



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

**Optimización del secado de *Artocarpus altilis* "Pan de Árbol" mediante la utilización
de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias

Autores

Bravo Neyra, Roger

López León, Fernando Daniel

Asesor

Dr. Fernández Herrera, Fredesvindo

Huacho – Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales.

Sin Derivadas: Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

FACULTAD DE: *INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL*

ESCUELA PROFESIONAL: *INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS*

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
<i>Roger Bravo Neyra</i>	<i>72540814</i>	<i>17 - 08 - 2023</i>
<i>Fernando Daniel López León</i>	<i>73256272</i>	<i>17 - 08 - 2023</i>
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
<i>Fredesvindo Fernandez Herrera</i>	<i>40588728</i>	<i>0000-0003-2973-7973</i>
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
<i>Guillermo Napoleon Vasquez Clavo</i>	<i>06100596</i>	<i>0000-0001-5909-5372</i>
<i>Danton Jorge Miranda Cabrera</i>	<i>07046189</i>	<i>0000-0003-2594-4000</i>
<i>Felix Bustamante Bustamante</i>	<i>44229029</i>	<i>0000-0001-9061-1718</i>

Optimización del secado de *Artocarpus altilis* "Pan de Árbol" mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	5%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%
3	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.esan.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%

TESIS

**OPTIMIZACIÓN DEL SECADO DE *Artocarpus altilis* "PAN DE ÁRBOL"
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MÉTODOS COMBINADOS POR
OSMODESHIDRATADO Y AIRE CALIENTE**

JURADO EVALUADOR

Mg. GUILLERMO NAPOLEON VASQUEZ CLAVO

PRESIDENTE

Dr. DANTON JORGE MIRANDA CABRERA

SECRETARIO

Mg. FELIX BUSTAMANTE BUSTAMANTE

VOCAL

DEDICATORIA

Dedicado a mi abuelo Matrias León, quien en vida me estimó y cuidó mucho, su deseo era verme convertido en un profesional y sé que lo está haciendo.

A mi madre Ninfa León, una mujer luchadora, por ser mi soporte y guía. Por tu cariño, sacrificio y apoyo incondicional, mediante el presente, correspondo a ti con mucho amor y lealtad.

Atte. Fernando Daniel López León

A mis padres Bartolomé y María, quienes hicieron un gran sacrificio y creyeron siempre en mí.

A mis hermanos Lidia, Yoni y Susan con cariño, alegría, cordialidad y lealtad, por su apoyo constante e incondicional.

A mi tío Víctor y Segundina quienes fueron mi guía en mi formación profesional y como persona y a mis familiares por su constante apoyo moral.

Atte. Roger Bravo Neyra

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, por estar presente en todo momento y lugar, siempre con su bendición.

A mi asesor, el Dr. Fredesvindo Fernández Herrera, por su mentoría y el apoyo en esta investigación.

A todos mis profesores y a mi alma mater UNJFSC por nuestra formación profesional. Agradecer además a nuestros amigos Karen J., Yoni A., Raúl P. y a todos aquellos que nos apoyaron durante esta investigación.

Atte. Fernando Daniel López León.

Al ser divino por darme una segunda oportunidad de existencia DIOS.

Al Dr. Fredesvindo Fernández Herrera, por su orientación y apoyo brindado en la presente tesis.

A mi compañero de investigación Fernando López, por la paciencia y perseverancia. A mi alma mater E.P. Ingeniería en Industrias Alimentarias - UNJFSC, a mis maestros por compartir sus conocimientos y experiencias. Y finalmente a cada una de las personas que me brindaron su apoyo en la presente investigación.

Atte. Roger Bravo Neyra.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCION	xii
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. Problema general.	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1. Objetivo general.	3
1.3.2. Objetivo Específico.	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4.1. Justificación teórica.	3
1.4.2. Justificación práctica	3
1.4.3. Justificación Social	4
1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO	4
1.5.1. Delimitación espacial.	4
1.5.2. Delimitación temporal.	4
1.5.3. Delimitación teórica	4
1.6. VIABILIDAD DEL ESTUDIO.....	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6

2.1.1.	Antecedentes Internacionales	6
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	11
2.2.	BASES TEÓRICAS	12
2.2.1.	Pan de árbol.	12
2.2.2.	Osmodeshidratado	17
2.2.3.	Secado por aire caliente.....	24
2.2.4.	Requisitos generales de frutas deshidratadas.....	28
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	28
2.4.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	30
2.4.1.	Hipótesis General	30
2.4.2.	Hipótesis Específicos.....	30
2.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	30
CAPITULO III. METODOLOGÍA.....		33
3.1.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
3.1.1.	Ubicación.....	33
3.1.2.	Materiales e insumos	33
3.1.3.	Diseño experimental	34
3.1.4.	Tratamientos	35
3.1.5.	Características del área experimental	38
3.1.6.	Variables evaluadas	41
3.1.7.	Conducción del experimento	42
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	45
3.2.1.	Población	45
3.2.2.	Muestra	46
3.3.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	46

3.3.1. Técnicas	46
3.3.2. Descripción de los instrumentos.	46
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	46
CAPITULO IV. RESULTADOS	47
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	47
4.1.1. Etapa I: Optimización de los parámetros del proceso de deshidratación. ...	47
4.1.2. Etapa II: Determinación y caracterización del producto óptimo.....	61
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	66
4.2.1. Contrastación de la hipótesis general	66
4.2.2. Contrastación de las hipótesis específicas	66
CAPITULO V. DISCUSIÓN	70
5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
6.1. CONCLUSIONES.....	73
6.2. RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS	74
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del pan de árbol	12
Tabla 2: Composición nutricional de la semilla de árbol de pan (<i>Artocarpus altilis</i>).	17
Tabla 3: Ventajas y desventajas del osmodeshidratado.....	20
Tabla 4: Ventajas y Desventajas del secado por aire caliente	26
Tabla 5: Variables dependientes e independientes	31
Tabla 6: Operacionalización de variables e indicadores.	32
Tabla 7: Factores de control y niveles de trabajo	36
Tabla 8: Diseño experimental para la optimización	36
Tabla 9: Detalle de los tratamientos para la evaluación sensorial.	37
Tabla 10: Ordenamiento de datos de la evaluación sensorial.....	37
Tabla 11: Caracterización de la semilla.....	47
Tabla 12: Resultados obtenidos de la variable respuesta.	47
Tabla 13: ANOVA para medias.	48
Tabla 14: Resumen del modelo para el modelo lineal para medias	48
Tabla 15: ANOVA de Relaciones SN.	49
Tabla 16: Resumen del modelo para el modelo lineal de relaciones SN.	49
Tabla 17: Tabla de respuesta para relaciones de señal a ruido.	50
Tabla 18: Tabla de respuesta para medias.	50
Tabla 19: Resumen del modelo para el modelo lineal de medias de diseño ajustado	52
Tabla 20: ANOVA de Medias de diseño ajustado	52
Tabla 21: Resumen del modelo para el modelo lineal de relaciones SN de diseño ajustado.	52
Tabla 22: ANOVA de Relaciones SN de diseño ajustado.....	53

Tabla 23: Resumen del modelo para el modelo lineal de medias.	54
Tabla 24: Coeficientes del modelo para el modelo lineal de medias.	55
Tabla 25: Resumen del modelo de regresión.....	55
Tabla 26: Rendimiento del proceso de deshidratación de pan de árbol	61
Tabla 27: Resultados de la evaluación sensorial.	62
Tabla 28: Prueba de Friedman: Aceptabilidad General vs. Tratamiento; Panelistas	62
Tabla 29: Prueba de Friedman, Color vs. Tratamiento.....	62
Tabla 30: Prueba de Friedman, Sabor vs. Tratamiento	63
Tabla 31: Prueba de Friedman, Olor vs. Tratamiento	63
Tabla 32: Prueba de Friedman, Textura vs. Tratamiento	64
Tabla 33: Análisis fisicoquímicos del pan de árbol deshidratado.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol desarrollado de Artocarpus altilis.	13
Figura 2: Fruto del árbol de Artocarpus altilis.	14
Figura 3: Semillas de Artocarpus altilis	15
Figura 4. Transferencia de masa durante el osmodeshidratado.	18
Figura 5. Graficas cinéticas de la deshidratación osmótica.	23
Figura 6. Cinética del secado.....	27
Figura 7. Diagrama de flujo de la deshidratación de pan de árbol mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente.	40
Figura 8: Etapas del proceso experimental de la osmodeshidratación y secado por aire caliente del pan de árbol.	44
Figura 9: Efectos principales para medias.	51
Figura 10: Efectos principales para relaciones señal a ruido.....	51
Figura 11: Efectos principales para medias, diseño robusto ajustado.	53
Figura 12: Efectos principales para relaciones señal a ruido, diseño robusto ajustado.	54
Figura 13: Grafica de Perdida porcentual de agua de T4 y T6.....	56
Figura 14: Grafica de Ganancia porcentual de solidos de T4 y T6.	57
Figura 15: Grafica de la Perdida porcentual de masa de T4 y T6.	57
Figura 16: Curva de humedad libre en el osmodeshidratado.	58
Figura 17: Curva del porcentaje humedad en el osmodeshidratado.....	59
Figura 18: Curva de humedad libre en el secado por aire caliente.....	59
Figura 19: Curva del porcentaje de humedad en el secado por aire caliente.....	60

Figura 21: Verificación de supuestos del modelo para normalidad, varianza constante e independencia.....	82
Figura 22: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados antes del ajuste.....	83
Figura 23: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados después del ajuste.	83
Figura 24: Probabilidad normal de respuestas de la evaluación sensorial (Olor; Color; Sabor; Textura y Aceptabilidad General).	85

RESUMEN

Objetivo. Determinar el proceso tecnológico óptimo para el secado de pan de árbol (*Artocarpus altilis*) mediante métodos combinados por osmodeshidratado y secado por aire caliente. **Metodología.** El estudio se desarrolló en dos etapas: Optimización los parámetros del proceso de secado y determinación/caracterización del producto óptimo. Se extrajeron las semillas con una humedad de 65.76 (%H), se las acondicionó en láminas de 3-5 mm para llevarlas a osmodeshidratación (O.D.) seguido de un secado por flujo de aire caliente (A.C.). Se trabajó con la metodología de diseño de Taguchi L8 (2^5) para optimizar el proceso a través del control de los parámetros: Concentración O.D (40-60°Brix), Temperatura O.D (20-40°C), Tiempo O.D (1-8hr), Temperatura A.C (45-65°C) y Tiempo A.C (1-2hr), considerándose una significancia $\alpha=0.05$ para el análisis, gestión y representación gráfica estadística. Se evaluó sensorialmente los productos con menor %H, los cuales fueron obtenidos de los tratamientos con mejores resultados en la primera etapa, se usó una escala hedónica (1-7) y la prueba no paramétrica de Friedman. **Resultados.** Se determinó el proceso tecnológico óptimo (T-op): Concentración 60 °Brix, Tiempo 8 hrs (O.D) y Temperatura 65 °C, Tiempo 2 hrs (A.C). Se encontró que la temperatura en un rango de 20-40 °C no tiene un efecto significativo en el osmodeshidratado. En la evaluación sensorial, Aceptabilidad general, Sabor y Color tuvieron diferencia significativa entre tratamientos siendo el producto obtenido con “T-op” más efectivo y aceptable sensorialmente. Así mismo la caracterización del pan de árbol deshidratado obtuvo: Humedad: 12.8 %, Grasa: 1.7 %, Cenizas: 1.0 %, Fibra cruda: 0.9 %, Carbohidratos: 76.5 %, Proteínas: 8.0 % y Energía total: 353.3 Kcal. **Conclusión.** La optimización del secado del pan de árbol por métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente permite determinar las mejores condiciones de proceso para obtener un producto aceptable con muy buenas características sensoriales y nutricionales.

Palabras claves: *Artocarpus altilis*, osmodeshidratación, humedad, secado.

ABSTRACT

Objective. To determine the optimal technological process for the drying of tree bread (*Artocarpus altilis*) by combined methods of osmodeshydration and hot air drying.

Methodology. The study was developed in two stages: Optimization of the drying process parameters and determination/characterization of the optimum product. Seeds were extracted with a moisture content of 65.76 (%H), conditioned in 3-5 mm sheets to be taken to osmodeshydration (O.D.) followed by drying by hot air flow (H.A.D.). The Taguchi L8 (2^5) design methodology was used to optimize the process by controlling the parameters: O.D concentration (40-60°Brix), O.D temperature (20-40°C), O.D time (1-8hr), A.C temperature (45-65°C) and A.C time (1-2hr), considering a significance $\alpha=0.05$ for the analysis, management and statistical graphical representation. The products with the lowest %H, which were obtained from the treatments with the best results in the first stage, were sensorially evaluated using a hedonic scale (1-7) and Friedman's nonparametric test.

Results. The optimum technological process (T-op) was determined: Concentration 60 °Brix, Time 8 hrs (O.D) and Temperature 65 °C, Time 2 hrs (A.C). It was found that temperature in the range of 20-40 °C does not have a significant effect on osmodeshydrate. In the sensory evaluation, General Acceptability, Flavor and Color had significant differences between treatments, being the product obtained with "T-op" more effective and sensorially acceptable. Likewise, the characterization of the dehydrated tree bread obtained: Moisture: 12.8 %, Fat: 1.7 %, Ash: 1.0 %, Crude fiber: 0.9 %, Carbohydrates: 76.5 %, Proteins: 8.0 % and Total energy: 353.3 Kcal. **Conclusion.** The optimization of tree bread drying by combined methods of osmodeshydration and hot air allows determining the best process conditions to obtain an acceptable product with very good sensory and nutritional characteristics.

Key words: *Artocarpus altilis*, osmodeshydration, moisture, drying.

INTRODUCCION

La producción de alimentos deshidratados es una técnica muy utilizada en la industria alimentaria para extender la vida útil de los productos. El fruto de *Artocarpus altilis* conocido comúnmente como "pan de árbol" o "pandisho" es muy utilizado en la gastronomía de ciertas regiones del Perú. Sin embargo, su consumo no se ha diversificado y por ende tiene una baja demanda, en el mercado son muy pocos los alimentos preparados o procesados de este fruto.

El osmodeshidratado implica la remoción de agua utilizando soluciones concentradas de azúcares o sales, lo que ayuda a preservar la estructura celular y minimiza la pérdida de nutrientes. Por otro lado, el aire caliente es una técnica de secado convencional que utiliza calor para evaporar el agua presente en los alimentos.

En esta investigación se aborda la optimización del proceso de secado del pan de árbol mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente. Se pretende analizar cómo influyen los parámetros de deshidratación sobre el contenido de humedad del producto para obtener las mejores condiciones de secado.

Así mismo, se evaluarán las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto deshidratado obtenido mediante este enfoque combinado, en comparación con los métodos de secado convencionales. Esto permitirá determinar si la combinación de osmodeshidratado y aire caliente presenta ventajas significativas en términos producto de calidad y de optimización del proceso.

En resumen, esta investigación aborda el desafío de optimizar el secado de *Artocarpus altilis* "pan de árbol" mediante la utilización de métodos combinados de osmodeshidratado y aire caliente para obtener un producto aceptable, que genere mayor disponibilidad del pan de árbol, mayor tiempo de conservación por su baja humedad y satisfacer las necesidades del consumidor.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En Perú y todo el mundo se percibe un notable incremento en el consumo de frutas tropicales, pero también existen algunos frutos que todavía no son valoradas, por desconocimiento de sus propiedades sensoriales o nutricionales, además, por falta de su comercialización como derivados. Es así que se busca nuevas alternativas de consumo alimentario para los alimentos que tienen nutrientes muy importantes para el consumo humano.

Por ello es importante y necesario impulsar el consumo de las frutas producidas en nuestro país para la subsistencia de la población. En tal sentido, una de las plantas frutales de gran interés nutricional principalmente por su alto contenido de proteína y carbohidratos, es el *Artocarpus altilis*, planta frutal que crece en las selvas de nuestro país.

Sin embargo, a pesar de sus valores nutricionales destacadas, este alimento no es ampliamente consumido tanto en su estado natural como en alguna forma procesada. Este desconocimiento conduce a la formación de prejuicios sobre su consumo, lo que resulta en una incorporación limitada en los sistemas de producción agrícola organizados. Como consecuencia, su explotación industrial es limitada, lo que conlleva un aprovechamiento deficiente de sus beneficios nutricionales (Ortiz, 2018).

Actualmente, el pan de árbol no se comercializa como producto procesado, no se conocen técnicas de conservación para esta especie en el Perú, así como técnicas de procesamiento y obtención de productos derivados del pan de árbol, por otro lado, el cultivo y aprovechamiento del pan de árbol en el Perú es poco valorada, difundida y promovida por el gobierno y los agricultores, propiciando así la poca o nula demanda de dicho fruto en el mercado interno que, podría contribuir con la sostenibilidad alimentaria.

En tal sentido, la industria agroalimentaria está buscando nuevas alternativas para la industrialización de nuevos productos que cumplan con los aspectos nutricionales necesarios en el mercado de consumo, pero es necesario investigar para establecer todas las propiedades del pan de árbol para su procesamiento, conservación y comercialización. Productos en diferentes formas como alternativa al consumo de pan de árbol. Asimismo, debido a la ausencia de procedimientos o normas para el manejo postcosecha de la especie *Artocarpus*

altilis y su fruto, se desperdicia una elevada cantidad de la materia prima, lo que permite reevaluar el potencial de este fruto (Mena, 2016).

El proceso de secado de alimentos desempeña un papel fundamental en la conservación de su calidad en aspectos como: propiedades nutricionales, organolépticas y su vida útil que es de gran importancia. Sin embargo, el proceso de secado convencional puede resultar en la pérdida de nutrientes y cambios indeseables en la textura y sabor del producto final. Por lo tanto, es importante desarrollar métodos de secado innovadores que optimicen el proceso y mantengan la calidad del pan de árbol.

Optimizándose el secado de *Artocarpus altilis* “pan de árbol” mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente se mejorará la disponibilidad, la extensión de vida útil del fruto y permitirá la diversificación del producto procesado en el Perú.

Los resultados obtenidos de esta investigación contribuirán al conocimiento científico y podrán ser aplicados en la industria alimentaria, extendiendo la vida útil del pan de árbol mejorando los procesos de secado de este fruto tropical y promoviendo su comercialización a nivel nacional e internacional.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general.

¿Cuál es el proceso tecnológico óptimo para la deshidratación del pan de árbol (*Artocarpus altilis*) mediante métodos combinados, osmodeshidratado y secado por aire caliente?

1.2.2. Problemas específicos.

¿Cuáles son los parámetros del proceso para optimizar?

¿Cuál es el rendimiento del proceso del pan de árbol deshidratado?

¿Cuáles son las características sensoriales del pan de árbol deshidratado?

¿Cuáles son las características físico químicas del pan de árbol deshidratado?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Determinar el proceso tecnológico óptimo para la deshidratación del Pan de árbol (*Artocarpus altilis*) mediante métodos combinados, osmodeshidratado y secado por aire caliente.

1.3.2. Objetivo Específico.

Determinar y optimizar los parámetros del proceso.

Determinar el rendimiento del proceso del pan de árbol deshidratado.

Determinar las características sensoriales del pan de árbol deshidratado.

Determinar las características físico químicas del pan de árbol deshidratado.

1.4. Justificación de la Investigación

1.4.1. Justificación teórica.

Actualmente, no se han realizado estudios sobre métodos alternativos de conservación relacionados con la deshidratación del *Artocarpus altilis* en el Perú. En tal sentido, el presente estudio se realiza también con la finalidad de brindar información, cuyos resultados podrán servir para estudios posteriores relacionados a este tema.

1.4.2. Justificación práctica

La presente investigación tiene una justificación en el sentido práctico porque al obtener los resultados de parámetros óptimos para el proceso de deshidratación, se podrá ejecutar y extender la vida útil del pan de árbol con buenas características organolépticas por mayor tiempo sin perder las propiedades que contiene este fruto.

Asimismo, se tendrá la disponibilidad de este fruto durante todo el año, evitando la pérdida de los excedentes de producción y consumo.

1.4.3. Justificación Social

La presente investigación se justifica en el sentido social porque al extender la vida útil del pan de árbol, se obtiene un producto con mayor valor agregado, favoreciendo a los micro emprendimientos familiares y el comercio regional, ya que se presenta nuevas oportunidades de ingreso económico y la posibilidad de llevar este fruto a mercados internacionales.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación espacial.

Corresponde al área geográfica de departamento de Lima, provincia de Huaura, distrito de Huacho, en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y específicamente en el Laboratorio de Tecnología de alimentos I para el secado del pan de árbol y, por otro lado, en el taller de Evaluación sensorial para la realización de las pruebas y análisis correspondientes, los espacios de laboratorio pertenecen a la facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental.

1.5.2. Delimitación temporal.

El periodo comprendido de esta investigación, corresponde desde los meses de agosto 2022 hasta diciembre del 2022 para la planificación y de enero de 2023 hasta mayo del 2023 (5 meses) correspondiente a la parte experimental de ejecución. En estos meses se tuvo disposición de la materia prima y ejecutar plan de trabajo a fin de obtener los resultados finales para su respectivo análisis de estudio.

1.5.3. Delimitación teórica

Una de las limitaciones que existe es que no se ha reportado muchos estudios nacionales, sin embargo, sí existen estudios internacionales que aportan mucho al presente proyecto de investigación.

1.6. Viabilidad del estudio

La viabilidad tecnológica del presente estudio se logró realizar gracias a la disposición de recursos como la materia prima, información necesaria artículos científicos o tesis referidos en cuanto a la deshidratación de frutas y la disponibilidad de tiempo autogestionado y con

el apoyo del asesor y docentes especialistas en el tema, como también gracias a la UNJFSC que nos brindó los materiales, equipos y espacio necesarios para realizar esta investigación. El presente estudio ha sido autofinanciado, lo que significa que el proyecto no necesitó más fondos o apoyo de ninguna entidad.

Se estableció parámetros adecuados que se acercan a lo cuantificable y controlable para medir los resultados sin dificultad. Dichos parámetros en la optimización del secado del pan de árbol mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente, nos permitió optimizar el proceso y evaluar las características sensoriales, características fisicoquímicas, sin dejar de lado la parte de inocuidad.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Srinivasa (2019) en su artículo “Preservation of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) by Sun Drying and Dehydration” [Conservación de *Artocarpus heterophyllus* por secado al sol y Deshidratación], estandarizó la conservación de la yaca mediante métodos de secado al sol y deshidratación osmótica usando la siguiente metodología: las yacas se lavaron, se pelaron, se retiraron las semillas del bulbo y se cortaron en varias piezas. Se planificó 8 tratamientos que comprenden cuatro concentraciones de jarabes de azúcar (35°, 40°, 45° y 50° Brix) con secado al sol y deshidratación usando secador mecánico. Las rodajas de las yacas se sumergieron en las concentraciones de jarabe de azúcar y se dejaron en remojo durante 30 min. Luego se calentó a 80° C durante 45 min. Luego se conservó nuevamente por 3 horas en remojo y se agregaron 2000 ppm de metabisulfito de potasio. Los primeros 4 grupos se transfirieron a bandejas y se deshidrataron a 50° C por 24 horas posteriormente a 60° C durante 8 horas en un secador mecánico. Los demás grupos se secaron al sol durante ocho días. Se empacó en bolsas de alta densidad de polietileno para ser almacenadas durante 10 meses a temperatura ambiente. Se realizó análisis fisicoquímicos mensuales (humedad, acidez, azúcares totales y reductores), β -caroteno y ácido. La carga microbiana (bacterias, hongos y levaduras) se estimó a intervalos mensuales y un panel de cata evaluó la característica organoléptica de los productos durante el tiempo de almacenamiento. Se utilizó un diseño aleatorio (CRD) bajo métodos estadísticos de M-stat y una Prueba de Duncan de Múltiple Rango (DMRT) hacia las medias. Como resultados se obtuvo un recuento microbiano mínimo para ósmosis en 50° Brix seguida de 45° ambos deshidratados en secador mecánico mientras que los tratamientos por osmosis a 35° Brix y de 40° ambos secados al sol registraron la máxima carga microbiana. La retención de vitamina A (β -caroteno), vitamina C y ácido total y azúcar total fue mejor para la ósmosis en 45° Brix seguida de 50° Brix con secado al sol. El producto con osmosis a 45° Brix obtuvo la puntuación más alta en la evaluación organoléptica y se clasificó como "moderadamente" seguido por el producto de la solución 50° Brix. Se concluyó que, considerando los cambios físico-químicos, la aceptación general de las evaluaciones sensoriales y la cantidad de azúcar necesaria para el jarabe, el tratamiento sometido a osmosis (Brix 45°) y deshidratado con secador mecánico podría seleccionarse para el procesamiento comercial, mientras que el

tratamiento sometido a osmosis (Brix 45°) y secada al sol podría seleccionarse para el procesamiento a nivel de agricultor y familia.

Luna (2018) en su tesis “Determinación de las condiciones de pretratamientos para el proceso de secado de la pulpa de Yaca o Jaca (*Artocarpus Heterophyllus*)”, la metodología que usó fue la siguiente: se trabajó con 4 kg de la fruta, los bulbos obtenidos fueron adecuados a determinadas longitudes, se aplicó los pretratamientos de secado dejando reposar las muestras por un tiempo de 5-7 min en soluciones de sacarosa (30°brix a 80°C) 500 mL e inmediatamente después en 500 ml de solución (ácido ascórbico 1.5% + ácido cítrico 1.5%) durante 60 segundos a temperatura ambiental. Después las muestras se escurrieron y se secaron mediante dos métodos por separado (horno tostador Black & Decker y estufa de laboratorio) ambos a 60° C hasta una textura deseada. Se realizó los análisis fisicoquímicos (carotenoides, firmeza, microestructura, rehidratación, color, tamaño y vitamina C), análisis sensorial afectivo a 12 panelistas bajo parámetros (apariciencia, olor, sabor, textura y aceptación global) mediante test hedónico (9: extremadamente agradable, extremadamente firme y 1: extremadamente desagradable, extremadamente suave). La información se procesó estadísticamente con ANVA y pruebas de media Tukey ($p < 0.05$) usando el software estadístico InfoStat-Statistical, 2012, Se evaluaron carotenoides, vitamina C, color, rehidratación, finura, densidad, microestructura y análisis organoléptico. En sus resultados determinaron que había diferencias significativas en la concentración de vitamina C, capacidad de rehidratación, microestructura, tamaño y firmeza, lo que se debió a los dos métodos de secado utilizados. No hubo diferencias significativas en el color y contenido de los carotenoides, tampoco en ninguno de los marcadores de aceptabilidad por parte del consumidor. De esta forma, es posible obtener el fruto deshidratado aplicando el tratamiento preliminar propuesto y sometiéndolo a dos métodos de deshidratación diferentes de los cuales el método de secado en horno es el método adecuado para la yaca.

De igual manera, **Rodríguez et al. (2018)**, realizaron el estudio de “Cinéticas de secado y caracterización fisicoquímica de la harina elaborada a partir de residuo de jaca (*Artocarpus heterophyllus Lam.*) en diferentes estados de madurez”. En este trabajo de investigación los autores utilizaron los residuos de Jaca para elaborar una harina, con la finalidad de reutilizar y dar beneficio adicional a los frutos sin comercializar. Para el secado de rodajas de residuo de Jaca utilizaron un secador convectivo, en la que dispensaron las rodajas en bandejas del secador con dimensiones de 50x50 cm efectuando el deshidratado de las muestras a

temperaturas de (40, 45, y 50 °C), teniendo un diseño experimental factorial de 3x2 (3 temperaturas y 2 estados de madurez, $\alpha = 0.05$) con la finalidad de estudiar y diferenciar los tratamientos. En el periodo del deshidratado de Jaca, examinaron la disminución de humedad mediante el peso de las rodajas en transcurso de una hora, pesando tres muestras (con peso inicial de $100 \text{ g} \pm 5 \%$), reiterándose hasta no encontrar el cambio del peso de las muestras por un tiempo de 72 horas consecutivas. En la que determinaron el % humedad, el coeficiente de difusión y el tiempo de secado de las rodajas. Llegando a los siguientes resultados de porcentajes de humedad: 74.806% - 87.185%, difusividad del material: $0.891 \times 10^{-8} - 4.542 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$. la caracterización fisicoquímica señaló que sus componentes más importantes son los carbohidratos (33.20% - 42.34%), sucesivo de lípidos (7.45% - 10.79%) y proteínas (5.49% - 6.48%). En la que indican también el aporte de carbohidratos lo hace en forma de fibra lo que hace muy importante para ser agregado a otro alimento. Concluyen que la temperatura adecuada es el de 45°C ya que no hubo una diferencia significativa en casi todos los análisis fisicoquímicos de la harina de Jaca.

Zamora (2016) en su tesis “Caracterización de la fruta de pan (*Artocarpus altilis*) en estado fresco y cocido, de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas del Ecuador”, trazó como objetivo caracterizar el fruto de *Artocarpus altilis* de diferentes lugares de cultivo y analizar las características nutricionales y fisicoquímicas, para ello el autor usó un diseño experimental DCA con un arreglo factorial con 10 tratamientos y 2 réplicas (2x10), para comparación de medias aplicó tukey ($p \leq 0.05$). Dentro de los factores investigados por el autor están las propiedades fisicoquímicas y nutricionales, pH, humedad, cenizas, grasas, fibra, proteínas, energía total, minerales y carbohidratos. Concluye que los resultados de los análisis nutricionales y fisicoquímicas del *Artocarpus altilis* fresco y cocido, evidenciando diferencias significativas entre sus tratamientos. La fruta cocida presenta una mayor variación en grasa, energía y minerales, así mismo, presenta excelentes características sensoriales.

Saxena, Maity, Raju, & Bawa (2015) realizaron un estudio de “Optimization of pretreatment and evaluation of quality of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) bulb crisps developed using combination drying” teniendo como objetivo optimizar los pretratamientos compuestos por Ca infusión de sal y variables de blanqueo por osmosis, como la concentración de la solución de blanqueo, y tiempo de escaldado para sacar las rodajas de bulbo de yaca, al mismo tiempo se evaluó la liofilización y el secado por aire caliente con

respecto de aspectos: textura, calidad sensorial y estabilidad en almacenamiento en términos físicoquímicos y atributos sensoriales. Para ello aplicaron la metodología RSM para las V.I de pretratamiento como la infusión de sal de calcio y los parámetros del blanqueado por osmosis con respecto a la nitidez, color visual y las condiciones de aceptabilidad general de las patatas fritas con la finalidad de reducir el pardeamiento y otros cambios relacionados con la calidad. Utilizando la V.I. en tres niveles cada una para optimizar las condiciones previas del tratamiento, las variables experimentales incluyeron la concentración de la solución de blanqueo (10 – 30 °Brix) para el blanqueado osmótico, el tiempo que emplearon fue de (2 – 6 min) y CaCl₂ concentración (0,5 – 1,5 % p/v). Del mismo modo, las rodajas de yaca llevaron a escaldado osmótica en diferentes jarabes de azúcar a una temperatura de 85 °C. Para el secado con aire caliente, las frutas se llevaron en bandejas a una temperatura de 60 °C a una velocidad de 2 m/s en un tiempo de 2 horas. Llegando a un nivel de humedad de 5-7 %. En la que reportaron que las condiciones adecuadas de los pretratamientos de bulbo de yaca fueron de 1.38% w/v CaCl₂, solución de blanqueo 28.9 °Brix y 5,5 min tiempo de blanqueo.

Por otra parte, **Aguilar (2011)** realizó un “Estudio de la Temperatura y Concentración de Azúcar en la Deshidratación Osmótica de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)” con el objetivo de estudiar el efecto de ambos parámetros en la deshidratación. El diseño factorial utilizado fue de tipo AxB (7x3) con una significancia de $\alpha = 0.05$. con 7 niveles de concentración “Factor A” (50, 53, 56, 59, 62, 65, 68 °Brix) y 3 niveles de temperatura “Factor B” (Ambiente, 35 °C y 50 °C), seguido de una réplica y relación jarabe a fruta (2.5:1). Se evaluaron la humedad, la variación de peso y brix del fruto, el pH y Brix del jarabe cada hora, y se determinó la cinética de osmodeshidratado a partir de la pérdida de peso, perdida de agua y la ganancia de sólidos, con la consigna de evaluar a todos los tratamientos durante el mismo tiempo, se consideró como final el tiempo de 4 horas. Los resultados reportados de los tres mejores tratamientos fueron: a2b2 (56 °Brix; 50 °C), a0b2 (50 °Brix; 50 °C) y a1b2 (53 °Brix; 50 °C), seguidamente se secaron de manera convencional a 60 °C de aire caliente, posteriormente fue llevado a una evaluación sensorial con panelistas semi entrenados, midiendo sus atributos y la aceptabilidad del producto, mostrándose que el mejor proceso o las mejores calificaciones para deshidratar *Artocarpus heterophyllus* Lam. es a2b2 (56 °Brix a 50 °C) respectivamente, considerando que también presenta ventajas económicas sobre los otros.

Castillo (2007) en su investigación “Aprovechamiento de la fruta del árbol de pan (*artocarpus altilis*) para la obtención de un derivado alimenticio (harina)” acondicionaron el pan de arbol en laminas para ser llevadas al deshidratador a unas temperaturas entre 55°C-85°C en un lapso de 5 horas, Las frutas deshidratadas fueron colocadas en baldes plásticos limpios para ser pesadas y luego pasar por una molienda. En sus analisis llegó a obtener una Humedad de 11.48 %, Cenizas 3.01 %, Fibra cruda 0.30 %, Grasa 1.07 %, Carbohidratos 78.17 % y Proteína 6.20 %, En sus conclusiones resalta que, a mayor nivel de temperatura, la perdida de sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas es mayor.

Hurtado (2007) en su tesis “Estandarización y establecimiento de condiciones óptimas del proceso de secado por aire caliente del fruto árbol de pan (*Artocarpus altilis*) a condiciones de Bogotá”, la metodología que usó fue la siguiente: recepción, selección, clasificación, limpieza y desinfección, posteriormente peló y cortó, colocó en bandejas las frutas y deshidrató, dejó enfriar, envasó, almacenó, rehidrató, analizó microbiológicamente y fisicoquímicamente para comprobar la vida útil de los productos deshidratados. Durante el secado por aire caliente, se controlan los siguientes parámetros: temperatura, humedad final y tiempo de secado. Se seleccionó el grosor de las lonchas (5 mm) para utilizarlo posteriormente en el proceso de normalización. Se utilizó el montaje experimental 2³ con las variables especificadas y se encontraron las mejores condiciones para la deshidratación por aire caliente: 5 mm de espesor, 19°C 54% HR de aire fresco, 85°C 25% HR de aire caliente, caudal másico de 17 kg de aire seco/s para un tiempo de tratamiento de 3 horas, que es el tiempo ideal para normalizar el proceso. El producto deshidratado alcanza una humedad final del 5%. Se ha comprobado que, a temperaturas más elevadas, el tiempo de tratamiento es al menos 2 veces inferior al normal. A temperaturas más altas el color se ve afectado, el color original se muestra mejor a temperaturas inferiores a 75°C. El grosor es un factor en el proceso de secado, ya que el tiempo de curación aumenta una media de 1 hora por cada 5 mm a 85°C. El proceso de transformación de ingredientes de fruta fresca para su rehidratación está estandarizado. Además, los estudios sobre la vida útil han demostrado que el método de secado puede utilizarse para prolongar la vida útil del fruto en épocas de escasez, aumentando así su disponibilidad.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Torres (2018) en su estudio “Evaluación del efecto del deshidratado sobre la capacidad antioxidante de la pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus Lam.*)”, acopiaron frutas con contenidos de humedad 68.92%, cenizas 0.77 %, grasas 0.6%, proteínas 1.82%, carbohidratos 27.89% y fibra 1.7%. Las pulpas frescas sometieron a tres ensayos T1 (50 °C), T2 (60 °C) y T3 (70 °C). Se encontró que el T3 con un tiempo de 4 h mostró una capacidad antioxidante de 893,3 μmol Trolox equiv/100g muestra, que es superior a los T1 y T2. Del mismo modo, las muestras T3 mostraron un valor de vitamina C de 6,0 mg a.a./100 g muestra, caroteno total 0,2 mg β -caroteno/100 g muestra, los cuales son inferiores a los valores pulpa en estado fresco. La capacidad antioxidante del producto de T3 (70 °C) aumentó un 250% en relación al fruto fresco, aunque la vitamina C disminuyó un 90% y los carotenos un 45%. Concluye enfocándose en la aceptación general de las muestras deshidratadas durante la evaluación sensorial, así como la capacidad antioxidante y características nutricionales del fruto deshidratado, el T3 (70 °C) se considera un método conveniente para procesar la pulpa comercial de la yaca.

Lopez & Gómez (2017) en su estudio “Obtención de harina del fruto de pan de árbol (*Artocarpus altilis*) para la elaboración de galleta enriquecida con sustitución parcial de harina de trigo” acondicionaron el fruto para ser deshidratados en una estufa a un nivel máximo de temperatura de 60°C por 12 horas y después de una molienda, obtener harina a partir de las semillas hacer una sustitución parcial de harina de trigo por harina de pan de árbol para elaborar galletas enriquecidas. Para ello, se cosecharon frutos de la ciudad de Tarapoto en la región, región de San Martín. Realizado el análisis fisicoquímico de las materias primas, se obtuvo contenido de humedad de 65.01%, proteína en 3.92%, grasa en 4.36%, ceniza en 1.16%, ácido cítrico 0.24% y pH 6.77. El contenido de humedad de la harina fue de 10.77%, pH 5.99, acidez 0.13%, ceniza 2.08%, proteína 8.08 y grasa 6.19%. El análisis sensorial se realizó a partir de 4 tratamientos (70/30, 90/10, 85/15 y 80/20) lo que corresponde a la relación harina de trigo/harina de pan de árbol. Se realizó una evaluación sensorial usando un Diseño de Bloques Completamente Aleatorios (DBCA) y comparaciones múltiples con Tukey. Asistieron 10 jueces no entrenados para evaluar las características de color, olor, sabor y textura. Los sustitutos de la harina de trigo elaborados con un 20% de harina pan de árbol son más aceptables para los consumidores. Los datos experimentales se procesaron con SPSS, Excel y Minitab.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Pan de árbol.

2.2.1.1. Origen del pan de árbol (*Artocarpus altilis*).

Sobre el origen del pan de árbol, Arango & Quijano (2018) mencionan que, el pan de árbol es una planta frondosa de la clase Dicotiledónea, familia Moráceae y genero *Artocarpus*, es originario del sur de Indonesia y muy cultivada en zonas tropicales, desde entonces se extendió a gran parte de las regiones tropicales del mundo a la actualidad. (p. 1)

Actualmente, esta fruta (*Artocarpus altilis*) crece en la región amazónica de nuestro país, especialmente en lugares como Madre de Dios, San Martín, Iquitos, Tumbes cuyo clima es cálido y húmedo lo que constituye zonas propicias para el cultivo de esta fruta.

2.2.1.2. Clasificación taxonómica

Según lo descrito por Carrazco (2010), el pan de árbol (*Artocarpus altilis*) se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 1

Taxonomía del pan de árbol

<i>Artocarpus altilis</i>	
Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Urticales
Familia:	Moraceae
Genero:	<i>Artocarpus</i>
Especie:	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg

Fuente: Carrazco (2010)

2.2.1.3. Nombres comunes del pan de árbol

Acero (2005) menciona que, *Artocarpus altilis* es una especie que fue extendida y adaptada rápidamente a los trópicos de todo el mundo, razón por el cual se le atribuye una cuantiosa diversidad de nombres según el país o región donde se encuentre, en Cuba se le conoce como castaño de malabar; Ecuador y Honduras, fruta de pan; Colombia, castaño de malabar; Brasil, fructa pao; Colombia, pan de año, buen pan, pan de pobre; República Dominicana, buen pan, pan de frutas; en el Perú es conocido como marure, tanta, pan de árbol, fruta de pan, árbol del pan.

2.2.1.4. Descripción morfológica

La especie tropical de *Artocarpus altilis* se ha acoplado a diferentes condiciones del mundo. El árbol generalmente llega a medir aproximadamente de 12 a 15 metros de altura, pero pueden alcanzar hasta 20 metros o más y las plantas que no tienen semillas alcanzan tamaños menores a las plantas que tienen semillas, cuenta con ramas alternas grandes con follaje masivo solo en sus extremos. Sus hojas son temporáneas o perennes, esto depende del clima donde se encuentre, son de color verde brillante logrando alcanzar una longitud de aproximadamente 30 cm. Estas hojas están divididas en 7 – 9 lóbulos pinados, dicho de otro modo, comparten un eje central. (Bioenciclopedia, 2015).



Figura 1. Árbol desarrollado de *Artocarpus altilis*.

Fuente: (Grant, 2019).

El fruto de pan de árbol puede llegar a medir de 10 a 30 cm de diámetro y puede alcanzar un peso aproximado de 3 kg y en cuanto a su color varía de verde claro o amarillento hasta

amarillo cuando está en su estado de madurez. Otra característica del fruto de esta especie es que presenta púas carnosas en su superficie exterior. En todo el pacífico, el árbol de pan presenta una gran variabilidad morfológica, que va de desde variedades sin semillas, a aquellas con muchas semillas reducidos o de una a pocas semillas viables a variedades con semillas viables. (Ragone, 1997).

Carrasco (2010) menciona que, el interior del fruto tiene mínima pulpa comestible con una muy apreciable masa de semillas con un color marrón característico, de forma aplanadas y redondeadas de manera desigual, esto puede ocurrir debido a la compresión que ejerce. Sobre el peso del fruto en total, el 49% es semilla, 21% pulpa, 21% cascara y 9% es el denominado núcleo o corazón. (p. 16)

“Este fruto individualmente contiene aproximadamente 80 semillas, pero este número de semillas en promedio para frutos de un árbol individual comprende de 50 a 100 por lo general” (Zamora, 2016).



Figura 2: Fruto del árbol de *Artocarpus altilis*.

Fuente: (Ragone, 1997).

A cerca de las semillas: Tienen forma convexa y 2.5 a 3.5 cm de tamaño aproximadamente, con dos cutículas o llamadas también cascarillas de protección, la parte interna delgada y apergaminada mientras que la parte externa es leñosa. El peso común que presentan las semillas es de 8,8 gramos y de la totalidad de su peso, el 25% es cáscara y 75% es la parte comestible. La parte principalmente comestible de la fruta son las semillas, debido a que se puede preparar de diferentes maneras. (Carrasco, 2010).

Cuando la fruta está madura las semillas se pueden comer crudas o cocidas, por intermedio del horno o fritas, después de ser cocidos tienen el sabor y textura característico de las patatas y son una muy buena fuente de carbohidratos (almidón), minerales, vitaminas, proteínas y lípidos además tiene un alto contenido de humedad, por ello es un buen componente dietético en muchos lugares. (Echeverri & Hincapie, 2004).



Figura 3: Semillas de *Artocarpus altilis*

Fuente: (*Jardin Botanico SAN FRANCISCO, 2013*).

2.2.1.5. Usos del pan de árbol (*Artocarpus altilis*)

El pan de árbol se usa generalmente para la alimentación como fruta en su estado de madurez y como vegetal cuando este inmaduro. Zamora (2016) menciona que, en sitios como Las Filipinas lo consumen cocido con azúcar y coco, y en otros lugares hornean con pimienta, sal y mantequilla, para ello cortan en rebanadas y posteriormente cubren con harinas para freírlas en grasas; en Hawái la consumen en una sopa agregando leche y verduras; en las Bahamas dejan en agua a los trozos de este fruto hasta que se espesen y posteriormente agregan salsa cocida, carne de cerdo, condimentos, cebolla, leche y dejan cocinar para luego consumirlo. (p. 11)

En Jamaica, la pulpa de la fruta se lleva al deshidratado hasta obtenerla parcialmente seca, posteriormente esto se combina con azúcar, mantequilla, huevos, canela, nueces moscadas para llevar a hervir, y es consumido como avena, de tal manera que en mucho tiempo han sido fuente de alimento y un ingreso económico para muchas familias. Por otro lado, las hojas son usadas para aliviar el asma y disminuir la presión arterial. Además, las hojas son

empleadas para la alimentación de ganado. Así mismo, el látex se consume vencer problemas de diarrea. (Zamora, 2016, p. 11).

“El fruto se puede deshidratar, fermentar en salmuera o de manera natural cuando esté entero, rebanado o molido y las semillas en estado maduro se pueden hervir en agua con sal de tal manera que se consume como aperitivo” (Anchundia & Martillo, 2019).

Varios estudios muestran la producción de harina a partir del fruto de *Artocarpus altilis* para elaboración de panes, galletas, pasteles y entre otros; que pueden ser mezcladas con la harina de trigo en proporciones variadas y se puede usar para dietas de lactantes y ancianos en proporciones viales. Su consumo es limitado en lugares donde crece, debido a que no se conoce a nivel industrial y los beneficios que tiene el árbol de pan. (Anchundia & Martillo, 2019).

2.2.1.6. Macronutrientes de la semilla de Artocarpus altilis.

En los últimos años, las semillas de *Artocarpus altilis* han cobrado importancia, ya que aportan al organismo muchos nutrientes importantes. Hay varios tipos de semillas, que se cree que hacen hincapié en su importancia para la fibra, proteínas, así como grasas saludables y minerales, que se consideran necesidades diarias para el normal funcionamiento del cuerpo humano. (Ortiz, 2018, p. 25). Después del contenido de humedad, este recurso es rico en carbohidratos, fibra y proteínas según las tablas de composición de alimentos.

2.2.1.7. Composición nutricional de la semilla

La semilla del *Artocarpus altilis* es rica en carbohidratos, minerales y vitaminas, tal cual se presenta su composición nutricional por cada 100 gramos en la tabla siguiente:

Tabla 2

Composición nutricional de la semilla de árbol de pan (Artocarpus altilis).

Componentes	Cantidad	Unidad
Humedad	63.4	g
Carbohidratos	24.1	g
Fibra	4.9	g
Proteínas	4.5	g
Grasas	1.8	g
Cenizas	1.3	g
Hierro	0.9	mg
Vitamina C	6.6	mg
Zinc	0.12	mg
Fósforo	255	mg
Calcio	25	mg
Riboflavina	0.09	mg
Tiamina	0.22	mg
Niacina	2.6	mg
Energía	117	kcal

Fuente: (Tablas Peruanas de Composición de alimentos, 2017).

2.2.2. Osmodeshidratado

2.2.2.1. Fundamentos

La deshidratación osmótica u osmodeshidratado es un método que consiste en la remoción del contenido de agua de un alimento como frutas o vegetales por inmersión en una solución de baja actividad acuosa, a esta solución se la conoce como solución osmótica y generalmente está formulada por sales y/o azúcares, que tienen la capacidad de producir una alta presión de ósmosis, permitiendo de esta manera aumentar el tiempo de vida útil y favorecer las características sensoriales, funcionales y nutricionales del producto. (Quilumbaquin, 2019).

El osmodeshidratado es un proceso intermedio ideal en la conservación de las frutas y verduras. En cuanto a su uso a nivel industrial, el producto final del osmodeshidratado es

fruta parcialmente deshidratada donde se puede reducir hasta el 50% del peso original de la fruta. (Torreggiani , 1996).

Con este método, “es posible deshidratar parcialmente alimentos, enteros o fraccionados, sumergiéndolos en una solución acuosa que contiene un soluto concentrado (solución hipertónica) de alta presión osmótica y actividad acuosa baja” (Parzanese, 2012, p. 1).

Cuando el alimento se pone en contacto con la solución, se presentan dos flujos de materia simultáneos y en contracorriente. La primera es el desplazamiento de agua desde el alimento hacia la solución hipertónica, por lo general pueden arrastrar algunos componentes característicos del fruto como el azúcar, pigmentos o vitaminas. Por otro lado, el desplazamiento de los solutos de la solución osmótica, se presentan en sentido contrario al flujo de agua, de tal manera incorporándose al tejido del alimento en la que se presenta una muy baja pérdida de solutos que son propios del alimento. (Wais, 2011). Este proceso se representa en la siguiente figura:

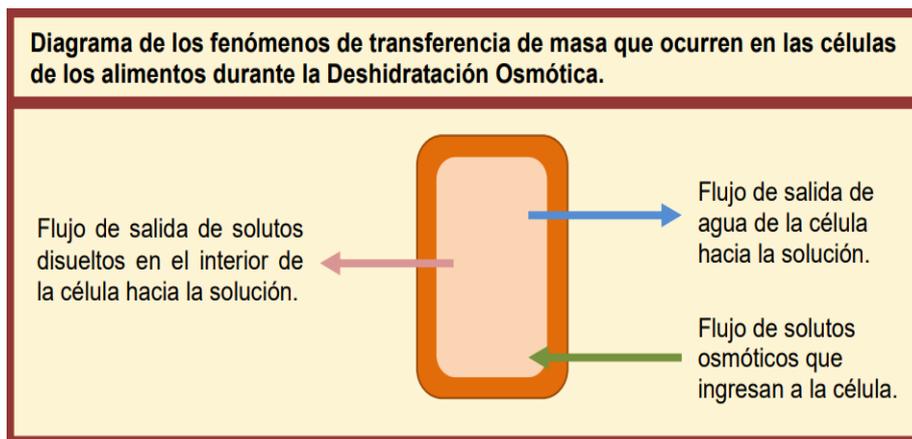


Figura 4. Transferencia de masa durante el osmodeshidratado.

Fuente: (Parzanese, 2012).

El proceso de DO se caracteriza por dos etapas: una fase dinámica y una fase de equilibrio, en la primera, la velocidad de la materia disminuye progresivamente hasta alcanzar el equilibrio. La ósmosis finaliza cuando se alcanza ese equilibrio, dicho de otro modo, cuando se anula la velocidad neta de transferencia másica. El agua se elimina principalmente por flujo capilar de difusión, mientras que la penetración de solutos en las materias primas y la filtración de los componentes del producto se produce únicamente por difusión. (Della & Mascheroni, 2011).

Por otra parte, Yupanqui (2010) menciona que, cuando las frutas y verduras se remojan en una solución azucarada, las sustancias se difunden fuera de la célula, por lo que la energía cinética se dirige menos hacia el exterior de la célula junto con un fuerte movimiento del agua. El movimiento del fluido entre la membrana podría detenerse aplicando presión al medio osmótico desde el lado donde se tiene mayor concentración de soluto. La medida que impide el paso de los solutos a través de membranas semipermeables se conoce como presión osmótica (PO), el cual es una propiedad de la solución. La PO se basa en 4 leyes: es proporcional a la temperatura; es proporcional a la concentración; no tiene ningún efecto sobre la naturaleza del soluto; todas las soluciones isomoleculares poseen la misma presión osmótica. Es importante que el soluto liberado por la fruta sea compatible con las propiedades organolépticas de la fruta, por lo tanto, el azúcar es el principal agente osmótico cuando se requiere la deshidratación osmótica de la fruta. (p. 21)

Sobre el osmodeshidratado, “la aplicación de esta técnica en las industrias de frutas mínimamente procesadas es de beneficio para las características organolépticas del producto y el organismo humano” (Castelló, 2007, p. 4).

En ese contexto, algunos pretratamientos de la fruta pueden reducir la tasa de respiración sin alterar sensiblemente sus características sensoriales o gustativas, alargando así el tiempo de vida útil del producto y facilitando las condiciones de envasado, además de mejorar su comercialización aplicando las condiciones de calidad, distribución y almacenamientos de dichas frutas perecederas, además es importante destacar los beneficios económicos y sociales del desarrollo de tecnologías que permitan el desarrollo de los sectores de agrícola e industrial en beneficio de la sociedad. (Julca & Vásquez, 2018).

Por lo tanto, el osmodeshidratado es una técnica muy importante que puede usarse sola o como un paso importante en varios protocolos de deshidratación porque no daña el color, aroma, textura y sabor del producto, también se impide la disminución de la mayoría de los nutrientes. Con este método no se requiere mayor gasto energético debido a que se realiza a bajas temperaturas.

2.2.2.2. Ventajas y desventajas del osmodeshidratado

Las principales ventajas y desventajas del osmodeshidratado en comparación a otros tratamientos de deshidratación empleados en la industria de los alimentos son los siguientes:

Tabla 3

Ventajas y desventajas del osmodeshidratado

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Es eficiente bajo el aspecto energético, pues se puede llevar a temperatura ambiental sin que se produzca el cambio de fase del agua. • No produce un significativo daño en la textura del producto debido a que no es sometido a muy altas temperaturas. • La alta concentración de sacarosa que rodea los trozos de fruta ayuda a evitar la decoloración de la fruta debida a la oxidación enzimática. Por ello se puede obtener un buen color del producto sin tratamiento químico. • La DO se considera un pretratamiento del secado con aire caliente, lo que favorece en reducir los costos de esa operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo de la solución deshidratante: La solución se puede volver a usar, pero la contaminación por microorganismos puede ser muy considerable. • Generalmente posterior a la DO es necesario una operación adicional con la finalidad de estabilizar completamente el producto • Los residuos de azúcar que quedan en la superficie del producto tras el secado por permeación pueden ser indeseables.

Fuente: (Vasquez, 2007)

2.2.2.3. Factores que afectan el osmodeshidratado

Los factores más importantes que inciden en la velocidad del osmodeshidratado y características del producto obtenido referente a su tipo y estructura son: a) La estructura y geometría/tamaño del tejido a deshidratar, b) La madurez del producto, relacionado a su estructura de membrana celular, espacio intercelular, cantidad de sólidos, compactación del tejido, etc, c) Factores relacionados con el proceso como la concentración y tipo de agente osmótico, la temperatura, la duración del tratamiento. (Castelló, 2008, p. 62).

Además, los factores que pueden alterar la pérdida de agua osmótica afectan a la velocidad de pérdida de agua. Factores muy importantes en el proceso de deshidratación son: la sustancia del alimento, la proporción entre el alimento y la solución, los aditivos, la forma

de mezclar, la concentración y el tipo de solución osmótica, la presión, la temperatura y el uso de membranas. (Yupanqui, 2010).

2.2.2.4. Tipo de solución osmótica

La elección del tipo de agente osmótico dependerá de diferentes factores que se consideraran al momento de realizar la investigación como, por ejemplo: el tipo de materia prima a tratar, el costo del soluto, peso molecular de solutos, afinidades organolépticas, conservación del producto final y la acción del soluto realizando las características sensoriales del alimento. La solución más utilizada para el osmodeshidratado es una solución de sacarosa, pero en otros casos incorporan con un contenido mínimo de NaCl. (Gamboa & Silva, 2018). En definitiva, la elección del agente osmótico tiene una relación importante con la calidad del producto a obtener, las características organolépticas deseadas y a su vez el costo del soluto. Ahora bien, la sacarosa por su eficacia, disponibilidad y sabor agradable es un soluto muy conveniente a utilizar en la mayoría de casos.

2.2.2.5. Concentración de la solución osmótica

En cuanto a la concentración del medio osmótico, este afecta directamente a la pérdida de peso, la velocidad de secado aumentará a medida que la concentración empleada sea mayor, puesto que la actividad del agua de la solución disminuye a conforme aumenta la concentración. A mayor concentración de soluto en la solución osmótica, mayor es la diferencia de presión osmótica entre la solución y el producto, lo que aumenta la velocidad a la que el agua sale del producto. Sin embargo, hay que tener en cuenta que concentraciones muy elevadas de solutos pueden formar una capa de solutos en la superficie de la fruta, impidiendo la pérdida de agua. (Parzanese, 2012, como se citó en Caguas, 2020, p. 7).

2.2.2.6. Cinética del osmodeshidratado

El interés de estudiar la cinética del osmodeshidratado es en base a la posibilidad de extraer información sobre la influencia de los factores que intervienen en el proceso, como la concentración de la solución, la temperatura, el tipo de agua, etc., los solutos (sacarosa, sal, etc.), el tamaño de la fruta y su capacidad de retención. principalmente el tiempo. En cuanto a la temperatura y su efecto, se observó que un aumento de su valor es favorable en magnitud

y velocidad de penetración de la masa disuelta en el interior del fruto ensayado, es decir, para el proceso de impregnación. (Lenart & Flink, 1984).

“La cinética del proceso de osmodeshidratado depende en gran medida del espesor y de la geometría del fruto, así como también de las propiedades de la solución, que está siendo utilizado como solución osmótica para la deshidratación de frutas” (García *et al.*, 2013).

Así mismo, Sachetti *et al.* (2001) indica que la cinética de osmodeshidratado debe estudiarse mediante ecuaciones para calcular el porcentaje de pérdida de agua (% PH), porcentaje de ganancia de sólidos (% GS) y porcentaje de pérdida de (% PM), que en relación a la masa inicial se expresa en las siguientes ecuaciones matemáticas:

A. Perdida porcentual de agua P_H (%)

$$P_H(\%) = \frac{(P_o * H_o) - (P_t * H_t)}{P_o} \times 100$$

B. Ganancia porcentual de solidos G_S (%)

$$G_S(\%) = \frac{(P_t * SS_t) - P_o * SS_o)}{P_o} \times 100$$

C. Perdida porcentual de masa P_m (%)

$$P_m(\%) = \frac{(P_o - P_t)}{P_o} \times 100$$

Donde:

P_o : Peso de la muestra al tiempo $t = 0$

P_t : Peso de la muestra tratado hasta el tiempo t

H_o : humedad de la muestra al tiempo $t = 0$

H_t : humedad de la muestra tratado al tiempo t

SS_o : °Brix de la muestra al tiempo = 0

SS_t : °Brix de la muestra al tratado al tiempo t

2.2.2.7. Tiempo del proceso del osmodeshidratado

“Para lograr el equilibrio se requiere, en general, periodos extensos de tiempo. No obstante, se ha descubierto que no es significativa la transferencia de masa pasado las cuatro o cinco horas” (Lenart & Flink, 1984). Además, el tiempo de proceso, se basa a que cambios se requiere llegar en la fruta, por ejemplo, en el caso de: Impregnación, pretratamiento osmótico, osmodeshidratación, elaboración de fruta confitada, entre otros. La ganancia de sólidos (%GS) y la pérdida de humedad (%PH) durante el osmodeshidratado se puede observar, gráficamente, en la siguiente figura:

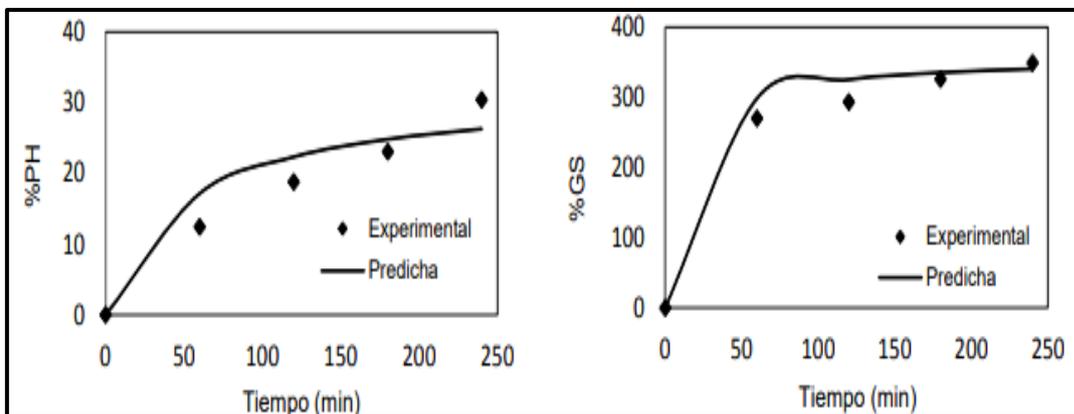


Figura 5. Graficas cinéticas de la deshidratación osmótica.

Fuente: (Zapata *et al.*, 2016).

2.2.2.8. Secado como operación complementaria al osmodeshidratado

El proceso de osmodeshidratado permite disminuir la actividad de agua (A_w) a valores que inhiben o retardan en gran medida el crecimiento de agentes microbiológicos, por lo que se denomina pretratamiento. Así pues, si el objetivo del proceso de fabricación es producir alimentos con una A_w baja, la deshidratación osmótica es la primera etapa, la segunda etapa debe combinarse para alcanzar el valor de A_w deseado, lo que da lugar al proceso combinado. (Wais, 2011).

Debido a que la fruta deshidratada permeable aún contiene entre un 20 y un 30% de humedad, se pueden utilizar procesos de secado adicionales para prolongar la vida útil del

alimento durante más tiempo. Estos procesos incluyen el secado por flujo de aire caliente, el secado por microondas, el secado al vacío y, para alimentos de alto valor añadido, puede utilizarse el proceso de liofilización. (Peña, 2019, p. 23).

2.2.3. Secado por aire caliente

2.2.3.1. Fundamentos

El secado por aire caliente es un método que utiliza el calor para eliminar el agua de ciertos alimentos por evaporación, esto inhibe el crecimiento de determinados microorganismos debido a que no pueden vivir en un medio seco. (Quilumbaquin, 2019).

Vega & Fito (2005) mencionan que “el secado de frutas y hortalizas con el uso de aire caliente a altas temperaturas altera el valor nutricional y las propiedades sensoriales del producto”.

Por lo tanto, la temperatura de secado es un factor muy importante a tomar en cuenta en los estudios de cinética, ya que se sabe que a temperaturas elevadas se puede acelerar el proceso sin embargo la disminución de tiempo del proceso no compensaría la pérdida de calidad del producto. La velocidad del secado depende del grosor y la forma del alimento, así como de las características del aire utilizado en el proceso de secado, ya sea, la humedad relativa, la velocidad del flujo de aire y la temperatura, por lo que debe utilizarse una temperatura en el intervalo (40-80 °C) y una velocidad del aire de $2,0 \pm 0,2$ m/s para secar fruta utilizando este método. (Quilumbaquin, 2019).

Generalmente, el secado significa remover una cantidad relativamente pequeña de agua de un material concreto. La evaporación se refiere a la eliminación de una cantidad significativa de agua; además, el agua se elimina en forma de vapor en el punto de ebullición. Durante el proceso de secado, casi siempre se elimina agua en forma de vapor de agua con aire. (Geankoplis, 1998).

En el ámbito de la producción alimentaria, el secado se considera una operación muy compleja, ya que es necesario tener en cuenta los fenómenos sincrónicos de transferencia de calor y masa, sin descuidar el impacto sobre las características físicas y propiedades nutricionales de los alimentos. (Gutiérrez *et al.*, 2015).

Los alimentos presentan una composición heterogénea que incluye nutrientes valiosos que son susceptibles y variables a altas temperaturas, acidez elevada y presiones extremas, entonces, no todos los métodos de secado son igualmente efectivos para todos los tipos de alimentos. Al considerar los principios fundamentales de transferencia de energía y masa, como la transferencia convectiva, conductiva, radiactiva, y la transferencia de masa por difusión o convección, al iniciar el proceso de secado es importante tener en cuenta estos factores. (Gutiérrez *et al.*, 2015).

Fito, Andrés, Barat, & Albors (2001) mencionaron que se reconoce que una estrategia combinada que involucra la osmodeshidratación como etapa preliminar, seguida de un proceso de secado por convección utilizando aire caliente, representa una opción favorable en términos de la calidad del producto obtenido, eficiencia energética y capacidad económica del procedimiento.

2.2.3.2. Factores que afectan el proceso de secado.

Zayas (2010) manifiesta que “la temperatura, humedad relativa y la velocidad del aire, son factores muy importantes que intervienen durante el proceso de secado”.

2.2.3.2.1. Temperatura del aire.

Este parámetro ejerce un rol fundamental en el proceso de secado. De acuerdo al aumento de su costo se acelera la supresión de humedad en los parámetros probables. En la práctica, la decisión de elegir la temperatura se realiza bajo el criterio de importancia a la materia prima que vaya a someterse al proceso. (Ellwanger, 2009, p. 6).

2.2.3.2.2. Humedad relativa del aire.

Se describe como la relación entre la presión actual del vapor y la presión de saturación del vapor a la misma temperatura. Conforme aumenta la temperatura del aire, se incrementa su capacidad de absorber humedad y viceversa. Una vez que el aire tiene su capacidad máxima, se plantea que hablamos de un aire saturado en su totalidad y por ende no es capaz de seguir absorbiendo más humedad, mientras que, un aire insaturado puede llevar a cabo absorber una porción definida de humedad hasta conseguir su saturación. (Ellwanger, 2009, p. 6).

2.2.3.2.3. *Velocidad del aire.*

Ellwanger (2009) afirma que las principales funciones de la velocidad o rapidez del aire en el interior del secador es, primero, calentar el agua contenida en el alimento a través de la transferencia de energía necesaria para evaporarla y, segundo, eliminar la humedad del espacio por fuerza de flujo. Durante las primeras horas del proceso, la velocidad del aire desempeña un papel decisivo, especialmente si el material tiene un contenido de humedad alto. Cuanto más alto sea el valor de la velocidad del aire, más rápida será la evaporación y por ende un tiempo de secado menor, si la velocidad del aire y de evaporación disminuye, el tiempo de secado aumentará. Por esta razón, es necesaria una circulación de aire fuerte y frecuente para garantizar un secado rápido y uniforme. (p. 6)

2.2.3.3. *Ventajas y desventajas del secado por aire caliente.*

Tabla 4

Ventajas y Desventajas del secado por aire caliente

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Se reduce la probabilidad de su deterioro biológico.• Los alimentos secos tienen la posibilidad de almacenarse en periodos de tiempo bastante largos (de 24 horas hasta 48 meses).• En ocasiones genera un alimento con mejores características sensoriales.• Se disminuye el peso hasta en una quinta parte de forma efectiva.• Estabilidad microbiológica y fisicoquímica del alimento.• Se disminuye el volumen del alimento.• Se incrementa la eficiencia en el transporte y almacenaje del producto, en contraste con la reducción de costos.	<ul style="list-style-type: none">• Variación de calidad nutricional por degradación de compuestos orgánicos sensibles a cambios elevados de temperaturas.• Dependiendo del producto, debilita sus propiedades, como la textura, el sabor, el color entre otros.• Tras la hidratación, no presenta las características de los productos frescos, ni sabor ni consistencia.• La eliminación de la humedad se debe hacer de forma que el daño a su calidad no sea significativo.• La operación consume mucha energía por lo tanto se incrementa el precio del producto terminado.

Fuente: Ellwanger (2009)

2.2.3.4. Cinética de secado

La velocidad de secado está relacionada con el cambio del contenido de humedad del alimento y la tasa de evaporación a lo largo del periodo. La cinética se ve afectada por una serie de factores, entre ellos: el contenido de agua del producto a secar, el contenido de humedad del aire de secado, así como el tamaño y el diseño del equipo de secado. (Velásquez, 2007, p. 5).

“Los datos que se obtienen al realizar un experimento de secado por lotes, principalmente se expresa como peso total (W) del sólido húmedo (humedad más sólido seco) a diferentes tiempos (t horas) en el lapso de secado” (Coloma-Paxi *et al.*, 2017).

Las curvas obtenidas a partir de datos experimentales proporcionan datos acerca de las velocidades de secado de los productos alimenticios en determinadas condiciones. Se fabrican preferentemente en regeneradores del equipo de proceso lo más cerca posible utilizando condiciones atmosféricas similares a las utilizadas en el proceso. La información recogida de estas curvas se usa para a) seleccionar un secador, b) determinar las condiciones de funcionamiento, c) estimar, calcular o predecir los tiempos de secado. (Carrasco, 2010).

La curva de secado se obtiene trazando en el gráfico el contenido de agua del producto o la velocidad de secado en función del tiempo. Con la ayuda de las curvas cinemáticas de secado (dx/dt vs x , x vs t), que deben obtenerse a nivel de laboratorio, se puede conocer el consumo de energía, el tiempo de secado, la velocidad de secado, mecanismo de movimiento de la humedad, condiciones del intercambio de calor y masa, entre otros. (Carrasco, 2010).

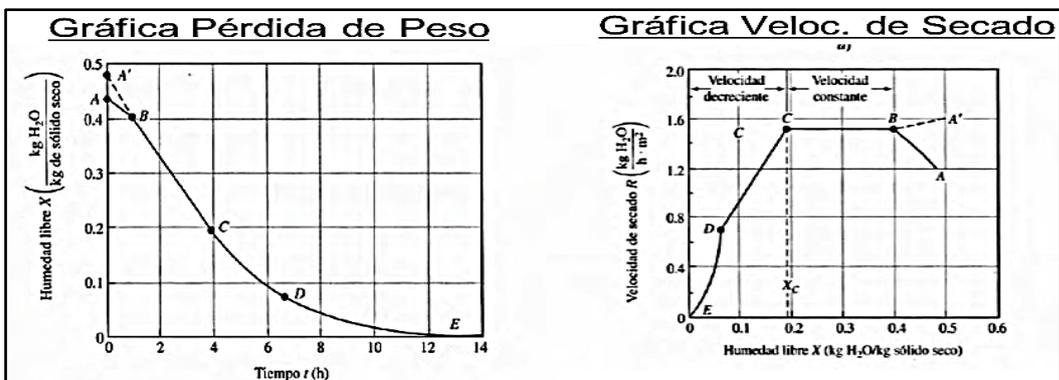


Figura 6. Cinética del secado.

Fuente: (Alfaro, 2016).

2.2.4. Requisitos generales de frutas deshidratadas

De acuerdo a la NTP 209.147 (revisada el 2017) Frutas deshidratadas, Melocotones secos, los requisitos son mostrados a continuación:

- a. El contenido de humedad será de 22 % como máximo.
- b. No debe contener impurezas ni minerales procedentes de piedras u otros materiales.
- c. No debe haber hojas o fragmentos de hojas y otras materias vegetales extrañas.
- d. La cantidad de frutos secos procedentes de frutos inmaduros poco desarrollados no debe superar el 4% en masa.
- e. La cantidad de frutos dañados no supera el 5% en masa.
- f. El peso total de los frutos secos defectuosos mencionados en las letras d) y e) no superará el 5% en masa.

2.3. Definición de términos básicos

a. Cinética

La cinética del secado de un material no es más que la dependencia de la humedad del material y de la magnitud de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este, como la propia humedad o las dimensiones del equipo. Precisamente expresa el decrecimiento del contenido en humedad independiente de un sólido por unidad de tiempo.

b. Actividad de agua (Aw)

La actividad de agua (Aw) es el contenido de humedad de equilibrio de un producto, determinado por la presión parcial del vapor de agua sobre su superficie. Aw depende de la estructura, la temperatura y el contenido de agua del producto, por lo que es uno de los aspectos más importantes para determinar la calidad y la estabilidad de un producto alimenticio, ya que afecta a características de calidad como el olor, color, textura, sabor, el aporte nutricional del producto y su vida útil.

c. Evaluación sensorial

Es un tipo de análisis de las propiedades sensoriales de un producto que puede realizarse utilizando los sentidos humanos. Es una valoración del aspecto, olor, gusto, textura y sabor de un alimento o ingrediente. Este tipo de investigación abarca un grupo de métodos para evaluar sobre la respuesta de una persona a un alimento. Proporciona suficiente información para el desarrollo o la optimización, para la comunidad científica de la industria alimentaria y para los responsables de las organizaciones. Por medio de varios estudios, la evaluación sensorial posibilita hacer el control de la calidad organoléptica de alimentos y bebidas, explicación de perfiles y comparación con otros productos, por medio de paneles entrenados y es usada para conocer las preferencias y aceptabilidad de productos en estudios hechos con clientes.

d. Ósmosis

La ósmosis es un fenómeno de difusión pasiva que ocurre una vez que hay 2 soluciones en un medio con distinta concentración de solutos, que permanecen separadas por una membrana semipermeable (deja pasar solo el disolvente). Este fenómeno es producido de forma espontánea sin necesidad de aporte energético.

e. Presión osmótica

La presión osmótica se describe como la presión que debe aplicarse para impedir el flujo neto de disolvente a través de una membrana semipermeable.

f. Solución hipertónica

Es el medio en el cual la concentración del soluto es mayor con respecto a la solución contigua.

g. Rendimiento de proceso

El rendimiento de proceso determina la cantidad de productos terminados que entrega un proceso en un periodo de tiempo establecido. Se le conoce también como la tasa de flujo, tiene una correspondencia directa con el tiempo de ciclo y ayuda a determinar la eficiencia

del proceso. Además, es fundamental indicar que el rendimiento del proceso hace referencia solo a elementos completados.

2.4. Formulación de la Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La utilización de métodos combinados por osmodeshidratación y aire caliente influye significativamente en la optimización del secado de pan árbol.

2.4.2. Hipótesis Específicos

Mediante la determinación de los parámetros se podrá optimizar el secado de pan de árbol por métodos combinados por osmodeshidratación y aire caliente.

La determinación del rendimiento de proceso permitirá conocer en qué medida se obtiene pan de árbol deshidratado por lote de materia prima.

Determinando las características sensoriales del pan de árbol deshidratado se obtendrá un grado significativo de aceptación sensorial.

Determinando las características fisicoquímicas del pan de árbol deshidratado se caracterizará al producto final.

2.5. Operacionalización de las variables

Las variables de estudio se presentan la tabla 5 y en la tabla 6 se muestra la operacionalización de las variables, detallándose las dimensiones, indicadores de estudio y los instrumentos que se utilizarán para la cuantificación.

Tabla 5

Variables dependientes e independientes

		Concentración de la Solución Osmótica.	
		Osmodeshidratación	Temperatura de deshidratación del medio.
Independiente	X ₁		Tiempo de inmersión.
		Secado por aire caliente	Temperatura del medio. Tiempo de exposición.
DEPENDIENTES	Dependiente	Características organolépticas	Color característico del pan de árbol deshidratado.
			Aroma característico del pan de árbol deshidratado.
			Textura característica del pan de árbol deshidratado.
			Sabor característico del pan de árbol deshidratado.
			Aceptabilidad general del producto.
Y ₁	Características fisicoquímicas	Contenido de humedad después del proceso.	
		Contenido de grasa, cenizas, fibra, carbohidratos, proteínas, energía total del producto.	
		Rendimiento de proceso	Pérdida de masa en cada operación del proceso.

Tabla 6

Operacionalización de variables e indicadores.

Variable Nominal	Tipo de variable	Definición operacional	Dimensiones	Rangos	Indicadores	Técnica e instrumentos
Proceso tecnológico óptimo para la deshidratación del pan de árbol por métodos combinados	Independiente	Osmodeshidratación	Concentración de la solución	[40-60]	°Brix	Refractómetro
			Temperatura	[20-40]	°C	Termómetro
			Tiempo	[1-8]	hr	Cronómetro
		Secado por aire caliente	Temperatura.	[45-65]	°C	Termómetro
			Tiempo	[1-2]	hr	Cronómetro
Aceptabilidad sensorial del pan de árbol deshidratado	Dependiente	Características organolépticas	Olor			Análisis sensorial
			Color			Análisis sensorial
			Sabor	Escala hedónica de 7 puntos.	De 1 a 7, siendo 1 “me disgusta extremadamente” y 7 “me gusta extremadamente”.	Análisis sensorial
			Textura			Análisis sensorial
			Aceptabilidad General			Análisis sensorial
Características fisicoquímicas y rendimiento de proceso del pan de árbol deshidratado	Dependiente	Características fisicoquímicas	Contenido de Humedad final	[< 100]	g agua/ 100g de producto (% H)	Método AOAC
			Contenido de grasa, cenizas, fibra, carbohidratos, proteínas, energía total.	[< 100]	g /100 g del producto	Análisis proximal
		Rendimiento del proceso	Rendimiento másico	[< 100]	%	Balanza

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

Este estudio de investigación es de tipo adaptativa porque se aplicó tecnologías ya existentes como lo son el osmodeshidratado y el secado por aire caliente, ambos métodos combinados como eje principal del proceso de secado de pan de árbol, con el fin de conservar y extender la vida útil de esta materia prima. La naturaleza de la metodología es experimental, de carácter cuantitativo y aplicada de acuerdo al propósito porque se busca difundir conocimiento de aplicación directa a cierta problemática de la población y sector de industrias alimentarias.

3.1.1. Ubicación

Este estudio se ejecutó en el laboratorio de Tecnología de alimentos I para una primera etapa y para la segunda, se optó el taller Evaluación sensorial, ambos espacios de investigación pertenecientes a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

3.1.2. Materiales e insumos

En el presente estudio se hizo uso de los siguientes materiales, insumos y equipos:

A. Materiales

- Ollas
- Cucharas
- Cuchillo
- Bandejas plásticas con tapa
- Colador
- Tablas plásticas para cortar
- Bolsas con cierre hermético

- Jarra de medida

B. Insumos

- Pan de árbol
- Sacarosa
- Agua tratada

C. Equipos

- Cocina
- Balanza analítica (0,0001 gr - 200gr)
- Balanza digital (1 gr - 10000gr)
- Deshidratador con flujo de aire caliente (45- 70 °C)
- Estufa
- Termómetro
- Cronómetro
- Refractómetro

3.1.3. Diseño experimental

Para el análisis, gestión y representación gráfica estadística, esta investigación tomó como base un diseño de Taguchi, en el cual, se incluye el análisis de varianza (ANOVA) para efectos de los factores controlables y relaciones Señal a ruido (SN), para determinar si existe un efecto significativo de cada factor y sus niveles sobre la variable de respuesta y sobre la reducción de variabilidad del proceso al minimizar los efectos de factores ruido. Se considera el criterio de decisión del Valor $p < 0.05$, verificando que es significativo. Además, se hizo uso de la función

“Predecir resultados de Taguchi” que mediante la determinación de los mejores niveles de factor se hace más robusto la optimización del proceso. Así mismo, para los datos obtenidos de la evaluación sensorial se optó por la prueba no paramétrico de Friedman, mediante el software Minitab 2019 versión de prueba.

3.1.4. Tratamientos

Los tratamientos se desarrollaron en dos etapas, los cuales se detallan a continuación:

3.1.4.1. Etapa I: Optimización de los parámetros del proceso de deshidratación

El modelo de diseño experimental propuesto por Taguchi se puede observar la aditividad para efectos principales y el bajo enfoque para las interacciones del cual se ampara esta metodología y se expresa a continuación:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1x_1 + \alpha_2x_2 + \alpha_3x_3 + \dots + \alpha_ix_i$$

Donde:

Y : Humedad final del producto deshidratado (% Humedad).

α_i : Coeficientes de regresión del efecto principal del factor i.

x_i : Variables independientes o factores controlables del proceso.

La clave de esta metodología es que se trata de un arreglo ortogonal, el cual no es más que el arreglo factorial fraccionado que usa como medio para realizar del experimento, así como el uso de una medida de variabilidad, denominada índice señal ruido (S/N) para realizar el análisis de resultados. El índice SN tiene como unidad de medida el decibel (db). Según la característica de calidad en estudio: variable dependiente (% Humedad final), se toma como criterio la relación S/N “menor es mejor” expresado por:

$$S/N = -10 * \log(\Sigma(Y^2) / n)$$

Donde:

Y = Humedad final del producto deshidratado (% Humedad).

n = número de respuestas.

El objetivo de la primera etapa es optimizar los parámetros controlables pertenecientes a los métodos combinados de osmodeshidratado y secado por aire caliente para reducir significativamente el contenido de humedad inicial presente en el pan de árbol hasta un valor final bajo ideal para productos deshidratados. Los factores y niveles de estudio para optimizar en esta primera etapa se presentan a continuación:

Tabla 7

Factores de control y niveles de trabajo

		Factores	Niveles		
Osmodeshidratación (O.D.)	Concentración de la Solución Osmótica		40	60	°Brix
	Temperatura de osmodeshidratado		20	40	°C
	Tiempo de inmersión		1	8	hr
Secado por aire caliente (A.C.)	Temperatura del medio		45	65	°C
	Tiempo de exposición		1	2	hr

Después de insertar los factores y niveles en el software Minitab versión 2019 se diseñó un arreglo L8 (2^5) de Taguchi, por lo cual se trabajó con 8 corridas experimentales:

Tabla 8

Diseño experimental para la optimización

Tratamiento	Osmodeshidratado			Secado por aire caliente		% Humedad Final
	Concentración O.D.	Temperatura O.D.	Tiempo O.D.	Temperatura A.C.	Tiempo A.C.	
1	40	20	1	45	1	
2	40	20	1	65	2	
3	40	40	8	45	1	
4	40	40	8	65	2	
5	60	20	8	45	2	
6	60	20	8	65	1	
7	60	40	1	45	2	
8	60	40	1	65	1	

3.1.4.2. Etapa II: Determinación y caracterización del producto óptimo

La tabla 9 se muestra la codificación de las muestras tras la determinación de los mejores tratamientos que poseen una influencia más óptima (TX y TY) sobre la variable respuesta (% Humedad final) y además de un tratamiento robusto para el proceso (TZ) que maximiza la optimización según Taguchi. Los tratamientos se sometieron a una la evaluación sensorial con 50 panelistas semientrenados. En la tabla 10 se muestra la forma de ordenamiento de las respuestas. Los datos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Friedman para verificar si existe diferencia significativa entre las muestras.

Tabla 9

Detalle de los tratamientos para la evaluación sensorial.

Tratamiento	Representación	Código
Mejor tratamiento de estudio 1	T _X	789
Mejor tratamiento de estudio 2	T _Y	321
Tratamiento optimizado (T-op)	T _Z	456

Tabla 10

Ordenamiento de datos de la evaluación sensorial.

corridas	Juez (J)	Tratamiento (T)	Respuestas				
			R1	R2	R3	R4	R5
			Olor	Color	Sabor	Textura	Aceptabilidad General
1	1	X					
2	1	Y					
3	1	Z					
4	2	X					
5	2	Y					
6	2	Z					
.	.	.					
.	.	.					
.	.	.					
148	50	X					
149	50	Y					
150	50	Z					

3.1.5. Características del área experimental

3.1.5.1. *Etapa I: Optimización de los parámetros del proceso de deshidratación*

- a. **Recepción:** El proceso inicia con el recibimiento de los frutos del pan de árbol (*Artocarpus altilis*), los cuales llegaron en su estado firmeza y se retiró frutas que presentaron daños mecánicos para evitar contaminación cruzada.
- b. **Lavado/Desinfección:** En esta operación se efectúa con agua en chorros a presión para remover materias extrañas adheridas en las pieles superficiales de las frutas.
- c. **Extracción de Semillas:** En esta etapa se procede a extraer manualmente todas las semillas de la pulpa. Además, en estado fresco se determinó el porcentaje inicial de Humedad de la semilla como dato referencial.
- d. **Escaldado:** Se sumergen las semillas en agua a temperatura de entre 80 y 85 °C por el tiempo de 4 a 5 minutos para facilitar el descascarado y evitar el pardeamiento. Se determinó el contenido de humedad de la fruta saliente.
- e. **Pelado/Descascarado:** Esta operación consiste en retirar las cascaras manualmente de las semillas escaldadas.
- f. **Troceado/Laminado:** En esta operación se procede a laminar de 3 – 5 mm de grosor para tener una deshidratación uniforme, teniendo en cuenta las buenas prácticas de manipulación.
- g. **Preparación de solución:** Se prepara la solución de azúcar comercial en agua fría a una concentración de 40 y 60 °Brix respectivamente.
- h. **Deshidratación Osmótica:** En esta operación se introducen las láminas de las semillas en la solución. Para lo cual se utilizará una relación de Fruta/Solución de 1: 2.5 en peso. Lo cual, se deja en reposo durante 1 – 8 horas y a una temperatura de 20 y 40 °C respectivamente, según el diseño experimental.

- i. Drenado/Pesado:** Consiste en separar las láminas de la solución, se drenan y se deja escurrir las láminas por 15 - 20 minutos, se colocaron sobre papel absorbente para su posterior pesado y se anotó su peso correspondiente.

- j. Deshidratación por A.C.:** Esta operación consiste en colocar las láminas de la semilla de pan de árbol correspondientes de cada tratamiento en diferentes bandejas para someterlas al secado por flujo de aire caliente en un secador convencional a temperaturas de 45 – 65 °C y el tiempo de 1 – 2 horas respectivamente, según el diseño experimental.

- k. Enfriamiento y Pesado:** Consiste en retirar las láminas deshidratadas de las bandejas del secador pesarlas y dejarlas enfriar hasta temperatura ambiente, tomando nota en apuntes de datos.

- l. Envasado:** Se hizo uso de bolsas herméticas de polietileno, para su posterior almacenaje en lugares frescos libre de humedad y temperatura ambiente.

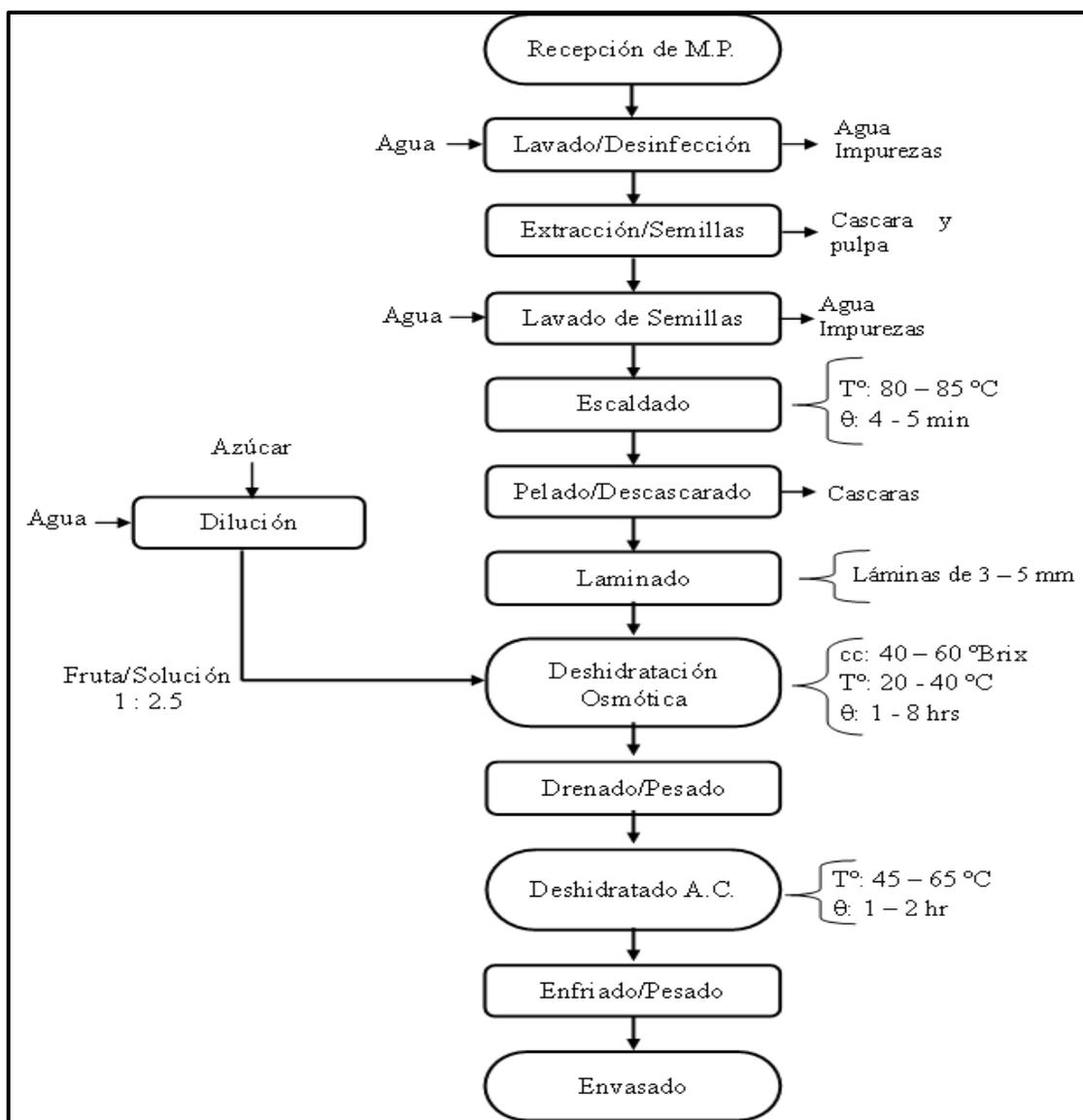


Figura 7. Diagrama de flujo de la deshidratación de Artocarpus altilis "pan de árbol" mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente.

Fuente: Elaboración propia

En esta etapa además se realizó un estudio de curvas y cinéticas de deshidratación a los tratamientos más óptimos tras los resultados del diseño experimental mostrado en la tabla 8 para profundizar el análisis del efecto de las variables de estudio sobre la humedad de la materia durante el proceso y correlacionar sus efectos. Para obtener las curvas y cinéticas de deshidratación se hicieron pesados periódicos por cada hora para medir la variación del peso de la fruta respecto al instante (t horas) durante el osmodeshidratado, paralelamente se extrajeron muestras por cada hora con el fin de determinar el contenido de humedad con relación al tiempo,

dichos datos sirven para obtener graficas de Perdida de agua en porcentaje (% PA), Ganancia de solidos en porcentaje (% GS) y Pérdida másica en porcentaje (% PM). Para el secado por aire caliente se realizó pesados periódicos de la materia en proceso por cada 30 minutos a fin de obtener las curvas de humedad libre y cinética de deshidratado. Las cinéticas de deshidratación se realizan con la finalidad de estudiar la influencia de las variables controlables de cada método de deshidratación con respecto al contenido de humedad del pan de árbol en diferentes tiempos. Los datos obtenidos se procesaron y expresaron en tablas y gráficos.

Para determinar porcentajes de rendimiento de operación y de proceso, en cada operación se midió y registró la variación de peso que tiene el pan de árbol al final de cada operación, mediante un cuadro de balance de materia de entradas y salidas se ordenó la información.

3.1.5.2. Etapa II: Determinación y caracterización del producto óptimo

- a.** Presentación del trabajo y finalidad: Se hizo una presentación acerca de la presente investigación, el producto obtenido y el objetivo de la evaluación sensorial.
- b.** Inducción: Se explicó el procedimiento a seguir, se entregó a cada panelista la cartilla de evolución sensorial y se les indicó la forma de llenado.
- c.** Ejecución: Se entregó las muestras codificadas y un vaso con agua a cada panelista.
- d.** Captura de datos: Los datos obtenidos fueron ordenados y registrados en una nueva hoja de formato para su posterior análisis.

3.1.6. Variables evaluadas

Las variables comprendidas en el estudio son:

- Concentración de la Solución Osmótica en el osmodeshidratado para optimizar.
- Temperatura del osmodeshidratado para optimizar.
- Tiempo de inmersión en el osmodeshidratado para optimizar.

- Temperatura del secado por aire caliente para optimizar.
- Tiempo de exposición en el secado por aire caliente para optimizar.
- Pérdida de humedad, % Humedad final del producto (variable respuesta).
- Rendimiento de proceso (variable respuesta).
- Aceptabilidad sensorial (variable respuesta).
- Olor, color, textura, sabor (variables de respuesta).
- Características fisicoquímicas del producto.

3.1.7. Conducción del experimento

El desarrollo de los experimentos se hizo en dos etapas, como se detallan a continuación:

3.1.7.1. Etapa I: Optimización de los parámetros del proceso de deshidratación.

Primeramente, se caracterizó la materia prima por su porcentaje de Humedad, luego se dispuso a acondicionar la fruta tal y como se indica en el punto 3.1.5.1., llegando a obtener las semillas escaldadas se determinó su contenido de humedad para continuar con el resto del proceso, el osmodeshidratado y secado con flujo de aire caliente manipulando las variables de control para cada una de los 8 tratamientos según lo especificado en la tabla 8.

Una vez obtenido las 8 muestras experimentales se precedió a determinar su contenido de humedad final y procesar esta información con la metodología del diseño de Taguchi.

Finalmente se cumple con el objetivo de la primera etapa, el cual es la optimización de los parámetros controlables de los métodos combinados de osmodeshidratado y secado por aire caliente para reducir significativamente el contenido de humedad inicial presente en el pan de árbol hasta un valor final bajo, ideal para productos deshidratados. Se obtuvo 2 tratamientos con (% Humedad final) similar por lo que pasaron a la siguiente etapa experimental, seguido de un

nuevo tratamiento, el cual es producto de la optimización del diseño robusto de la metodología según Taguchi como tratamiento que minimiza aún más la variable respuesta.

Después se compararon y correlacionaron las variables de control con respecto a sus efectos sobre el contenido de humedad en las curvas de deshidratación e indicadores %PA, %GS y %PM durante el osmodeshidratado y Humedad libre (Kg agua/Kg materia seca) y velocidad R (kg de agua/hr) durante el secado por aire caliente, a fin de contrastar el análisis de Taguchi.

3.1.7.2. Etapa II: Determinación y caracterización del producto óptimo

En esta etapa se contó con la participación de un panel compuesto de 50 jueces semientrenados, y se usó una cartilla de escala hedónica de 1 a 7 puntos; donde 1 fue equivalente a “me disgusta extremadamente” y 7 a “me gusta extremadamente” (Anexo II).

Se usó la prueba de Friedman para evaluar la existía de diferencia significativa entre las muestras e identificar el mejor tratamiento en función a su aceptabilidad sensorial.

En esta etapa, se buscó hacer una comparación de los tratamientos y elegir el mejor tratamiento con los valores deseables más altos en función a su aceptabilidad sensorial.

La figura 8 muestra un resumen de la conducción del experimento durante las dos etapas del experimento.

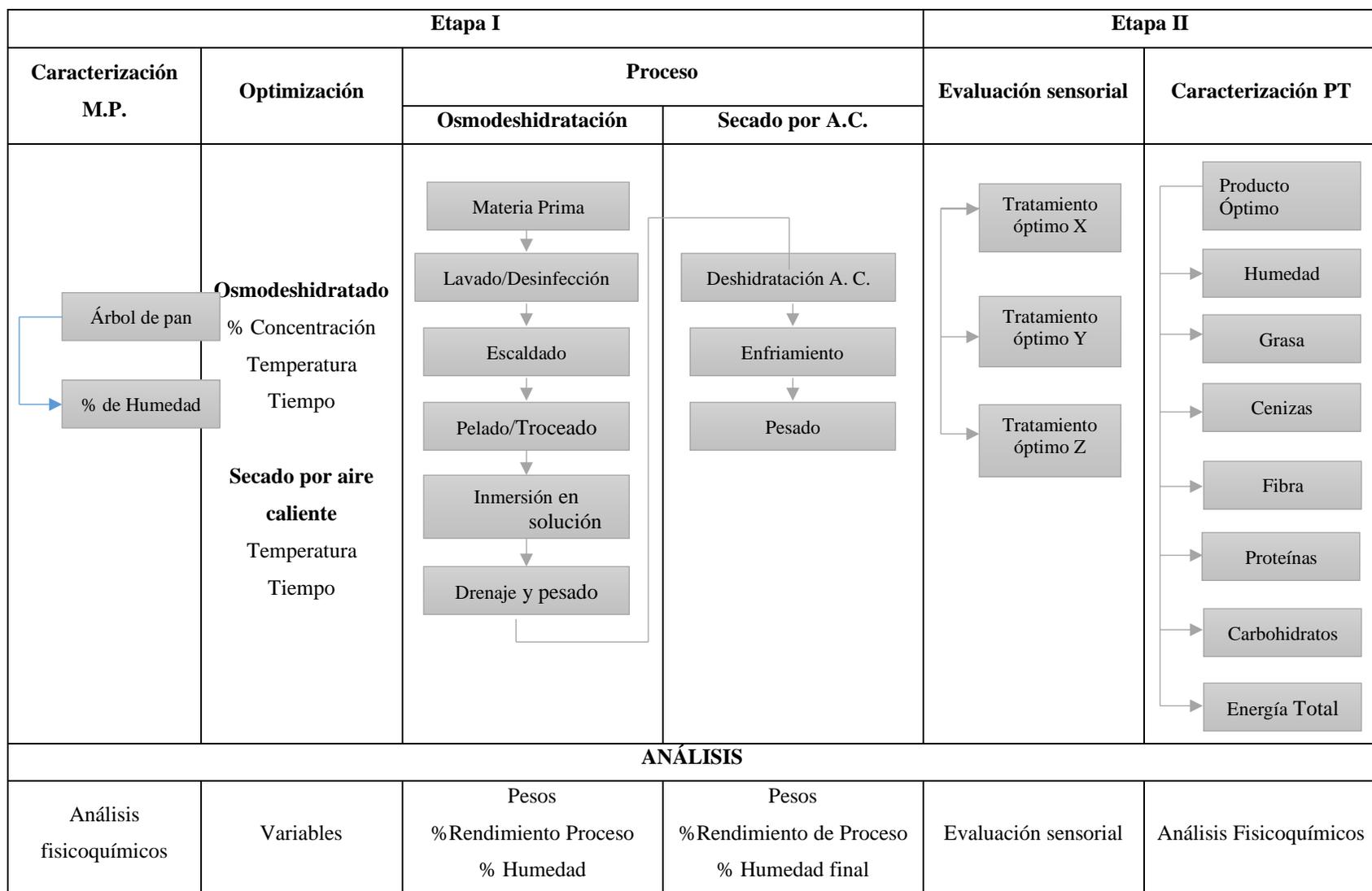


Figura 8: Etapas del proceso experimental de la osmodeshidratación y secado por aire caliente del pan de árbol.

3.1.7.3. *Analisis experimental*

3.1.7.3.1. *Análisis fisicoquímicos*

a. Análisis fisicoquímicos de las semillas de pan de árbol

Humedad: Se realizó el análisis en las semillas mediante el método AOAC 925.10 (2005).

b. Análisis fisicoquímicos al jarabe de la solución osmótica

Brix: Se realizó el análisis en la solución osmótica mediante refractómetro digital a temperatura de 20°C (ambiente), AOAC 931.12 (2005).

c. Análisis proximal del producto final (pan de árbol deshidratado)

Ceniza: AOAC 930.05 Cap. 3, Pág. 1, 21st Edición 2019.

Proteína: AOAC 920.152 Cap. 37, Pág. 10, 21st Edición 2019.

Grasas: AOAC 922.06, Cap. 32, Pág. 5, 21st Edición 2019.

Fibra cruda: NTP 205.003:1980 (Revisada el 2011).

Carbohidratos: Por Diferencia MS-INN Collazos 1993.

Energía total: Por Cálculo MS-INN Collazos 1993.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La materia prima usada en el estudio estuvo conformada por un conjunto de pan de árbol, el cual fue adquirido del mercado central de la localidad de Uchiza, provincia de Tocache, departamento de San Martín.

3.2.2. Muestra

Se utilizó un muestreo no probabilístico, en la que la selección de la muestra no depende de la probabilidad, sino de la finalidad y las características del estudio. Las muestras se representan por dos propósitos:

- a. Para la ejecución de ensayos y pruebas pilotos para la optimización del secado del pan de árbol mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente, se tomó 10 kg de pan de árbol.
- b. Para hacer los análisis fisicoquímicos de los insumos utilizados para obtener el pan de árbol deshidratado.

En el muestreo se tuvieron en cuenta la madurez ideal, las características de tamaño y peso de uniformidad relativa deseables para el proceso tecnológico.

3.3. Técnicas de recolección de datos

3.3.1. Técnicas

- a. En la recopilación de la información teórica. Lectura y escritura: se tendrán en cuenta durante la exploración, el análisis, la interpretación y la verificación.
- b. En la toma de datos en el laboratorio experimental. Observación y medición directa, acotación, toma de datos mediante equipos de medida y fotografía.

3.3.2. Descripción de los instrumentos.

Se tomó en cuenta: Artículos y revistas científicas, Tesis de pregrado y postgrado, Libros, Investigaciones no difundidas, Internet, Libros virtuales, entre otros.

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

- a. Clasificación de datos obtenidos.
- b. Análisis de los datos y representación estadística mediante los programas Minitab v.2019 en su versión de prueba y Microsoft Excel 2016.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

4.1.1. Etapa I: Optimización de los parámetros del proceso de deshidratación.

4.1.1.1. Caracterización de la semilla en recepción y escaldado.

En la tabla 11, se muestra las características del pan de árbol en estado fresco y después de ser sometidas a un escaldado, los cuales son datos importantes de estudio para el proceso.

Tabla 11

Caracterización de la semilla

Ensayo y medición	Semillas frescas	Semilla escaldada
Peso (g)	432.89	411.25
Humedad (%)	65.76 ± 1.0	61.89 ± 1.1
Espesor (mm)	15 - 25	3 - 5

4.1.1.2. Analisis Estadístico

En la tabla 12 se presenta los resultados de la variable respuesta obtenida (% Humedad final) del pan de árbol deshidratado según lo establecido en la metodología.

Tabla 12

Resultados obtenidos de la variable respuesta.

Tratamiento	Osmodeshidratado			Secado por aire caliente		% Humedad final
	Concentración	Temperatura	Tiempo	Temperatura	Tiempo	
	O.D.	O.D.	O.D.	A.C.	A.C.	
1	40	20	1	45	1	48.30 ± 0.29
2	40	20	1	65	2	28.72 ± 0.24
3	40	40	8	45	1	34.10 ± 0.26
4	40	40	8	65	2	16.75 ± 0.08
5	60	20	8	45	2	27.61 ± 0.15
6	60	20	8	65	1	16.23 ± 0.10
7	60	40	1	45	2	37.56 ± 0.18
8	60	40	1	65	1	29.40 ± 0.19

Los datos fueron obtenidos experimentalmente tras determinar el % Humedad final del producto obtenido de cada tratamiento y pasaron a ser analizados con Taguchi en la relación %Humedad final vs. Concentración O.D.; Temperatura O.D.; Tiempo O.D.; Temperatura A.C.; Tiempo A.C. Los resultados del ANOVA para medias se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 13

ANOVA para medias.

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajustado	MC Ajustado	Valor F	Valor P
Concentración O.D.	1	36.4322	36.4322	36.4322	18.9857	0.0488
Temperatura O.D.	1	1.1641	1.1641	1.1641	0.6066	0.5176
Tiempo O.D.	1	303.6904	303.6904	303.6904	158.2602	0.0063
Temperatura A.C.	1	398.6156	398.6156	398.6156	207.7279	0.0048
Tiempo A.C.	1	37.8006	37.8006	37.8006	19.6988	0.0472
Error residual	2	3.8379	3.8379	1.9189		
Total	7	781.5408				

Se puede notar que, para medias, la variable Temperatura O.D. (Valor P > 0.05) es un factor que no tiene un significativo efecto sobre la humedad del pan de árbol en su proceso de deshidratación, por lo que se recomienda ajustar un nuevo ANOVA excluyendo dicha variable para hacer más robusto el experimento. Por otro lado, Concentración O.D., Tiempo O.D., Temperatura A.C. y Tiempo A.C. (Valor P < 0.05) son factores que tienen un efecto significativo sobre la variable respuesta. El resumen del modelo lineal para las medias se muestra a continuación:

Tabla 14

Resumen del modelo para el modelo lineal para medias

S	R²	R² (ajustado)
1.3853	99.51%	98.28%

Los resultados del análisis de varianza para relaciones señal a ruido (SN) se presenta en la tabla 15 y 16 se expone el resumen del modelo lineal: Relaciones SN vs. Concentración O.D.; Temperatura O.D.; Tiempo O.D.; Temperatura A.C.; Tiempo A.C.

Tabla 15

ANOVA de Relaciones SN.

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajustado	MC Ajustado	Valor F	Valor P
Concentración O.D.	1	2.0905	2.0905	2.0905	1.8711	0.3048
Temperatura O.D.	1	0.0020	0.0020	0.0020	0.0018	0.9701
Tiempo O.D.	1	30.1894	30.1894	30.1894	27.0210	0.0351
Temperatura A.C.	1	37.9864	37.9864	37.9864	33.9997	0.0282
Tiempo A.C.	1	1.9475	1.9475	1.9475	1.7431	0.3176
Error residual	2	2.2345	2.2345	1.1173		
Total	7	74.4503				

Se puede notar que para relaciones señal ruido, las variables Tiempo O.D. (Valor P < 0.05) y Temperatura A.C. (Valor P < 0.05) son factores que causan gran variabilidad en el desempeño del proceso, dicha variabilidad no puede ser controlada durante la producción, pero los factores que las causan si pueden ser controladas y se recomienda trabajar primero en ellos para optimizar y hacer más robusto el experimento.

Tabla 16

Resumen del modelo para el modelo lineal de relaciones SN.

S	R²	R² (ajustado)
1.0570	97.00%	89.50%

En las tablas 17 y 18 se muestra la variabilidad sobre la respuesta por el efecto de cada nivel de variable de control, además se clasifica a cada factor de control en sentido categórico por su

efecto, donde el valor 1 es de mayor efecto y el valor 5 es de menor efecto tanto para relaciones señal a ruido y para medias.

Tabla 17

Tabla de respuesta para relaciones de señal a ruido.

Nivel	Concentración	Temperatura	Tiempo	Temperatura	Tiempo
	O.D.	O.D.	O.D.	A.C.	A.C.
1	-29.4946	-28.9676	-30.9260	-31.1625	-29.4768
2	-28.4722	-28.9992	-27.0408	-26.8044	-28.4900
Delta	1.0224	0.0316	3.8852	4.3581	0.9868
Clasificar	3	5	2	1	4

Tabla 18

Tabla de respuesta para medias.

Nivel	Concentración	Temperatura	Tiempo	Temperatura	Tiempo
	O.D.	O.D.	O.D.	A.C.	A.C.
1	31.9678	30.2153	35.9951	36.8926	32.0075
2	27.6998	29.4523	23.6725	22.7750	27.6601
Delta	4.2680	0.7629	12.3225	14.1176	4.3474
Clasificar	4	5	2	1	3

En las Figuras 9 y 10 presentan los efectos gráficos de cada variable de control sobre la variable respuesta, se contrasta con el análisis de Taguchi que el factor Temperatura O.D. tiene una menor pendiente sobre el efecto para la media de la variable respuesta y por el contrario Tiempo O.D. y Temperatura A.C. presentan una mayor pendiente y por lo tanto son más significativos en el proceso.

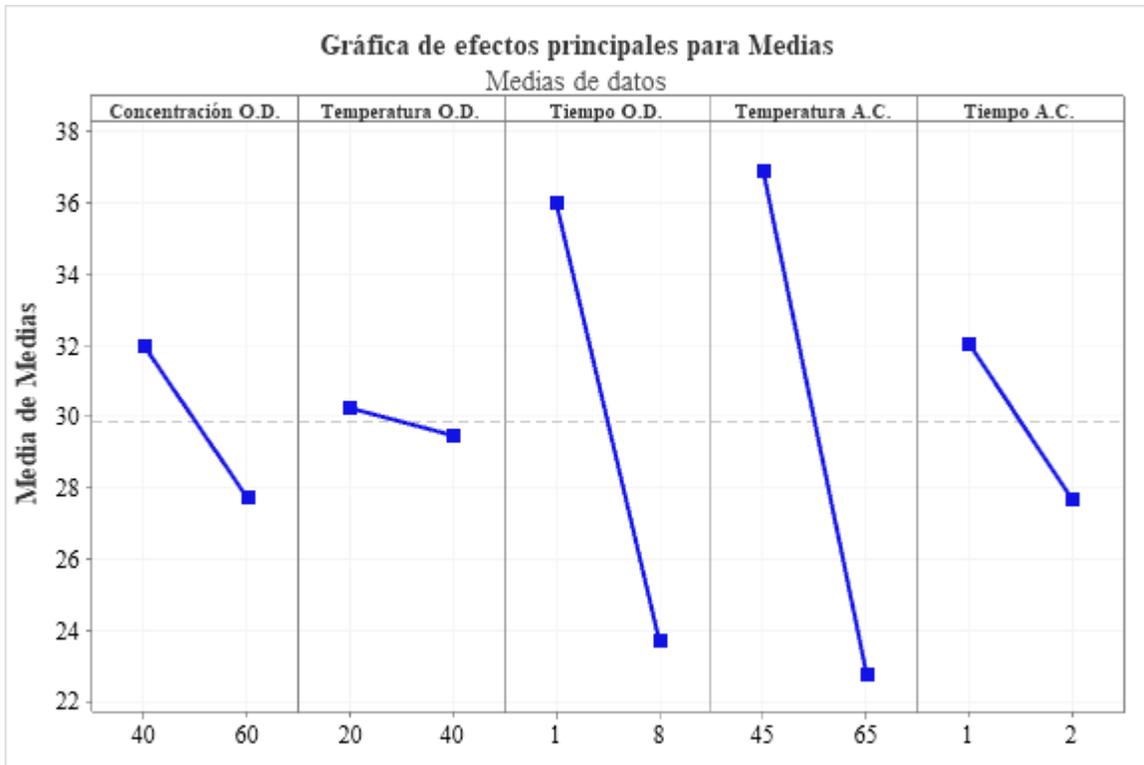


Figura 9: Efectos principales para medias.

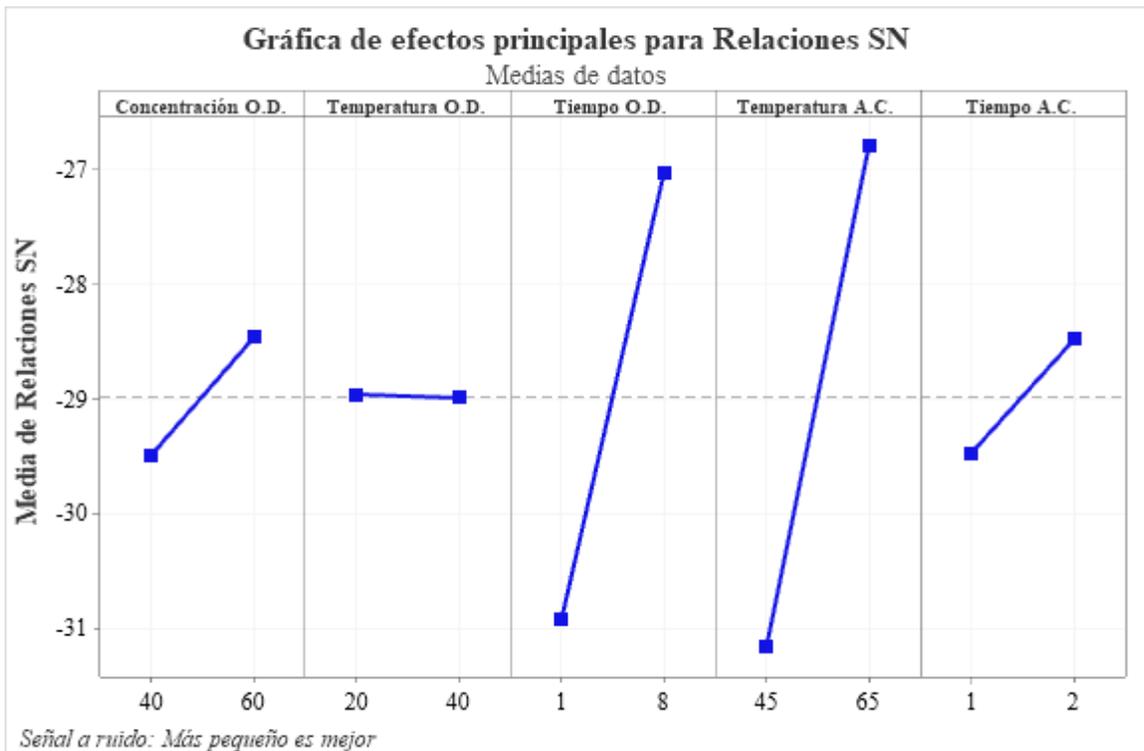


Figura 10: Efectos principales para relaciones señal a ruido.

4.1.1.3. Ajuste y robustez del diseño.

Teniendo en cuenta el análisis anterior, se hizo un arreglo del diseño estadístico excluyendo la variable que menos se ajusta al diseño estadístico para hacer del diseño más robusto. En las siguientes tablas se muestran el resultado del diseño robusto de Taguchi.

Tabla 19

Resumen del modelo para el modelo lineal de medias de diseño ajustado

S	R²	R² (ajustado)
1.2912	99.36%	98.51%

Tabla 20

ANOVA de Medias de diseño ajustado

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajustado	MC Ajustado	Valor F	Valor P
Concentración O.D.	1	36.4322	36.4322	36.4322	21.8508	0.0185
Tiempo O.D.	1	303.6904	303.6904	303.6904	182.1432	0.0009
Temperatura A.C.	1	398.6156	398.6156	398.6156	239.0760	0.0006
Tiempo A.C.	1	37.8006	37.8006	37.8006	22.6715	0.0176
Error residual	3	5.0020	5.0020	1.6673		
Total	7	781.5408				

Tabla 21

Resumen del modelo para el modelo lineal de relaciones SN de diseño ajustado.

S	R²	R² (ajustado)
0.8635	97.00%	92.99%

Tabla 22

ANOVA de Relaciones SN de diseño ajustado

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajustado	MC Ajustado	Valor F	Valor P
Concentración O.D.	1	2.0905	2.0905	2.0905	2.8035	0.1927
Tiempo O.D.	1	30.1905	30.1905	30.1905	40.4879	0.0079
Temperatura A.C.	1	37.9851	37.9851	37.9851	50.9412	0.0057
Tiempo A.C.	1	1.9478	1.9478	1.9478	2.6122	0.2045
Error residual	3	2.2370	2.2370	0.7457		
Total	7	74.4509				

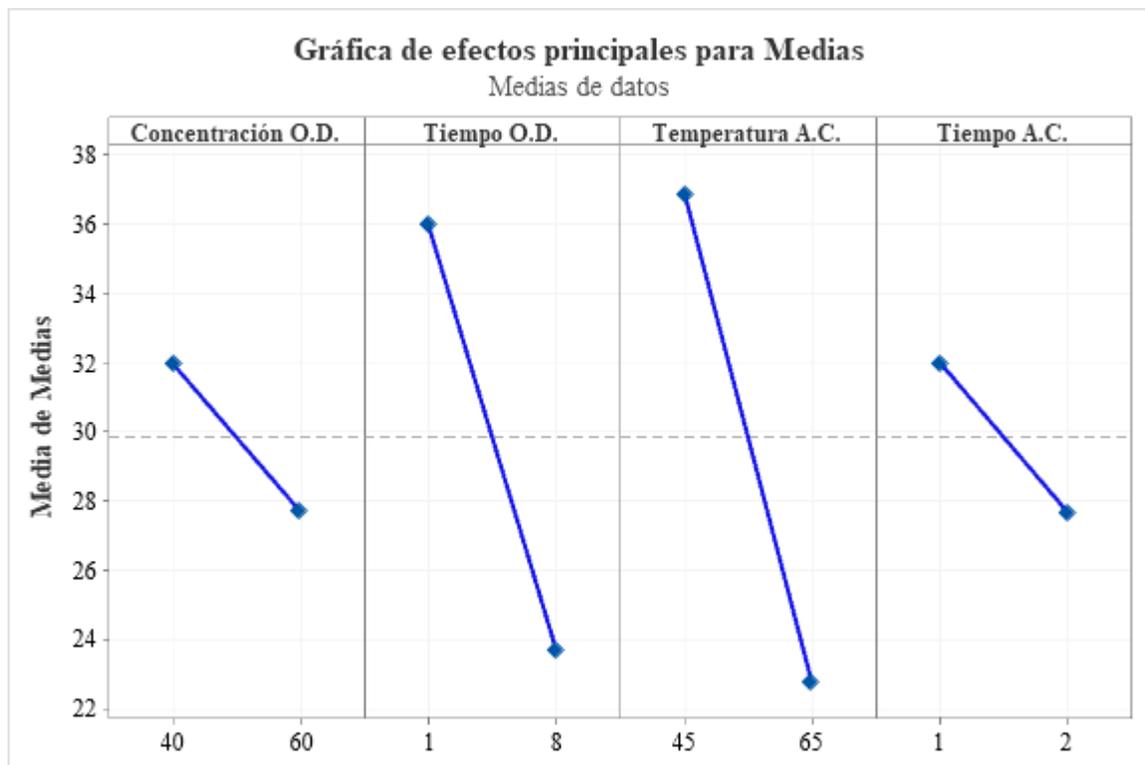


Figura 11: Efectos principales para medias, diseño robusto ajustado.

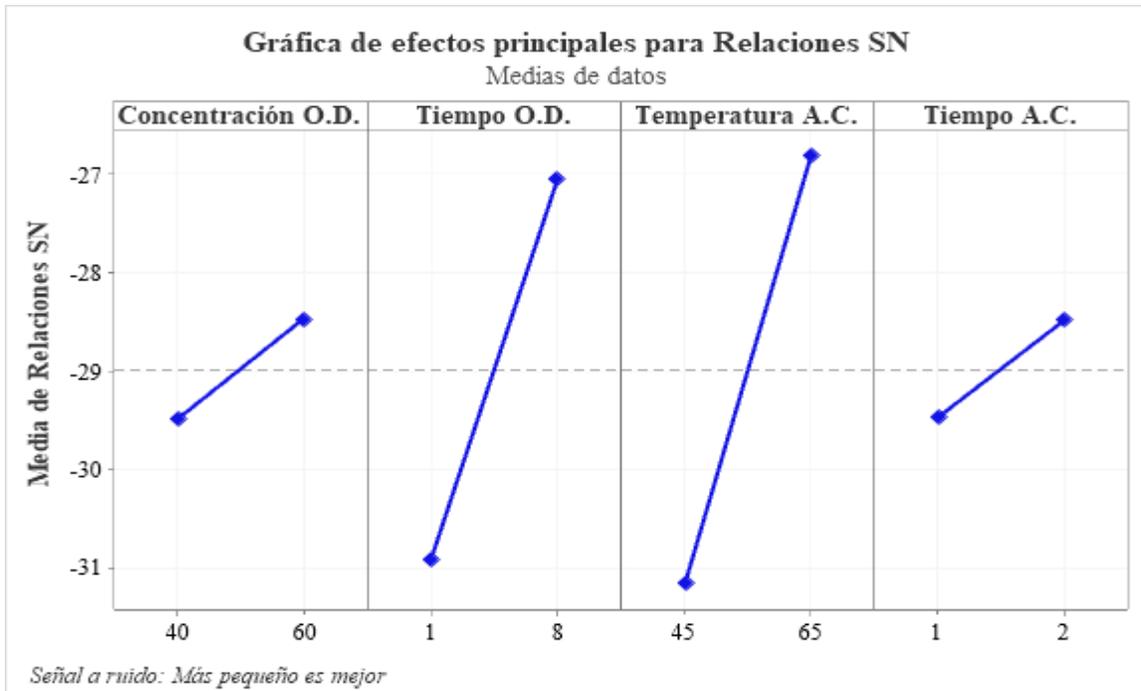


Figura 12: Efectos principales para relaciones señal a ruido, diseño robusto ajustado.

Después de hacer el diseño robusto, Taguchi nos permite analizar y tomar los niveles de cada factor que permitan minimizar la variabilidad y encontrar una configuración de factores en el cual se obtenga una humedad mínima para los límites de los niveles por cada factor control. Según los gráficos y el análisis en general, Taguchi recomienda trabajar con la Concentración O.D. en su nivel alto (60), Tiempo O.D. en su nivel alto (8), Temperatura A.C. en su nivel alto (65) y Tiempo A.C. en su nivel alto (2) para obtener una humedad final del producto más baja. La predicción se presenta en la tabla 23.

Tabla 23

Resumen del modelo para el modelo lineal de medias.

Relación S/R	Media	Desv. Est.
-23.8573	12.3060	0.0729

A su vez se hizo un análisis de regresión: % Humedad vs. Concentración O.D.; Tiempo O.D.; Temperatura A.C.; Tiempo A.C. para obtener la ecuación de regresión siguiente:

% Humedad = 93.77 - 0.2134 Concentración O.D. - 1.760 Tiempo O.D. - 0.7059 Temperatura A.C. - 4.347 Tiempo A.C.

Los coeficientes y resumen del modelo se presentan en las tablas 24 y 25.

Tabla 24

Coefficientes del modelo para el modelo lineal de medias.

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	93.7702	3.7341	25.1118	0.0001	
Concentración O.D.	-0.2134	0.0457	-4.6745	0.0185	1.00
Tiempo O.D.	-1.7604	0.1304	-13.4960	0.0009	1.00
Temperatura A.C.	-0.7059	0.0457	-15.4621	0.0006	1.00
Tiempo A.C.	-4.3474	0.9130	-4.7615	0.0176	1.00

Tabla 25

Resumen del modelo de regresión.

S	R-cuad.	R-cuad. (ajust.)	R-cuad. (pred.)
1.29125	99.36%	98.51%	95.45%

4.1.1.4. Estudio y análisis de las cinéticas de deshidratación

Los tratamientos más óptimos en cuanto a la mayor reducción de la humedad del pan de árbol son el tratamiento 4 (% Humedad final: 16.75) y tratamiento 6 (% Humedad final: 16.23) mostrado en la tabla 11; al ser valores cercanos, en esta parte de estudio fue conveniente estudiar las curvas de deshidratación de ambos tratamientos. Los datos obtenidos se procesaron mediante fórmulas matemáticas y se representaron en graficas. En las figuras 13, 14 y 15 se pueden observar los indicadores % PA, %GS y % PM en un tiempo “t” para los tratamientos T4 (40° Brix, 40°C) y T6 (60° Brix, 20°C) durante el osmodeshidratado.

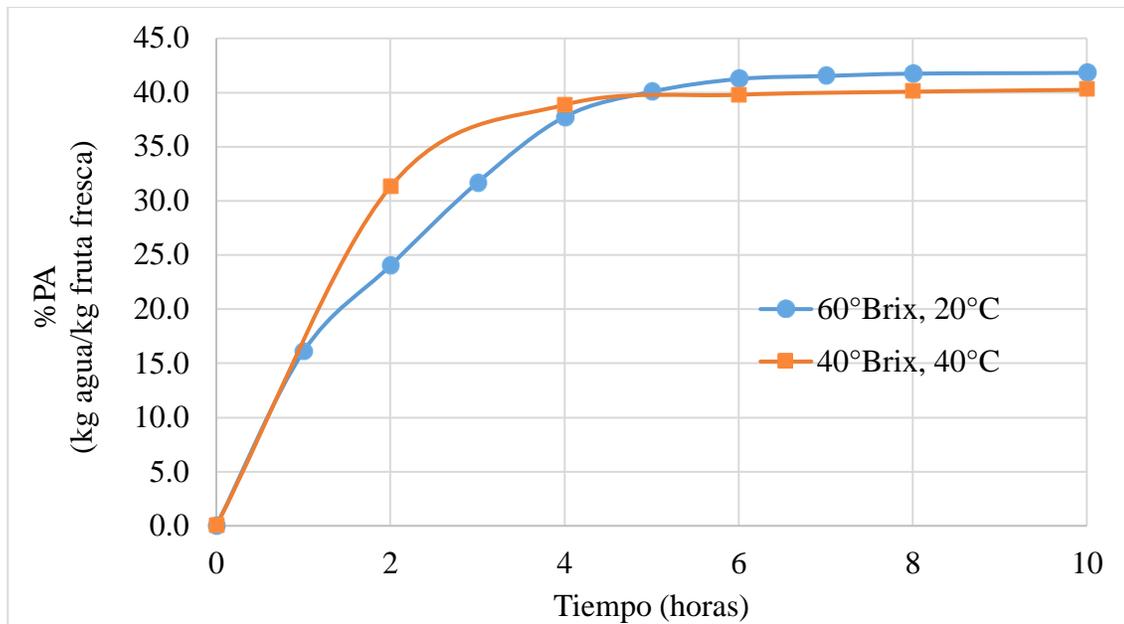


Figura 13: Grafica de Perdida porcentual de agua de T4 y T6.

En el gráfico de %PA se puede observar que, la pérdida de agua del pan de árbol en T4 tiene una mayor velocidad en comparación a T6 durante las 4 primeras horas, esto puede deberse a la diferencia de temperatura que incide a favor de T4. Sin embargo, a partir de la quinta hora las velocidades de pérdida de agua de T4 y T6 llegan a equilibrarse y mantenerse constante a medida que se establece un equilibrio entre las concentraciones de solutos en el pan de árbol y en la solución osmótica, es decir, la presión osmótica en ambos lados de la membrana semipermeable se equilibra. En este punto, la presión osmótica dentro del producto y en la solución se iguala, lo que resulta en una disminución de la velocidad de pérdida de agua. La presión osmótica constante equilibra el flujo de agua a través de la membrana del producto y la velocidad de pérdida de agua se estabiliza.

Ahora bien, tanto T4 como T6 alcanzan este equilibrio en un tiempo de 5 horas para mantener constante la velocidad de pérdida de agua, lo que hace inferir que la temperatura de 40 °C del medio en T4 solo tiene un efecto significativo durante las primeras horas del osmodeshidratado, lo que compensa la diferencia la Concentración a favor de T6; sin embargo, T6 llega al mismo periodo a temperatura ambiental, de ahí se ve la importancia y el efecto significativo que tiene la Concentración de la solución osmótica (40 – 60 °Brix) y el efecto no significativo de la

Temperatura del medio (20 – 40 °C) durante el osmodeshidratado, ambos parámetros de estudio. Este análisis se contrasta con los resultados y conclusiones que se obtuvo en el análisis estadístico.

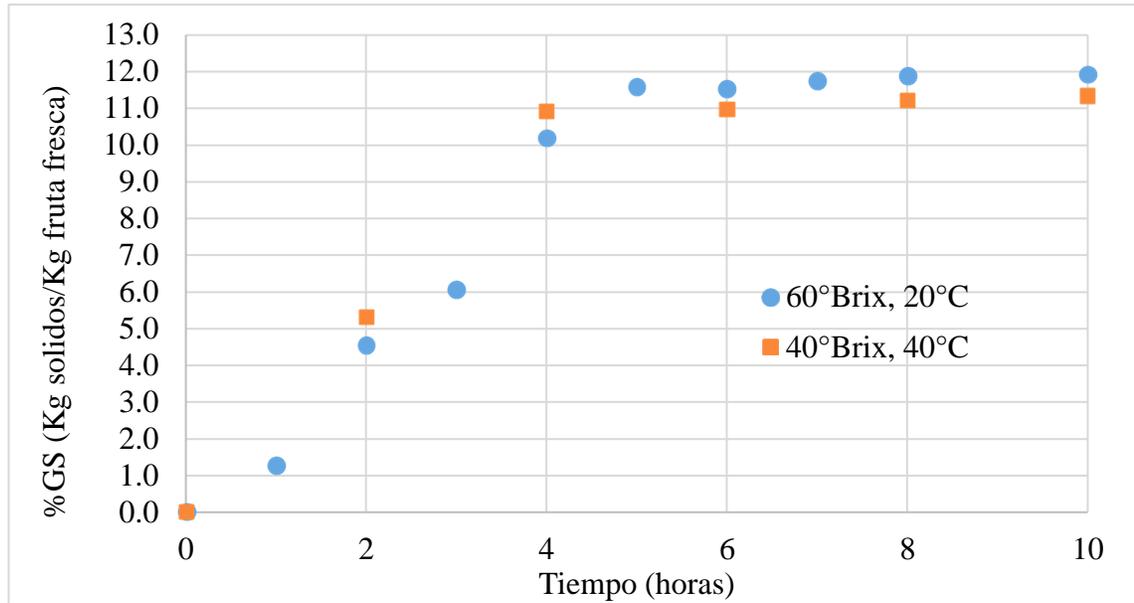


Figura 14: Grafica de Ganancia porcentual de solidos de T4 y T6.

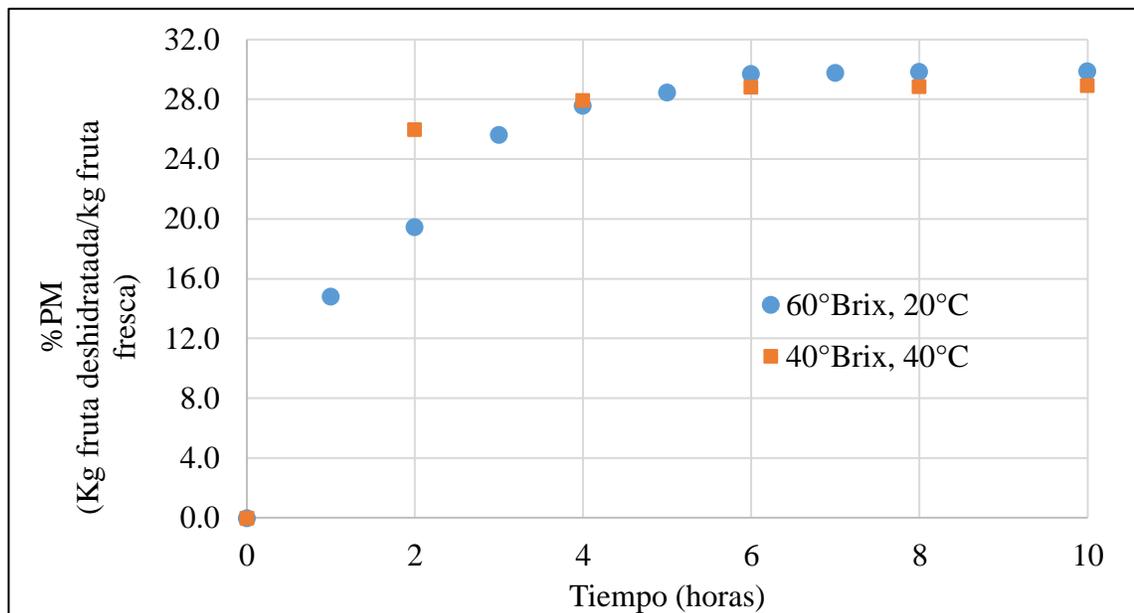


Figura 15: Grafica de la Perdida porcentual de masa de T4 y T6.

En la figura 16 se observa la curva de humedad graficando la Humedad libre (Humedad en base seca) del pan de árbol respecto al tiempo (t) durante la osmodeshidratación.

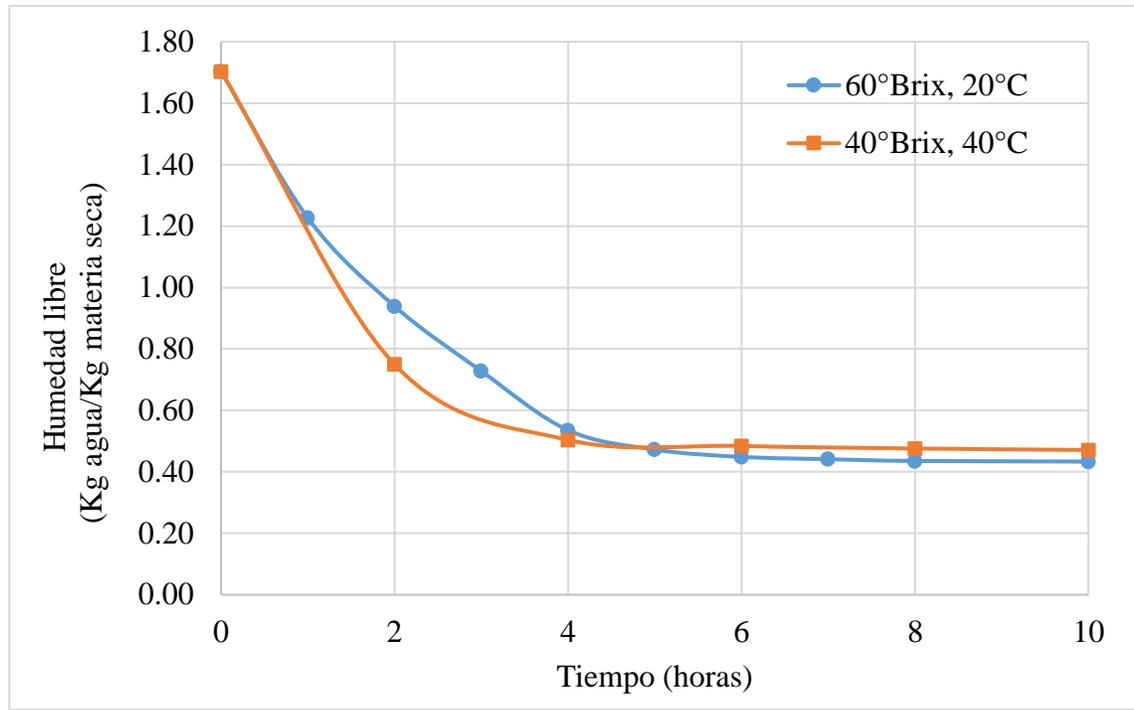


Figura 16: Curva de humedad libre en el osmodeshidratado.

La curva del contenido de humedad (%) del pan de árbol se muestra en la figura 17, desde el estado inicial (t_0) hasta un tiempo (t) durante la osmodeshidratación. Las curvas se ajustan mejor a una tendencia polinómica de segundo grado y la ecuación de mejor ajuste es del tratamiento T6 ($R = 0.9949$) dentro del rango de 0 a 8 horas.

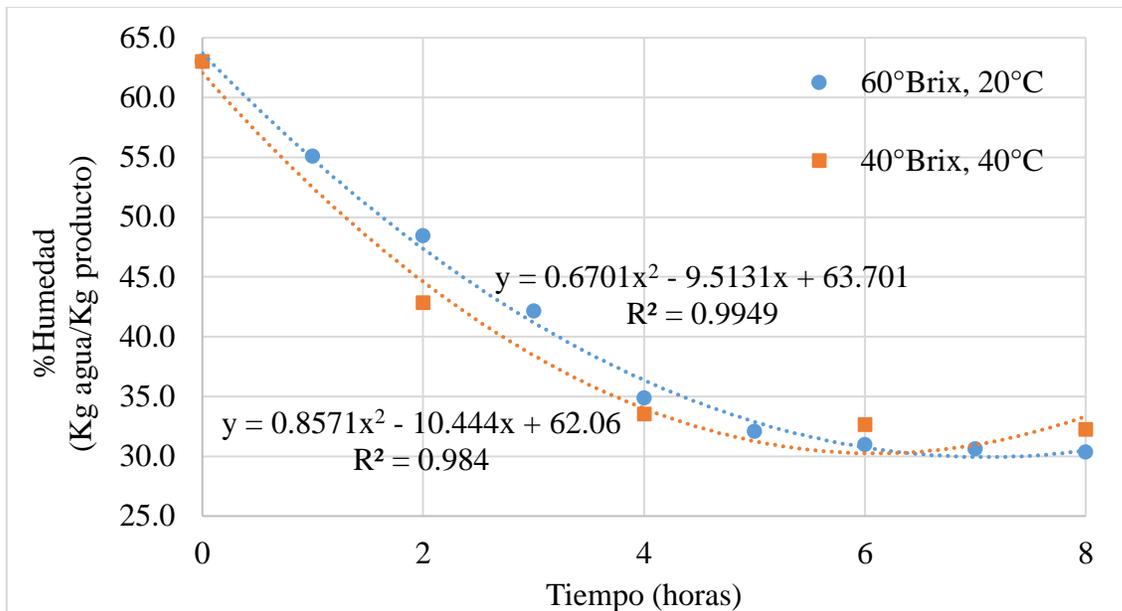


Figura 17: Curva del porcentaje humedad en el osmodeshidratado.

En la figura 18 se presenta la curva de humedad libre y en la figura 19 se puede observar la curva de contenido de humedad (%) durante el periodo de secado por aire caliente.

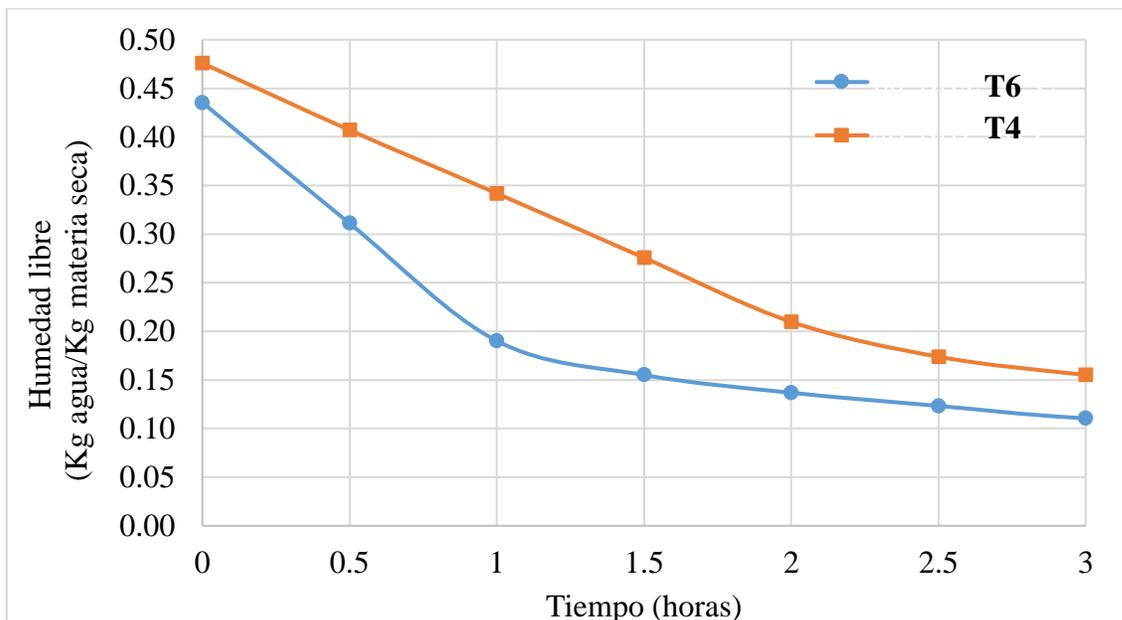


Figura 18: Curva de humedad libre en el secado por aire caliente.

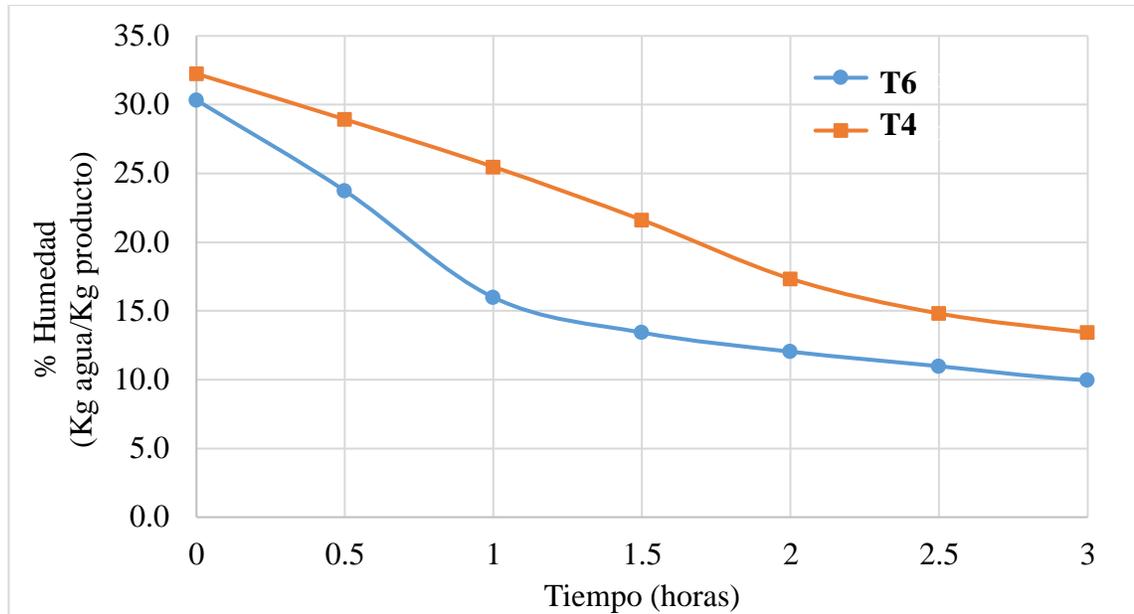


Figura 19: Curva del porcentaje de humedad en el secado por aire caliente.

En la figura 20 se aprecia que para el secado de la fruta en el tratamiento 6 el periodo de velocidad constante es menor si comparamos con el de la fruta en el tratamiento 4, esto se debe a que en este segundo caso la humedad inicial es mayor. Puesto que ambos están deshidratándose a la misma temperatura se puede plantear que la humedad crítica se encuentra en el rango de 0.19 a 0.21 (Kg de agua/ Kg de materia seca).

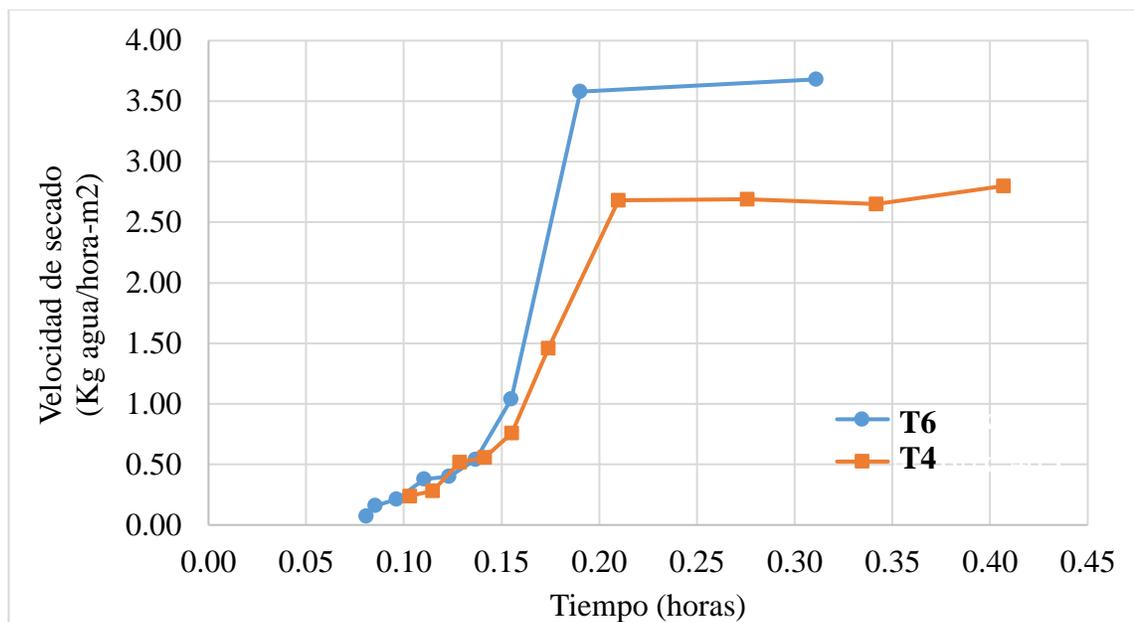


Figura 20: Velocidad de secado por aire caliente.

4.1.1.5. Rendimiento del proceso

En la tabla 26 se muestra el flujo de entradas y salidas del pan de árbol durante el proceso para obtener el porcentaje de rendimiento por operación y del proceso final. Se estimó además el rendimiento de proceso tomando como punto de partida el peso de las semillas extraídas.

Tabla 26

Rendimiento del proceso de deshidratación de pan de árbol mediante métodos combinados

Operación	Entra (gr)	Sale (gr)	% Rendimiento de operación	% Rendimiento de Proceso	Rend. de proceso (Semilla) %
Recepción	1000.00	1000.00	100.00	100.00	
Lavado/Desinfección	1000.00	1000.00	100.00	100.00	
Extracción Semillas	1000.00	432.89	43.29	43.29	
Lavado Semillas	432.89	432.89	100.00	43.29	100.00
Escaldado	432.89	411.25	95.00	41.12	95.00
Pelado/Descascarado	411.25	322.19	78.34	32.22	74.43
Pesado	322.19	322.19	100.00	32.22	74.43
Troceado	322.19	319.57	99.19	31.96	73.82
Osmodeshidratado (T-op)	319.57	224.15	70.14	22.41	51.78
Drenado/Pesado	224.15	224.15	100.00	22.41	51.78
Deshidratación A.C. (T-op)	224.15	177.52	79.20	17.75	41.01
Enfriamiento/Pesado	177.52	177.52	100.00	17.75	41.01
Envasado	177.52	177.52	100.00	17.75	41.01

4.1.2. Etapa II: Determinación y caracterización del producto óptimo

4.1.2.1. Evaluación sensorial

Los datos obtenidos de la evaluación sensorial por cada indicador sensorial y aceptabilidad general de los tres tratamientos al ser de carácter categórico se procesaron mediante la prueba no paramétrica de Friedman, el cual formula sus hipótesis sobre la mediana del conjunto de datos, los resultados de la prueba se muestran a continuación:

Tabla 27

Resultados de la evaluación sensorial.

Tratamiento (T)	Representación (T)	Medianas				Aceptabilidad General
		Olor	Color	Sabor	Textura	
T4	X	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
T6	Y	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
T-op	Z	5.00	6.00	6.00	5.00	6.00
	General	5.00	5.33	5.33	5.00	5.33

El método de Friedman toma como regla de decisión a valores de $P < 0.05$ resulta ser significativo por lo cual se acepta la hipótesis alterna el cual comprueba la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos por su efecto sobre la variable respuesta como se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 28

Prueba de Friedman: Aceptabilidad General vs. Tratamiento; Panelistas

TRATAMIENTO	N	Mediana	Suma de clasificaciones
X	50	5.00	76.5
Y	50	5.00	94.5
Z	50	6.00	129.0
General	150	5.33	
Método	GL	Chi-cuad.	Valor p
No ajustado para empates	2	28.47	0.0000
Ajustado para empates	2	35.81	0.0000

Tabla 29

Prueba de Friedman, Color vs. Tratamiento; Panelistas

TRATAMIENTO	N	Mediana	Suma de clasificaciones
X	50	5.00	85.5
Y	50	5.00	94.0
Z	50	6.00	120.5
General	150	5.33	
Método	GL	Chi- cuad.	Valor p
No ajustado para empates	2	13.33	0.0013
Ajustado para empates	2	18.77	0.0001

Tabla 30

Prueba de Friedman, Sabor vs. Tratamiento; Panelistas

TRATAMIENTO	N	Mediana	Suma de clasificaciones
X	50	5.00	82.5
Y	50	5.00	100.0
Z	50	6.00	117.5
General	150	5.33	
Método	GL	Chi- cuad.	Valor p
No ajustado para empates	2	12.25	0.0022
Ajustado para empates	2	14.58	0.0007

Para Aceptabilidad general, Sabor y Color, se puede concluir que existe diferencia significativa entre los 3 tratamientos sobre las variables mencionadas, se puede notar que la mediana general es 5.33, valor cercano para la mediana del tratamiento X y tratamiento Y, a diferencia del tratamiento Z con mediana 6.00 que es sustancialmente mayor y el más aceptable.

Tabla 31

Prueba de Friedman, Olor vs. Tratamiento; Panelistas

TRATAMIENTO	N	Mediana	Suma de clasificaciones
X	50	5.00	90.0
Y	50	5.00	98.0
Z	50	5.00	112.0
General	150	5.00	
Método	GL	Chi- cuad.	Valor p
No ajustado para empates	2	4.96	0.0837
Ajustado para empates	2	8.00	0.0183

Tabla 32

Prueba de Friedman, Textura vs. Tratamiento; Panelistas

TRATAMIENTO	N	Mediana	Suma de clasificaciones
X	50	5	107.5
Y	50	5	99.0
Z	50	5	93.5
General	150	5	
Método	GL	Chi- cuad.	Valor p
No ajustado para empates	2	1.99	0.3697
Ajustado para empates	2	2.76	0.2511

Para Olor y Textura se puede concluir que no existe diferencia significativa de los tratamientos sobre las variables mencionadas en base al valor p no ajustado para empates ya que resulta ser una estimación más conservadora y objetiva para medianas iguales. Se obtiene que, el tratamiento Z (T-op) tiene un mayor grado de Aceptabilidad sensorial.

4.1.2.2. Pruebas fisicoquímicas del producto óptimo.

Siendo de mejor aceptabilidad sensorial, el pan de árbol deshidratado mediante el tratamiento optimizado (T-op), se caracterizó a través de los siguientes ensayos:

Tabla 33

Análisis fisicoquímicos del pan de árbol deshidratado.

Ensayos	Promedio	Resultado 1	Resultado 2
1. Humedad (g/100 g de muestra original)	12.8	12.7	12.82
2. Grasa (g/100 g de muestra original)	1.7	1.71	1.73
3. Cenizas (g/100 g de muestra original)	1.0	0.99	0.95
4. Fibra Cruda (g/100 g de muestra original)	0.9	0.90	0.95
5. %Kcal. Proveniente de Carbohidratos	86.6	---	---
6. %Kcal. Proveniente de Grasa	4.3	---	---
7. %Kcal. Proveniente de Proteínas	9.1	---	---
8. Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	353.3	---	---
9. Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	76.5	---	---
10. Proteínas (g/100 g de muestra original) (Factor:6.25).	8.0	8.01	8.03

4.1.2.3. Validación de los resultados

Para la validación de los resultados se estimó el porcentaje de sesgo (Biasness), el cual se utiliza para indicar la diferencia entre el valor pronosticado (previsto) con el valor real (experimental). Se toma el criterio %Biasness < 10.

$$\% \text{ Biasness} = (|\text{Valor previsto} - \text{Valor Experimental}|) \times 100 / \text{Valor previsto}$$

Tomando la variable respuesta obtenida en la predicción de % Humedad (12.3) del tratamiento optimizado (T-op) como se muestra en la Tabla 23 y el resultado experimental (12.8) obtenido en determinación de humedad. Se obtiene:

$$\% \text{ Biasness} = (|12.3-12.8|) \times 100 / 12.3 = 4.07 \%$$

4.2. Contrastación de hipótesis

4.2.1. Contrastación de la hipótesis general

La hipótesis general planteada en esta investigación se expresa en H1.

Ho: La utilización de métodos combinados por osmodeshidratación y aire caliente no influye significativamente en la optimización del secado de pan árbol.

H1: La utilización de métodos combinados por osmodeshidratación y aire caliente influye significativamente en la optimización del secado de pan árbol.

Se determinó que la humedad inicial del pan de árbol (*Artocarpus altilis*) fue de 65.76 ± 1.0 % en estado fresco y después de ser sometido a un secado por métodos combinados de osmodeshidratación y por aire caliente se obtuvo una humedad final de 16.75 y 16.23 % mediante los tratamientos T4 y T6 respectivamente. Mediante el análisis estadístico se pudo ajustar el modelo y los parámetros en sus niveles más óptimos para maximizar el desempeño del osmodeshidratado y el secado por aire caliente sobre el contenido de humedad del pan de árbol llegándose a obtener un 12.8% mediante el tratamiento optimizado (T-op). Entonces, se puede afirmar que se optimizó el secado de pan de árbol puesto que se encontró las mejores condiciones de proceso para los métodos combinados de osmodeshidratación y por aire caliente.

4.2.2. Contrastación de las hipótesis específicas

4.2.2.1. Contrastación de la hipótesis 1.

Ho: Mediante la determinación de los parámetros no se podrá optimizar el secado de pan de árbol por métodos combinados por osmodeshidratación y aire caliente.

H1: Mediante la determinación de los parámetros se podrá optimizar el secado de pan de árbol por métodos combinados por osmodeshidratación y aire caliente.

Tras el desarrollo del proceso de obtención de pan de árbol deshidratado mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente se obtuvo 8 tratamientos con un efecto diferente sobre el contenido de humedad del producto final, estos resultados describieron

como influyen los parámetros sobre la variable respuesta por lo que mediante la metodología de Taguchi se pudieron determinar los parámetros que influyen significativamente en el proceso y determinando que la Temperatura en un rango de 20 °C a 40 °C no tiene un efecto significativo en la osmodeshidratación del pan de árbol. Por lo cual se ajustó el modelo para los parámetros y sus niveles que maximizan la optimización del proceso bajo el criterio de reducir el contenido de humedad del pan de árbol a un valor aceptable que permita extender el tiempo de vida útil del pan de árbol y sea aceptable sensorialmente. Por lo expuesto, se acepta H1, la utilización de métodos combinados por osmodeshidratación y aire caliente influye significativamente en la optimización del secado de pan árbol.

4.2.2.2. Contrastación de hipótesis 2.

Ho: La determinación del rendimiento del proceso no permite conocer en qué medida se obtiene pan de árbol deshidratado por lote de materia prima.

H1: La determinación del rendimiento del proceso permite conocer en qué medida se obtiene pan de árbol deshidratado por lote de materia prima.

Tras la determinación del rendimiento de proceso (17.75 %) se pudo relacionar la cantidad de producto deshidratado obtenido a partir de un lote de pan de árbol en estado fresco. Este indicador es muy importante a tener en cuenta en nuevas réplicas del proceso de obtención de pan de árbol deshidratado mediante métodos combinados por O.D. y aire caliente. La hipótesis nula queda desestimada y se concluye que mediante la determinación del rendimiento del proceso se puede conocer en qué medida se obtiene pan de árbol deshidratado por lote de pan de árbol.

4.2.2.3. Contrastación de hipótesis 3.

Ho: Determinando las características sensoriales del pan de árbol deshidratado no se obtendrá un grado significativo de aceptación sensorial.

H1: Determinando las características sensoriales del pan de árbol deshidratado se obtendrá un grado significativo de aceptación sensorial.

En la etapa II de esta investigación se evaluó sensorialmente el pan de árbol deshidratado obtenido bajo tres tratamientos: T4 “Tx”, T6 “Ty”, T-op.”Tz”. Este análisis se realizó para medir el grado de aceptabilidad del producto y a la vez verificar la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos en relación al grado de aceptabilidad del producto que se obtiene en cada tratamiento. Se comprobó mediante la prueba de Friedman con hipótesis:

Ho: Todas las medianas de puntuaciones dadas a la aceptabilidad general sensorial de las muestras de pan de árbol deshidratado son iguales.

H1: Al menos una de las medianas de las puntuaciones dadas a la aceptabilidad general sensorial de las muestras de pan de árbol deshidratado es diferente.

Regla de decisión con una significancia de $\alpha = 0.05$.

Si valor $p < 0.05$ entonces se rechaza Ho.

Si valor $p \geq 0.05$ entonces se acepta Ho.

Interpretación del resultado: En la prueba se obtuvo que el valor p para las puntuaciones de Aceptabilidad general sensorial es menor $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se concluye que al menos uno de tres tratamientos tiene un efecto diferente sobre la Aceptabilidad General del pan de árbol deshidratado. Además, las medianas de puntuaciones para Tx y Ty (5.00) están más cerca de mediana general (5.33), pero la mediana de puntuaciones para Tz (6.00) es significativa y sustancialmente mayor. Estos resultados indican que el tratamiento Tz es más efectiva y aceptable sensorialmente, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

4.2.2.4. Contrastación de hipótesis 4.

Ho: Determinando las características fisicoquímicas del pan de árbol deshidratado no se caracterizará al producto final.

H1: Determinando las características fisicoquímicas del pan de árbol deshidratado se caracterizará al producto final.

Mediante los ensayos fisicoquímicos realizados al producto óptimo, se pudo caracterizar al pan de árbol deshidratado por sus componentes fisicoquímicos como se muestra en la tabla 33, dentro del cual se obtuvo un porcentaje de humedad del 12.8 %, según la NTP 209.147, la humedad del producto no será mayor a 22 %, el resultado obtenido cumple con este parámetro. Es por ello que se descarta la hipótesis nula, es decir, el pan de árbol deshidratado se pudo caracterizar y cumple con los requisitos de la normativa permitiéndose así ser apto para su consumo.

CAPITULO V. DISCUSIÓN

5.1. Discusión de resultados

En la optimización: Los resultados de las pruebas preliminares del % de Humedad se muestran en la tabla 10, 11 y 13. En la determinación del % de Humedad final, se trabajó con tres variables, las cuales son la concentración con nivel mínimo y máximo de 40 y 60 °Brix, la segunda variable fue el tiempo con nivel mínimo y máximo de 1 y 8 horas y como tercera variable fue la temperatura con nivel mínimo y máximo de 20 y 40 °C respectivamente en la osmodeshidratación. Así mismo, en el secado por flujo de aire caliente se tomó en consideración dos variables, una es la temperatura con nivel mínimo y máximo de 45 y 65 °C, la segunda variable fue el tiempo con nivel mínimo y máximo de 1 y 2 horas respectivamente. La Figura 12, muestra los efectos principales para relaciones señal a ruido, diseño robusto ajustado, para la O.D. los parámetros óptimos son: la concentración de 60 °Brix y un Tiempo 8 horas, la temperatura no influye en los resultados. Para la deshidratación por A.C. los parámetros óptimos de temperatura son de 65 °C y un tiempo de 2 horas, con estos parámetros se espera obtener una humedad final 12.8%.

Por su parte, Lopez & Gómez (2017) determinaron el contenido de humedad del pan de arbol fresco (65,01%), dicho valor es muy cercano al determinado en esta investigación ($65.76 \pm 1.0\%$), posteriormente, deshidrataron el pan de árbol en una estufa a un nivel máximo de temperatura en 60°C por 12 horas, el producto obtuvo una humedad de 10.77%. Ahora bien, en esta investigación se obtuvo una humedad de 12.8 % tras someter el pan de árbol por 8 horas en osmodeshidratación (60°Brix) y por 2 horas en secado por aire caliente. Esta diferencia puede deberse debido a que, en el primer caso, el pan de árbol fue expuesto por mucho más tiempo al proceso de secado. Si bien la diferencia es mínima (2.03%) el extenso periodo de tiempo de secado supone un mayor requerimiento energético y por siguiente un mayor costo. En esta investigación, el secado por aire caliente solo fue de 2 horas, lo que genera una gran ventaja desde el punto de vista energético y de costos.

Por otro lado, Aguilar (2011) realizó un estudio de la temperatura y concentración de azúcar para deshidratar el árbol de pan, aplicando un diseño factorial de tipo AxB (7x3). Para el factor A concentración: (50, 53, 56, 59, 62, 65, 68 °Brix) y “Factor B” Temperatura: (Ambiente, 35 y

50 °C) y la relación fruta/jarabe (1:2.5). Uno de los tratamientos que estudió es 59°Brix a Temperatura ambiente, el cual deshidrato la fruta desde 78.0% a 45.27% de Humedad (reducción en 32.73%) en 8 horas, por otro lado, en la presente investigación el tratamiento T6 (60°Brix, 20°C) logró reducir desde 61.89 ± 1.1 hasta 30 % de Humedad (reducción en 31.89%) en 8 horas, lo cual es similar a los resultados reportados por Aguilar (2011).

Así mismo (Castillo, 2007) reportó en su investigación que llegó a obtener una humedad de 11.48 % después de haber sometido a un horno deshidratador a 55 a 85 °C por tiempo de 5 horas. Esta humedad es muy cercana a los valores obtenidos en la presente investigación (12.8), pero diferenciándose en el tiempo de secado, porque usó 5 horas. Además, estas diferencias pueden deberse a las condiciones ambientales o climatológicas de cada ciudad. Sin embargo, se resalta que, a mayor nivel de temperatura, la pérdida de sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas es mayor.

En la caracterización del producto: En la Tabla 33 se puede observar el análisis proximal del árbol de pan deshidratado por métodos combinados, siendo estos valores los siguientes: Humedad 12.8 %, Grasa 1.7 %, Cenizas 1.0 %, Fibra cruda 0.9 %, Carbohidratos 76.5 %, Proteínas 8.0 % y Energía total 353.3 Kcal/100 g de muestra, valores muy similares a lo obtenido por Hurtado (2007) en su investigación obtiene los siguientes valores: Proteína 4.04 %, Grasa 1.33 %, Fibra cruda 3.70 %, Carbohidratos 81.92 % y 355 Kcal de energía, sin embargo, su producto final obtuvo una Humedad de 5.05 % (único valor muy por debajo obtenida en esta investigación) esto puede deberse a que trabajó con una temperatura de 85 °C durante 3 horas, en su reporte indica que el color se vio afectado en tratamientos con una temperatura superiores a los 75 °C.

Así mismo (Castillo, 2007) en su investigación obtiene los siguientes resultados: Humedad 11.48 %, Cenizas 3.01 %, Fibra cruda 0.30 %, Grasa 1.07 %, Carbohidratos 78.17 % y Proteína 6.20 %, valores muy similares también obtenidos en esta investigación. El pan de árbol, pese a ser sometidos a deshidratación mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente para reducir su alto contenido de agua, su aporte nutricional sigue siendo alto, lo que nos indica que el método de conservación por deshidratación propuesto

en esta investigación es factible, de ese modo, al obtener un pan de árbol con bajo contenido de humedad se prolonga la vida útil del producto y se contribuye a un nivel alto de nutrientes.

Por otro lado, Lopez & Gómez (2017) deshidrataron el pan de árbol en una estufa a un nivel máximo de temperatura en 60°C por 12 horas, el producto obtuvo una humedad de 10.77%, ceniza 2.08%, proteína 8.08 y grasa 6.19%. El contenido de proteína es similar al obtenido en esta investigación, sin embargo, los demás componentes poseen una diferencia significativa en comparación a los resultados del análisis proximal obtenido, esto puede deberse al mayor tiempo de secado que usaron, lo cual incrementó la concentración de los demás componentes.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Las mejores condiciones de secado mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente son: Concentración 60 °Brix, Tiempo 8 hrs (O.D.) y Temperatura 65 °C, Tiempo 2 hrs (A.C), obteniéndose un producto con 12.8% de humedad.
- El análisis sensorial comprobó que la Aceptabilidad general, Sabor y Color tuvieron diferencia significativa entre los tratamientos. El producto obtenido con la optimización del proceso (T-op) fue más efectiva y aceptable sensorialmente.
- Así mismo el pan de árbol con mayor aceptación sensorial obtuvo la siguiente composición proximal: Humedad: 12.8 %, Grasa: 1.7 %, Cenizas: 1.0 %, Fibra cruda: 0.9 %, Carbohidratos: 76.5 %, Proteínas: 8.0 % y Energía total: 353.3 Kcal.
- La optimización del secado del pan de árbol mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente permite determinar las mejores condiciones de proceso para obtener un producto de baja humedad y aceptable por sus buenas características sensoriales y nutricionales.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar y determinar otros aspectos fisicoquímicos del pan de árbol deshidratado como: firmeza, microestructura, color instrumental, contenido de vitamina C, carotenoides, minerales, entre otros.
- Se recomienda realizar un estudio de vida útil del pan de árbol deshidratado en determinados tiempos para comprobar si el producto puede presentar cambios sensoriales y/o fisicoquímicos que puedan influir en la aceptación del consumidor.
- Se recomienda realizar un estudio de factibilidad a nivel industrial, con mira a una producción a gran escala.

REFERENCIAS

- Acero, L. (2005). *Guia para el cultivo y aprovechamiento del arbol del pan Artocarpus altilis (Park.) Fosberg* (Vol. 9). Convenio Andrés Bello.
- Aguilar Osorio, M. V. (2011). Estudio de la Temperatura y Concentración de Azúcar en la Deshidratación Osmótica de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).
- Alfaro, C. S. (2016). *Determinación de la eficiencia por segunda ley, del secado por convección de tomate y piña en un secador de túnel. managua - nicaragua.*
- Anchundia, C., & Martillo, A. (2019). *Estudio comparativo del valor nutricional de la harina de fruta de pan (Artocarpus altilis) frente a la harina de trigo (Triticum vulgare).* Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas.
- Arango, G., & Quijano, J. (2018). Estudio Químico analítico de los Frutos del Arbol de Pan (*artocarpus altilis*). *Revista Actualidades Biológicas*, 2. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/330466>
- Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C). (2019). *Official methods of analysis (21Ed.)*. AOAC INTERNATIONAL.
- Bioenciclopedia. (2015). *Bioenciclopedia.com*. Recuperado el Septiembre de 2021, de <https://www.bioenciclopedia.com/arbol-del-pan/>
- Caguas Chafla, J. (2020). "Evaluación Y Comparación De La Actividad Osmodeshidratante De Cuatro Agentes Edulcorantes Como Conservante En Mango Haden (*Mangifera indica haden*).".
- Carrasco, Y. (2010). "ELABORACION Y EVALUACION NUTRITIVA DE LA HARINA DE FRUTA PAN (*artocarpus altilis*) OBTENIDA POR PROCESO DE

DESHIDRATAACION. TESIS DE GRADO, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA.

- Castelló, M. (2008). *Efecto de las condiciones de operación en los cambios fisicoquímicos y fisiológicos de frutas mínimamente procesadas por deshidratación osmótica*. Tesis Doctoral , UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA , Valencia - España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/1830>
- Castillo Martinez, J. (2007). *Aprovechamiento de la fruta del árbol de pan (artocarpus altilis) para la obtención de un derivado alimenticio (harina)*.
- Coloma-Paxi, A., Paquita-Ninaraqui, R., Velásquez-Huallpa, R., & Abarca, R. (2017). *Efecto del escaldado y la temperatura en la cinética de secado de las hojas de quinua (Chenopodium quinoa Willd.), variedad Salcedo*. INIA. Agro sur, 45(3), 57-73.
- Della, P., & Mascheroni, R. (Agosto de 2011). *Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente*. CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos), Vol. 9((2)).
- Echeverri, C., & Hincapie, D. (2004). *Estudio de viabilidad y factibilidad del aprovechamiento de las semillas del arbol de pan en el municipio de san jeronimo, para la elaboracion y comercializacion de manjar en el municipio de medellin*. trabajo de grado presentado para optar al título de tecnólogo de alimentos, universidad nacional abierta y a distancia, medellin.
- Ellwanger, L. (2009). *Evaluación técnica de los procesos de deshidratación osmótica y convectiva durante una práctica vinculada en una planta deshidratadora de berries*.

- Universidad Austral de Chile. Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos., Chile.
- Fito, P., Andrés, A., Barat, J., & Albors, A. (2001). Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Gamboa, W., & Silva, J. (2018). *Determinación de la temperatura y concentración de la solución osmótica en la deshidratación del arándano (Vaccinium corymbosum L.)*.
- García, A., Muñiz, S., Hernández, A., Mario, L., & Fernández, D. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*.
- Geankoplis, C. J. (1998). Secado de materiales de proceso. Procesos de transporte y operaciones unitarias, 579-649.
- Grant, J. (2019). *Alamy*, Foto. Obtenido de Alamy foto de stok.
- Gutiérrez Mosquera, L. F., Arias Giraldo, S., Garzón Jiménez, D., Martínez Pantoja, D., Osorio Alturo, A., & Restrepo López, S. (2015). *Modelamiento de la operación unitaria de deshidratación bajo diferentes esquemas de secado*.
- Hurtado Perez, G. A. (2007). Estandarización y establecimiento de condiciones óptimas del proceso de deshidratación por aire caliente del fruto árbol de pan (Artocarpus altilis) a condiciones de Bogotá.
- Jardin Botanico SAN FRANCISCO*. (2013). Obtenido de <http://www.jardinbotanicomoyobamba.com/fotos-frutas-san-francisco.php>
- Julca Huarnizo, L., & Vásquez Torres, F. (2018). *Deshidratación Osmótica de Mamey (Mammea Americana L.) y su efecto en las características Fisicoquímicas y Organolépticas*.

- Lenart, A., & Flink, J. (1984). Osmotic concentration of potato. Part2: Spatial distribution of the osmotic effect. *En: Journal of Food Technology, Vol. 19*, 65-89.
- Lopez Ramos, C., & Gómez Culqui, J. (2007). *Obtención de harina del fruto de pan de árbol (Artocarpus altilis) para la elaboración de galleta enriquecida con sustitución parcial de harina de trigo.*
- Luna Jiménez, B. (2018). *Determinación de las condiciones de pretratamientos para el proceso de secado de la pulpa de yaca o jaca (Artocarpus heterophyllus).* Tesis. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/45522>
- Mena Zambrano, G. (2016). *Análisis de tres índices de madurez del fruto de pan artocarpus altilis para el aprovechamiento de sus semillas en la elaboración de un snack.* Universidad Tecnica del Norte, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5876>
- NTP 209.147:1980 (2017) FRUTAS DESHIDRATADAS. Melocotones secos. 1ª Edición.
- Ortiz Lastra, E. G. (2018). *Aceptabilidad de la harina de árbol de pan (Artocarpus altilis) en preparaciones caseras, por amas de casa y expertos expertos en alimentos, en Lima 2017.* Universidad Peruana Unión. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_8da53d0c208acd09dcf463b13c8e814c/Details
- Parzanese, M. (2012). *Tecnologías para la Industria Alimentaria: DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA. Alimentos Argentinos – MINAGRI.* Recuperado el Octubre de 2021, de http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_06_Osmotica.pdf

- Peña Custodio, J. A. (2019). *Obtención de parámetros óptimos en la elaboración de fruta confitada a partir del mango verde (Mangifera Indica)*.
- Quilumbaquin Guachamin, Y. L. (2019). *Osmodeshidratación como alternativa para el mejoramiento de las características sensoriales de la fresa (Fragaria vesca; variedad Albión) deshidratada convencionalmente*.
- Ragone, D. (1997). Fruta del pan: *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg. *National Tropical Botanical Garden*, 53-60. Recuperado el 2021, de <https://ntbg.org/breadfruit/about/>
- Reddy, ES (2019). Preservación de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) por secado al sol y deshidratación. *Ind. J. Aplicación pura. Biosci* , 7 (5), 563-566.
- Rodriguez Rivera, A. E., Hidalgo Millan, A., Balois Morales, R., Sanchez Herrera, L. M., Delgado Delgado, R., & Garcia Martinez, H. A. (2018). Cinéticas de secado y caracterización fisicoquímica de la harina elaborada a partir de residuo de jaca (*Artocarpus heterophyllus lam.*) en diferentes estados de madurez.
- Sachetti, G. G. (2001). Sucrose salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatment. *Journal of Food Engineering*, 49, 163-173.
- Salgado, R. (2019). *Saber Mas. Revista de Divulgacion* . Obtenido de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/la-ciencia-en-pocas-palabras/95-numero-12100/188-caloria-unidad-de-energia-en-la-alimentacion.html>
- Saxena, A., Maity, T., Raju, P., & Bawa, A. (2015). *Optimization of pretreatment and evaluation of quality of jackfruit (Artocarpus heterophyllus) bulb crisps developed using combination drying*.

- Reyes García, M., Gómez-Sánchez Prieto, I., & Espinoza Barrientos, C. (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. Instituto Nacional de Salud.
- Torreggiani, D. (1996). Osmotic dehydration in fruit and vegetables. *Proc. Food. Intl.* 26, 60-68.
- Torres Cuadros, E. (2018). Evaluación del efecto del deshidratado sobre la capacidad antioxidante de la pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).
- Vasquez, H. (2007). *DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TECNOLÓGICOS PARA LA OSMODESHIDRATACIÓN DE LA COCONA (Solanum sessiliflorum H.B.K.)*. Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA , Tingo Maria - Peru.
- Vega, A., Andrés, A., & Fito, P. (2005). Modelado de la cinética de secado del pimiento rojo (*Capsicum annum* L. cv Lamuyo). *Información tecnológica*, 16(6), 3-11.
- Velásquez Velásquez, V. (2007). *Estandarización del Proceso de Secado de Carragenina en la Empresa Extractos Naturales Gelymar S.A.* Valdivia – Chile.
- Wais, N. (2011). *SECADO COMBINADO DE FRUTAS: DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y MICROONDAS*. TESIS DOCTORAL, Universidad Nacional de La Plata , La Plata - Argentina.
- Yupanqui, E. (2010). *Influencia de la sacarosa y glucosa en la deshidratación osmótica del mango deshidratación osmótica del mango*. tesis, universidad nacional del centro del peru, satipo - peru.
- Zamora, A. (2016). “*Caracterización de la fruta de pan (Artocarpus altilis) en estado resco y cocido, de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas del Ecuador*”. Título del Proyecto de Investigación, UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, Quevedo - Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1837>

Zapata, J., Restrepo-Suarez, A., & Arias, L. (2016). Cinética de la Deshidratación Osmótica del Aguacate (*Persea americana*), y Optimización del Color por Medio de Superficies de Respuesta.

Zayas Sierra, M. (2010). Automatización de los modelos cinéticos del secado solar de las menas lateríticas (Doctoral dissertation, Departamento de Informática).

ANEXOS

ANEXO I

Graficas de verificación de supuestos y diagrama de Pareto en la Etapa I.

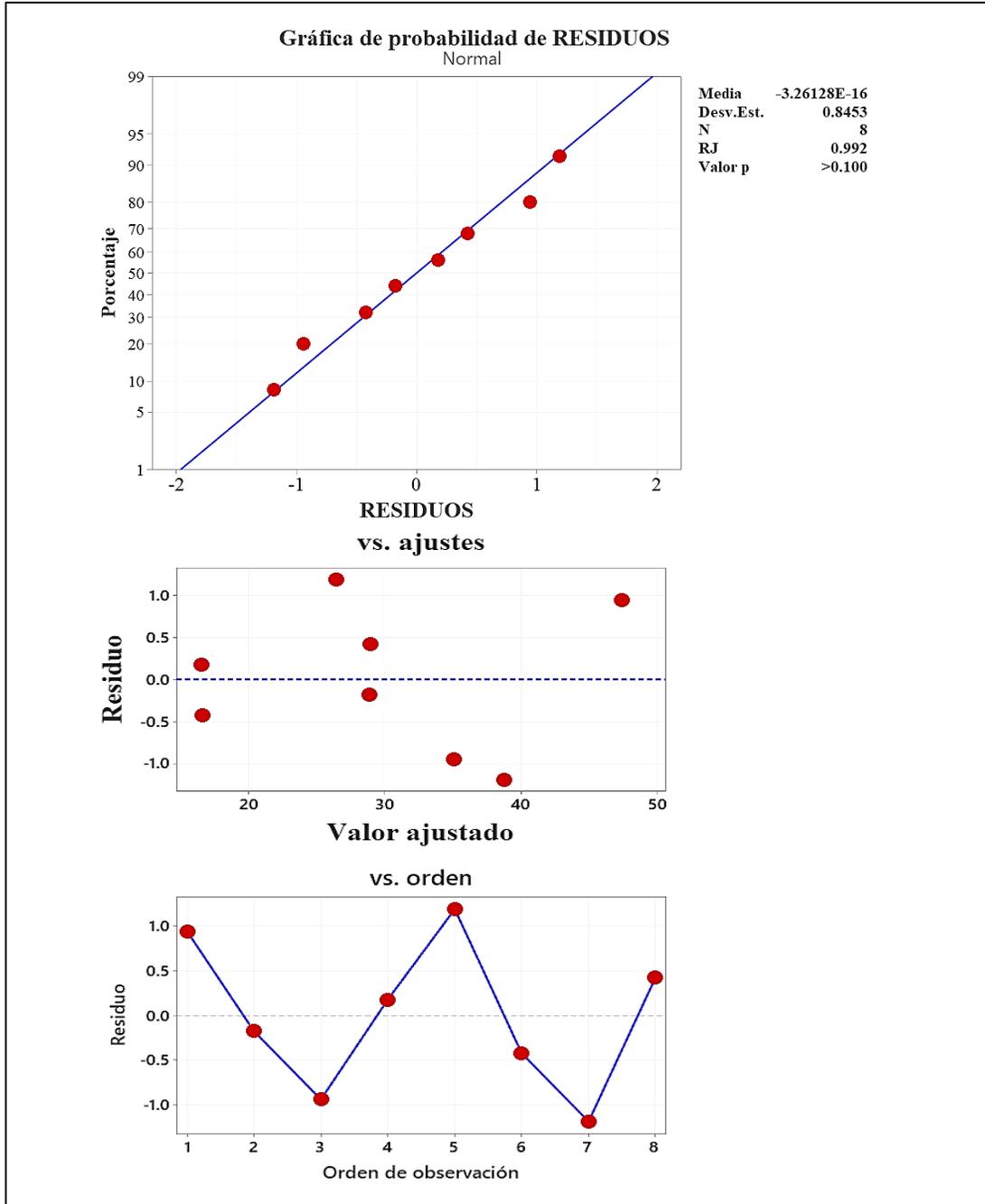


Figura 21: Verificación de supuestos del modelo para normalidad, varianza constante e independencia.

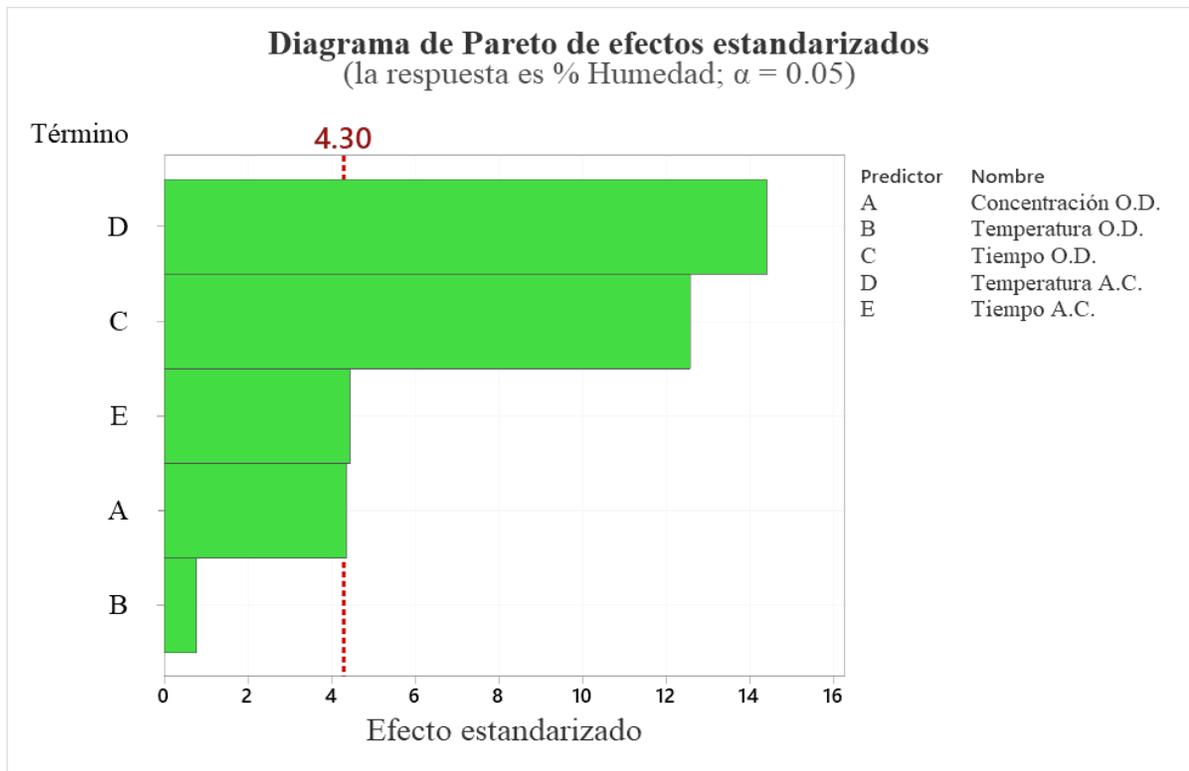


Figura 22: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados antes del ajuste.

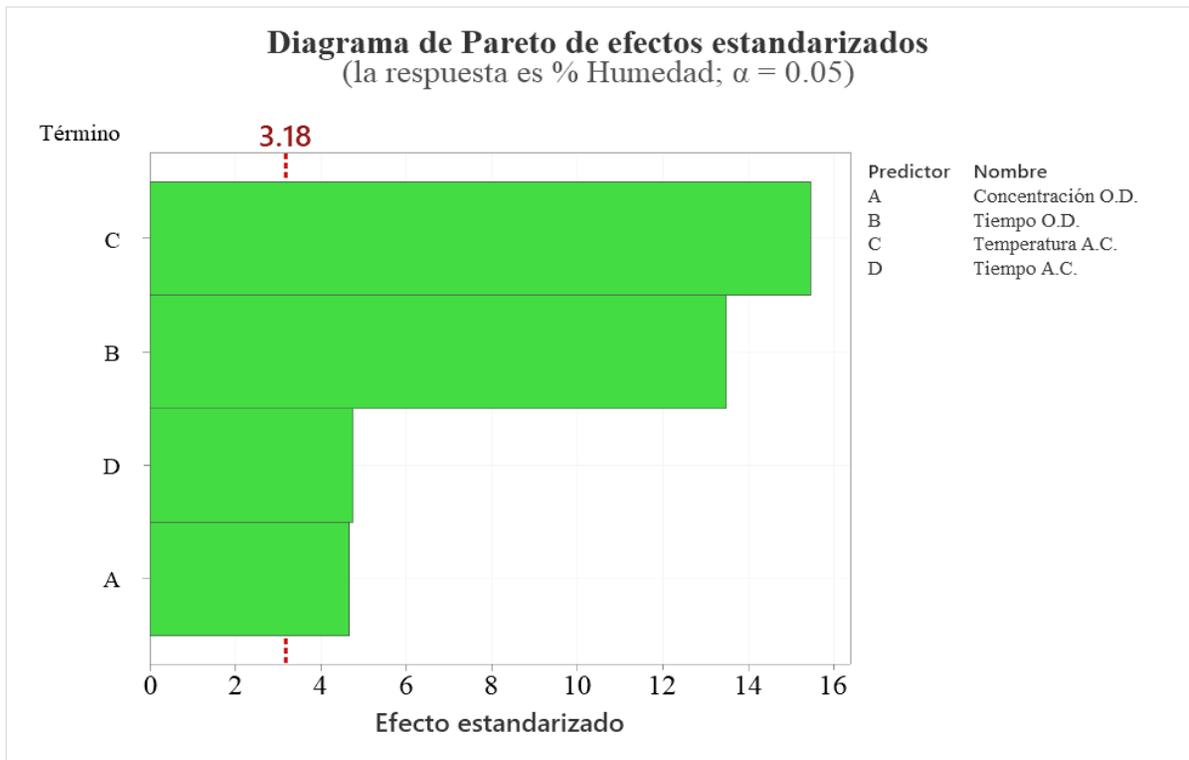


Figura 23: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados después del ajuste.

ANEXO II

Formato para la evaluación de la aceptabilidad sensorial del pan de árbol deshidratado.

Nombre:					
Fecha:					
INSTRUCCIONES					
Frente a usted se presentan tres muestras de “PAN DE ARBOL” deshidratado por métodos combinados. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas e indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/ categoría, escribiendo el número de puntaje correspondiente en la línea del código de la muestra.					
Nota: recuerde tomar agua antes de evaluar la siguiente muestra					
Puntaje	Categoría				
1	Me disgusta extremadamente				
2	Me disgusta mucho				
3	Me disgusta ligeramente				
4	Ni me gusta ni me disgusta				
5	Me gusta un poco				
6	Me gusta mucho				
7	Me gusta extremadamente				
Calificación para cada atributo					
MUESTRAS	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	ACEPTABILIDAD GENERAL
789					
321					
456					
Observaciones:				
¡Gracias por su participación!					

ANEXO III

Gráfica de probabilidad normal de los datos en la Etapa II.

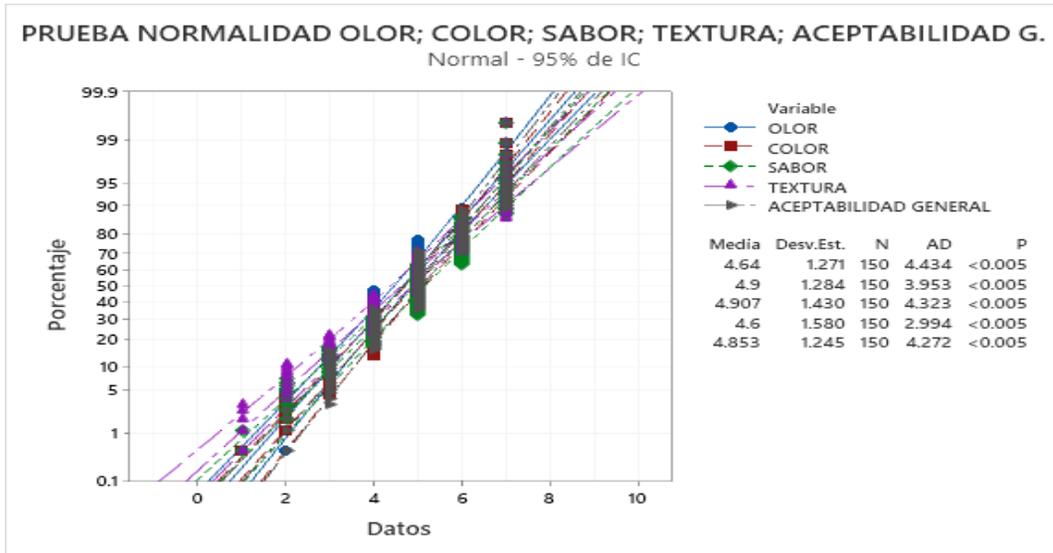


Figura 24: Probabilidad normal de respuestas de la evaluación sensorial (Olor; Color; Sabor; Textura y Aceptabilidad General).

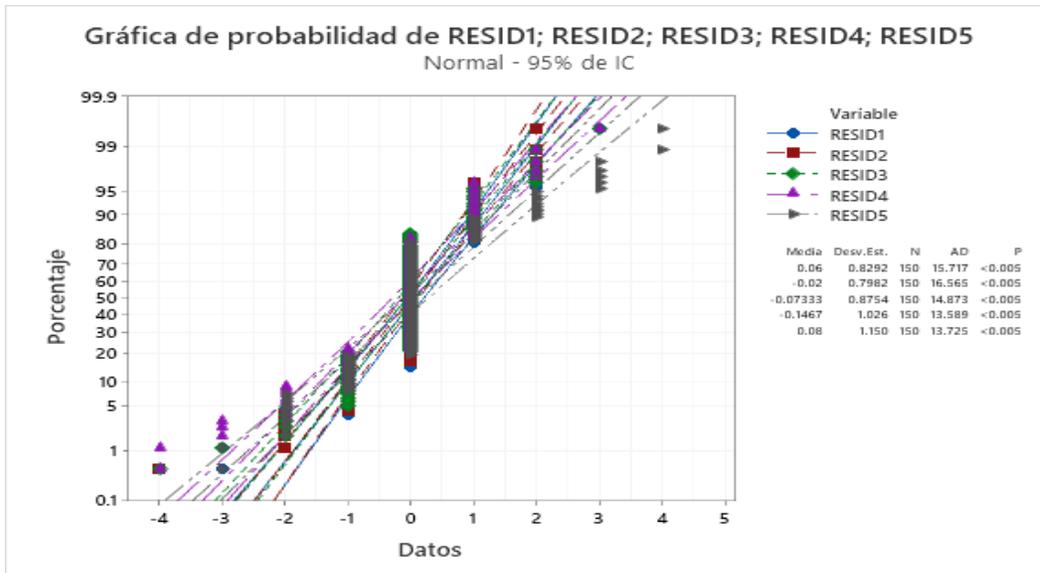


Figura 25: Probabilidad normal sobre los residuos.

Valores de P valor < 0.05 para probabilidad Normal resulta no significativo.

ANEXO IV

Galería de fotos durante el proceso del pan de árbol deshidratado



Figura 26: Recepción del pan de árbol fresco.



Figura 27: Extracción de la semilla.



Figura 28: Pesado de la semilla



Figura 29: Laminado del pan de árbol



Figura 30: Inmersión a la solución osmótica



Figura 31: Control de T° (D.O)



Figura 32: Colocación de láminas



Figura 33: Secado por flujo de A.C.



Figura 34: Envasado en bolsa hermetica.



Figura 35: Producto terminado.

ANEXO V

Galería de fotos, evaluación sensorial



Figura 36: Muestras para panelistas



Figura 37: Inducción en la E. sensorial



Figura 38: Evaluación sensorial

ANEXO VI

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (Método 925.10.

A.O.A.C., 2005)

Equipos y materiales

- Balanza analítica
- Cajas petri
- Pinza metálica
- Espátula
- Estufa
- Desecador

Procedimiento

- Lavar las cajas petri con agua destilada, secar en una estufa a 105 °C por 8 h, secar en un desecador y una vez frías pesar.
- Se pesa de 1 a 2 g de muestra molida en las cajas petri, se lleva a la estufa a 105 °C por 12 h (preferible una noche), se enfría las cajas petri con la muestra en un desecador y se pesan.

Cálculos

Para encontrar el porcentaje de humedad se usa la ecuación:

$$H (BH) = \frac{Ppmh - Ppms}{Ppmh - Pp} \times 100$$

Donde:

H (BH): Humedad en base húmeda (%).

Pp : Peso de caja Petri (g).

Ppmh : Peso del recipiente más muestra húmeda (g).

Ppms : Peso del recipiente más muestra seca (g).

ANEXO VII

Determinación de humedad de las muestras y recolección de datos de curva de deshidratación



Figura 39. Procedimiento de analisis de humedad



Figura 40: Pesado de la muestra representativa para estudio de curvas de humedad.

ANEXO VIII

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	RANGOS	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es el proceso tecnológico óptimo para la deshidratación del pan de árbol (Artocarpus altilis) mediante métodos combinados, osmodeshidratado y secado por aire caliente?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS 1. ¿Cuáles son los parámetros del proceso para optimizar? 2. ¿Cuál es el rendimiento del proceso del pan de árbol deshidratado? 3. ¿Cuáles son las características sensoriales del pan de árbol deshidratado? 4. ¿Cuáles son las características físico químicas del pan de árbol deshidratado?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar el proceso tecnológico óptimo para la deshidratación del Pan de árbol (Artocarpus altilis) mediante métodos combinados, osmodeshidratado y secado por aire caliente.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1. Determinar y optimizar los parámetros del proceso. 2. Determinar el rendimiento del proceso del pan de árbol deshidratado. 3. Determinar las características sensoriales del pan de árbol deshidratado. 4. Determinar las características físico químicas del pan de árbol deshidratado.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL La utilización de métodos combinados por osmodeshidratación y aire caliente influye significativamente en la optimización del secado de pan árbol.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS 1. Mediante la determinación de los parámetros se podrá optimizar el secado de pan de árbol por métodos combinados por osmodeshidratación y aire caliente. 2. La determinación del rendimiento de proceso permitirá conocer en qué medida se obtiene pan de árbol deshidratado por lote de materia prima. 3. Determinando las características sensoriales del pan de árbol deshidratado se obtendrá un grado significativo de aceptación sensorial. 4. Determinando las características físicoquímicas del pan de árbol deshidratado se caracterizará al producto final.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Osmodeshidratado Secado por aire caliente</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Características organolépticas Características físicoquímicas Rendimiento del proceso</p>	<p>Concentración de sacarosa Temperatura Tiempo Temperatura. Tiempo Olor Color Sabor Textura Aceptabilidad General Contenido de Humedad final Contenido de grasa, cenizas, fibra, carbohidratos, proteínas, energía total. Rendimiento másico</p>	<p>[40-60] [20-40] [1-8] [45-65] [1-2] Escala hedónica de 7 puntos. [< 100] [< 100] [< 100]</p>	<p>°Brix °C hr °C hr De 1 a 7, siendo 1 “me disgusta extremadamente” y 7 “me gusta extremadamente”. % de Humedad final (B.H.) g/ 100g de producto %</p>	<p>Refractómetro Termómetro Cronómetro Termómetro Cronómetro Análisis sensorial Análisis sensorial Análisis sensorial Análisis sensorial Balanza analítica Método AOAC Análisis proximal Balanza</p>

ANEXO IX
RESULTADOS FISICOQUÍMICOS



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS
N° 002174-2023

SOLICITANTE	: LOPEZ LEON FERNANDO DANIEL
DIRECCIÓN LEGAL	: AV. CINCUENTENARIO 339 - HUALMAY RUC : 10732562724 Teléfono : 953378455
PRODUCTO	: PAN DE ÁRBOL DESHIDRATADO
NUMERO DE MUESTRAS	: Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA	: TESIS: Optimización del secado de Artocarpus Altilis "pan de árbol" mediante la utilización de métodos combinados por osmodeshidratado y aire caliente. TESISTAS: Bravo Neyra Roger / López León Fernando
CANTIDAD RECIBIDA	: 572,1 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S)	: S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN	: Envasado, la muestra ingresa en bolsa sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS	: S/S N°EN- 001732 -2023
REFERENCIA	: ACEPTACION TELEFONICA
FECHA DE RECEPCIÓN	: 09/06/2023
ENSAYOS SOLICITADOS	: FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA	: No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:
ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
1 - Humedad (g/100 g de muestra original)	12,8	12,71	12,82
2 - Grasa (g/100 g de muestra original)	1,7	1,71	1,73
3 - Cenizas (g/100 g de muestra original)	1,0	0,99	0,95
4 - Fibra Cruda (g/100 g de muestra original)	0,9	0,90	0,95
5 - % Kcal. proveniente de Carbohidratos	86,6	---	---
6 - % Kcal. proveniente de Grasa	4,3	---	---
7 - % Kcal. proveniente de Proteínas	9,1	---	---
8 - Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	353,3	---	---
9 - Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	76,5	---	---
10 - Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	8,0	8,01	8,03

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1 - AOAC 925.10 Cap. 32, Pág. 1, 21st Edition 2019
- 2 - AOAC 922.06 Cap. 32, Pág. 5, 21st Edition 2019
- 3 - AOAC 930.05 Cap. 3, Pág. 1, 21st Edition 2019
- 4 - NTP 205.003:1980 (Revisada el 2011)
- 5 - Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 6 - Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 7 - Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 8 - Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 9 - Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 10 - AOAC 920.152 Cap. 37, Pág. 10, 21st Edition 2019

CONTINUA INFORME DE ENSAYOS N° 002174-2023

Pág. 1/2



Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 002174- 2023

Observaciones: El presente informe reemplaza al informe de ensayo N° 002063-2023 de fecha 06 de Junio de 2023 y se expide a solicitud del interesado.

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 29/05/2023 Al 06/06/2023.

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 09 de Junio de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Pág. 2/2

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú

Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794

E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

 la molina calidad total