 6 Equipos para la Producción de Algarrobina _____	88
Tabla 7 Datos Experimentales del Estudio _____	93
Tabla 8 Resultados del Rendimiento de la Algarrobina (%) y Solidos solubles(°Brix) _____	94
Tabla 9 Peso de Algarroba (kg) en cada Proceso de extracción _____	100
Tabla 10 Volumen total de Extracción para Concentración _____	101

1. INTRODUCCIÓN

La algarrobina o miel de algarrobo, se elabora en forma artesanal y familiar; tal como realizan los pequeños productores en la zona norte del país, quienes elaboran la algarrobina sin considerar los estándares de producción y de calidad de acuerdo a las normas internacionales de comercio exterior. No obstante, existen algunos lugares nominados, como asociaciones de productores de algarrobina donde se aprecia una incompetencia significativa en la elaboración industrial y normalización de los procesos productivos de este producto, siendo la región de Piura, la que registra mayor producción, por considerar con un importante número de productores que, de manera artesanal, procesan este producto regional, es decir, no aplican procesos estandarizados en la producción, ni un adecuado parámetros de procesamiento acorde con el avance tecnológico. Estudiaron la formación de acrilamida en algarrobina durante el proceso de evaporación. Encontrando que la temperatura y el tiempo de evaporación influyen en la formación de acrilamida. Recomendaron controlar la temperatura y el tiempo de evaporación para minimizar la formación de acrilamida. (Ludeña y Colomer, 2019).

La formación de HMF en alimentos sometidos a tratamiento térmico, incluyendo la algarrobina, se encontraron que la temperatura y el tiempo de tratamiento térmico influyen en la formación de HMF, para lo cual se sugiere que la formación de HMF puede ser reducida mediante el control de la temperatura y el tiempo de tratamiento térmico. (Rufián-Henares, 2007)

En la literatura sobre la formación de acrilamida en alimentos, encontraron que la acrilamida se forma durante el proceso de cocción y que la temperatura y el tiempo de cocción influyen en su formación, recomendaron investigar más sobre la formación de acrilamida en diferentes tipos de alimentos. (Mottram, et al., 2002)

En el estudio la formación de acrilamida en alimentos durante el proceso de cocción, se encontraron que la temperatura y el tiempo de cocción influyen en la formación de acrilamida. Sugiriéndose que la formación de acrilamida puede ser reducida mediante el control de la temperatura y el tiempo de cocción. (Stadler, R. H , et al., 2002)

La FDA Proporcionaron información sobre la acrilamida en los alimentos y su potencial riesgo para la salud, recomendando a los consumidores reducir su exposición a la acrilamida mediante la elección de alimentos cocinados a temperaturas más bajas. (FDA, 2019)

En Europa se evaluaron el riesgo de la acrilamida en los alimentos, encontrando que la acrilamida es un potencial carcinógeno y recomendaron reducir su presencia en los alimentos, estableciendo límites máximos permitidos para la acrilamida en diferentes tipos de alimentos. (EFSA., 2015)

La algarrobina es un derivado de la algarroba, obtenido por evaporación interrumpida y a temperatura por encima del punto de ebullición del agua y a presión atmosférica, sin tomar en cuenta el control y evaluación de estos parámetros, además del tiempo total de concentración del jarabe. Es una necesidad conocer, experimentalmente, los parámetros de proceso de esta técnica artesanal, como la temperatura, tiempo de evaporación y concentración, y en el producto final los grados brix del jarabe concentrado y rendimiento.

El conocimiento de estos parámetros nos puede conducir a evitar un sobrecalentamiento y un sobretiempo que pueden colaborar en la generación de sustancias no aptas para la salud del consumidor.

El uso de los productos del bosque, como la algarrobina, es de primordial interés como aporte en la alimentación humana, estas evidencias nos llevan a la conclusión de que es indispensable conocer las variables de operación del proceso productivo y conocer, más de cerca, la naturaleza del producto y su real beneficio.

Actualmente no existe un estudio sobre la determinación de estas variables, por lo tanto, esta investigación es un avance para seguir planteando otros estudios que tiendan a mejorar el proceso y por ende el producto en óptimas condiciones.

La hipótesis planteada fue “La optimización de parámetros en el proceso de evaporación, como la temperatura entre 95-100°C, tiempo de evaporación entre 240-250 minutos y concentración de jugos entre 70-75°Brix, permita obtener una algarrobina artesanal con un rendimiento promedio del 50%”.

La formulación del problema de investigación fue: ¿Cuáles son los parámetros óptimos como temperatura y tiempo, que debemos conocer, para la obtención de algarrobina, a nivel artesanal?

1.1 Objetivo Generales Y Específicos

1.1.1 Objetivo General

El objetivo general de la investigación fue: **“Determinar los parámetros de evaporación en la elaboración de algarrobina artesanal”**

1.1.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos fueron:

- Determinar la temperatura en la etapa de evaporación y concentración de la algarrobina a escala artesanal.
- Determinar el tiempo en la etapa de evaporación y concentración de la algarrobina a escala artesanal.
- Evaluar el °Brix del jarabe en la concentración de algarrobina a escala artesanal y por último, determinar el rendimiento del concentrado de algarrobina con respecto a la materia prima (algarroba).

2. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS

2.1 Antecedentes

Según el estudio realizado en la elaboración de algarrobina, desde el punto de vista económico no es rentable, la cocina mejorada a gas, en comparación con la cocina rustica artesanal a leña, pero debe entenderse su justificación por motivos de conservación ambiental y sanitarios. Con el propósito de optimizar la cocina industrial a gas, para el procesamiento de algarrobina, se debe realizar una profunda investigación sobre el tema. La filtración artesanal realizada, con tela fina llamada organza, es buena y de bajo costo, pero de mala calidad ya que no retiene partículas por debajo de 45 micras. En empresas productoras y de comercialización de algarrobina se deben establecer indicadores de productividad y parámetros de calidad. Para que los pequeños productores de algarrobina logren tener un mejor desarrollo deberían optar, como modelo empresarial, el modelo cooperativo por ser una forma de asociatividad favorable para su organización empresarial. (Serra, 2015)

En el artículo a fin de detectar las posibilidades del desarrollo económico de la Asociación de comuneros” Sequión Olmos” mediante la comercialización y/o industrialización de los árboles de algarrobo y sus componentes. Correlativamente el informe relata que los pobladores de la presente comunidad no tienen un manejo eficiente para con los productos derivados del algarrobo; ignoran los múltiples beneficios económicos que les traería una industrialización y comercialización normada para abastecer la demanda internacional de los mercados especiales de productos orgánicos. Así mismo aplican tecnología inadecuada para producir los subproductos de esta especie, así como maquinaria y

tecnología artesanal de baja eficiencia, métodos de venta limitados aprovechando mayormente las ferias artesanales para ofrecer sus productos. (Espinoza, 2014)

En estudio se demostraron que el efecto de la temperatura y el tiempo de evaporación la algarrobina; influyen en la formación de compuestos volátiles y en la calidad sensorial de la algarrobina. En la teoría de la evaporación: La evaporación es un proceso de transferencia de masa que ocurre cuando una sustancia cambia de estado líquido a gaseoso. La temperatura y el tiempo de evaporación son factores críticos que influyen en la calidad de la algarrobina; y en la Teoría de la formación de compuestos volátiles: Los compuestos volátiles son sustancias químicas que se evaporan fácilmente y pueden influir en la calidad sensorial de la algarrobina. La formación de compuestos volátiles depende de la temperatura y el tiempo de evaporación. (Gonzáles, A., et al, 2018)

Algunos artículos investigan la influencia de la temperatura y el tiempo de evaporación en la formación de acrilamida en algarrobina. Los resultados muestran que la temperatura y el tiempo de evaporación influyen significativamente en la formación de acrilamida. La acrilamida es un compuesto químico que se forma durante el proceso de evaporación y puede ser perjudicial para la salud humana; La metodología: se usaron muestras de algarrobina que se sometieron a diferentes temperaturas y tiempos de evaporación. Luego se analizaron la formación de acrilamida mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Los resultados muestran que la temperatura y el tiempo de evaporación influyen significativamente en la formación de acrilamida. La formación de acrilamida aumenta con la temperatura y el tiempo de evaporación. (Silva, M., et al., 2019)

2.2 Base Teórica

2.2.1 Generalidades del Algarrobo

El documento “Recursos naturales y aspectos socioeconómicos del Estuario de Virrilá” nos dice, en adelante, el algarrobo es un árbol propio de zonas tropicales encontrándose distribuido en toda la costa del Océano Pacífico, desde los estados del sur de los Estados Unidos de Norteamérica hasta la parte central de la Argentina. Es una especie nativa de Perú, Ecuador y Colombia. Además, en América Latina, también se le encuentra en países como Bolivia, Chile y Brasil. En nuestro país se encuentra, principalmente, en los departamentos norteños, como Piura, Tumbes y Lambayeque, además de La Libertad, Ica y al sur hasta Tacna. También se encuentra el algarrobo en algunos valles de la sierra y zonas de La selva, como Calca (Cusco) y Tarapoto (San Martín), respectivamente.

Los bosques de algarrobo más importantes de la costa norte tienen características de adaptabilidad a las condiciones desérticas del medio, su crecimiento en zonas con condiciones especiales de suelos pobres y carencia de agua, hacen que este árbol se desarrolle en desiertos como Chicama (Trujillo), Olmos (Lambayeque), y Sechura (Piura), cubriendo así una extensa franja de la costa norte hasta Tumbes.

Los bosques secos de Piura albergan especies importantes, como: (*Prosopis pallida*) algarrobo, (*Capparis angulata*) sapote, (*Capparis ovalifolia*) bichayo, (*Cercidium praecox*) palo verde, (*Cordia lutea*) overo, etc. (Tovar, 2005)

2.2.1.1 Clasificación botánica del algarrobo. Nombre científico: *Ceratonia siliqua*

- *Ceratonia*: nombre genérico que proviene del griego: keratonía, keronía = el algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.). Según Laguna, en sus anotaciones al Dioscórides, El árbol que

produce las Algarrobas, se llama en Griego xyloceras, & Ceratonia, y la misma algarroba Ceratonia: los cuales nombres nacen de la figura de aqueste fructo: porque como sea hecho a manera de cornezuelo, o anzuelo, como su planta, tienen epíteto cornudo: por cuanto Ceras significa el cuerno en la lengua Griega. Kéras, atos igual cuerno.

- siliqua: epíteto latino que significa vaina de la leguminosa, y , por extensión, legumbre, leguminosa, pero también algarroba en Plinio el Viejo. (Navarro Cerrillo, 2009)

Tabla 1
Clasificación Botánica

Reino	Vegetal
Sub – Reino	Cormophytas
División	Fanerograma
Sub – División	Angiosperma
Clase	Dicotiledonea
Sub – Clase	Archiclmidea
Orden	Rosales
Familia	Fabaceae (Leguminosas)
Sub – Familia	Mimosoidea
Nombre común	Algarrobo
Género	Prosopis
Especie	Prosopis Pallida

Nota: (Navarro Cerrillo, 2009)

2.2.1.2 Características del algarrobo y descripción del fruto. La especie algarrobo (*Prosopis pallida*) tiene las siguientes características:

El algarrobo, por su larga duración de vida, es considerado un árbol longevo de la costa peruana. Cuenta con una gran capacidad para vivir y crecer en el desierto, debido a su habilidad para captar nitrógeno y agua del subsuelo por sus largas raíces. Alcanza, gracias a su tronco retorcido, una altura de hasta 18 metros y 2 metros de diámetro, con largas ramas flexibles, siendo algunas de ellas espinosas. Su floración tiene la forma de espigas de color amarilla pálido, las cuales aparecen dos veces al año.

Su producción y cosecha se da dos veces al año, entre diciembre y marzo, y entre junio y julio, siendo esta segunda en menor cantidad. Ceratonia siliqua frecuentemente inviernos suaves y veranos secos y calurosos, tiene baja tolerancia al frío y son necesarias unas 5000 a 6000 horas por encima de 9 ° C para las vainas maduren. Sin embargo, el algarrobo puede resistir las heladas hasta -6 ° C, es resistente a la sequía y puede crecer en lugares con precipitaciones anuales tan bajas como 250-500 mm, aunque se requiere un mínimo de 500-550 mm y se requiere riego para la producción comercial.

Los algarrobos pueden crecer en una amplia gama de suelos, y son tolerantes a la solución salina hasta un 3% de NaCl en el suelo, pero prefieren margas arenosas con buen drenaje o suelos calcáreos con un alto contenido de cal; Estas plantas son resistentes a las termitas, al calor y al fuego; No pueden soportar vientos fuertes y condiciones de anegamiento.

- Agua después de establecerse: una vez al mes después del 3er año. La producción de vainas de semillas requiere un riego un poco más frecuente, pero en verano las plantas necesitan reducir el agua a una vez al mes.

- Suelo: bien drenado, pH 6.2-8.6 (ligeramente ácido a alcalino). Es tolerante a la solución salina, pero propenso a las infecciones por hongos en el suelo que no se seca rápidamente o se riega con demasiada frecuencia. Evita plantar cerca del césped.
- Riego: Riega semanalmente los primeros dos años para establecer un sistema de raíces fuerte.

Descripción del fruto o algarroba: es una leguminosa en forma de vaina, sus medidas son: largo, de 16 a 30 centímetros, de ancho 1,5 cm. y de espesor 8 mm, aproximadamente, cada vaina llega a pesar, aproximadamente, unos 12 gramos. La vaina o fruto contiene los elementos siguientes:

- Vaina exterior.
- Pulpa.
- Semillas; las cuales están contenidas dentro de una cáscara dura difícil de abrir, encontrándose en promedio 25 por cada vaina.

El 100% de las partes del fruto son aprovechables. El rendimiento anual de cada árbol es aproximadamente, de unos 40 kilos de fruto, con un promedio por hectárea de 70 árboles.

La algarroba puede vivir más de 100 años y comienza a fructificar después de 6 o 7 años de crecimiento. Las vainas secas deben cosecharse rápidamente después de que se vuelvan completamente marrones si es probable que llueva. Las vainas marrones fermentan en el árbol cuando se mojan, las vainas de algarrobo se eliminan manual o mecánicamente de las ramas y se recogen en redes colocadas debajo de los árboles. La cosecha debe hacerse con cuidado para evitar daños a las flores del próximo año, que son frágiles. Las vainas caídas secan al aire durante 48-72 h en un área ventilada. Una vez secas (aproximadamente 92% de MS), las vainas se llevan a la planta de procesamiento donde se trituran para separar las semillas de la pulpa.

La pulpa se muele a diferentes tamaños según el mercado final. Para la alimentación animal, las vainas enteras también se pueden moler para obtener harina de algarroba. Las semillas descascaradas se dividen en endospermo, que se muele para producir goma, y gérmenes, que se muelen y secan para hacer harina de germen de algarroba, el rendimiento de la vaina aumenta con la edad del árbol: 5 libras a los seis años, 100 libras a los doce años, hasta 500 libras a los veinte años para algunos cultivares con ciertas técnicas de manejo del huerto; La cáscara de la semilla y las semillas contienen algo de tanino. El producto industrial más importante de algarroba hoy en día es la goma, un galactomanano extraído de las semillas (o frijoles), que es un espesante y estabilizador de alimentos comunes. (Plantas y Flores, 2024)

Figura 1

Frutos de Algarrobo (Algarroba)



Nota: <https://pixabay.com/es/images/search/fruto%20del%20algarrobo/>

El algarrobo es un árbol con un valor comercial por sus beneficios: Aporta, a las zonas áridas, la mayor fuente de nitrógeno, se le atribuye, a los diversos componentes del fruto de la algarroba, propiedades nutritivas y medicinales, por la variedad de aminoácidos, minerales (potasio) y vitaminas (principalmente C y E). Contiene alto contenido de azúcar (sacarosa).

2.2.1.3 Disponibilidad del recurso natural .

Este árbol leñoso es la especie vegetal emblemática del desierto costeño del norte peruano, especialmente, de los departamentos de Piura y Lambayeque. Su mayor importancia radica en su gran adaptación a la aridez por tener raíces profundas, lo cual le permite captar agua todo el año; su fruto tiene un gran valor como alimenticio y económica, aprovechando su gran potencial para nuestros ecosistemas.

Lamentablemente cada año son depredadas, aproximadamente, cerca de 10 mil hectáreas de bosques para convertirlas en carbón de leña como combustible. En campo se pierde más del 50% del fruto, y del otro 50%, un 15% sirve como alimento para ganado y el otro 35% se comercializa para diversos usos como alimento balanceado para animales, preparación de la algarrobina, utilizado en bebidas (tonificantes, macerados, cocteles) y dulces que se preparan artesanalmente.

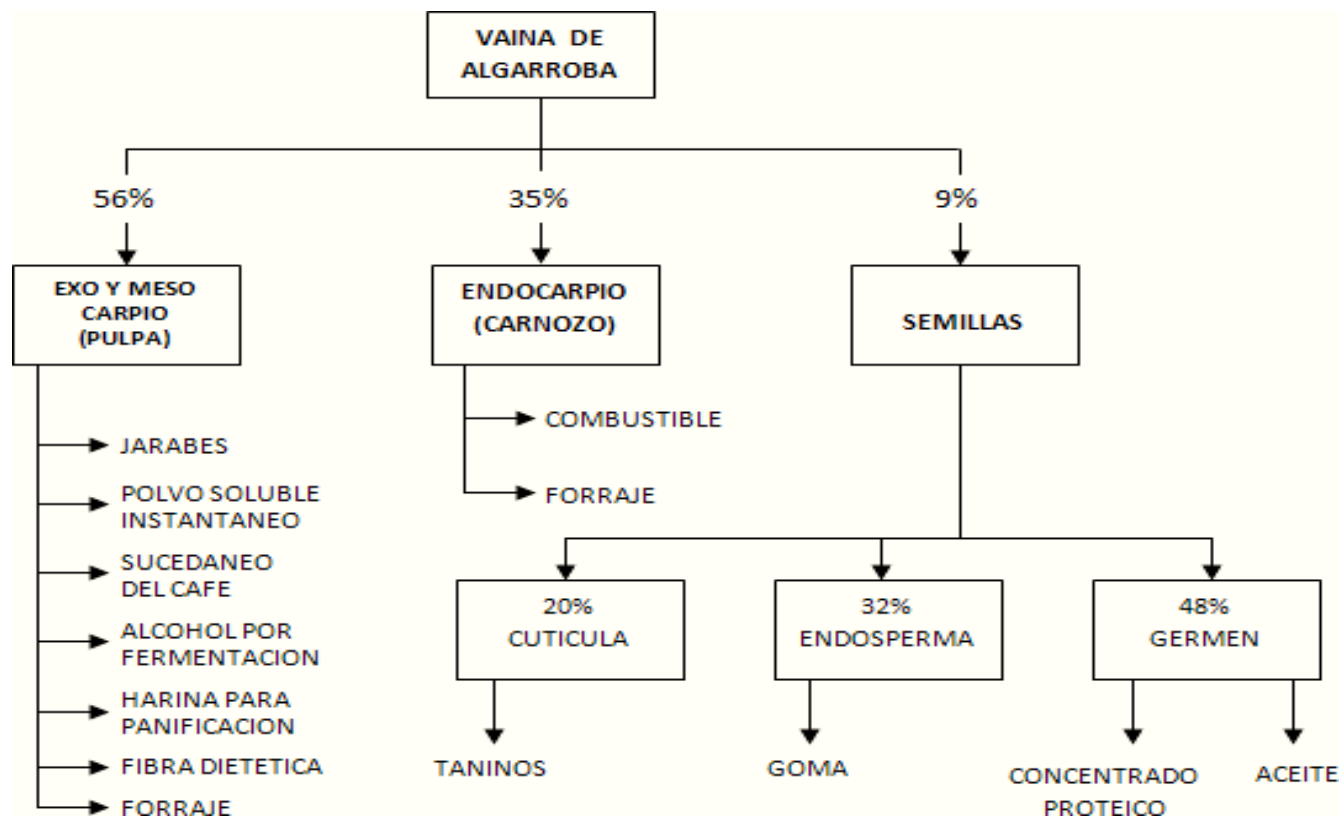
Tabla 2
Hectáreas y Producción de Algarroba

Departamento	Zonas	Hectáreas	Producción (Tm)
Piura	Bajo Piura	85 100	127,65
	Medio Piura	37 138	74,27
	Alto Piura	15 427	49,46
	Valle de Chira	7 931	18,24
	San Lorenzo	2 300	7,36
	Sector Algarrobo	1 100	5,50
Total		148 996	282,48

Nota: (Tovar, 2005)

2.2.1.4 Usos potenciales del algarrobo. Si consideramos el uso tradicional del jarabe de algarrobo, su alto contenido o porcentaje de azúcares, y su alto porcentaje de componentes nutricionales, sus probables aplicaciones serían:

- Concentrado o Jarabe tonificante.
- Extracto azucarado para ser mezclado.
- Obtención de mieles para uso industrial.

Figura 2*Usos Potenciales de la Algarroba*

Nota: <http://perunutraceutico.blogspot.com/2011/09/derivados-de-la-algarroba-la.html>

2.2.2 Generalidades Sobre la Algarrobina

2.2.2.1 Definición de la algarrobina .

Para la algarrobina, la normativa peruana cuenta con la siguiente norma: (Norma Técnica Peruana(NTP)209.600, 2002 revisado el 2014)

Definiciones y requisitos, la cual, define a la algarrobina como un “extracto natural obtenido de algarroba mediante un proceso de hervido y concentración por evaporación, de color marrón oscuro brillante, viscoso, sabor dulce” (INDECOPI, 2014).

La Real Academia Española (RAE), define a la algarrobina como el extracto del fruto del algarrobo usado en refresco, dulces y licores.

Esta miel o extracto de algarroba es un producto tradicional de la zona norte del Perú, específicamente, se produce en los departamentos de Piura, en las ciudades de Sechura, Catacaos y Chulucanas, y en Lambayeque en la Provincia de Ferreñafe por encontrarse el bosque de Pomac, considerado el más grande en el mundo de algarrobo.

La algarrobina, que se elabora en estos lugares, es un extracto concentrado y acuoso de los azúcares del fruto del algarrobo, cuya concentración de sólidos solubles es de 75 a 78° Brix, de color marrón oscuro y brillante. La algarrobina se obtiene del fruto maduro del algarrobo (*Prosopis pallida*), mediante el método artesanal. La vaina o fruto de la algarroba se hierve con agua para extraer lo sólidos solubles como azúcares, vitaminas, entre otro.

Luego las vainas hervidas se prensan para obtener un extracto, el cual es filtrado y sometido a evaporación para lograr concentrar sus componentes sólidos y obtener, finalmente, una miel oscura, viscosa y de sabor ligeramente amargo.

La algarroba contiene importantes valores nutricionales y medicinales; por lo que, al producto obtenido del proceso de concentración, como es la algarrobina, se le atribuyen algunos beneficios para el organismo como:

- Fortalece los pulmones.
- Previene la ansiedad.
- Mantiene los músculos completamente saludables.
- Fortalece el sistema nervioso.
- Combate el estreñimiento.

2.2.2.2 Características de la algarrobina.

(Norma Técnica Peruana(NTP)209.600, 2002 revisado el 2014) . señala que la algarrobina para asegurar la calidad del producto en el mercado debe cumplir ciertos requisitos organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos.

La norma, también, indica que la algarrobina debe tener:

- Aroma característico de la algarroba,
- Color marrón oscuro y brillante,
- Sabor dulce o ligeramente amargo
- consistencia debe ser viscosa, homogénea y sin partículas visibles.

La NTP denomina dos tipos de algarrobina:

- Algarrobina pura o natural, aquella que carece de aditivos (azúcares, edulcorante o miel).
- Algarrobina dulce, la que contiene conservantes, edulcorantes, estabilizantes y reguladores de acidez.

En este tipo de algarrobina se permite la adición de azúcar rubia o refinada hasta un máximo de 40 %. Condiciones de almacenamiento y vencimiento de la algarrobina:

Se debe almacenar a temperatura natural o ambiente, en lugar fresco y seco, no debe estar expuesto a la luz solar, la vida útil del producto terminado: 1 año en envase original y cerrado.

El extracto soluble concentrado de la algarroba, llamado algarrobina, está constituido por carbohidratos, especialmente por sacarosa.

Tabla 3*Composición nutricional de la Algarroba*

Nutriente	Composición
Carbohidratos totales	67 %
Azúcares	50 %
Proteínas	5,2 %
Fibra dietética soluble	0,5 %
Calcio	0,2 %
Fósforo	0,2 %
Hierro	20 mg/kg
Vitamina B2	1 mg/kg
Vitamina B6	2 mg/kg

Nota: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2008. Aplicación de la Norma Técnica Peruana.

Desde hace algunos años, la algarrobina ha sido elaborada de forma artesanal en zonas rurales bajo ningún estándar de calidad. Sin embargo, desde el 2002, ya se cuenta con una Norma Técnica Peruana, ofrecida al público interesado por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), que se refiere al producto de la algarrobina, con la cual se estableció la terminología, clasificación y requisitos que debe cumplir el alimento elaborado a partir de la algarroba.

La algarroba (fruto) es abundante en proteínas (5,9 g por cada 100 mg) y vitaminas esenciales como la vitamina B1 (0,23 mg por cada 100 g), vitamina B2 (0,14 mg por cada 100 g), vitamina B3 (4,1 mg por cada 100 g), la algarrobina es un nutrimento energético, con un contenido alto en

azúcares, 50% de azúcar natural, 10% de proteínas, y en minerales como calcio, hierro y fósforo, su vida útil es de aproximadamente 30 días a una temperatura de 25 °C, ,el sabor, olor y textura idénticos al cacao, pero no resulta tan amargo y contiene menos grasa , para identificar una algarrobina de calidad, es necesario degustar y no debe ser un sabor dulce, sino más bien, astringente. Además, señaló que, al poner una gota de algarrobina en un vaso con agua, esta se debe mantener íntegra hasta llegar al fondo del mismo. Si eso sucede, se trata de una buena algarrobina.

Contribuye, previene y combate enfermedades del corazón y el sistema nervioso. Así mismo es recomendable para prevenir el estrés, nerviosismo y la depresión de las personas, esto debido a que la algarrobina contiene triptófano (aminoácido) que hace que el cerebro segregue serotonina.

2.2.3 Fundamento Teórico del Proceso de la Extracción Sólido – Líquido

El proceso físico de extracción sólido-líquido, conocida también como lixiviación es el proceso que consiste en lavar una sustancia sólida en forma particulada con el propósito de extraer las partes solidas solubles, como ejemplo casero podemos mencionar la extracción de café pasado.

La extracción es el proceso físico en donde ocurre una trasferencia de materia que consiste en disolver uno o varios de los componentes de una mezcla, ya sea líquida o que forme parte de un sólido, mediante un disolvente selectivo.

La extracción sólido-líquido se conoce como:

- Lixiviación, si el componente extraído es valioso, como extracción del oro por lixiviación
- Percolación cuando el disolvente se vierte sobre el líquido;
- Lavado si se requiere eliminar un compuesto no deseado de un sólido.

El procedimiento de realizar la extracción dependerá de:

- La cantidad del componente, azúcares (principalmente) a extraer,
- De la distribución de éste en el sólido,
- De la naturaleza del sólido y
- Del tamaño de las partículas.

Cuando el compuesto (azúcar, vitaminas, minerales) a extraer se encuentra, uniformemente, distribuido en el sólido, se disolverá, en primera instancia, el soluto presente en la superficie y el sólido tendrá una estructura porosa.

La extracción sólido líquido se realiza en base a las siguientes etapas:

- Cambio de fase del soluto por disolución en el disolvente.
- Difusión a través del disolvente existente en los poros, del sólido hacia el exterior de la partícula.
- Transferencia del soluto desde el material sólido hacia la masa del disolvente.

El soluto para estar contenido en el sólido, previamente, ha de ser triturado para facilitar el contacto con el solvente. Cuando los sólidos cuentan con estructura celular, la difusión del disolvente a través de las paredes celulares es afectada por una resistencia propia de la pared celular.

2.2.3.1 Variables que participan en el proceso de extracción.

Aquellas que tienen influencia en la velocidad de extracción, las cuales están limitadas por la difusión del soluto a través de la estructura porosa del sólido; el material será de tamaño pequeño para que la distancia que recorra el soluto sea la menor posible.

En base a estas condiciones las variables que tiene mayor importancia serian:

a) Tamaño de la partícula:

Es decir, cuando la partícula, tenga el tamaño más pequeño, el área de contacto entre el sólido y el líquido de extracción será mayor, fortaleciendo, de esta manera, la velocidad de transferencia de materia del sólido hacia el disolvente. De la misma manera, la difusión del soluto hacia el disolvente se ve favorecida, por: La menor distancia del recorrido del soluto por el interior del sólido. El tamaño de partícula, el cual se tendrá en cuenta que sea lo más homogéneo posible, Evitar el alojamiento de las partículas pequeñas en los poros del sólido para que no impidan el paso del disolvente.

b) El disolvente extractor :

Para facilitar su flujo o transporte a través del sólido, debe ser selectivo y de baja viscosidad.

c) La temperatura:

Favorece la velocidad de extracción, en cualquier caso, la temperatura máxima vendrá determinado por otros condicionantes.

d) La agitación:

Está relacionada con el incremento de la transferencia de materia, la cual ocurre desde la superficie de la partícula solida hacia la masa de la disolución, producción artesanal de algarrobina en el norte del país

En Piura y Lambayeque existen muchas personas y algunas empresas que se dedican a la producción y venta de algarrobina, los cuales solo fabrican durante la época de cosecha, donde hay abundancia de materia prima.

2.2.4.1 Selección de la Algarroba.

Para elegir una algarroba apta y con mejores características para el proceso de algarrobina, se pueden realizar las siguientes pruebas científicas:

A. Análisis de azúcares.

Determinar el contenido de azúcares solubles, como sacarosa, glucosa y fructosa, mediante técnicas como la cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) o el refractómetro, también se utilizan varias pruebas para determinar el contenido de azúcares solubles en la algarroba. Algunas de las pruebas más comunes son:

- a. Prueba de Fehling:** Una prueba química que utiliza una solución de sulfato de cobre y alcaloides para detectar la presencia de azúcares reductores.
- b. Prueba de Benedict:** Una prueba química que utiliza una solución de sulfato de cobre y citrato de sodio para detectar la presencia de azúcares reductores.
- c. Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC):** Una técnica analítica que separa, identifica y cuantifica los componentes de una mezcla, incluyendo azúcares solubles.
- d. Espectroscopía de infrarrojo (IR):** Una técnica analítica que mide la absorción de radiación infrarroja por los azúcares solubles.
- e. Refractometría:** Una técnica que mide el índice de refracción de una solución, lo que puede indicar la concentración de azúcares solubles.
- f. Prueba de Lane-Eynon:** Una prueba química que utiliza una solución de sulfato de cobre y ácido sulfúrico para detectar la presencia de azúcares reductores.

Estas pruebas pueden ser utilizadas individualmente o en combinación para obtener una visión completa del contenido de azúcares solubles en la algarroba, el mejor método es la Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC) por las siguientes razones:

- Sensibilidad: La HPLC es una técnica muy sensible que puede detectar cantidades muy pequeñas de azúcares.
- Especificidad: La HPLC puede separar y identificar diferentes tipos de azúcares con gran precisión.
- Exactitud: La HPLC proporciona resultados muy precisos y reproducibles.
- Velocidad: La HPLC es una técnica relativamente rápida, lo que permite analizar múltiples muestras en un corto período de tiempo.
- Versatilidad: La HPLC puede ser utilizada para analizar una amplia variedad de azúcares, incluyendo sacarosa, glucosa, fructosa, etc.
- Minimización de errores: La HPLC reduce la posibilidad de errores humanos, ya que es una técnica automatizada.
- Cumplimiento de estándares: La HPLC es una técnica reconocida y aceptada por organismos reguladores internacionales, como la FDA y la UE.

En resumen, la HPLC es el mejor método para el análisis de azúcares en la algarroba debido a su sensibilidad, especificidad, exactitud, velocidad, versatilidad, minimización de errores y cumplimiento de estándares. (Willetts et al, 2020)

B. Análisis de acidez

Medir el pH y la acidez titulable para determinar el contenido de ácidos orgánicos, como el ácido cítrico y el ácido málico, se pueden utilizar varias pruebas para determinar el contenido de ácidos en la algarroba. Algunas de las pruebas más comunes son:

- a. **Phmetro:** Una prueba que mide el pH de la algarroba para determinar su acidez.

- b. **Titulación ácido-base:** Una prueba que utiliza una solución básica o ácida para neutralizar la acidez de la algarroba y determinar su contenido de ácidos.
- c. **Cromatografía de iones:** Una técnica analítica que separa, identifica y cuantifica los iones de ácidos en la algarroba.
- d. **Espectroscopía de infrarrojo (IR):** Una técnica analítica que mide la absorción de radiación infrarroja por los ácidos en la algarroba.
- e. **Prueba de pH con indicadores:** Una prueba que utiliza indicadores químicos para determinar el pH de la algarroba.
- f. **Determinación de acidez titulable:** Una prueba que mide la cantidad de ácidos en la algarroba mediante la titulación con una solución básica.
- g. **Análisis de iones por cromatografía:** Una técnica analítica que separa, identifica y cuantifica los iones de ácidos en la algarroba.

Estas pruebas pueden ser utilizadas individualmente o en combinación para obtener una visión completa del contenido de ácidos en la algarroba.

El mejor método en el análisis de acidez es la Titulación Ácido-Base, específicamente la Titulación con Hidróxido de Sodio (NaOH), por las siguientes razones:

- **Precisión:** La titulación ácido-base es una técnica muy precisa para determinar la acidez en la algarroba.
- **Sensibilidad:** La titulación con NaOH es sensible a pequeños cambios en la acidez.
- **Especificidad:** La titulación ácido-base es específica para medir la acidez, sin interferencias de otros compuestos.

- **Rapidez:** La titulación ácido-base es una técnica relativamente rápida, lo que permite analizar múltiples muestras en un corto período de tiempo.
- **Costo-efectividad:** La titulación ácido-base es una técnica económica y accesible.
- **Facilidad de uso:** La titulación ácido-base es una técnica sencilla de realizar y no requiere equipo especializado.
- **Reconocimiento:** La titulación ácido-base es una técnica reconocida y aceptada por organismos reguladores internacionales.

La titulación ácido-base es el mejor método para determinar la acidez en la algarroba porque ofrece una combinación de precisión, sensibilidad, especificidad, rapidez, costo-efectividad, facilidad de uso y reconocimiento. (Potter y Hotchkiss, 2019)

C. Análisis de humedad

Determinar el contenido de humedad mediante técnicas como la desecación en estufa o el análisis de conductividad térmica, se pueden utilizar varias pruebas para determinar el contenido de humedad en la algarroba. Algunas de las pruebas más comunes son:

- Método de desecación en estufa:** Una prueba que mide la pérdida de peso de la algarroba después de ser calentada en una estufa a una temperatura constante.
- Método de desecación al vacío:** Una prueba que mide la pérdida de peso de la algarroba después de ser calentada en un vacío a una temperatura constante.
- Método de conductividad térmica:** Una prueba que mide la conductividad térmica de la algarroba para determinar su contenido de humedad.

- d. **Método de resonancia magnética nuclear (RMN):** Una prueba que mide la señal de resonancia magnética nuclear del agua en la algarroba para determinar su contenido de humedad.
- e. **Método de infrarrojo cercano (NIR):** Una prueba que mide la absorción de radiación infrarroja cercana por el agua en la algarroba para determinar su contenido de humedad.
- f. **Método de capacitancia:** Una prueba que mide la capacitancia eléctrica de la algarroba para determinar su contenido de humedad.
- g. **Método de balanza de humedad:** Una prueba que mide directamente el contenido de humedad de la algarroba utilizando una balanza especializada.
- h. Estas pruebas pueden ser utilizadas individualmente o en combinación para obtener una visión completa del contenido de humedad en la algarroba.

En el Análisis de humedad, el mejor método es el Método de Dsecación en Estufa, también conocido como Método de Secado al Horno, por las siguientes razones:

- **Precisión:** El método de desecación en estufa es muy preciso para determinar el contenido de humedad en la algarroba.
- **Sensibilidad:** Este método es sensible a pequeños cambios en el contenido de humedad.
- **Especificidad:** El método de desecación en estufa es específico para medir el contenido de humedad, sin interferencias de otros compuestos.
- **Rapidez:** Aunque puede ser un poco lento, el método de desecación en estufa es una técnica confiable y precisa.
- **Costo-efectividad:** El método de desecación en estufa es una técnica económica y accesible.

- **Facilidad de uso:** El método de desecación en estufa es una técnica sencilla de realizar y no requiere equipo especializado.
- **Reconocimiento:** El método de desecación en estufa es una técnica reconocida y aceptada por organismos reguladores internacionales.
- **Aplicabilidad:** El método de desecación en estufa es aplicable a una amplia variedad de productos, incluyendo la algarroba.

El método de desecación en estufa es el mejor método para determinar el contenido de humedad en la algarroba debido a su precisión, sensibilidad, especificidad, costo-efectividad, facilidad de uso, reconocimiento y aplicabilidad. (Riganakos y Kontominas, 2020)

D. Análisis de minerales

Determinar el contenido de minerales esenciales, como potasio, calcio y magnesio, mediante técnicas como la espectroscopía de absorción atómica (AAS) o la espectroscopía de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), se pueden utilizar varias pruebas para determinar el contenido de minerales en la algarroba. Algunas de las pruebas más comunes son:

- Espectroscopía de absorción atómica (AAS):** Una técnica analítica que mide la absorción de radiación por los átomos de minerales en la algarroba.
- Espectroscopía de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES):** Una técnica analítica que mide la emisión de radiación por los iones de minerales en la algarroba.
- Cromatografía iónica:** Una técnica analítica que separa, identifica y cuantifica los iones de minerales en el algarrobo.

- d. **Análisis de activación neutrónica (NAA):** Una técnica analítica que mide la radiación emitida por los núcleos de minerales en la algarroba después de ser irradiados con neutrones.
- e. **Espectroscopía de fluorescencia de rayos X (XRF):** Una técnica analítica que mide la fluorescencia de rayos X emitida por los átomos de minerales en la algarroba.
- f. **Análisis de iones por cromatografía:** Una técnica analítica que separa, identifica y cuantifica los iones de minerales en la algarroba.
- g. **Método de precipitación química:** Una prueba que utiliza reacciones químicas para precipitar los minerales en la algarroba y luego mide su contenido.

Estas pruebas pueden ser utilizadas individualmente o en combinación para obtener una visión completa del contenido de minerales en la algarroba.

En el Análisis de minerales, el mejor método es la Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS) por las siguientes razones:

- Sensibilidad: La AAS es una técnica muy sensible para detectar minerales en la algarroba.
- Especificidad: La AAS es específica para cada mineral, lo que permite identificar y cuantificar cada elemento de manera precisa.
- Precisión: La AAS es una técnica precisa para determinar la cantidad de minerales en la algarroba.
- Rapidez: La AAS es una técnica relativamente rápida, lo que permite analizar múltiples muestras en un corto período de tiempo.
- Capacidad para analizar múltiples elementos: La AAS puede analizar múltiples minerales en una sola prueba.

- **Costo-efectividad:** La AAS es una técnica económica y accesible en comparación con otras técnicas de análisis de minerales.
- **Reconocimiento:** La AAS es una técnica reconocida y aceptada por organismos reguladores internacionales.
- **Versatilidad:** La AAS puede ser utilizada para analizar una amplia variedad de minerales, incluyendo metales pesados y oligoelementos.

La AAS es el mejor método para el análisis de minerales en la algarroba debido a su sensibilidad, especificidad, precisión, rapidez, capacidad para analizar múltiples elementos, costo-efectividad, reconocimiento y versatilidad. (Welz y Sperling, 2020)

E. Análisis de actividad enzimática

Determinar la actividad de enzimas, como la invertasa y la amilasa, que pueden afectar la calidad de la algarrobina., se pueden utilizar varias pruebas para determinar la actividad de enzimas específicas en la algarroba. Algunas de las pruebas más comunes son:

- Prueba de actividad amilasa:** Una prueba que mide la capacidad de la algarroba para hidrolizar el almidón en azúcares simples.
- Prueba de actividad proteasa:** Una prueba que mide la capacidad de la algarroba para hidrolizar las proteínas en aminoácidos.
- Prueba de actividad lipasa:** Una prueba que mide la capacidad de la algarroba para hidrolizar los lípidos en ácidos grasos y glicerol.
- Prueba de actividad invertasa:** Una prueba que mide la capacidad de la algarroba para hidrolizar la sacarosa en glucosa y fructosa.
- Prueba de actividad pectinasa:** Una prueba que mide la capacidad de la algarroba para hidrolizar la pectina en azúcares simples.

- f. **Espectroscopía de absorción de luz ultravioleta-visible (UV-Vis):** Una técnica analítica que mide la absorción de luz UV-Vis por los productos de la actividad enzimática.
- g. **Cromatografía de líquidos de alta eficiencia (HPLC):** Una técnica analítica que separa, identifica y cuantifica los productos de la actividad enzimática.
- h. **Electroforesis en gel de poliacrilamida (SDS-PAGE):** Una técnica analítica que separa y identifica las enzimas en función de su tamaño y carga.

Estas pruebas pueden ser utilizadas individualmente o en combinación para obtener una visión completa de la actividad enzimática en la algarroba.

En el Análisis de actividad enzimática, el mejor método es la Espectroscopía de Absorción Ultravioleta-Visible (UV-Vis) por las siguientes razones:

- **Sensibilidad:** La UV-Vis es una técnica muy sensible para detectar cambios en la actividad enzimática.
- **Especificidad:** La UV-Vis puede ser utilizada para detectar específicamente la actividad de enzimas como la amilasa, proteasa, lipasa, etc.
- **Precisión:** La UV-Vis es una técnica precisa para cuantificar la actividad enzimática.
- **Rapidez:** La UV-Vis es una técnica rápida, lo que permite analizar múltiples muestras en un corto período de tiempo.
- **Costo-efectividad:** La UV-Vis es una técnica económica y accesible.
- **Facilidad de uso:** La UV-Vis es una técnica sencilla de realizar y no requiere equipo especializado.

- **Reconocimiento:** La UV-Vis es una técnica reconocida y aceptada por organismos reguladores internacionales.
- **Versatilidad:** La UV-Vis puede ser utilizada para analizar una amplia variedad de enzimas y sus actividades.

La UV-Vis es el mejor método para el análisis de actividad enzimática en la algarroba debido a su sensibilidad, especificidad, precisión, rapidez, costo-efectividad, facilidad de uso, reconocimiento y versatilidad. Sin embargo, es importante mencionar que la elección del método depende del tipo de enzima y la actividad específica que se desee analizar. (Bergmeyer et al., 2020)

F. Análisis sensorial

Realizar pruebas de sabor, textura y aroma para evaluar la calidad organoléptica de la algarroba, **se** evalúan las características organolépticas de la algarroba, como:

- **Apariencia:** color, textura, forma, etc.
- **Olor:** intensidad, tipo, etc.
- **Sabor:** dulzura, acidez, amargor, etc.
- **Textura:** suavidad, dureza, etc.
- **Sonido:** crujido, etc.

Para realizar este análisis, se pueden utilizar diferentes métodos, como:

- Pruebas descriptivas:** un panel de jueces describe las características sensoriales de la algarroba.
- Pruebas de preferencia:** un panel de jueces elige su preferencia entre diferentes muestras de algarroba.
- Pruebas de discriminación:** un panel de jueces identifica diferencias entre diferentes muestras de algarroba.

- d. Análisis de perfil sensorial:** un panel de jueces evalúa las características sensoriales de la algarroba en una escala numérica.

Es importante tener en cuenta que el análisis sensorial es subjetivo y puede variar dependiendo de la persona que lo realice. Por lo tanto, es recomendable utilizar un panel de jueces entrenados y experimentados para obtener resultados precisos y confiables.

En el Análisis sensorial, el mejor método es la Prueba Descriptiva Cuantitativa (QDA) por las siguientes razones:

- Obtención de información detallada: La QDA proporciona una descripción detallada de las características sensoriales de la algarroba.
- Análisis objetivo: La QDA es una técnica objetiva que minimiza la subjetividad de los paneles de jueces.
- Capacidad para evaluar múltiples atributos: La QDA puede evaluar múltiples atributos sensoriales, como sabor, textura, olor, etc.
- Precisión: La QDA es una técnica precisa para cuantificar las características sensoriales.
- Reconocimiento: La QDA es una técnica reconocida y aceptada por organismos reguladores internacionales.
- Versatilidad: La QDA puede ser utilizada para evaluar una amplia variedad de productos, incluyendo la algarroba.
- Facilidad de uso: La QDA es una técnica relativamente sencilla de realizar y no requiere equipo especializado.
- Costo-efectividad: La QDA es una técnica económica y accesible en comparación con otras técnicas de análisis sensorial.

La QDA es el mejor método para el análisis sensorial de la algarroba debido a su capacidad para obtener información detallada, análisis objetivo, capacidad para evaluar múltiples atributos, precisión, reconocimiento, versatilidad, facilidad de uso y costo-efectividad. (Murray et al., 2020)

G. Análisis de estabilidad

Evaluar la estabilidad de la algarroba durante el almacenamiento y el procesamiento para determinar su aptitud para la producción de algarrobina, se pueden utilizar varias pruebas para determinar la estabilidad de la algarroba durante el almacenamiento y el procesamiento. Algunas de las pruebas más comunes son:

- a. **Prueba de estabilidad oxidativa:** Una prueba que mide la resistencia de la algarroba a la oxidación y la formación de compuestos indeseables.
- b. **Prueba de estabilidad térmica:** Una prueba que mide la resistencia de la algarroba a la degradación térmica y la formación de compuestos indeseables.
- c. **Prueba de estabilidad enzimática:** Una prueba que mide la resistencia de la algarroba a la degradación enzimática y la formación de compuestos indeseables.
- d. **Prueba de estabilidad microbiana:** Una prueba que mide la resistencia de la algarroba a la contaminación microbiana y la formación de compuestos indeseables.
- e. **Análisis de vida útil:** Una prueba que mide el tiempo que tarda la algarroba en deteriorarse y perder su calidad.
- f. **Prueba de estabilidad en condiciones de almacenamiento:** Una prueba que mide la resistencia de la algarroba a la degradación durante el almacenamiento en diferentes condiciones.

En el Análisis de estabilidad, el mejor método es la Prueba de Estabilidad acelerada por Temperatura (ASLT) por las siguientes razones:

- Simulación de condiciones reales: La ASLT simula las condiciones de almacenamiento y transporte reales, lo que permite predecir la estabilidad de la algarroba.
- Aceleración del proceso de degradación: La ASLT acelera el proceso de degradación, lo que permite obtener resultados en un corto período de tiempo.
- Evaluación de la estabilidad física, química y microbiológica: La ASLT evalúa la estabilidad física, química y microbiológica de la algarroba, lo que proporciona una visión completa de su estabilidad.
- Precisión: La ASLT es una técnica precisa para predecir la estabilidad de la algarroba.
- Reconocimiento: La ASLT es una técnica reconocida y aceptada por organismos reguladores internacionales.
- Versatilidad: La ASLT puede ser utilizada para evaluar la estabilidad de una amplia variedad de productos, incluyendo la algarroba.
- Facilidad de uso: La ASLT es una técnica relativamente sencilla de realizar y no requiere equipo especializado.
- Costo-efectividad: La ASLT es una técnica económica y accesible en comparación con otras técnicas de análisis de estabilidad.

La ASLT es el mejor método para el análisis de estabilidad de la algarroba debido a su capacidad para simular condiciones reales, acelerar el proceso de degradación, evaluar la estabilidad física, química y microbiológica, precisión, reconocimiento, versatilidad, facilidad de uso y costo-efectividad. (Taoukis et al., 2020)

H. Análisis de pureza

Determinar la presencia de impurezas, como pesticidas, metales pesados y microorganismos, mediante técnicas como la cromatografía de gases (GC) o la espectroscopía de masas (MS), se busca detectar la presencia de impurezas en la algarroba, como:

- Contaminantes químicos: pesticidas, herbicidas, metales pesados, etc.
- Contaminantes biológicos: bacterias, hongos, insectos, etc.
- Contaminantes físicos: cuerpos extraños, como piedras, metal, vidrio, etc.

Para realizar este análisis, se pueden utilizar diferentes técnicas, como:

- **Cromatografía de gases (GC):** separa e identifica los contaminantes químicos.
- **Espectroscopía de masas (MS):** identifica los contaminantes químicos.
- **Análisis de iones por cromatografía (IC):** detecta los contaminantes químicos.
- **Pruebas microbiológicas:** detecta la presencia de bacterias, hongos, etc.
- **Análisis de metales pesados:** detecta la presencia de metales pesados.
- **Inspección visual:** detecta la presencia de cuerpos extraños.

Es importante realizar este análisis para asegurarse de que la algarroba sea segura para el consumo humano y cumpla con los estándares de calidad y pureza requeridos.

En el Análisis de pureza, el mejor método es la Cromatografía de Líquidos de Alta Eficiencia (HPLC) por las siguientes razones:

- **Sensibilidad:** La HPLC es una técnica muy sensible para detectar impurezas en la algarroba.

- Especificidad: La HPLC puede separar e identificar específicamente las impurezas presentes en la algarroba.
- Precisión: La HPLC es una técnica precisa para cuantificar las impurezas presentes en la algarroba.
- Capacidad para detectar múltiples impurezas: La HPLC puede detectar múltiples impurezas en una sola prueba.
- Reconocimiento: La HPLC es una técnica reconocida y aceptada por organismos reguladores internacionales.
- Versatilidad: La HPLC puede ser utilizada para analizar una amplia variedad de impurezas, incluyendo contaminantes químicos y biológicos.
- Facilidad de uso: La HPLC es una técnica relativamente sencilla de realizar y no requiere equipo especializado.
- Costo-efectividad: La HPLC es una técnica económica y accesible en comparación con otras técnicas de análisis de pureza.

La HPLC es el mejor método para el análisis de pureza de la algarroba debido a su sensibilidad, especificidad, precisión, capacidad para detectar múltiples impurezas, reconocimiento, versatilidad, facilidad de uso y costo-efectividad. (Pawliszyn et al., 2020)

2.2.4.2 Lavado de Algarroba Técnicas Utilizadas.

a. Lavado con agua a alta presión: Utiliza chorros de agua a alta presión para eliminar impurezas y contaminantes de la superficie de la algarroba.

Ventajas: Eficiente para eliminar impurezas, no requiere productos químicos.

Desventajas: Puede dañar la superficie de la algarroba si la presión es demasiado alta.

(Gómez-López et al., 2017)

b. Lavado con soluciones químicas: Utiliza soluciones químicas específicas para eliminar contaminantes y mejorar la calidad de la algarroba.

Ventajas: Eficiente para eliminar contaminantes, puede mejorar la calidad de la algarroba.

Desventajas: Puede dejar residuos químicos en la algarroba. (Sapers et al. , 2018)

c. Lavado con ultrasonido: Utiliza ondas ultrasónicas para eliminar impurezas y contaminantes de la superficie de la algarroba.

Ventajas: No requiere productos químicos, no daña la superficie de la algarroba.

Desventajas: Puede ser menos eficiente que otros métodos. (Zheng et al., 2019)

d. Lavado con ozono: Utiliza ozono para eliminar bacterias, virus y otros microorganismos que puedan estar presentes en la algarroba. (Palou et al., 2017)

Ventajas: Eficiente para eliminar microorganismos, no deja residuos químicos.

-Desventajas: Puede ser costoso.

e. Lavado con dióxido de cloro: Utiliza dióxido de cloro para eliminar bacterias, virus y otros microorganismos que puedan estar presentes en la algarroba.

Ventajas: Eficiente para eliminar microorganismos, no deja residuos químicos.

Desventajas: Puede ser tóxico si no se maneja adecuadamente. (Gómez-López et al. , 2018)

f. Lavado con agua caliente: Utiliza agua caliente para eliminar impurezas y contaminantes de la superficie de la algarroba.

Ventajas: Eficiente para eliminar impurezas, no requiere productos químicos.

Desventajas: Puede dañar la superficie de la algarroba si el agua es demasiado caliente.

(Huang et al. , 2020)

g. Lavado con vapor: Utiliza vapor de agua para eliminar impurezas y contaminantes de la superficie de la algarroba.

Ventajas: No requiere productos químicos, no daña la superficie de la algarroba.

Desventajas: Puede ser menos eficiente que otros métodos. (Zhao et al. , 2019)

h. Lavado con técnicas de separación: Utiliza técnicas de separación como la flotación, la sedimentación y la filtración para eliminar impurezas y contaminantes de la algarroba. (Chen et al. , 2020)

Ventajas: Eficiente para eliminar impurezas, no requiere productos químicos.

Desventajas: Puede ser costoso.

Es importante mencionar que la elección de la técnica de lavado dependerá de la calidad y tipo de algarroba, así como de los requisitos de seguridad y calidad del producto final.

2.2.4.3 Trozado de la Algarroba Técnicas Empleadas.

A. Troceado mecánico

Utiliza máquinas diseñadas específicamente para trocear algarroba, como troceadoras o picadoras. (Kumar et al. , 2018)

- Ventajas: Eficiente, rápido y económico.

- Desventajas: Puede producir partículas irregulares.

Troceado hidráulico: Utiliza un chorro de agua a alta presión para trocear la algarroba. (Li et al. , 2020)

- Ventajas: No produce partículas irregulares, limpia la superficie de la algarroba.
- Desventajas: Requiere equipo especializado.

B. Troceado neumático: Utiliza un chorro de aire comprimido para trocear la algarroba.

- Ventajas: Rápido, económico y no produce partículas irregulares.
- Desventajas: Requiere equipo especializado.

(Wang et al. , 2019)

C. Troceado con láser: Utiliza un láser para cortar la algarroba en trozos precisos.

- Ventajas: Preciso, rápido y no produce partículas irregulares.
- Desventajas: Costoso.

(Chen et al. , 2019)

D. Troceado con ultrasonido: Utiliza ondas ultrasónicas para trocear la algarroba.

- Ventajas: No produce partículas irregulares, limpia la superficie de la algarroba.
- Desventajas: Requiere equipo especializado.

(Zheng et al. , 2020)

E. Troceado con vibraciones: Utiliza vibraciones mecánicas para trocear la algarroba.

- Ventajas: Rápido, económico y no produce partículas irregulares.
- Desventajas: Requiere equipo especializado.

(Huang et al. , 2019)

F. Troceado enzimático: Utiliza enzimas para debilitar la estructura de la algarroba y luego trocearla.

- Ventajas: No produce partículas irregulares, limpia la superficie de la algarroba.
- Desventajas: Requiere tiempo y equipo especializado.

(Gupta et al. , 2018)

G. Troceado térmico: Utiliza cambios de temperatura para debilitar la estructura de la algarroba y luego trocearla.

- Ventajas: Rápido, económico y no produce partículas irregulares.
- Desventajas: Requiere equipo especializado.

(Singh et al. , 2020)

Es importante mencionar que la elección de la técnica de troceado dependerá de la calidad y tipo de algarroba, así como de los requisitos de seguridad y calidad del producto final.

2.2.4.4 Extracción de Jugo de Algarroba Métodos.

A. Método de extracción con agua: Se utiliza agua caliente o fría para extraer los azúcares de la algarroba.

- Ventajas: Simple y económico.
- Desventajas: Puede requerir largos tiempos de extracción.

B. Método de extracción con solventes: Se utilizan solventes como etanol, metanol o acetona para extraer los azúcares de la algarroba.

- Ventajas: Más eficiente que el método de extracción con agua.

- Desventajas: Puede requerir la eliminación de residuos de solventes.

(Li et al. , 2020)

C. Método de extracción por ultrasonido: Se utiliza ultrasonido para mejorar la extracción de azúcares de la algarroba.

- Ventajas: Rápido y eficiente.

- Desventajas: Puede requerir equipo especializado.

(Zheng et al. , 2020)

D. Método de extracción por microondas: Se utiliza energía de microondas para mejorar la extracción de azúcares de la algarroba.

- Ventajas: Rápido y eficiente.

- Desventajas: Puede requerir equipo especializado.

(Chen et al., 2019)

E. Método de extracción enzimática: Se utilizan enzimas para hidrolizar los carbohidratos complejos en la algarroba y liberar los azúcares.

- Ventajas: Específico y eficiente.

- Desventajas: Puede requerir la adición de enzimas.

(Gupta et al., 2018)

F. Método de extracción por presión: Se utiliza presión alta para extraer los azúcares de la algarroba.

- Ventajas: Rápido y eficiente.

- Desventajas: Puede requerir equipo especializado.

(Singh et al. , 2020)

G. Método de extracción por osmosis inversa: Se utiliza osmosis inversa para extraer los azúcares de la algarroba.

- Ventajas: Eficiente y rápido.

- Desventajas: Puede requerir equipo especializado.

(Huang et al. , 2019)

- **Procesos físicos**

Presión: La aplicación de presión aumenta la velocidad de extracción del jugo de algarroba.

Temperatura: La temperatura óptima para la extracción del jugo de algarroba es entre 20-40°C.

Viscosidad: La viscosidad del jugo de algarroba afecta la velocidad de extracción.

- **Parámetros de extracción**

Relación pulpa/jugo: La proporción de pulpa y jugo afecta la eficiencia de la extracción.

Tiempo de extracción: El tiempo de extracción afecta la calidad y cantidad del jugo extraído.

Presión de extracción: La presión aplicada afecta la velocidad y eficiencia de la extracción.

En esta etapa es importante la relacion agua/solido que se utiliza para la extracción, a continuacion se detalla los metodos utilizados en la industria alimentaria:

a. Método de la relación agua/sólidos

La relación agua/sólidos es una medida comúnmente utilizada en la industria alimentaria para determinar la cantidad de agua necesaria para reconstituir un producto.

Generalmente, se recomienda una relación agua/sólidos de 1:1 a 1,5:1 para la algarroba.

Por ejemplo:

- 1 kg de algarroba seco requiere 1-1,5 litros de agua

b. Método de la humedad deseada

Se puede calcular la cantidad de agua necesaria para alcanzar una humedad deseada en el producto final.

Por ejemplo:

- Si se desea una humedad del 20% en el producto final, se puede calcular la cantidad de agua necesaria utilizando la siguiente fórmula:

Agua necesaria (kg) = (Peso de algarroba seco (kg) x (Humedad deseada (%) / 100)) / (1 - (Humedad deseada (%) / 100))

c. Método de la conductividad térmica

La conductividad térmica es una medida de la capacidad de un material para transferir calor.

Se puede utilizar un calorímetro para medir la conductividad térmica de la algarroba y determinar la cantidad de agua necesaria para alcanzar una conductividad térmica óptima.

d. Método de la análisis de curvas de evaporación

Se puede realizar un análisis de curvas de evaporación para determinar la cantidad de agua necesaria para alcanzar una velocidad de evaporación óptima.

e. Método de la experiencia y la práctica

La experiencia y la práctica en la industria pueden proporcionar una guía valiosa para determinar la cantidad de agua necesaria.

Ejemplo de cálculo

Supongamos que se desea producir un producto de algarroba con una humedad del 20% y se utiliza el método de la humedad deseada.

Peso de algarroba seco: 100 kg

Humedad deseada: 20%

Agua necesaria (kg) = $(100 \text{ kg} \times (20\% / 100)) / (1 - (20\% / 100))$

Agua necesaria (kg) $\approx 25 \text{ kg}$

Por lo tanto, se necesitarían aproximadamente 25 kg de agua por 100 kg de algarroba seco.

2.2.4.5 Concentración de Jugo de Algarroba Métodos.

Evaporación por calor: Se utiliza calor para evaporar el agua y concentrar el jugo de algarroba.

Ultrafiltración: Se utiliza una membrana semipermeable para separar los sólidos de los líquidos y concentrar el jugo de algarroba.

Osmosis inversa: Se utiliza una membrana semipermeable y presión para separar los sólidos de los líquidos y concentrar el jugo de algarroba.

Concentración por vacío: Se utiliza vacío para reducir la presión y temperatura de ebullición, concentrando el jugo de algarroba.

Concentración por congelación: Se utiliza congelación para separar los sólidos de los líquidos y concentrar el jugo de algarroba.

Microfiltración: Se utiliza una membrana semipermeable para separar los sólidos de los líquidos y concentrar el jugo de algarroba.

Nanofiltración: Se utiliza una membrana semipermeable para separar los sólidos de los líquidos y concentrar el jugo de algarroba.

Es importante mencionar que la elección del método de concentración dependerá de la calidad y tipo de jugo de algarroba, así como de los requisitos de seguridad y calidad del producto final.

Parámetros a considerar:

- Temperatura: La temperatura de concentración puede afectar la calidad del producto.
- Presión: La presión de concentración puede afectar la eficiencia del proceso.
- Tiempo de concentración: El tiempo de concentración puede afectar la calidad del producto.
- Tipo de membrana: El tipo de membrana utilizada puede afectar la eficiencia del proceso.

- Flujo de alimentación: El flujo de alimentación puede afectar la eficiencia del proceso.
- Concentración deseada: La concentración deseada puede afectar la elección del método de concentración.

Equipos necesarios:

- Evaporador: Equipo utilizado para la evaporación.
- Ultrafiltrador: Equipo utilizado para la ultrafiltración.
- Osmosis inversa: Equipo utilizado para la osmosis inversa.
- Concentrador por vacío: Equipo utilizado para la concentración por vacío.
- Congelador: Equipo utilizado para la congelación.
- Microfiltrador: Equipo utilizado para la microfiltración.
- Nanofiltrador: Equipo utilizado para la nanofiltración.

Ventajas y desventajas:

- Evaporación: Fácil de implementar, pero puede afectar la calidad del producto.
- Ultrafiltración: Alta eficiencia, pero requiere membranas costosas.
- Osmosis inversa: Alta eficiencia, pero requiere presión alta.
- Concentración por vacío: Alta eficiencia, pero requiere equipo especializado.
- Concentración por congelación: Alta eficiencia, pero requiere equipo especializado.
- Microfiltración: Alta eficiencia, pero requiere membranas costosas.
- Nanofiltración: Alta eficiencia, pero requiere membranas costosas.

2.2.4.6 Envasado de Algarrobina técnicas, equipos, material y Normas empelada.

2.2.4.6.1 Técnicas de Envasado:

A. Técnicas de envasado líquido:

- a. **Envasado a vacío:** Se elimina el aire del envase para evitar la oxidación y prolongar la vida útil.
- b. **Envasado modificando la atmósfera:** Se reemplaza el aire por un gas inerte (N₂, CO₂) para evitar la oxidación.
- c. **Envasado con gas inerte:** Se utiliza un gas inerte (N₂, CO₂) para evitar la oxidación y prolongar la vida útil.
- d. **Envasado con tapa de rosca:** Se utiliza una tapa de rosca para asegurar la estanqueidad.
- e. **Envasado con tapa de sellado:** Se utiliza una tapa de sellado para asegurar la estanqueidad.

B. Técnicas de envasado en polvo

- a. Envasado en bolsas: Se utiliza una bolsa de plástico para contener el polvo.
- b. Envasado en tarros: Se utiliza un tarro de plástico para contener el polvo.
- c. Envasado en envases de cartón: Se utiliza un envase de cartón para contener el polvo.
- d. Envasado con tapa de sellado: Se utiliza una tapa de sellado para asegurar la estanqueidad.
- e. Envasado con cinta adhesiva: Se utiliza cinta adhesiva para asegurar la estanqueidad.

C. Técnicas de envasado especializado

- a. Envasado aséptico: Se utiliza un proceso aséptico para evitar la contaminación.
- b. Envasado estéril: Se utiliza un proceso estéril para evitar la contaminación.
- c. Envasado con nitrógeno: Se utiliza nitrógeno para evitar la oxidación.

- d. Envasado con CO₂: Se utiliza CO₂ para evitar la oxidación.

2.2.4.6.2 *Equipos Empleados*

A. Tipos de equipos:

- a. **Envasadoras automáticas:** Se utilizan para envasar grandes cantidades de algarrobina líquida o en polvo.
- b. **Envasadoras semiautomáticas:** Se utilizan para envasar cantidades moderadas de algarrobina líquida o en polvo.
- c. **Envasadoras manuales:** Se utilizan para envasar pequeñas cantidades de algarrobina líquida o en polvo.
- d. **Envasadoras de llenado por gravedad:** Se utilizan para envasar líquidos.
- e. **Envasadoras de llenado por presión:** Se utilizan para envasar líquidos.
- f. **Envasadoras de llenado por vacío:** Se utilizan para envasar líquidos.

B. Características de los equipos de envasado

- a. Capacidad de producción: La cantidad de algarrobina que puede envasar el equipo por hora.
- b. Tipo de envase: El tipo de envase que puede manejar el equipo.
- c. Material del equipo: El material con el que está construido el equipo.
- d. Sistema de llenado: El sistema utilizado para llenar los envases.
- e. Sistema de cierre: El sistema utilizado para cerrar los envases.

C. Ventajas y desventajas de los equipos de envasado:

a. Ventajas:

- Mayor eficiencia.
- Mayor productividad.
- Mejor calidad del producto.
- Menor costo laboral.

b. Desventajas:

- Mayor inversión inicial.
- Mayor mantenimiento.
- Mayor espacio requerido.

D. Normas y regulaciones para los equipos de envasado:

- Normas de seguridad: OSHA, CE, etc.
- Normas de calidad: ISO, HACCP, etc.
- Regulaciones de etiquetado: FDA, EU, etc.

Es importante mencionar que la elección del equipo de envasado dependerá de la calidad y tipo de algarrobina, así como de los requisitos de seguridad y calidad del producto final.

2.2.4.6.3 Tipo de Materiales y Envases Utilizados

La algarrobina industrialmente se envasa en diferentes tipos de recipientes y materiales, dependiendo del destino final del producto y las condiciones de almacenamiento y transporte. A continuación, se presentan algunos de los tipos de envasado más comunes:

A. Envases para algarrobina líquida:

- a. Botellas de vidrio (250ml, 500ml, 1L)
- b. Botellas de plástico (PET, HDPE, PVC) (250ml, 500ml, 1L)

- c. Envases de cartón (250ml, 500ml, 1L)
- d. Bolsas de plástico (250ml, 500ml, 1L)
- e. Envases de acero inoxidable (250ml, 500ml, 1L)

B. Envases para algarrobina en polvo:

- a. Bolsas de plástico (250g, 500g, 1kg)
- b. Envases de cartón (250g, 500g, 1kg)
- c. Tarros de plástico (250g, 500g, 1kg)
- d. Envases de papel (250g, 500g, 1kg)
- e. Envases de aluminio (250g, 500g, 1kg)

C. Material del envase:

- a. Vidrio
- b. Plástico (PET, HDPE, PVC)
- c. Cartón
- d. Papel
- e. Acero inoxidable
- f. Aluminio

D. Características de los envases:

- a. Resistencia a la humedad
- b. Resistencia a la luz
- c. Resistencia a la temperatura
- d. Impermeabilidad

- e. Estanqueidad

E. Certificaciones y normas

- a. ISO 9001
- b. HACCP
- c. FDA
- d. CE
- e. OSHA

Es importante mencionar que la elección del tipo de envase dependerá de la calidad y tipo de algarrobina, así como de los requisitos de seguridad y calidad del producto final.

2.2.5 La Evaporación como Factor determinante en el Producto Final.

En la elaboración de algarrobina artesanal, la evaporación es un paso importante para concentrar el líquido y obtener la consistencia deseada, por ende, influyen muchos factores, así como algunas leyes físicas.

2.2.5.1 Factores que influyen en la Evaporación

Es importante tener en cuenta que la altitud es solo uno de los factores que pueden influir en la evaporación. Otros factores, como la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del aire y la superficie de evaporación, también pueden afectar la evaporación durante la elaboración de algarrobina artesanal. En general, la evaporación puede ser más rápida a altitudes más elevadas debido a la disminución de la presión atmosférica y la humedad relativa. Sin embargo, la temperatura y la velocidad del aire también pueden influir en la evaporación.

A. La altitud: La altitud puede influir en la evaporación durante la elaboración de algarrobina artesanal de varias maneras:

- Efectos de la altitud en la evaporación de la algarrobina:
- Mayor tiempo de evaporación: La disminución de la presión atmosférica y la temperatura puede requerir más tiempo para evaporar la algarrobina.
- Menor calidad del producto: La evaporación lenta puede afectar la calidad del producto final, ya que puede provocar la formación de cristales o la pérdida de nutrientes.
- Ajustes en la receta: Es posible que sea necesario ajustar la receta para compensar los cambios en la evaporación debido a la altitud.

Altitudes y sus efectos en la evaporación

- Nivel del mar: No hay efectos significativos en la evaporación.
- 500-1000 metros: La evaporación se ralentiza ligeramente.
- 1000-2000 metros: La evaporación se ralentiza moderadamente.
- 2000-3000 metros: La evaporación se ralentiza significativamente.
-

B. Temperatura

La temperatura es un factor clave en la evaporación. Una temperatura más alta aumenta la velocidad de evaporación, y es un factor crucial en la evaporación de la algarrobina artesanal, también influye en la calidad del producto final y la eficiencia del proceso.

Efectos de la temperatura en la evaporación de la algarrobina:

- Velocidad de evaporación: La temperatura aumenta la velocidad de evaporación, ya que la energía térmica aumenta la movilidad de las moléculas de agua.
- Calidad del producto: La temperatura puede afectar la calidad del producto final, ya que una temperatura demasiado alta puede provocar la caramelización o la degradación de los nutrientes.
- Eficiencia del proceso: La temperatura óptima puede mejorar la eficiencia del proceso de evaporación, reduciendo el tiempo y el consumo de energía.

Temperaturas óptimas para la evaporación de la algarrobina:

- Temperatura inicial: 60-70°C (140-158°F)
- Temperatura de evaporación: 70-80°C (158-176°F)
- Temperatura final: 80-90°C (176-194°F)

Factores que influyen en la temperatura óptima

- Tipo de algarrobina: La temperatura óptima puede variar dependiendo del tipo de algarrobina utilizada.
- Humedad: La humedad relativa puede afectar la temperatura óptima.
- Equipo: El equipo utilizado para la evaporación puede influir en la temperatura óptima.

Consejos para la evaporación de algarrobina a diferentes temperaturas

- Monitorear la temperatura: Monitorear la temperatura durante el proceso de evaporación.
- Ajustar la temperatura: Ajustar la temperatura según sea necesario para mantener la velocidad de evaporación óptima.

- Utilizar termómetros: Utilizar termómetros precisos para medir la temperatura.

C. Humedad relativa: La humedad relativa del aire afecta la velocidad de evaporación. Una humedad relativa baja facilita la evaporación.

Efectos de la humedad relativa en la evaporación de la algarrobina:

- Velocidad de evaporación: La humedad relativa baja aumenta la velocidad de evaporación, ya que hay menos moléculas de agua en el aire que pueden obstaculizar la evaporación.
- Calidad del producto: La humedad relativa alta puede afectar la calidad del producto final, ya que puede provocar la formación de cristales o la pérdida de nutrientes.
- Eficiencia del proceso: La humedad relativa óptima puede mejorar la eficiencia del proceso de evaporación, reduciendo el tiempo y el consumo de energía.

Humedad relativa óptima para la evaporación de la algarrobina

- Humedad relativa baja: 40-50%
- Humedad relativa moderada: 50-60%
- Humedad relativa alta: 60-70%

Factores que influyen en la humedad relativa óptima

- Tipo de algarrobina: La humedad relativa óptima puede variar dependiendo del tipo de algarrobina utilizada.
- Temperatura: La temperatura puede influir en la humedad relativa óptima.
- Equipo: El equipo utilizado para la evaporación puede influir en la humedad relativa óptima.

Consejos para la evaporación de algarrobina en diferentes condiciones de humedad

- **Monitorear la humedad:** Monitorear la humedad relativa durante el proceso de evaporación.
- **Ajustar la temperatura:** Ajustar la temperatura según sea necesario para mantener la velocidad de evaporación óptima.
- **Utilizar deshumidificadores:** Utilizar deshumidificadores para controlar la humedad relativa.

D. Velocidad del aire: La velocidad del aire puede acelerar o ralentizar la evaporación. Una velocidad del aire más alta puede acelerar la evaporación.

Efectos de la velocidad del aire en la evaporación de la algarroba

- **Aumento de la velocidad de evaporación:** La velocidad del aire aumenta la velocidad de evaporación de la algarroba, ya que la velocidad del aire facilita la eliminación de la humedad del entorno.
- **Reducción del tiempo de evaporación:** La velocidad del aire reduce el tiempo de evaporación, ya que la velocidad del aire aumenta la tasa de transferencia de calor y masa.
- **Mejora de la calidad del producto:** La velocidad del aire puede mejorar la calidad del producto final, ya que la velocidad del aire ayuda a prevenir la formación de cristales y la pérdida de nutrientes.

Velocidades del aire óptimas para la evaporación de la algarroba

- **Velocidad baja:** 0,5-1,5 m/s (1,1-3,6 mph)
- **Velocidad moderada:** 1,5-3,5 m/s (3,6-7,8 mph)

- Velocidad alta: 3,5-5,5 m/s (7,8-12,4 mph)

E. Superficie de evaporación: La superficie de evaporación es importante. Una superficie más grande permite una evaporación más rápida.

Efectos de la superficie de evaporación en la evaporación de la algarroba

- Aumento de la velocidad de evaporación: Una mayor superficie de evaporación aumenta la velocidad de evaporación, ya que hay más área disponible para la transferencia de calor y masa.
- Reducción del tiempo de evaporación: Una mayor superficie de evaporación reduce el tiempo de evaporación, ya que la velocidad de evaporación aumenta.
- Mejora de la calidad del producto: Una mayor superficie de evaporación puede mejorar la calidad del producto final, ya que la velocidad de evaporación más rápida ayuda a prevenir la formación de cristales y la pérdida de nutrientes.

Tipos de superficies de evaporación

- Superficie plana: La superficie plana es la más común y se utiliza en la mayoría de los procesos de evaporación.
- Superficie inclinada: La superficie inclinada puede aumentar la velocidad de evaporación, ya que la gravedad ayuda a eliminar la humedad.
- Superficie rugosa: La superficie rugosa puede aumentar la velocidad de evaporación, ya que hay más área disponible para la transferencia de calor y masa.

F. Viscosidad: La viscosidad del líquido afecta la velocidad de evaporación. Un líquido más viscoso evapora más lentamente.

Efectos de la viscosidad en la evaporación de la algarroba

- Reducción de la velocidad de evaporación: La viscosidad alta reduce la velocidad de evaporación, ya que la resistencia al flujo disminuye la transferencia de calor y masa.
- Aumento del tiempo de evaporación: La viscosidad alta aumenta el tiempo de evaporación, ya que la velocidad de evaporación disminuye.
- Cambios en la calidad del producto: La viscosidad puede afectar la calidad del producto final, ya que la velocidad de evaporación más lenta puede provocar la formación de cristales o la pérdida de nutrientes.

Tipos de viscosidad

- Viscosidad dinámica: La viscosidad dinámica es la medida de la resistencia de un fluido a fluir bajo condiciones de flujo.
- Viscosidad cinemática: La viscosidad cinemática es la medida de la resistencia de un fluido a fluir en relación con su densidad.

Valores de viscosidad para la algarroba

- Viscosidad baja: 100-500 mPa·s (centipoise)
- Viscosidad moderada: 500-2000 mPa·s
- Viscosidad alta: 2000-5000 mPa·s

G. Concentración de solutos: La concentración de solutos en el líquido puede afectar la velocidad de evaporación.

Efectos de la concentración de solutos en la evaporación de la algarrobina

- Reducción de la velocidad de evaporación: La concentración alta de solutos reduce la velocidad de evaporación, ya que la presencia de solutos disminuye la transferencia de calor y masa.
- Aumento del tiempo de evaporación: La concentración alta de solutos aumenta el tiempo de evaporación, ya que la velocidad de evaporación disminuye.
- Cambios en la calidad del producto: La concentración de solutos puede afectar la calidad del producto final, ya que la velocidad de evaporación más lenta puede provocar la formación de cristales o la pérdida de nutrientes.

Tipos de solutos que influyen en la evaporación

- Azúcares: Los azúcares, como la sacarosa y la glucosa, pueden influir en la evaporación.
- Proteínas: Las proteínas, como las albuminas y las globulinas, pueden influir en la evaporación.
- Minerales: Los minerales, como el calcio y el potasio, pueden influir en la evaporación.

Concentración de solutos óptima para la evaporación

- Concentración baja: 10-20% de solutos
- Concentración moderada: 20-30% de solutos
- Concentración alta: 30-40% de solutos

H. Presencia de impurezas: La presencia de impurezas en el líquido puede afectar la velocidad de evaporación.

Efectos de las impurezas en la evaporación de la algarrobina

Tipos de impurezas que influyen en la evaporación

- **Partículas suspendidas:** Partículas suspendidas, como polvo o sedimentos, pueden influir en la evaporación.
- **Sustancias químicas:** Sustancias químicas, como pesticidas o metales pesados, pueden influir en la evaporación.
- **Microorganismos:** Microorganismos, como bacterias o levaduras, pueden influir en la evaporación.

Niveles de impurezas permitidos

- **Nivel bajo:** $< 0,1\%$ de impurezas
- **Nivel moderado:** $0,1-1\%$ de impurezas
- **Nivel alto:** $> 1\%$ de impurezas

Factores que influyen en la presencia de impurezas

- **Origen de la algarrobina:** La presencia de impurezas puede variar dependiendo del origen de la algarrobina.
- **Proceso de producción:** El proceso de producción puede influir en la presencia de impurezas.
- **Almacenamiento y transporte:** El almacenamiento y transporte pueden influir en la presencia de impurezas.

Consejos para minimizar la presencia de impurezas

- Utilizar técnicas de limpieza: Utilizar técnicas de limpieza, como filtración o centrifugación, para eliminar impurezas.
- Controlar el proceso de producción: Controlar el proceso de producción para minimizar la presencia de impurezas.
- Realizar análisis de calidad: Realizar análisis de calidad para detectar la presencia de impurezas.

I. Tipo de equipo: El tipo de equipo utilizado para la evaporación puede afectar la velocidad y eficiencia del proceso.

Sí, el tipo de equipo utilizado puede influir significativamente en la evaporación de la algarrobina.

Tipos de equipos de evaporación

- Evaporadores a vacío: Evaporadores que funcionan bajo vacío para reducir la temperatura de evaporación.
- Evaporadores por calor: Evaporadores que utilizan calor directo para evaporar la algarrobina.
- Evaporadores por centrifugación: Evaporadores que utilizan la fuerza centrífuga para separar la algarrobina del agua.
- Evaporadores por destilación: Evaporadores que utilizan la destilación para separar la algarrobina del agua.

Características del equipo que influyen en la evaporación

- Capacidad: La capacidad del equipo puede influir en la velocidad de evaporación.
- Material: El material del equipo puede influir en la transferencia de calor y masa.
- Diseño: El diseño del equipo puede influir en la eficiencia de la evaporación.
- Control de temperatura: El control de temperatura puede influir en la velocidad de evaporación.

Ventajas y desventajas de cada tipo de equipo

- Evaporadores a vacío: Ventajas: reducen la temperatura de evaporación, desventajas: requieren equipo especializado.
- Evaporadores por calor: Ventajas: fáciles de operar, desventajas: pueden dañar la algarrobina.
- Evaporadores por centrifugación: Ventajas: rápidos y eficientes, desventajas: requieren mantenimiento regular.
- Evaporadores por destilación: Ventajas: producen productos de alta calidad, desventajas: requieren equipo especializado.

Consejos para seleccionar el equipo adecuado

- Análisis de necesidades: Analice las necesidades de producción y calidad.
- Investigación de mercado: Investigue los diferentes tipos de equipos disponibles.
- Consultoría con expertos: Consulte con expertos en evaporación y procesamiento de alimentos.
- Pruebas y evaluación: Realice pruebas y evalúe el desempeño del equipo.

J. Técnicas de agitación: La agitación del líquido puede afectar la velocidad de evaporación.

Técnicas de agitación

- Agitación mecánica: Utiliza un agitador mecánico para mezclar y homogeneizar la algarrobina.
- Agitación neumática: Utiliza aire comprimido para agitar la algarrobina.
- Agitación hidráulica: Utiliza un flujo de líquido para agitar la algarrobina.
- Agitación ultrasónica: Utiliza ondas ultrasónicas para agitar la algarrobina.

Efectos de la agitación en la evaporación:

- Aumento de la velocidad de evaporación: La agitación puede aumentar la velocidad de evaporación al aumentar la superficie de contacto entre la algarrobina y el aire.
- Mejora de la homogeneidad: La agitación puede mejorar la homogeneidad de la algarrobina, lo que puede reducir la formación de cristales.
- Reducción de la viscosidad: La agitación puede reducir la viscosidad de la algarrobina, lo que puede facilitar la evaporación.

Parámetros que influyen en la agitación:

- Velocidad de agitación: La velocidad de agitación puede influir en la eficiencia de la evaporación.
- Tipo de agitador: El tipo de agitador puede influir en la eficiencia de la evaporación.
- Tiempo de agitación: El tiempo de agitación puede influir en la eficiencia de la evaporación.

Ventajas y desventajas de cada técnica de agitación

- Agitación mecánica: Ventajas: fácil de implementar, desventajas: puede dañar la algarrobina.
- Agitación neumática: Ventajas: no daña la algarrobina, desventajas: requiere equipo especializado.
- Agitación hidráulica: Ventajas: eficiente, desventajas: requiere gran cantidad de agua.
- Agitación ultrasónica: Ventajas: no daña la algarrobina, desventajas: requiere equipo especializado.

Consejos para seleccionar la técnica de agitación adecuada:

- Análisis de necesidades: Analice las necesidades de producción y calidad.
- Investigación de mercado: Investigue las diferentes técnicas de agitación disponibles.
- Consultoría con expertos: Consulte con expertos en evaporación y procesamiento de alimentos.
- Pruebas y evaluación: Realice pruebas y evalúe el desempeño de la técnica de agitación.

K. Tiempo de evaporación: El tiempo de evaporación es crucial. Un tiempo de evaporación más largo puede resultar en una mayor concentración del líquido.

Efectos del tiempo de evaporación en la algarrobina

- Velocidad de evaporación: El tiempo de evaporación puede influir en la velocidad de evaporación, ya que una mayor duración puede permitir una mayor eliminación de agua.
- Calidad del producto: El tiempo de evaporación puede afectar la calidad del producto final, ya que una duración excesiva puede provocar la degradación de nutrientes o la formación de compuestos indeseados.
- Eficiencia energética: El tiempo de evaporación puede influir en la eficiencia energética del proceso, ya que una mayor duración puede requerir más energía.

Factores que influyen en el tiempo de evaporación:

- Temperatura: La temperatura puede influir en el tiempo de evaporación, ya que una mayor temperatura puede acelerar la evaporación.
- Humedad: La humedad puede influir en el tiempo de evaporación, ya que una mayor humedad puede reducir la velocidad de evaporación.
- Tipo de algarrobina: El tipo de algarrobina puede influir en el tiempo de evaporación, ya que algunas variedades pueden requerir más tiempo para evaporar.

Tiempo de evaporación óptimo para la algarrobina

- Tiempo corto: 30 minutos a 1 hora
- Tiempo moderado: 1-2 horas
- Tiempo largo: 2-4 horas

Consejos para optimizar el tiempo de evaporación

- Monitorear la temperatura y humedad: Monitorear la temperatura y humedad durante el proceso de evaporación.
- Ajustar el tiempo de evaporación: Ajustar el tiempo de evaporación según sea necesario para mantener la calidad del producto.
- Utilizar técnicas de evaporación avanzadas: Utilizar técnicas de evaporación avanzadas, como la evaporación por vacío o la evaporación por centrifugación.

Es importante tener en cuenta que la combinación de estos factores puede tener un efecto sinérgico en la evaporación durante la elaboración de algarrobina artesanal.

2.2.5.2 Leyes Físicas que se Aplican en la Evaporación de Algarrobina.

La evaporación de la algarrobina es un proceso que implica la transformación de la algarrobina líquida en vapor. A continuación, se presentan algunas leyes físicas que se aplican en la evaporación de la algarrobina:

A. Leyes termodinámicas

Ley de conservación de la energía: La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, La primera ley de la termodinámica establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. En la evaporación de algarrobina, la energía se transfiere del líquido a la atmósfera en forma de calor.

Ley de aumento de la entropía: La entropía (desorden molecular) aumenta durante la evaporación, La segunda ley de la termodinámica establece que la entropía de un sistema aislado siempre aumenta. En la evaporación de algarrobina, la entropía aumenta ya que las moléculas de agua se separan y se dispersan en la atmósfera.

Ley de equilibrio térmico: La temperatura de la algarrobina se iguala a la temperatura del entorno, El equilibrio termodinámico se alcanza cuando la temperatura y la presión de vapor del líquido y la atmósfera son iguales. En la evaporación de algarrobina, el equilibrio termodinámico se alcanza cuando la velocidad de evaporación es igual a la velocidad de condensación.

B. Leyes de transferencia de calor

Ley de Fourier: La velocidad de transferencia de calor es proporcional a la diferencia de temperatura, aquí se describe la transferencia de calor por conducción y establece que la velocidad

de transferencia de calor es directamente proporcional a la diferencia de temperatura y al área de contacto.

Ley de Newton: La velocidad de enfriamiento es proporcional a la diferencia de temperatura, Aquí se describe la transferencia de calor por convección y establece que la velocidad de transferencia de calor es directamente proporcional a la diferencia de temperatura y al coeficiente de convección.

Ley de Stefan-Boltzmann: La ley de Stefan-Boltzmann describe la transferencia de calor por radiación y establece que la velocidad de transferencia de calor es directamente proporcional a la cuarta potencia de la temperatura.

Ley de convectivo-conductiva: La ley de convectivo-conductiva describe la transferencia de calor por combinación de convección y conducción.

Coeficientes de transferencia de calor

Los coeficientes de transferencia de calor que influyen en la evaporación de algarrobina son:

- Coeficiente de conducción (k)
- Coeficiente de convección (h)
- Coeficiente de radiación (ϵ)

C. **Leyes de transferencia de masa**

Ley de Fick: La velocidad de difusión es proporcional a la concentración y la temperatura; describe la transferencia de masa por difusión y establece que la velocidad de transferencia de masa es directamente proporcional a la diferencia de concentración y al coeficiente de difusión.

Ley de Raoult: La presión de vapor es proporcional a la concentración y la temperatura, se establece que la presión de vapor de un líquido disminuye con la adición de solutos. En la

evaporación de algarrobina, la ley de Raoult se aplica a la reducción de la presión de vapor del agua debido a la presencia de solutos.

D. Leyes de cinética

Ley de Arrhenius: La velocidad de reacción es proporcional a la temperatura y la concentración.

Ley de velocidad de evaporación: La velocidad de evaporación es proporcional a la temperatura y la humedad.

Principios físicos

Presión de vapor: La presión de vapor de la algarrobina aumenta con la temperatura.

Punto de ebullición: La temperatura en la que la algarrobina comienza a hervir.

Viscosidad: La viscosidad de la algarrobina disminuye con la temperatura.

Ecuaciones matemáticas

$Q = m * \Delta H$ (ecuación de calor)

$\Delta P = \Delta T * (\Delta H / RT)$ (ecuación de presión de vapor)

$k = Ae^{(-Ea/RT)}$ (ecuación de velocidad de evaporación)

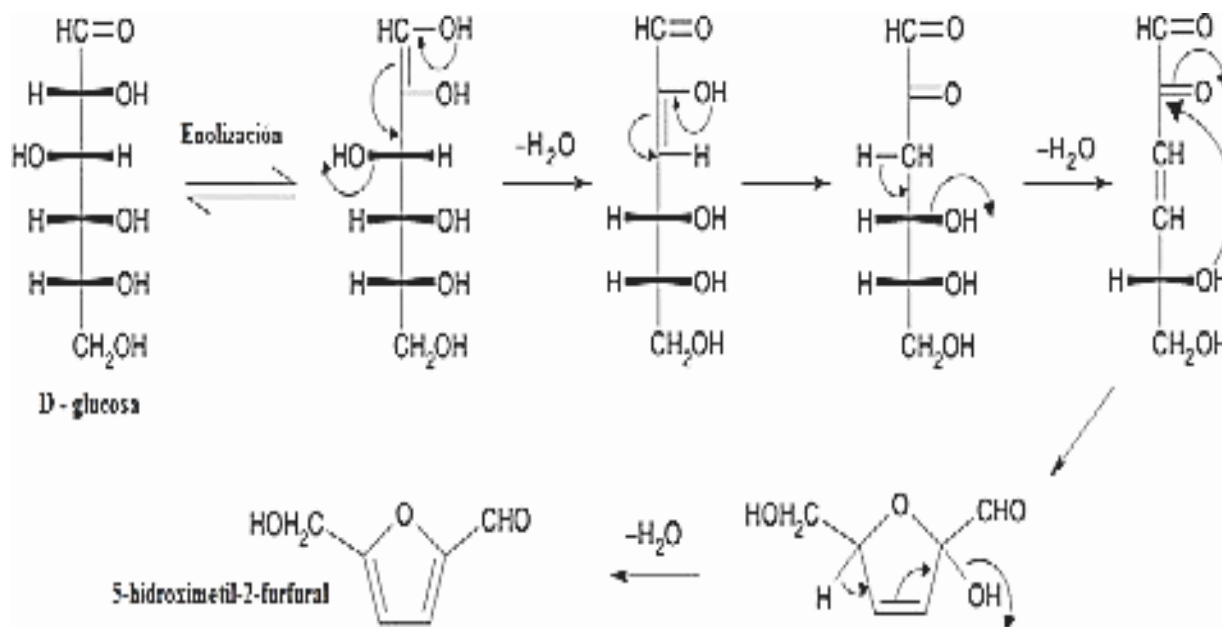
2.2.6 Reacciones en la evaporación por las altas temperaturas que ocurren en el proceso de extracción de los azúcares

En el artículo las reacciones de los azúcares monosacáridos, se ven aceleradas por temperaturas altas, tanto en medio ácido como básico. Para el caso de la caramelización, su máxima velocidad de reacción se da a pH neutro.

En el caso de la evaporación de los jugos o concentrados de fruta, estas reacciones dependen de la cantidad de sólidos solubles (°Brix) contenidos en el producto.

Figura 3

Mecanismo de Reacción del 5-Hidroximetil-2 Furfural a partir de una Aldohexosa(D glucosa)en medio ácido



Nota: (Arias y López , 2019)

Los disacáridos como la sacarosa son degradados químicamente por los álcalis que reaccionan en la conversión de aldosas en cetosas. Ejemplo, un disacárido como la lactosa se convierte en lactulosa por acción combinada con altas temperaturas, siendo convertida la glucosa a fructosa, mostrando una actividad positiva sobre el microbiota intestinal.

El efecto térmico sobre los azúcares está relacionado, muy de cerca, con el contenido de agua en los alimentos, puesto que la formación de sustancias furfúricas es desfavorable cuando la masa

contiene una importante cantidad de agua, en cambio, en condiciones de bajo contenido de humedad (deshidratación) se torna favorable.

Algunos autores sugieren que, la cocción de las materias primas debe empezar a altas temperaturas, entre 85 y 95°C, con la finalidad de favorecer el pardeamiento de algunos productos importantes, luego se debe mantener la temperatura del proceso entre 65 y 75°C. (Arias y López , 2019)

2.2.6.1 Pardeamiento no enzimático . Esta característica se debe a un conjunto de reacciones químicas de mucho interés en el procesamiento y almacenamiento de alimentos. En esta clasificación tenemos:

- La reacción de Maillard.
- La caramelización, conocida como pirólisis de azúcar.
- La descomposición del ácido ascórbico.
- La condensación y oxidación de compuestos fenólicos.

Esta reacción química llamada de pardeamiento es un proceso que acelera la formación de colores entre el rango de amarillo y café oscuro, el cual ocurre en el proceso y almacenamiento de alimentos.

Los mecanismos de reacción de este fenómeno de pardeamiento se clasifican en dos grandes grupos enzimáticos y no enzimáticos.

Estas últimas reacciones no enzimáticas se relacionan, sucesivamente, con reacciones químicas que promueven la producción de compuestos derivados del furfural y complejos poliméricos conocidas como melanoidinas.

El color que adquiere el alimento, en la reacción de pardeamiento enzimático, está relacionado a la presencia de la polifenoloxidasas, mientras que en la reacción no enzimática sobresalen las de oxidación del ácido ascórbico y la caramelización de Maillard.

Tabla 4

Principales Reacciones de Oscurecimiento en Alimentos

Mecanismo	Azúcares reductores	pH óptimo	Grupos amino necesarios	Altas temperaturas	Presencia de oxígeno
Caramelización	SI	Alcalino-ácido	NO	SI	NO
Maillard	SI	Alcalino	SI	NO	NO
Oxidación de ácido ascórbico	NO	Ligeramente ácido	NO	NO	SI
Polifenol oxidasa	NO	Ligeramente ácido	NO	NO	SI

Nota:(Ibarz-Martinez et,al, 2010)

2.2.6.2 Caramelización .

Esta reacción, conocida como pirólisis, sucede cuando se logra y sobrepasa el punto de fusión de un azúcar que puede ser un mono o disacárido.

También puede ocurrir cuando un jarabe de azúcar se calienta en presencia de catalizadores que pueden ser ácidos o básicos, sin contar con grupos amino.

En esta reacción ocurre la formación de compuestos de color pardo acompañado de un aroma a caramelo. Este tono caramelo tiene su origen en un proceso de cocción controlado, donde los carbohidratos se calientan a diferentes temperaturas y presiones, utilizando diferentes reactivos

como ácidos, álcalis, compuesto de sulfito, y de amonio, para ayudar la caramelización y producir un color más intenso.

Este fenómeno se realiza a temperaturas por encima de 120°C y pH menor a 3 o mayor a 9, el cual se acelera con la adición de algunas sales y ácidos carboxílicos.

Este fenómeno ocurre en alimentos que son tratados térmicamente, como derivados de panificación, frituras y dulces lácteos.

La reacción de caramelización produce color y aroma, en función de las necesidades del proceso y las características necesarias en el producto. Cuando un jarabe de glucosa reacciona con ácido sulfúrico, en presencia de amoníaco, produce compuestos polimerizados de color intenso que, en medio ácido, aumentan su solubilidad y estabilidad.

Esta caramelización es usada, a nivel industrial, para fabricar caramelos que serán utilizados como insumos en las industrias de refrescos, bebidas, postres, panificación y confites.

El proceso de caramelización depende del tiempo y la temperatura utilizada, en el caso de la glucosa se obtienen tonos desde amarillo hasta marrón.

El sabor originado produce cambios desde el nivel leve, caramelo y dulce, hasta amargo y quemado. (Ibarz-Martinez et,al, 2010)

En la investigación “modelos de cambios de color durante la reacción de caramelización” la Caramelización de la sacarosa, presenta, esquemáticamente, el mecanismo de reacción en cadena, dando lugar a la formación de los derivados furfurales durante este proceso (fig. n°5) Por encima de 160°C, ocurren reacciones como la deshidratación, hidrolisis y dimerización simultánea de los productos resultantes de la caramelización, como se detalla en el siguiente párrafo:

Al separarse la única molécula de agua, se forma la isosacarosana ($C_{12}H_{20}O_{10}$);

Seguidamente, al extraer 4 moléculas de agua a partir de 2 moléculas del azúcar, se forma la caramelana ($C_{24}H_{36}O_{18}$), que se puede identificar su presencia por trazas de sabor amargo.

Si el calentamiento continúa ocurre la formación del carameleno ($C_{36}H_{50}O_{25}$), que consiste en una sustancia amarga y oscura, cuya fórmula corresponde a una estructura de 3 moléculas de disacárido menos 8 moléculas de agua.

Por último, se produce la humina conocida como caramelina ($C_{125}H_{188}O_{80}$), cuyo sabor es desagradable y no deseable.

2.2.6.3 Reacción de Maillard .

La reacción de Maillard está, directamente, relacionada con la formación de color, aroma y sabor en procesos como:

- La tostación de café y cocoa,
- La concentración de productos lácteos,
- La manufactura de derivados céreos,
- El horneado de productos de panificación,
- Proceso de cocción de carnes.

Sin embargo, cuando no se garantiza un estricto control de las condiciones o parámetros de temperatura, tiempo y pH en la elaboración de alimentos proteicos, que contengan, principalmente, el aminoácido L-asparagina, se puede incentivar la producción de compuestos tóxicos cancerígenos, como la acrilamida.

La acrilamida se forma a temperaturas altas, superior a 120 °C; proceso térmico que, con frecuencia, ocurre en alimentos ricos en carbohidratos, proceso como horneado, asado y fritura.

El mayor peligro sobre la asimilación de acrilamida proviene de los cereales procesados (pan, galletas, o cereales para el desayuno), tubérculos fritos (papa y yuca) y café.

Para prevenir, en los procesos térmicos a altas temperaturas, la formación de este tipo de sustancias cancerígenas, se recomienda utilizar enzimas como glucosa oxidasa o L-asparaginasa, o glicina como competidor para los precursores de la acrilamida. (Quintas et,al, 2007)

Figura 4

Mecanismo de Formación de Derivados Furfurales, a partir de Sacarosa, a través de la Caramelización



Nota: (Quintas et,al, 2007)

Normalmente, las reacciones de Maillard ocurren en presencia de un azúcar reductor como glucosa, lactosa, fructosa o maltosa y acompañado de un grupo amino libre.

2.2.7 Definición y operacionalización de variables

2.2.7.1 Variables

Variable dependiente: Sólidos solubles disueltos y rendimiento

Variable Independiente: Temperatura, tiempo.

Tabla 5

Operacionalización de Variables

Variables	Indicadores
• V. Independiente ○ Temperatura ○ Tiempo	• Grados Celsius • Minutos
• V. Dependiente ○ solidos solubles disueltos ○ Rendimiento	• °Brix • Kg de algarrobina por kg de vaina de algarroba.

3. MÉTODO Y MATERIALES

3.1 Material de estudio

La algarroba es el material de estudio, utilizado en esta investigación, el cual es el fruto del algarrobo que se encuentra en mayor producción en la costa norte del Perú, específicamente en las regiones de Piura y Lambayeque.

El importante valor nutricional de la algarrobina nos compromete a investigar en temas vinculados en el mejoramiento de la calidad de los productos de nuestra zona, y poder aportar en desarrollar una nueva tecnología de procesamiento industrial con fines de exportación como la algarrobina.

Para desarrollar esta investigación se eligió la algarroba de Chulucanas, provincia de Piura, por tener mejores cualidades organolépticas y mayor concentración de azúcares reductores, principalmente, glucosa y sacarosa.

3.2 Proceso para la producción de algarrobina

El proceso de producción de elaboración de algarrobina, a escala experimental y artesanal consta de los siguientes pasos:

3.2.1 *Recepción de la algarroba.*

Consistió en adquirir la materia prima en el mercado local de Moshoqueque, perteneciente de la época de cosecha de diciembre del 2020 a marzo del 2021. En la investigación se ha utilizado, para la evaluación de las variables, algarroba de la localidad de Chulucanas-Piura, de buena calidad organoléptica y sanitaria como se puede evidenciar en la figura 6.

3.2.2 *Selección*

Se Consideran que las vainas son recolectadas de forma casera, se elaboró una selección de las vainas con el propósito de proteger higiénicamente el proceso y poder conseguir un rendimiento favorable del producto final. Por tanto, esta etapa consistió, en forma manual, separar las vainas maltratadas y picadas, insectos y partículas extrañas, obteniéndose aproximadamente 90% de vainas seleccionadas, listas para ser procesadas. En cada muestra se utilizó 2,5 Kg de algarroba seleccionada para cada procesamiento.

3.2.3 *Lavado*

Las vainas de algarroba fueron lavadas con agua potable limpia e inocua, de tal manera que se eliminaron materias extrañas presentes en la algarroba. Esta operación se realizó en recipientes de metal de 10 litros.

3.2.4 Trozado

Con el objetivo de tener una mayor superficie de extracción y hacer más eficiente la operación de extracción de azúcares, las vainas fueron fragmentadas en trozos de entre 4 y 5 cm. Esta operación se realizó en forma manual utilizando un mortero y cuchillo.

3.2.5 Extracción de azúcares

La operación se realizó en tres etapas o pasos con el objetivo de extraer al máximo los azúcares.

- Primera extracción. La algarroba troceada se mezcló con agua, considerando una relación de Peso/Volumen 1:4 y luego se hizo hervir por una hora en ollas de acero inoxidable; posteriormente el jugo y la algarroba cocida se separan, utilizando un colador y tela organza para retirar los sólidos o partículas finas.
- Segunda extracción. Al bagazo de la primera extracción, que todavía tiene una importante cantidad de azúcares, se agregó 4 a 5 litros de agua, luego se hace hervir por un tiempo de 30 minutos.

Finalmente se separó el bagazo del segundo jugo como en la primera extracción.

- Tercera extracción (Extracto de prensado). El jugo contenido en el bagazo, después de la segunda extracción, se separó por prensado y luego se agregó al volumen de los dos jugos obtenido en la primera y segunda extracción, resultando un jugo, producto de las tres extracciones, de 12 a 13 ° Brix.

Sin embargo, aquí hay una guía general para la relación agua/algarrobo en ollas de aluminio:

- Relación agua/algarrobo comúnmente utilizado: 1,2:1 a 1,5:1 (agua: algarrobo)
- Relación agua/algarrobo recomendado para ollas de aluminio: 1,3:1 a 1,4:1

Para 2,5 kg de algarroba, se puede utilizar la siguiente relación:

- Agua: 3,25-3,5 litros (1,3-1,4 litros/kg de algarroba)

Por lo tanto, para 2,5 kg de algarroba, se necesitarían:

- 2,5 kg de algarroba
- 3,25-3,5 litros de agua

Ejemplo de cálculo:

Relación agua/algarrobo: 1,3:1

Peso de algarroba: 2,5 kg

Agua necesaria = Peso de algarroba x Relación agua/algarrobo

Agua necesaria = 2,5 kg x 1,3

Agua necesaria $\approx$ 3,25 litros

Ventajas de utilizar la relación agua/algarrobo óptimo:

- Mejora la eficiencia de la cocción
- Reduce el tiempo de cocción
- Mejora la calidad del producto final
- Reduce la pérdida de nutrientes y sólidos

Consideraciones importantes:

- La relación agua/algarrobo puede variar dependiendo del tamaño y forma de la olla.
- Es importante monitorear la temperatura y la viscosidad del producto durante la cocción para ajustar la relación agua/algarrobo según sea necesario, en este caso utilizamos por 2.5kg de algarroba 8 litros de agua para la primera extracción y 4 litros de agua para la segunda extracción en nuestro proceso experimental.

Concentración

La mezcla final del jugo obtenido en la extracción se concentró en recipientes de aluminio, conocido como perol, hasta obtener una concentración de sólidos solubles, principalmente

azúcares de 71 a 74 °Brix. Con relación al rendimiento, de 12,5 kg de algarroba se obtuvo 1,24 a 1,31 kg de algarrobina con porcentaje de rendimiento final de 49,6 a 52,40 por ciento.

Se pudo determinar también el tiempo de concentración para un volumen final (mezcla total) de 9,99 litros promedio de jugo de algarroba llegando a concentrar a 72,6°Brix promedio en un solo recipiente, de aproximadamente 4,4 horas.

3.2.7 *Envasado*

Las muestras fueron envasadas en frasco de vidrio de 350 ml, con tapas de metal y precinto de seguridad, para su posterior análisis organoléptico. Los envases junto con las tapas son esterilizados con agua caliente a 100°C, antes de ser utilizadas.

La Figura 8, muestra el diagrama de bloques del procesamiento de obtención de la algarrobina, el cual consta de las siguientes etapas.

Figura 5

Procesamiento a Escala artesanal de la Obtención de Algarrobina



3.3 Equipos y Materiales

A continuación, se presentan los materiales y equipos, utilizados en las etapas de acondicionamiento (lavado y trozado) de la materia prima y extracción del jarabe.

Tabla 6
Equipos para la Producción de Algarrobin

Equipo y material para el procesamiento	Características
Recipiente para Lavado de vainas	Material: Aluminio Capacidad: 4,0 Kg
Mortero trozador	Material: madera Capacidad: 200 g
Balanza digital	Capacidad: 10 Kg
Cocina artesanal de carbón	Material de construcción: barro cocido Material combustible: carbón vegetal.
Olla para la extracción de los azúcares	Material: aluminio. Capacidad: 15 L
Recipiente para la concentración (Perol)	Material: Aluminio Capacidad: 6,0 L. Diámetro: 0,4 m.
Exprimidor manual para jugos	Material de aluminio Capacidad de cámara: 150 g
Refractómetro Portátil.	Rango de medición: 0 a 90 °Brix
Termómetro digital	Rango de medición: de 0 a 150 °C
Recipientes de volumen	Probetas, jarras medidoras, vasos

3.4 Criterios para la evaluación de los parámetros de proceso

Los parámetros de este proceso, más relevantes, evaluados son: temperatura, °Brix, tiempo de concentración y rendimiento, para lo cual se realizó mediante 5 ensayos experimentales

3.4.1 *Temperatura de proceso.*

El agua se utilizó como agente de extracción de los azúcares contenidos en el interior de la algarroba. Para evitar la formación de compuestos nocivos para la salud como la acrilamida, se proyectó operar a temperatura de evaporación a presión atmosférica y a sistema cerrado para la extracción, y para la concentración a sistema abierto, con la finalidad de ahorrar combustible. La lectura se determinó cada 10 minutos.

En este proceso mencionaremos la implicación de la **ley de ebulioscopía de Raoult** en los resultados teóricos y experimentales, de acuerdo a la altitud del lugar donde se realizó el proceso de evaporación

3.4.2 *°Brix, la concentración de los sólidos solubles.*

Formado principalmente de azúcares, se realizó la lectura con brixometro digital al inicio y al final de cada etapa de extracción. En la etapa de concentración, se determinó cada 10 minutos.

3.4.3 *Tiempo de concentración.*

Este parámetro es importante para la determinación del precio de la algarrobina porque a mayor tiempo, en primer lugar, habrá mayor consumo de carbón como combustible y también porque está vinculado con el rendimiento de la producción y por ende de la rentabilidad.

3.4.4 *El rendimiento de la algarrobina.*

Se obtuvo el porcentaje de rendimiento vinculando esta variable con otros parámetros como la procedencia o lugar de origen que va a influir en la concentración de azúcares, el rendimiento se determinó entre la masa obtenida de algarrobina y la materia prima.

- La densidad real de la algarrobina puede variar dependiendo de la composición y la temperatura.
- Es importante medir la densidad exacta de la algarrobina para obtener un cálculo más preciso.

La densidad de la algarrobina puede variar dependiendo de la concentración de sólidos y la temperatura, pero aquí hay algunas densidades aproximadas:

Peso de algarrobina = Volumen x Densidad

Tabla de referencia para la densidad de la algarrobina:

| Concentración de sólidos | Densidad aproximada |

| 20-30% | 1,05-1,10 g/ml |

| 40-50% | 1,15-1,20 g/ml |

| 60-70% | 1,25-1,30 g/ml |

| 70-80% | 1,30-1,40 g/ml |

En este proceso experimental la densidad de la algarrobina promedio para nuestros datos será de:
1.35 g/ml

3.5 **Operación de concentración de los sólidos solubles**

Esta operación, nos permitió concentrar los jugos o extractos separando el agua por simple evaporación de esta, en este proceso los factores influyentes fueron el tipo de algarroba, el tiempo y la temperatura que se empleó en el proceso.

Esta variable de operación está relacionada con el aumento de los sólidos solubles como los azúcares, y también está en función a la calidad del producto.

La operación se realizó en una olla de Aluminio de 10 litros, utilizada en un 80% de su volumen.

El extracto, a una concentración promedio de 12 °Brix, comenzó a concentrarse por ebullición a los 100 °C a presión atmosférica (1,0 atmosfera) para llegar a los 74 °Brix durante 4,5 horas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Para lograr los resultados esperados se realizaron 5 ensayos o pruebas de obtención de algarrobina, para lo cual se utilizó en todas, 2,50 kg de algarroba y 8 litros de agua en total para la dilución de lo sólidos solubles en dos extracciones (4 litros en cada extracción), por 5,5 a 6,0 horas en total.

Tabla 7
Datos Experimentales del Estudio

Prueba	Mat. prima Algarroba (kg)	Agua diluc. (l)	Producto	VARIABLES					
				°Brix	Tiemp. (min)	Temp. (°C)	Vol. (l)	Vol. total (l)	Algarrobina (kg)
1	2,50	8	1° Extracto	6,00	60	102	5,00	10,00	1,28
		4	2° Extracto	7,00	30	102	3,90		
			Extracto de prensado	4,00	10	28	1,10		
			Concentrado	74,00	245	118	10,00	0,95	
2	2,50	8	1° Extracto	8,00	60	103	4,65	10,25	1,31
		4	2° Extracto	6,50	30	102	3,60		
			Extracto de prensado	10,00	10	28	1,05		
			Concentrado	72,00	255	117	10,25	0,97	
3	2,50	8	1° Extracto	5,00	50	101	4,60	9,70	1,24
		4	2° Extracto	6,00	30	100	4,30		
			Extracto de prensado	17,00	10	28	0,80		
			Concentrado	74,00	265	118	9,70	0,92	
4	2,50	8	1° Extracto	9,00	45	102	5,00	9,90	1,26
		4	2° Extracto	8,00	20	103	3,80		
			Extracto de prensado	10,00	10	27	1,10		

		Concentrado	71,0 0	235	117	9,90	0,94		
5	2,50	8	1° Extracto	8,00	50	103	4,8	10,10	1,29
		4	2° Extracto	7,00	20	104	4,10		
			Extracto de prensado	15,0	10	26	1,20		
			Concentrado	72,0 0	250	115	10,10	0,96	

Tabla 8

Resultados del Rendimiento de la Algarrobina (%) y Solidos solubles(°Brix)

Prueba	Peso de algarroba (kg)	Peso de algarrobina (kg)	Rendimiento (%)	°Brix
1°	2,50	1,28	51,20	74
2°	2,50	1,31	52,40	72
3°	2,50	1,24	49,60	74
4°	2,50	1,26	50,40	71
5°	2,50	1,29	51,60	72
		X=		
		1,28	X = 51,04	X = 72,6

Figura 6
Temperatura Vs Solidos Solubles

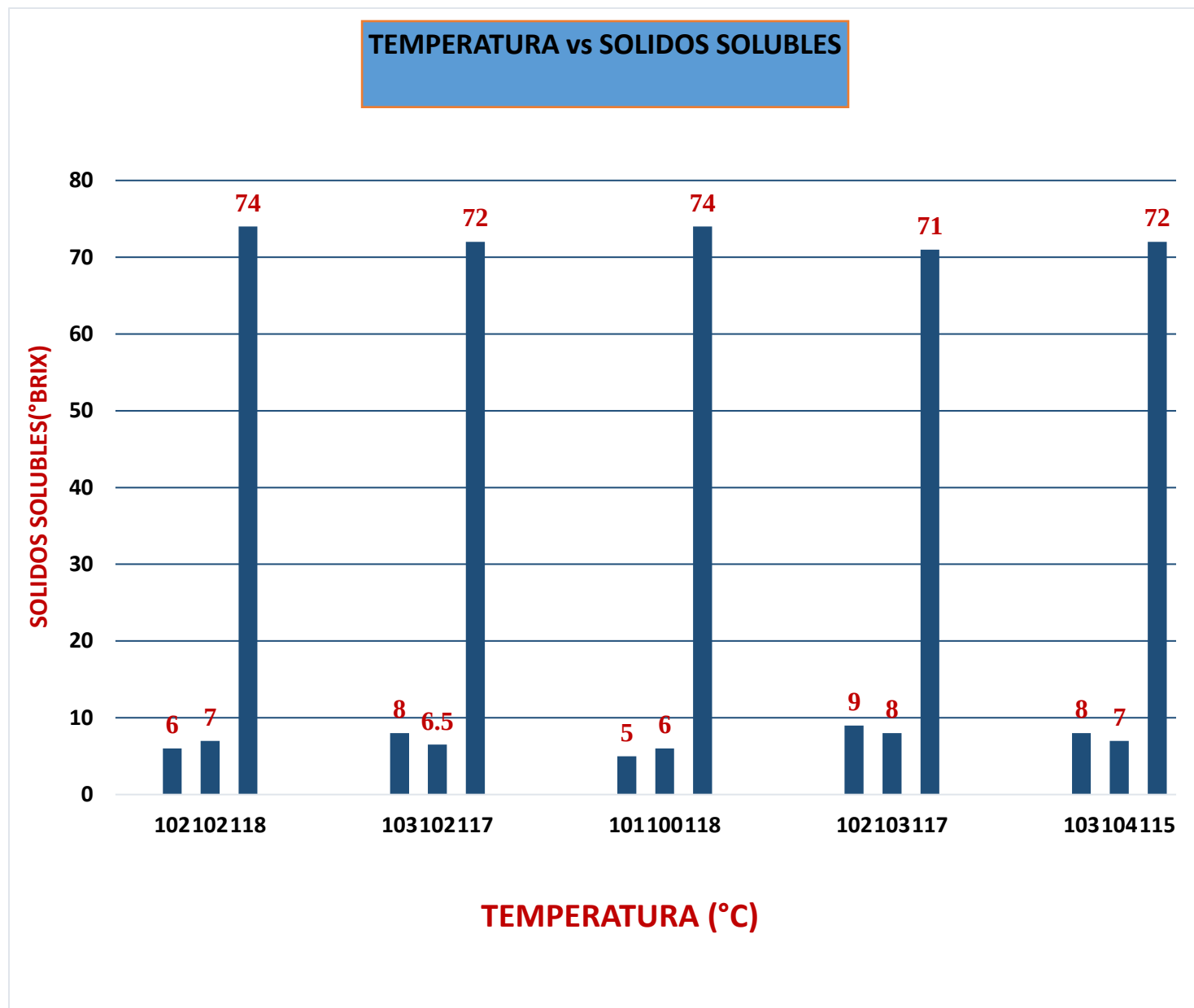


Figura 7
Tiempo Vs Solidos Solubles

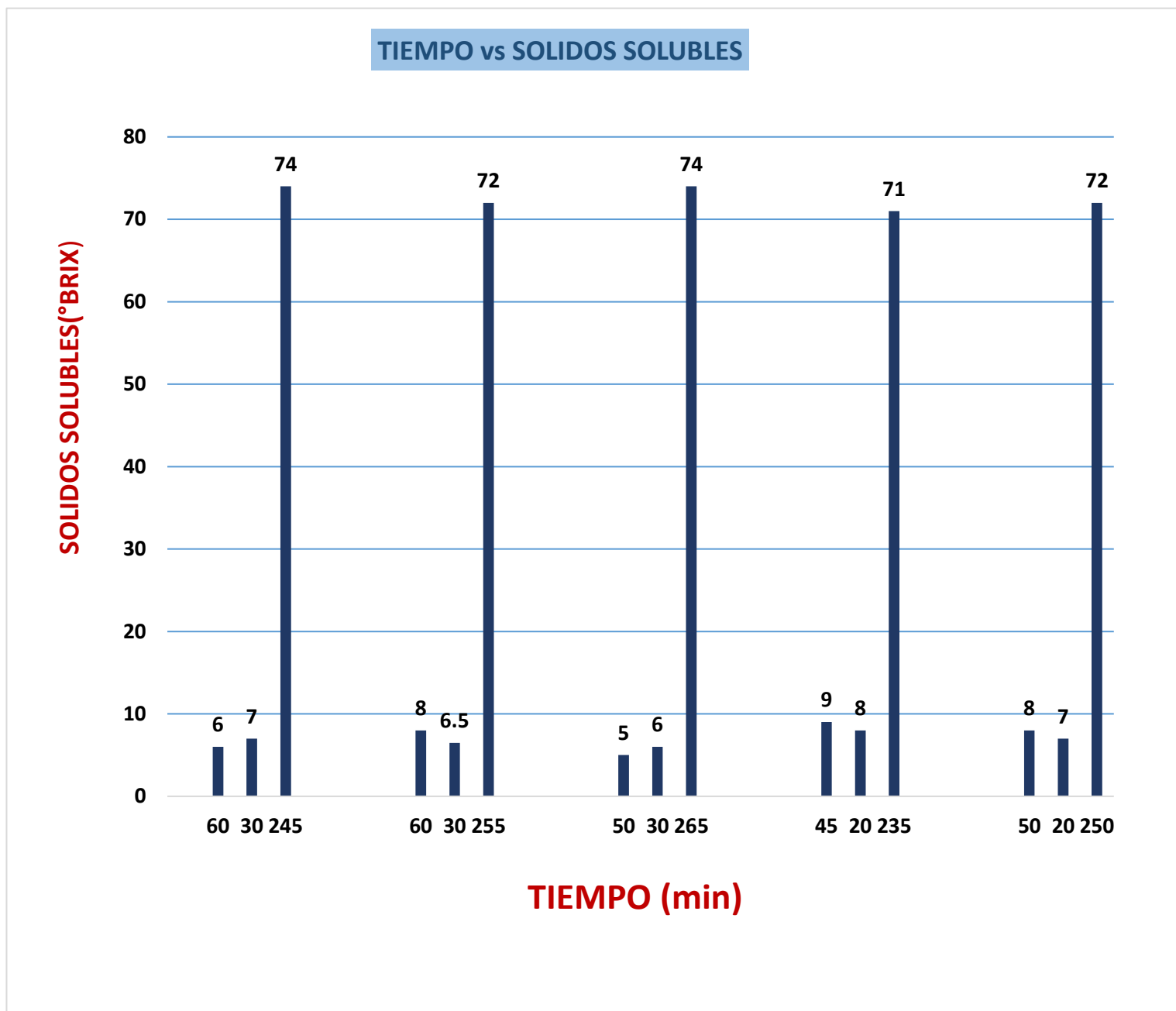


Figura 8
Rendimiento Vs Solidos Solubles

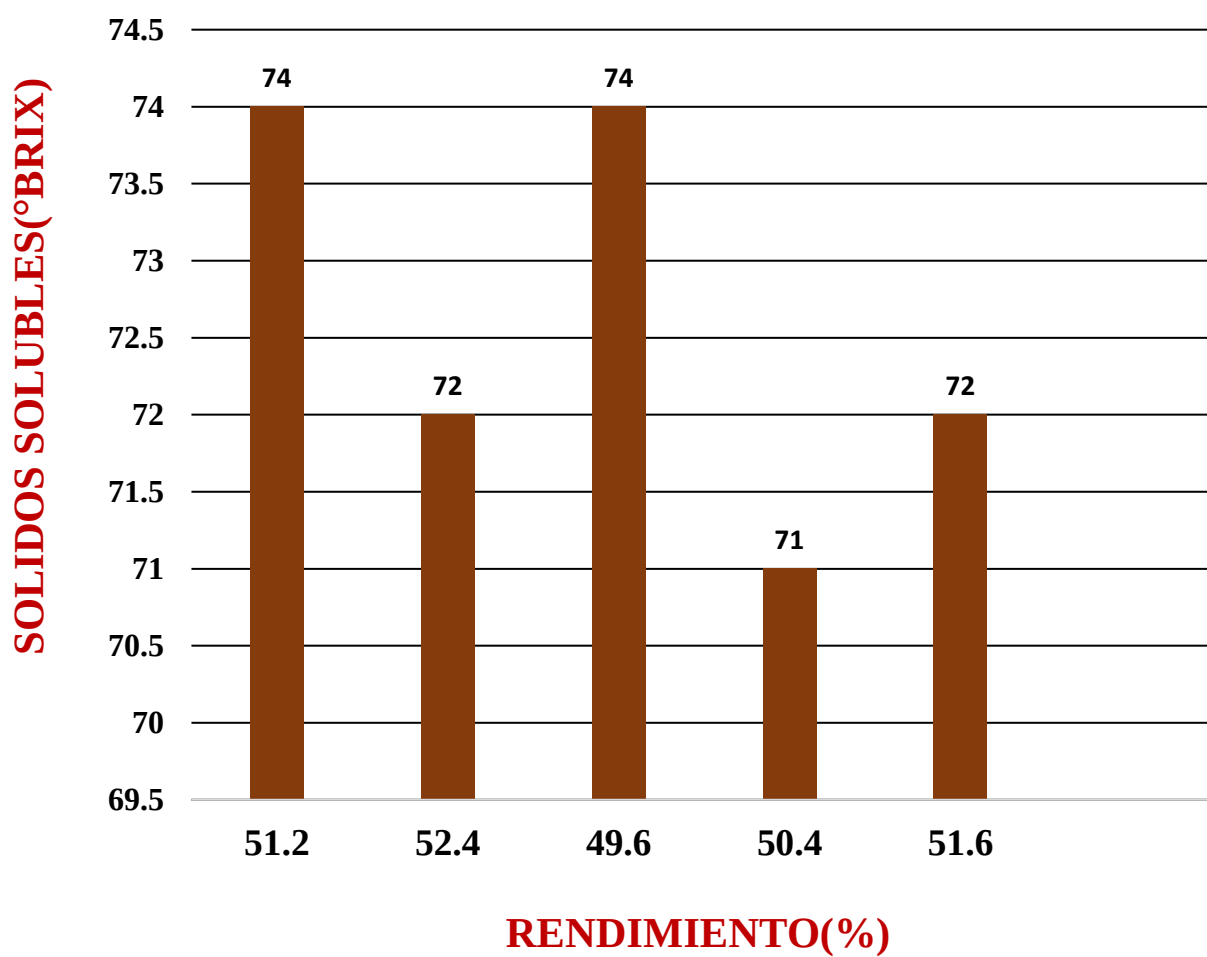
RENDIMIENTO vs SOLIDOS SOLUBLES

Figura 9*Datos de Temperatura de concentración aplicando ley de Raoult*

Prueba	Extracción	masa algarroba (g)	masa agua (kg)	Peso molecular de la algarroba(g/mol)	°BRIX	n (mol)	keb (kg. °C/mol)	m (mol/kg)	T°amb(°C)	T°ebul(°C)	ΔT° (°C)	T° FINAL (°C)	TIEMPO (min)
1°	Inicio												
	1	2500	8	324	6,00	7.72	0.512	0.96	25	100	0.49	100.49	60
	2	2190	4	324	7,00	6.76	0.512	1.69	25	100	0.87	100.87	30
	Concestración	10300	1	324	74,00	31.79	0.512	31.79	25	100	16.28	116.28	245
2°	Inicio												
	1	2500	8	324	8,00	7.72	0.512	0.96	25	100	0.49	100.49	60
	2	2110	4	324	6,50	6.51	0.512	1.63	25	100	0.83	100.83	30
	Concestración	10557.5	1	324	72,00	32.58	0.512	32.58	25	100	16.68	116.68	255
3°	inicio												
	1	2500	8	324	5,00	7.72	0.512	0.96	25	100	0.49	100.49	50
	2	2260	4	324	6,00	6.98	0.512	1.74	25	100	0.89	100.89	30
	Concestración	9991	1	324	74,00	30.84	0.512	30.84	25	100	15.79	115.79	265
4°	inicio												
	1	2500	8	324	9,00	7.72	0.512	0.96	25	100	0.49	100.49	45
	2	2040	4	324	8,00	6.30	0.512	1.57	25	100	0.81	100.81	20
	concestración	10197	1	324	71,00	31.47	0.512	31.47	25	100	16.11	116.11	235
5°	Inicio												
	1	2500	8	324	8,00	7.72	0.512	0.96	25	100	0.49	100.49	50
	2	2100	4	324	7,00	6.48	0.512	1.62	25	100	0.83	100.83	20
	concestración	10403	1	324	72,00	32.11	0.512	32.11	25	100	16.44	116.44	250

Ley de Ebulloscopía:

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

Donde: ΔT_b = cambio de temperatura de ebullición (°C) K_b = constante de ebullición (kg. °C/mol) m = molalidad de la solución (mol/kg)Constante de ebullición (K_b) para agua: $K_b = 0,512 \text{ kg. } ^\circ\text{C/m}$ T° ambiente = 25 °C (temperatura ambiente) T° ebullición = 100 °C (temperatura de ebullición del agua)La molalidad (m) se define como:

$$m = n / \text{kg}$$

donde:

 n = Número de moles de soluto(mol) kg = Masa de solvente (kg)agua

$$n = \text{Masa de algarroba} / \text{Peso molecular de la algarroba}$$

Peso molecular de la algarroba = 324 g/mol

$$T^\circ \text{concentración} = T^\circ \text{ebullición} + \Delta T^\circ$$

Tabla 9*Peso de Algarroba (kg) en cada Proceso de extracción*

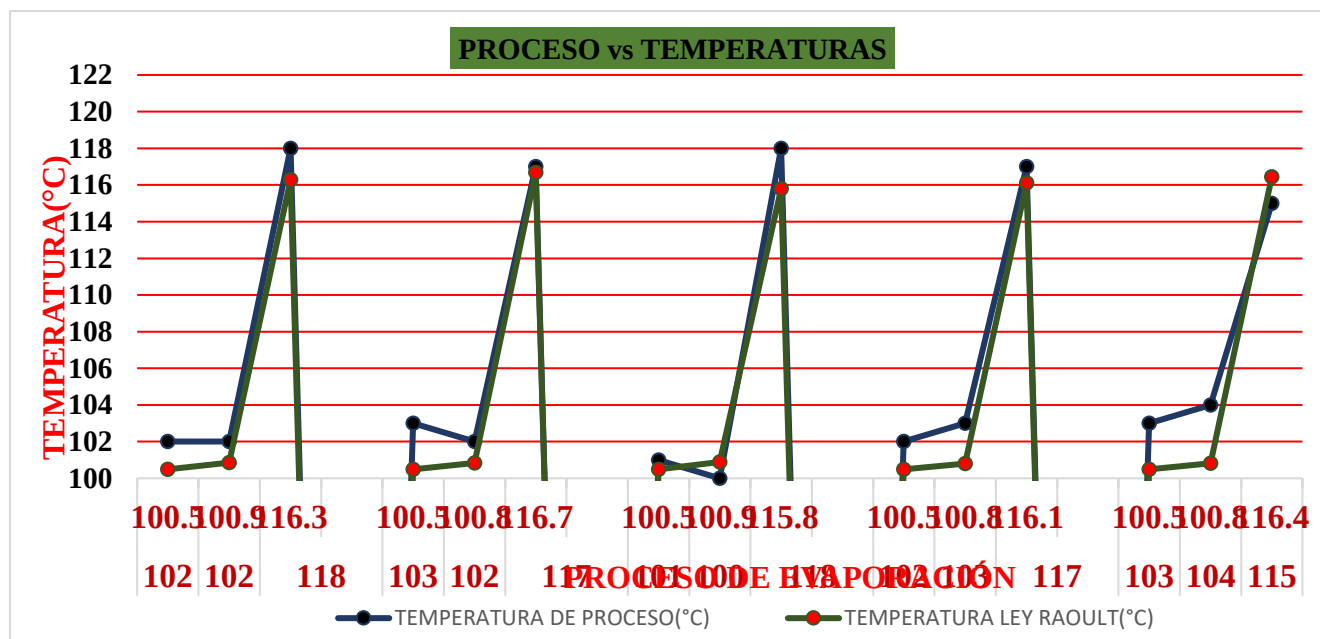
Prueba	Extracción	Volumen de jugo (l)	°Brix	Densidad de jugo (kg/l)	Peso de solidos disueltos (kg)	Peso de algarroba inicial (kg)	Peso de algarroba final (kg)
1°	1	5	6%	1.03	0.31	2.5	2.19
	2	3.9	7%	1.03	0.28	2.5	2.22
2°	1	4.75	8%	1.03	0.39	2.5	2.11
	2	4.5	6.50%	1.03	0.30	2.5	2.20
3°	1	4.6	5%	1.03	0.24	2.5	2.26
	2	4.3	6%	1.03	0.27	2.5	2.23
4°	1	5	9%	1.03	0.46	2.5	2.04
	2	3.8	8%	1.03	0.31	2.5	2.19
5°	1	4.8	8%	1.03	0.39552	2.5	2.10
	2	4.1	7%	1.03	0.29561	2.5	2.20

Tabla 9*Volumen total de Extracción para Concentración*

PRUEBA	Densidad jugo algarrobina (kg/litro)	Volumen final de extracion (l)	Volumen final de extracion (kg)	Volumen final de extracion (g)
1°	1.03	10	10.3	10300
2°	1.03	10.25	10.5575	10557.5
3°	1.03	9.7	9.991	9991
4°	1.03	9.9	10.197	10197
5°	1.03	10.1	10.403	10403

Figura 10

Procesos Experimentales vs Resultados de Temperatura Real y Temperatura aplicando ley de Raoult



4.2 Discusión

Se realizó el proceso de obtención de algarrobina, analizando 5 pruebas de ensayo, de 2,5 Kg de algarroba en cada uno respectivamente, en los cuales se agregaron, para la primera y segunda extracción, 8 y 4 litros de agua de dilución, respectivamente. Sé observó que los °Brix iniciales en cada ensayo tienen un promedio de 7,2 llegando a concentrar a un °Brix promedio de 72,6 al final del ensayo, siendo el °Brix mínimo de 71 en el 4° ensayo y un °Brix máximo de 74 en el 1° y 3° ensayo.

El tiempo en la concentración se llegó a tener como promedio 250 min para obtener un promedio de sólidos solubles (°Brix) de 72,6 por volumen final de algarrobina, llegando a tener un tiempo mínimo en el 4° ensayo con 235 min y tiempo máximo de 265 min en el 3° ensayo.

La temperatura promedio es de 117 °C siendo en el 5° ensayo la temperatura mínima de 115 °C y la temperatura máxima de 118 °C en el 1° y 3° ensayo.

Luego en la tabla de resultados experimentales, se describe que a mayor concentración de sólidos (°Brix) se obtiene menor cantidad de algarrobina, haciendo menor su rendimiento, por la misma pérdida de agua en la masa que aumenta al concentrarse los sólidos. Siendo el rendimiento promedio de algarrobina, con respecto a la materia prima, de 51.04%, y de °Brix promedio de 72.6, datos detallados en la tabla N°8.

A menor concentración, mayor °Brix y viceversa, esto debido a que, a medida que se va evaporando el agua, los sólidos solubles como los azúcares se concentran en mayor cantidad, con estos resultados se elaboró un gráfico de columnas, con los datos obtenidos en los 5 ensayos realizados, en la figura 9 se analizan la temperatura vs solidos solubles con el fin de demostrar la incidencia de la temperatura sobre la concetración de solidos solubles, llegando a estar cerca del límite de temperatura (120 °C) como indica los estudios realizados sobre formación de acrilamida e Hidroximetilfurfural en el producto final.

En la figura 11 se realizó la comparación rendimiento y solidos solubles en el producto final siendo este dato importante en la rentabilidad del proceso de obtención de algarrobina para su desarrollo artesanalmente.

En la figura 10, analizamos el tiempo sobre la concentración de los sólidos solubles, sabiendo que a mayor tiempo de exposición de este producto mayor concentración de solidos solubles, teniendo como referencia de estudios realizados anteriormente que indica la perdida de propiedades organolépticas y nutritivas en el producto final.

En la figura 12 se aplica la ley de ebulloscopía usando los datos teóricos de peso molecular de la algarroba, densidad del jugo de algarroba a temperatura ambiente de 25 °C y la constante de ebullición del agua para obtener el delta de temperatura y realizar la comparación de datos teóricos

y experimentales en la figura 13, utilizando como datos al peso de algarroba en cada extracción (tabla 9) y el volumen obtenido al final de la extracción en cada proceso como se muestra la tabla 10.

En la figura 13 se realizó la comparación de la temperatura obtenida en cada ensayo de extracción y concentración de sólidos solubles vs la temperatura aplicando la ley de ebulloscopía para comparar que tan cercano se estuvo de los datos teóricos y lograr que los datos experimentales sean ajustados y llevados a optimizar el proceso de obtención de algarrobina de manera artesanal.

5. Conclusiones

Después de la evaluación de los resultados obtenidos se establecen las siguientes conclusiones:

La temperatura en la etapa de evaporación y concentración en el proceso de obtención de la algarrobina se determinó en un promedio, de 117 °C, respectivamente, a escala artesanal, estando cerca a los límites de temperatura.

El tiempo de extracción de los azúcares y evaporación o concentración del extracto de la algarroba se evaluó y determinó en un promedio de 250 min para la concentración del extracto, respectivamente, a escala artesanal.

El porcentaje de rendimiento de algarrobina obtenida es de 51,04 % al final de los 5 ensayos realizados con un °Brix final de la algarrobina, es decir la concentración de los azúcares a escala artesanal 72,6 °Brix promedio.

6. Recomendaciones

Para evitar la generación de sustancias nocivas por altas temperaturas, este proceso artesanal de la algarrobina tiene que ser innovado por un proceso tecnológico en donde se pueda controlar estas dos variables, como temperatura y tiempo de concentración, para obtener un producto de estándares óptimos de calidad para su debida exportación, libre de sustancias nocivas como la acrilamida y los HMF (Hidroximetilfurfural) y como un producto rico en beneficios para salud.

Se debe reemplazar este proceso artesanal por una tecnología superior como el proceso de evaporación a presión reducida o de vacío, en donde la temperatura de evaporación esta entre 60 y 70 °C y el tiempo de concentración se reduzca a un 50%, dado que son estas variables las que definen la calidad e inocuidad del producto final.

A nivel artesanal, se recomienda que la temperatura y el tiempo deberían ser controladas, ajustando los parámetros de extracción y la propagación del fuego directo y evitar formación de sustancias nocivas en el producto terminado.

Para lograr obtener, de forma óptima la mayor cantidad de sólidos solubles en la extracción de prensado, se debería optar por un sistema o aparato de presión o prensado mecánico mediante la utilización de una prensa tipo tornillo o sinfín, con el cuál se lograría extraer hasta un 90% de sólidos solubles (°Brix).

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arias y López . (2019). *Reacciones químicas de los azúcares simples empleados en la industria alimentaria*. lámpsakos,(22),p123-136.
- Bergmeyer et al. (2020). *Methods of enzymatic analysis*. VCH Publishers.
- Chen et al. . (2019). "Laser cutting of almonds". . *Journal of Food Science*, 84(5), , 84(5), S1448-S1454.
- Chen et al. . (2020). "Separation techniques for washing almonds: A review". . *Journal of Food Science and Technology*, , 57(4), 1050-1060.
- Chen et al. (2019). "Microwave extraction of sugars from almonds". *Journal of Food Science*, , 84(5), S1448-S1454.
- EFSA., E. F. (2015). Evaluacióndel riesgo de la acrilamida en los alimentos. 13(6), 4104. doi:10.2903/efsa.2015.4104
- Espinoza, J. (2014). “Desarrollo de negocios utilizando algarrobo orgánico en la asociación de comuneros” “Sequion Olmos. *Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM* , 17(34) ,4-5.
- FDA, F. a. (2019). *Acrilamida en los alimentos*. Obtenido de <http://www.fda.gov/food/foodborneillnesscontaminants/chemicalcontaminants/ucm053569.htm>
- Gómez-López et al. . (2018). "Chlorine dioxide washing of almonds: Effects on quality and safety". *Journal of Food Engineering*, , 237, 12-19.

- Gómez-López et al. (2017). High-pressure water jet ashing of almonds: Effects on quality and safety. *Journal of Food Engineering*, 206, 12-19.
- González, A., et al. (2018). Efecto de la temperatura y el tiempo de evaporación en la calidad de la algarrobina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 50(2), 123-134.
- Gupta et al. . (2018). "Enzymatic cutting of almonds". . *Journal of Food Engineering*, , 231, 20-27.
- Gupta et al. (2018). "Enzymatic extraction of sugars from almonds". . *Engineering*, 231, , 231, 20-27.
- Huang et al. . (2019). "Reverse osmosis extraction of sugars from almonds". . *Journal of Food Engineering*, 241, 112-119.
- Huang et al. . (2019). "Vibrational cutting of almonds". . *Journal of Food Science*, , 84(2), S388-S395.
- Huang et al. . (2020). "Hot water washing of almonds: Effects on quality and safety". . *Journal of Food Science*, , 85(2), S388-S395.
- Ibarz-Martinez et al. (2010). *Pardeamiento de zumos clarificados de limón tratados a altas temperaturas*. (volumen 1 ed.). Scientia agropecuaria.
- Kumar et al. . (2018). "Mechanical cutting of almonds". . *Journal of Food Engineering*, , 231, 12-19.
- Kumar et al. . (2018). "Water extraction of sugars from almonds". *Journal of Food Engineering*, 231, 12-19.
- Li et al. . (2020). "Solvent extraction of sugars from almonds". . *Journal of Food Science*, , 85(2), S388-S395.

- Ludeña y Colomer. (2019). *Evaluación del contenido de acrilamida,asparagina e hidroximetilfurfural por efecto de la temperatura y del tiempo de exposición térmica ,como sustancias carcinogénas,en la algarrobina*. trabajo de investigación Universidad de Piura.
- Mottram, et al. (2002). *La acrilamida en los alimentos:una revisión*. doi:10.1111/j.1365-2621.2002.tb09453.x
- Murray et al. (2020). *Descriptive analysis of foods*. (Journal of Food Science, Ed.)
- Navarro Cerrillo, R. M. (2009). *Manual de especies para la forestación de tierras agrarias en Andalucía*. sevilla, Secretaría General Técnica de la Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía,.
- Norma Técnica Peruana(NTP)209.600. (2002 revisado el 2014). *Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad intelectual(INDECOPI)*. ,la cual establece definiciones y requisitos de la algarrobina .Lima ,Perú.30 diciembre2014.
- Palou et al. (2017). "Ozone washing of almonds: Effects on quality and safety". *Journal of Food Science*, , 82(5), S1448-S1454.
- Pawliszyn et al. (2020). Gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1631, 469-476.
- Plantas y Flores*. (2024). Obtenido de <https://plantasyflores.pro/algarroba/>
- Potter y Hotchkiss. (2019). *Acidity and pH of foods*. (Food Science and Technology , ed.).
- Quintas et,al. (2007). *Modelling colour changes during the caramelisation reaction* . Journal of food engineering,vol 83,p 483-491.
- Riganakos y Kontominas. (2020). *Determination of moisture content in foods by thermogravimetry*. Journal of Foods Science,85(2), 538-544.

- Rufián-Henares, J. &. (2007). *Formación de hidroximetilfurfural en alimentos sometidos a tratamiento térmico*. (Vols. Food Chemistry, 104(3), 1131-1138.). doi:10.1016/j.foodchem.2007.01.023
- Sanchez eat, al. (2014). *Diseño de una planta de producción de algarrobina en el parque kurt Beer de Piura*.
- Sapers et al. . (2018). "Washing treatments for reducing Escherichia coli populations on almonds". . *Journal of Food Protection*, , 81(12), 1930-1936.
- Serra. (2015). *Mejoras al proceso actual y producción tecnificada de algarrobina*. Universidad Nacional de Piura.
- Serra. (2016). *Estudios del proceso y modelo asociativo empresarial para la producción tecnificada de algarrobina*. Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura.
- Silva, M., et al. (2019). Influencia de la temperatura y el tiempo de evaporación en la formación de acrilamida en algarrobina. *Revista de la Universidad de Sao Paulo*, 53(2), 123-132.
- Singh et al. . (2020). "High-pressure extraction of sugars from almonds". . *Journal of Food Science*, , 85(5), S1448-S1454.
- Singh et al. . (2020). "Thermal cutting of almonds". . *Journal of Food Science*, 85(5), , 85(5), S1448-S1454.
- Stadler, R. H , et al. (2002). *La formación de acrilamida en alimentos durante el proceso de cocción*. (Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(17), 4797-4804. ed.). doi:10.1021/jf020139x
- Taoukis et al. (2020). *Accelerated shelf life testing of foods*. Food Science and technology,.

- Tovar, C. (2005). “*Recursos naturales y aspectos socioeconómicos del Estuario de Virrilá*”.
- Wang et al. . (2019). "Pneumatic cutting of almonds". . *Journal of Food Engineering*, , 241, 112-119.
- Welz y Sperling. (2020). *Atomic absorption spectrometry* . Wiley-VCH.
- Willettts et al. (2020). *Determinación of sugarin food by high-performance liquid chromatography A*.
- Zhao et al. . (2019). "Steam washing of almonds: Effects on quality and safety". . *Journal of Food Engineering*, , 241, 112 -119.
- Zheng et al. . (2020). "Ultrasonic cutting of almonds". *Journal of Food Engineering*, , 263, 109-116.
- Zheng et al. . (2020). "Ultrasonic extraction of sugars from almonds". *Journal of Food Engineering*, , 263, 109-116.
- Zheng et al. (2019). "Ultrasonic washing of almonds: Effects on quality and safety". En *Ultrasonics Sonochemistry*, 56, 103722. (págs. 56, 103722.).