

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

**“OPTIMIZACIÓN DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA
DE RODAJAS DE SANKY (*Corryocactus brevistylus*)”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR
FABIÁN AIRE ÁNGEL**

**ASESOR
ING° CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO**

CALLAO – 2023

PERÚ

Document Information

Analyzed document	TESIS - FABIAN AIRE ANGEL.pdf (D157681214)
Submitted	2023-02-02 20:41:00
Submitted by	
Submitter email	fiq.investigacion@unac.edu.pe
Similarity	3%
Analysis address	fiq.investigacion.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphar.2020.00417/full Fetched: 2020-06-22 16:50:24		2
SA	estetica y cosmetologia 2019.pdf Document estetica y cosmetologia 2019.pdf (D128025362)		4
SA	EF_TALLERDETESIS2_MENDOZADUENASALEXIAALEXANDRA.docx Document EF_TALLERDETESIS2_MENDOZADUENASALEXIAALEXANDRA.docx (D141627169)		1
SA	JHAN Y JACKSON - Proyecto de Tesis V04 (1).docx Document JHAN Y JACKSON - Proyecto de Tesis V04 (1).docx (D154361004)		2
SA	tesis Delgado para revision plagio.docx Document tesis Delgado para revision plagio.docx (D19130102)		1
SA	PROYECTO DE TESIS MAMEY_JACKSON Y JHAN...docx Document PROYECTO DE TESIS MAMEY_JACKSON Y JHAN...docx (D142332272)		2
SA	INFORME DE TESIS_JHAN Y JACKSON.docx Document INFORME DE TESIS_JHAN Y JACKSON.docx (D142192746)		1
SA	Universidad Nacional del Callao / INFORME FINAL - SANEZ FALCON LIDA CARMEN.pdf Document INFORME FINAL - SANEZ FALCON LIDA CARMEN.pdf (D103898585) Submitted by: fiq.investigacion@unac.edu.pe Receiver: fiq.investigacion.unac@analysis.arkund.com		3
SA	1610079301_110__INFORME_PROYECTO_FINAL_GRUPO_ZETA_FQ.docx Document 1610079301_110__INFORME_PROYECTO_FINAL_GRUPO_ZETA_FQ.docx (D91337208)		1
SA	Josue Rengifo Cinetica.pdf Document Josue Rengifo Cinetica.pdf (D142462333)		1
SA	1. Tesis (Japa Paqui Lida Esperanza) texto plano.docx Document 1. Tesis (Japa Paqui Lida Esperanza) texto plano.docx (D127293899)		2

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: Ingeniería Química.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: Facultad de Ingeniería Química.

TÍTULO: “Optimización de la deshidratación osmótica de rodajas de sanky (*Corryocactus brevistylus*)”

AUTORES:

- Ángel Fabián Aire / DNI: 40621055

ASESOR:

- Luis Américo Carrasco Venegas / ORCID: 0000-0002-7832-3366 / 25825871

LUGAR DE EJECUCIÓN: Laboratorio la Compañía Minera Condestable S.A.

Lima - Perú

UNIDAD DE ANÁLISIS: Deshidratación osmótica de rodajas de sanky

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental / Enfoque: Cuantitativo / Nivel:

Descriptivo

TEMA OCDE: 2.4.2. Ingeniería de Procesos

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue sustentada por el Bachiller **FABIAN AIRE ANGEL** ante el Jurado de Sustentación de Tesis conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

ING° ANCIETA DEXTRE CARLOS ALEJANDRO	Presidente
ING° MACHACA GONZALES LEONARDO FÉLIX	Secretario
ING° AVALOS JACOBO VÍCTOR HUGO	Vocal
ING° CARRASCO VENEGAS LUIS AMÉRICO	Asesor

Tal como está asentado en el Libro de actas N° 02 Folio N° 151 y Acta N° 332 de fecha 23 de AGOSTO del 2023, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis sin Ciclo de Tesis, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021

DEDICATORIA

A toda mi familia, Principalmente, a mis padres que me apoyaron en todo. Por enseñarme a afrontar las dificultades y a ser perseverante. A mi esposa Nervith, por su paciencia, comprensión, por su amor. También, a mi hija Kaitlin Ximena. Su nacimiento, ha coincidido con la finalización de este proyecto y ha llegado en el momento justo para darme el último impulso que necesitaba para poder terminar esta tesis.

AGRADECIMIENTO

A Dios. Quien, con su bendición, me dio sabiduría y fuerza para la elaboración de la presente investigación, porque me permite sonreír ante todos mis logros, que son resultado de su ayuda. Por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando el bienestar para mi persona.

A la Universidad Nacional del Callao, mi casa de estudio, durante estos largos años de esfuerzo me ha permitido ser parte de ella. Por permitirme compartir dificultades, retos, grandes momentos, alegrías inolvidables y me preparó para iniciar una etapa profesional en mi vida.

A mi asesor de tesis, Dr. Luis Carrasco Venegas. Por darme la oportunidad de realizar este trabajo, y por brindarme su apoyo, conocimiento y las herramientas para poder culminar este proyecto.

Finalmente, a mis amigos, por su apoyo y comprensión. Me alentaron a lograr esta hermosa realidad, y a todos quienes contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Descripción de la realidad problemática	16
1.2. Formulación del problema (problema general y específicos)	16
1.3. Objetivos (objetivo general y específicos).....	17
1.4. Justificación.....	17
1.5. Delimitantes de la investigación (teórico, temporal y espacial)	17
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes (internacional y nacional)	18
2.2. Bases teóricas.....	21
2.2.1 Deshidratación osmótica	22
2.2.2 Presión osmótica	24
2.2.3 Mecanismo de transferencia de energía en el proceso osmótico.....	25
2.2.4 Superficie de respuesta.....	26

2.3.	Marco conceptual	27
2.3.1.	Sanky.....	27
2.3.2.	Beneficios e información nutricional del sanky.....	28
2.3.3.	Producción de sanky en el Perú.....	30
2.3.4.	Productos deshidratados.....	31
2.3.5.	Estadísticas de consumo de productos deshidratados.....	34
2.3.6.	Actividad de agua	34
2.3.7.	Fluidos osmóticos	36
2.4.	Definición de términos básicos	42
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	38
3.1.	Hipótesis (general y específicas).....	38
3.1.1.	Operacionalización de variables	38
IV.	METODOLÓGÍA DEL PROYECTO	39
4.1.	Diseño metodológico	39
4.2.	Método de investigación.....	40
4.3.	Población y muestra.....	40
4.4.	Lugar de estudio y período desarrollado.....	41
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	41
4.6.	Análisis y procesamiento de datos	46
4.7.	Aspectos éticos en investigación.....	46

V. RESULTADOS	47
5.1. Resultados descriptivos.....	47
5.2. Resultados inferenciales	52
5.3. Otro tipo de resultados estadísticos.....	72
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	75
6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares.....	76
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes	76
VII. CONCLUSIONES	77
VIII. RECOMENDACIONES	78
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido nutricional del sanky	30
Tabla 2. Principales importadores de Sanky	32
Tabla 3. Exportaciones de frutas deshidratadas a nivel mundial	34
Tabla 4. Operacionalización de variables	38
Tabla 5. Diseño experimental para las pruebas de deshidratación osmótica	39
Tabla 6. Valores de la masa promedio de las muestras de sanky, antes y después de la deshidratación osmótica (espesor 8 mm)	47
Tabla 7. Variables de salida obtenidas en las muestras de sanky deshidratadas osmóticamente (valores promedio) (espesor 8 mm)	48
Tabla 8. Valores de la masa promedio de las muestras de sanky, antes y después de la deshidratación osmótica (espesor 10 mm)	49
Tabla 9. Variables de salida obtenidas en las muestras de sanky deshidratadas osmóticamente (valores promedio) (espesor 10 mm)	50
Tabla 10. Valores de la masa promedio de las muestras de sanky, antes y después de la deshidratación osmótica (espesor 12 mm)	51
Tabla 11. Variables de salida obtenidas en las muestras de sanky deshidratadas osmóticamente (valores promedio) (espesor 12 mm)	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Transferencia de masa en la deshidratación osmótica	23
Figura 2. Superficie de respuesta	27
Figura 3. Cactus productor de sanky	28
Figura 4. Frutos de sanky.....	29
Figura 5. Zonas productoras de sanky en el Perú.....	31
Figura 6. Frutas deterioradas.....	32
Figura 7. Frutas deshidratadas... ..	33
Figura 8. Diseño de la investigación	40
Figura 9... Frutos de sanky seleccionados.....	41
Figura 10. Solución osmótica preparada	42
Figura 11. Agua desionizada utilizada.....	43
Figura 12. Materia prima al inicio de la deshidratación osmótica.....	43
Figura 13. Muestras en la plancha de calentamiento	44
Figura 14. Muestras deshidratadas y embolsadas.....	44
Figura 15. Refractómetro utilizado en las pruebas (0-32 grados brix).....	45
Figura 16. Medición de sólidos captados en las muestras	45
Figura 17. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C	53
Figura 18. Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C	54

Figura 19. Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos(°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°.....	54
Figura 20. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C°....	55
Figura 21. Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C°.....	55
Figura 22. Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C°.....	56
Figura 23. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C°.....	56
Figura 24. Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos(°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C°.....	57
Figura 25. Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos(°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C°.....	57
Figura 26. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización	

de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C°	58
Figura 27. Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C°	58
Figura 28. Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C°	59
Figura 29. Optimización de las variables de entrada (rodajas de 8 mm)	59
Figura 30. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C°	60
Figura 31. Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C°	60
Figura 32. Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C°	61
Figura 33. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C°	

Figura 34. Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C°	62
Figura 35. Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C°	62
Figura 36. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C°	63
Figura 37. Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C°	63
Figura 38. Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C°	64
Figura 39. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C°	64
Figura 40. Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos(°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C°	65

Figura 41. Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C°	65
Figura 42. Optimización de las variables de entrada (rodajas de 10 mm)	66
Figura 43. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C°	66
Figura 44. Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos(°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C°	67
Figura 45. Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos(°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C°	67
Figura 46. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C°.....	68
Figura 47. Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C°	68
Figura 48. Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C°	69

Figura 49. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C°	69
Figura 50. Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos(°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C°	70
Figura 51. Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos(°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C°	70
Figura 52. Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C°.....	71
Figura 53. Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C°	71
Figura 54. Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C°	72
Figura 55. Optimización de las variables de entrada (rodajas de 12 mm)	72
Figura 56. Valores finales de masa (g) para las muestras de sanky con espesor de 8 mm	73

Figura 57. Valores finales de masa (g) para las muestras de sanky con
espesor de 10 mm 73

Figura 58. Valores finales de masa (g) para las muestras de sanky con
espesor de 12 mm 74

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

DO	:	Deshidratación
osmótica SO	:	Solución Osmótica
Aw	:	Actividad de agua
WL	:	Pérdida de peso

RESUMEN

Actualmente, las frutas se consideran los alimentos más saludables para la salud humana; varias plantas comestibles nativas han jugado un papel importante en todas las regiones geográficas del mundo y están disponibles comercialmente en innumerables presentaciones, esto se debe al conocimiento de sus propiedades beneficiosas para la salud. Una especie propia de nuestro país, pero que no tiene la difusión adecuada es el Sanky, proveniente de un cactus arbustivo que crece mayoritariamente en la región Arequipa. Tomando como insumo esta materia prima denominada sanky, se ha realizado la deshidratación osmótica a diferentes condiciones de operación, para encontrar las más favorables y que permitan promover su consumo, en una forma alternativa (deshidratado); se deshidrató el sanky rodajas de 8, 10 y 12 mm de espesor y se utilizaron variaciones en las condiciones de operación: temperatura, tiempo y concentración de la solución osmótica (teniendo como soluto osmótico la sacarosa). Las evaluaciones estadísticas de las pruebas realizadas sobre las muestras de sanky revelan que para poder maximizar la cantidad de agua retirada (%) y minimizar la cantidad de sólidos captados (para evitar cambios en el sabor de las muestras), se debe trabajar a 40°C, las muestras se deben sumergir en una solución osmótica de 60°Brix y se debe operar por un tiempo cercano a los 90 minutos, con lo cual se obtiene un fruto seco (des 94% hasta 53.72% de humedad)

Palabras clave: sanky, deshidratación, ósmosis, fruta

ABSTRACT

Currently, fruits are considered the healthiest foods for human health; Several native edible plants have played an important role in all the geographical regions of the world and are commercially available in countless presentations, this is due to the knowledge of their beneficial properties for health. A species typical of our country, but that does not have adequate diffusion is the Sanky, coming from a bushy cactus that grows mainly in the Arequipa region. Taking this raw material called sanky as an input, osmotic dehydration has been carried out at different operating conditions, to find the most favorable ones and that allow promoting its consumption, in an alternative way (dehydrated); The sanky slices of 8, 10 and 12 mm thickness were dehydrated and variations in the operating conditions were used: temperature, time and concentration of the osmotic solution (having sucrose as osmotic solute). Statistical evaluations of the tests carried out on the sanky samples reveal that in order to maximize the amount of water removed (%) and minimize the amount of solids captured (to avoid changes in the taste of the samples), it is necessary to work at 40° C, the samples must be submerged in an osmotic solution of 60°Brix and must be operated for a time close to 90 minutes, with which a dry fruit is obtained (from 94% to 53.72% humidity)

Keywords: sanky, dehydration, osmosis, fruit

INTRODUCCIÓN

La presente investigación trata de la optimización de la deshidratación del sanky a través de ósmosis, teniendo como soluto de la solución osmótica la sacarosa. Existen diversos antecedentes en los cuales se han deshidratado frutas a través de esta técnica, pero casi no existe información de la deshidratación del sanky, porque es una fruta poco difundida en nuestro medio. Por ello nace la idea de la investigación. Con el desarrollo de esta investigación se pretende aplicar la deshidratación osmótica variando los parámetros de operación (temperatura, concentración de la solución osmótica y tiempo de operación), para que con la optimización estadística se puedan develar las condiciones más favorables de trabajo. Estas condiciones son propias del alimento, porque varían con cada tipo existente por diferentes motivos, por ejemplo, el porcentaje de humedad.

El material debe cortarse en rodajas (de diferente espesor) y se pone en contacto directo con la solución osmótica (inmersión), de este modo se genera un diferencial de la concentración de solutos, que permite la migración de agua desde el alimento hacia el exterior, reflejándose una pérdida de peso, pero también existe ganancia de sólidos, debido a la gran cantidad de moléculas de soluto presentes en el sistema. Existen dos dificultades para esta investigación, la primera está en la tan escasa cantidad de información de esta fruta, casi no estudiada. Por otro lado, el tiempo de cosecha de esta fruta también es una limitante importante, porque no se produce permanentemente en el año.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El sanky es una fruta que se produce en la sierra peruana que no ha recibido la atención necesaria, y, por lo tanto, no es popular entre la población. Esto a pesar de los grandes atributos nutricionales con los que cuenta; por ello, se necesita buscar alguna forma atractiva de consumo de esta fruta, que no ha sido tan estudiada hasta el momento. [1]

La alternativa propuesta para el tratamiento del sanky es través de la deshidratación osmótica, porque no ha sido estudiada a través de este método, con lo que se buscará encontrar las mejores condiciones de operación del proceso de deshidratado.

1.2. Formulación del problema (problema general y específicos)

Problema general

¿Cuáles es la influencia de las condiciones de operación en la deshidratación osmótica de rodajas de sanky (*Corryocactus brevistylus*)?

Problemas específicos

¿Cuál es la influencia de la temperatura, tiempo de exposición y espesor de las rodajas en la deshidratación de las rodajas de sanky (*Corryocactus brevistylus*)?

¿Cuál es la influencia de la concentración de azúcar en la solución osmótica utilizada en el proceso de deshidratación osmótica?

1.3. Objetivos (objetivo general y específicos) Objetivo general

Determinar influencia de las condiciones de operación en la deshidratación osmótica de rodajas de sanky (*Corryocactus brevistylus*).

Objetivos específicos

Determinar la influencia de la temperatura, tiempo de exposición y espesor de las rodajas en la deshidratación de las rodajas de sanky (*Corryocactus brevistylus*).

Determinar la influencia de la concentración de azúcar en la solución osmótica

utilizada en el proceso de deshidratación osmótica.

1.4. Justificación Teórica

El informe de tesis sirve como antecedente teórico para futuras investigaciones en cuanto la deshidratación osmótica del sanky (estudios sociales, económicos, entre otros).

Tecnológica

El presente trabajo permite conocer las condiciones óptimas de deshidratación osmótica del sanky para su escalamiento a nivel industrial.

Económica

El presente trabajo propone una mejor alternativa también para transportar el sanky, porque, al tener menos contenido de agua, ocupa un menor espacio para su transporte.

1.5. Delimitantes de la investigación (teórico, temporal y espacial)

Teórico

La investigación se encuentra dentro del estudio de deshidratación de alimentos. Específicamente en la deshidratación de frutos de tipo cactáceo.

Temporal

La investigación se desarrolló en el período agosto – octubre de 2021.

Espacial

La experimentación del presente trabajo se realizó en los laboratorios de la Compañía Minera Condestable S.A. Lima – Perú

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes (internacional y nacional)

En la investigación titulada: “Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica L.*): Influencia de la temperatura y la concentración”, tuvieron como objetivo estudiar la cinética de deshidratación osmótica en pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica L.*), a partir del índice de efectividad y estudiaron la influencia de la temperatura y la concentración de la solución sobre el proceso. Para ello, determinaron experimentalmente la pérdida de agua, pérdida de peso y ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de la pulpa, en soluciones hipertónicas de sacarosa, con 30, 40 y 60

°Brix y temperaturas de 29°C y 50°C. Como resultado, obtuvieron que, a mayor concentración y temperatura de la solución, se producen mayores pérdidas de agua (53,9%), peso (53,9%) y ganancia de sólidos (0,008%). [2]

En la investigación titulada: “Cambios en propiedades mecánicas durante la deshidratación osmótica de pitahaya amarilla”, tuvieron como objetivo evaluar la influencia del tiempo de deshidratación osmótica, el nivel de presión (presión atmosférica y pulso de vacío) y la concentración de sacarosa de la solución osmótica (SO) (45°Brix y 65°Brix) sobre propiedades mecánicas de rodajas de pitahaya. El pulso de vacío fue de 5 kPa durante 5 min. Las muestras frescas y deshidratadas fueron sometidas a pruebas de compresión hasta la ruptura; se evaluaron 3 parámetros mecánicos (esfuerzo de fractura, deformación de fractura y módulo de elasticidad). Los resultados mostraron que el esfuerzo de fractura y el módulo de elasticidad

disminuyeron significativamente con el tiempo de DO y con la aplicación del pulso de vacío, mientras que se incrementaron con el aumento de concentración de sacarosa. Estos resultados indican que la pitahaya amarilla retiene mayor firmeza con presión atmosférica y con 65°Brix respecto a los tratados con la aplicación del pulso de vacío. [3]

En la investigación titulada: “Deshidratación osmótica de muestras de mango

verde (*Mangifera indica* L. var. filipino) en soluciones ternarias” tuvieron como objetivo evaluar las cinéticas de pérdida de agua (WL), ganancia de solutos (SG), reducción de peso (WR), actividad de agua (aw) y volumen (coeficiente de encogimiento, SC) en muestras de mango verde (*Mangifera indica* L. Variedad filipino) deshidratadas osmóticamente (OD). Adicionalmente, calcularon la difusividad (Def) del agua y de solutos, en los distintos tratamientos. Para ello se usaron mangos verdes con escala de madurez cero. En la OD se usaron soluciones ternarias compuestas por sacarosa (40%) y NaCl al 3%, 6% y 9%. Como tratamiento control se usó una solución binaria de sacarosa más agua. En el proceso osmótico las muestras fueron tomadas a diferentes tiempos de OD (15, 30, 60, 90, 180, 240, y 300 min). Los resultados mostraron que, al incrementar la concentración de NaCl, las WL fueron más rápidas, la aw y el SC fueron menores y las de agua y solutos mayores. Las muestras deshidratadas con la máxima concentración de solutos (40-90%), alcanzaron las mayores WL, SG y WR con valores de 59,82%; 13,10% y 46,68%, respectivamente. Los coeficientes Defw and Defs mostraron orden de magnitud de $10 - 10 \text{ m}^2/\text{s}$, valor que se encuentra en el intervalo para alimentos deshidratados. Se concluye en esta investigación que las soluciones binarias (sacarosa + agua) y ternarias (NaCl + sacarosa + agua) son adecuadas para deshidratar mango verde, sin embargo, las soluciones ternarias fueron más efectivas. [4]

En la “Deshidratación osmótica del zapallo (*Cucurbita maxima* Duchesne)”, tuvo como objetivo estudiar los parámetros óptimos de industrialización de zapallo (*Cucurbita maxima* Duchesne) sometido a deshidratación osmótica. La solución hipertónica se obtuvo mediante zumo de maracuyá y miel abeja. Esta mezcla tiene un alto contenido de hidratos de carbono, vitaminas y minerales. El diseño experimental estuvo compuesto por dos factores: concentración de miel de abeja (30°Brix, 40°Brix y 50°Brix) y temperatura de secado (60°C y 70°C). Se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros con el fin de controlar el proceso:

reducción de peso (%) y relación pérdida de agua- incremento de sólidos (WL.SG). Después de la osmo deshidratación, se empleó una etapa final de secado por aire, utilizando una velocidad de flujo de $6,75 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A partir de este paso, se calculó la difusividad efectiva ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$). Desde el punto de vista sensorial, las condiciones óptimas para el desarrollo de productos se obtuvieron con el uso de una solución hipertónica de 50°Brix y un proceso desecado con aire a 70°C. En el mejor tratamiento se evaluó la composición nutricional, la capacidad antioxidante el análisis microbiológico y se estimó el tiempo de vida útil. [5]

En la investigación titulada “Modelamiento matemático para predecir el comportamiento de la deshidratación osmótica de la piña (*Ananas comosus* variedad Comosus)”, tuvo como objetivo el comportamiento osmótico de la piña MD2 por un modelo matemático. Se realizó una deshidratación osmótica que consiste en sumergir pequeños trozos de frutas en una solución hipertónica (sacarosa, fructosa, entre otros), y el agua que migra desde la fruta hacia la solución por la influencia de la presión osmótica generará que la actividad de agua sea reducida. Para la etapa de deshidratación osmótica se utilizaron soluciones a diferentes tratamientos como azúcar al 40%, 50% y 60%. Los factores que se consideraron para determinar la mejor combinación de tratamiento, es aquel que permitió remover la mayor cantidad de agua libre en los trozos de piña y también la que tuvo mayor ganancia de sólidos solubles dando por ganador a la solución osmótica de azúcar al 50% a una temperatura ambiente, también se logró determinar que el modelo matemático de Peleg permite predecir el comportamiento de la deshidratación osmótica de la piña, debido a su nivel de ajuste $R^2 > 0,97$ para la humedad y $R^2 > 0,99$ para la ganancia de sólidos solubles. Las variables se evaluaron mediante un ANOVA con una confiabilidad de 95% y una prueba de rango múltiples Tukey. Se determinaron estadísticamente que existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos para la variación de la humedad y la ganancia de

sólidos en el tiempo de deshidratado osmótico, con $p < 0,05$. [6]

En la investigación titulada: “Modelamiento de Azuara, Magee y Peleg en cinética de deshidratación osmótica de kiwi”, tuvo como objetivo conocer el grado de predicción de los modelos de Azuara, Magee y Peleg en la cinética de deshidratado osmótico del kiwi verde, para la pérdida de agua y ganancia de sólidos en las soluciones osmóticas de sacarosa, miel y glucosa a concentraciones (40°Brix, 50°Brix y 60°Brix). Se inició con la selección del kiwi, lavado, pelado, laminado (5 mm), inmersión en la solución osmótica, drenado, enjuagado, secado, y envasado. La concentración de la solución osmótica influye en la pérdida de agua y ganancia de sólidos. La mayor predicción para la pérdida de agua en la DO para las tres soluciones es el modelo de Azuara a 60°Brix obteniéndose un coeficiente de determinación para sacarosa ($R^2 = 0,9875$); para miel ($R^2 = 0,9766$); para glucosa ($R^2 = 0,988$). La mayor predicción para la ganancia de sólidos en el DO para las tres soluciones fue el modelo de Peleg a 60°Brix obteniéndose un coeficiente de determinación para sacarosa ($R^2 = 0,9949$); para miel ($R^2 = 0,9972$), para glucosa ($R^2 = 0,9967$). [7]

En la investigación titulada: “Deshidratación osmótica de mamey (*Mammea Americana* L.) y su efecto en las características fisicoquímicas y organolépticas”, tuvo como objetivo de la investigación evaluar la deshidratación osmótica de mamey (*Mammea americana* L.) y su efecto en las características fisicoquímicas y organolépticas. Se sometió el mamey a osmo deshidratación, y posteriormente a un secado por convección. El proceso de deshidratación osmótica se realizó con láminas de 3, 2 y 0,5 cm de largo, ancho y espesor, de mamey, con un grado de madurez 5,08 y se utilizaron 5 concentraciones osmóticas (sacarosa): 45°Brix, 50°Brix, 55°Brix, 60°Brix y 65°Brix, en relación jarabe fruta de 2:1 a temperatura ambiente. Posteriormente las rebanadas se secaron en una segunda etapa en un secador de aire caliente a temperaturas de 40°C, 45°C y 50°C, con velocidad de 3,5 m/s y una HR 62%;

los tratamientos se compararon con una muestra testigo (sin pretratamiento osmótico). De los datos obtenidos mostraron que en la deshidratación osmótica se presenta mayor deshidratación a concentraciones mayores; la mayor ganancia de sólidos fue 8,63% y se obtuvo en el tratamiento de 45°Brix; la mayor pérdida de peso y la mayor pérdida de agua lo obtuvo el tratamiento 65°Brix con 37,76%, 43,69% respectivamente, asimismo el C5T1 (65°Brix/40°C) fue el que tuvo mayor nivel de aceptación por los panelistas, con una humedad 14,27%; mientras que la muestra testigo no tuvo aceptación por los panelistas, con una humedad de 3,54%. [8]

En la tesis titulada: “Determinación de la cinética de deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en rodajas”, tuvo como objetivo estudiar la cinética de deshidratación osmótica de yacón en rodajas, para ello fue necesario establecer los parámetros adecuados de temperatura, presión y concentración sobre la cinética de pérdida de peso, ganancia de sólidos, la pérdida de agua, determinar la difusividad efectiva durante la deshidratación osmótica y evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de yacón osmo deshidratado. Las raíces se pelaron y cortaron en rodajas de 0,5 cm de espesor, se deshidrató osmóticamente con pulsos al vacío, utilizando como agente osmótico, zumo concentrado de yacón. El proceso se realizó aplicando presiones de 400, 500 y 600 mbar, por diez minutos al inicio del proceso de deshidratación y el resto de proceso a presión atmosférica, cuya cinética se determinó a tiempos de 150 min. La relación fruta: solución es de 1:10, usando soluciones de 30°Brix, 35°Brix y 40°Brix; a temperaturas de 20°C, 30°C y 40°C. Las muestras fueron trabajadas en el módulo de deshidratación osmótica donde se generó un pulso de vacío para todos los tratamientos, sometiéndose a los siguientes tiempos 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 150 minutos. [9]

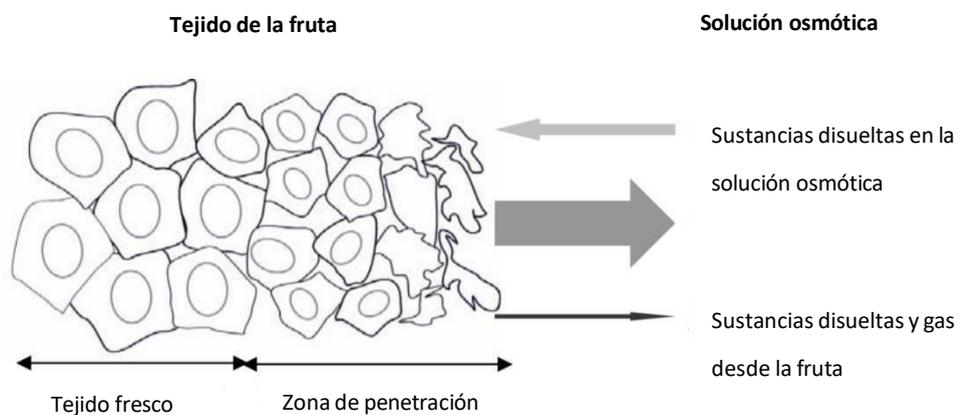
2.2. Bases teóricas

2.2.1 Deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica (DO) es uno de los métodos de conservación de

alimentos y se está convirtiendo en un paso de procesamiento complementario atractivo en la cadena de procesamiento integrado de alimentos. La deshidratación osmótica implica remojar los alimentos (frutas, verduras, pescado y carne) en una solución hipertónica (osmótica), es decir, azúcar concentrada, sal, alcoholes o soluciones de almidón soluble, que deshidrata parcialmente los alimentos. [10]

Figura Nº 1
Transferencia de masa en la deshidratación osmótica



Warczok, 2005

Durante el proceso, se producen dos importantes flujos en contracorriente simultáneos: el soluto se transfiere de la solución al alimento y el agua fluye del alimento a la solución, que es más fuerte que la anterior. La deshidratación osmótica generalmente tiene lugar mientras se agita la solución líquida, lo que reduce la resistencia externa y aumenta la tasa general de transferencia de masa (**Ver Figura Nº 1**). [11]

La eficiencia del proceso de DO puede verse afectada por [10]:

- a) La composición y concentración de la solución osmótica.
- b) Las propiedades físico – químicas y estructurales de los alimentos:

porosidad y envasado celular, permeabilidad de la membrana.

- c) Los parámetros de funcionamiento: tiempo, temperatura, presión de trabajo (atmosférica, vacío) y velocidad de agitación.
- d) La relación entre el volumen de la solución osmótica y el material deshidratado.
- e) El pretratamiento de los alimentos: mecánico y químico.
- f) La aplicación de ultrasonidos durante la deshidratación. La deshidratación osmótica (u osmo deshidratación) da como resultado una vida útil más prolongada, menos pérdidas de aroma en alimentos secos y semisecos, reducción de la carga de congelación y/o la posibilidad de congelar los alimentos sin causar cambios de textura no deseados y goteos durante la descongelación. Las principales ventajas del DO son las siguientes [12]
- g) Mejora y/o conserva las propiedades nutricionales. Los alimentos tratados con DO tienen un alto contenido de vitaminas y microelementos naturales y también pueden estar impregnados con sustancias adicionales.
- h) Mejora las propiedades funcionales. La actividad del agua disminuye, lo que aumenta la estabilidad microbiana y ralentiza las reacciones de deterioro. Esto tiene una influencia positiva en la vida útil.
- i) Reduce la energía y el tiempo necesarios para la deshidratación.
- j) Es simple y los costos de equipo y operación son bajos.

2.2.2 Presión osmótica

Es el fenómeno del flujo de agua a través de una membrana semipermeable que bloquea el transporte de sales u otros solutos a través de ella. La ósmosis es un efecto fundamental en todos los sistemas biológicos. Se aplica a la purificación y desalinización del agua, el tratamiento de materiales de desecho y muchos otros procesos industriales y de laboratorio químicos y bioquímicos. Cuando dos volúmenes de agua (u otro solvente) están separados por una membrana semipermeable, el agua fluirá desde el volumen de baja concentración de soluto al volumen de alta concentración de soluto. El flujo se puede detener, o incluso invertir, aplicando presión externa sobre el volumen

de mayor concentración. En ese caso, el fenómeno se denomina ósmosis inversa. Si hay moléculas de soluto solo en un volumen del sistema, entonces la presión sobre él, que detiene el flujo, se llama presión osmótica. [13]

El movimiento térmico de una molécula de soluto dentro de un solvente ha terminado amortiguado por las moléculas de disolvente que lo rodean. El movimiento del soluto está totalmente determinado por las variaciones de las colisiones térmicas con las moléculas de disolvente cercanas. Sin embargo, la velocidad térmica promedio de la molécula de soluto es la misma si hubiera estado libre en una fase gaseosa, sin moléculas de solvente cercanas. [13]

Siempre que la membrana bloquee el movimiento de un soluto, le transferirá impulso y, por lo tanto, generará presión sobre él. Dado que la velocidad es la misma que la de una molécula libre, la presión será la misma que la presión de un gas ideal de la misma concentración molecular. Por lo tanto, la presión osmótica π viene dada por la fórmula de van't Hoff, que es idéntica a la fórmula de presión de un gas ideal. [14]

$$\pi = MRT \quad (1)$$

donde:

M : Es la concentración molar del soluto

R : 0,082 atm. L/mol. K; es la constante universal de los gases

2.2.3 Mecanismo de transferencia de energía en el proceso osmótico

Las leyes de conservación de la energía requieren que cada vez que las partículas choquen con una pared en movimiento, cambien de dirección y aumenten o disminuyan su velocidad. Por lo tanto, transfieren tanto impulso como energía a la pared. Por tanto, el proceso de choques elásticos con una pared en movimiento es el mecanismo por el cual la energía cinética microscópica de las partículas se transforma en trabajo mecánico macroscópico.

La ley de conservación del momento requiere que las moléculas de soluto, que generan presión osmótica en la membrana semipermeable, deben generar, a través del volumen de la solución, la misma presión osmótica en todos los límites de la solución, incluida su superficie libre. [14]

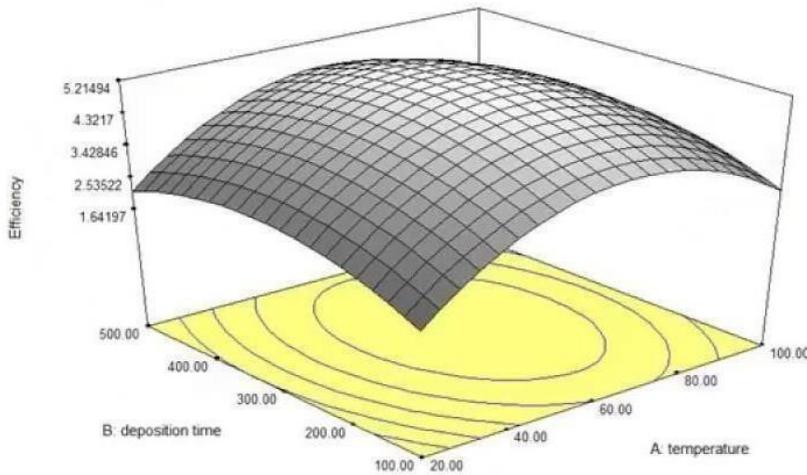
Durante el flujo de agua a través de la membrana, la presión osmótica, que actúa también sobre la superficie libre en movimiento de la solución, la empujará hacia arriba. Por lo tanto, la presión sobre la superficie libre es responsable del bombeo de agua desde el brazo de agua al brazo de solución [13, 14]

La ósmosis es un proceso termodinámico reversible. Es decir, la dirección del flujo de agua a través de la membrana se puede invertir en cualquier momento mediante el control adecuado de la presión externa sobre la solución. Al contrario, mezclar una cucharadita llena de azúcar en una taza de té es un proceso irreversible. No hay forma de revertir el proceso en un momento dado y volver a mezclar el azúcar en la cuchara. La reversibilidad es una idea fundamental de la termodinámica. La ósmosis es un proceso reversible, mientras que la difusión de azúcar en agua no lo es. La difusión es un proceso irreversible. [13, 14]

2.2.4 Superficie de respuesta

La metodología de superficie de respuesta (**Ver Figura N° 2, pag. N° 27**) es un método matemático y estadístico ampliamente utilizado para modelar y analizar un proceso en el que la respuesta de interés se ve afectada por diversas variables y el objetivo de este método es optimizar la respuesta. Los parámetros que afectan el proceso se denominan variables dependientes, mientras que las respuestas se denominan variables dependientes. La metodología de superficie de respuesta explora las relaciones entre varias variables explicativas y una o más variables de respuesta. El método fue introducido por George E. P. Box y K. B. Wilson en 1951. [15]

Figura Nº 2
Superficie de respuesta



Statease, 2020

La idea principal es utilizar una secuencia de experimentos diseñados para obtener una respuesta óptima. Box y Wilson sugieren usar un modelo polinomial de segundo grado para hacer esto. Reconocen que este modelo es solo una aproximación, pero lo usan porque es fácil de estimar y aplicar, incluso cuando se sabe poco sobre el proceso. Se pueden emplear enfoques estadísticos para maximizar la producción de una sustancia especial mediante la optimización de factores operativos. A diferencia de los métodos convencionales, la interacción entre las variables del proceso puede determinarse mediante técnicas estadísticas.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Sanky

El sanky es una fruta andina (también conocida como sancayo), que es producida por un cactus de más de dos metros de altura a 3 500 metros sobre el nivel del mar (**Ver Figura 3, pag Nº 28**) [16]. El sanky es un producto ecológico que está libre de fertilizantes químicos o pesticidas, debido a su difícil acceso. Dejó de ser consumida por la gente de las ciudades de Perú, donde

solo los campesinos lo consumían. En algunas zonas, como Cajamarca, solo las aves se alimentaban de esta maravillosa fruta. [17]

Figura Nº 3
Cactus productor de sanky



Universidad de California, 2020

La fruta de cactus Sanky es de tamaño pequeño a mediano, con un promedio de 10 a 12 cm de diámetro, y tiene una forma redonda a ovalada (**Ver Figura 4, pag, Nº 29**). La cáscara es firme, verde con algunas marcas marrones, y lisa en la superficie con muchas espinas delgadas y largas que se extienden alrededor de toda la fruta. Debajo de la cáscara, la pulpa jugosa es de transparente a blanca y contiene muchas semillas negras pequeñas. [17]

2.3.2. Beneficios e información nutricional del sanky

Esta fruta posee un abanico de nutrientes que la hacen ideal para la dieta diaria. Se caracteriza por su alto contenido en vitamina C, ideal para fortalecer el sistema inmunológico del organismo, previniendo así el desarrollo de gripe y

enfermedades respiratorias. [1]

Figura Nº 4
Frutos de sanky



Universidad de California, 2020

Además, esta vitamina también previene la aparición de anemia, porque absorbe el hierro y lo retiene en la sangre. Ayuda a reparar y mantener en perfecto estado ligamentos, huesos y dientes. [1]

Además, provoca una sensación de saciedad en el organismo, regulando así la ansiedad de comer en exceso y ralentizando el aumento de glucosa, ácidos biliares y colesterol. Esto hace que el sanky sea un alimento ideal para incluir en una dieta, ya sea para adelgazar, combatirla diabetes o regular el colesterol alto [18]. En la **Tabla Nº 1 (Ver pag. 30)** se muestra un resumen del contenido nutricional de esta fruta.

Universidad Nacional Agraria la Molina, 2021 El consumo de sanky también garantiza la ingesta de grandes cantidades de potasio en el organismo. Este mineral, considerado un tipo de electrolito, contribuye a la formación y buen funcionamiento de los músculos. También elimina los altos niveles de sodio del torrente sanguíneo, manteniendo así el buen funcionamiento del sistema cardiovascular. [16]

Tabla N° 1
Contenido nutricional del sanky

Componente	Pulpa	Cáscara
Caloría (Kcal)	17,6	28,0
Humedad (g/100 g)	95,2	91,6
Carbohidratos (g/100 g)	3,1	5,6
Ceniza (g/100 g)	0,4	1,4
Grasa (g/100 g)	0,0	0,0
00Fibra (g/100 g)	0,9	1,7
Proteína (g/100 g)	1,3	1,4
Minerales		
Calcio (ppm)	104,5	752
Potasio (ppm)	5 566,4	1 743,9
Fosforo (mg/100 g)	12,8	6,7
Vitaminas		
Vitamina C (mg/100 g)	57,1	2,5

La gran cantidad de fibra hace que regule la digestión y evita que quien lo ingiera sufra problemas gastrointestinales como estreñimiento, sangrado, cáncer de colon, colitis ulcerosa o síndrome del intestino irritable. [19]

2.3.3. Producción de sanky en el Perú

El sanky se produce en la serranía de Ayacucho, Huancavelica y Arequipa (**Ver Figura 5, Pag. N° 31**), así como en otras zonas de la parte sur del país. [1]

No se dispone de información estadística actualizada sobre la producción de frutos de Sanky, pero en base a la información recopilada hasta el año 2015 (**Ver Tabla N° 2, pag. N° 32**), los principales receptores de las exportaciones de sanky de nuestro país han sido Estados Unidos y algunos países de la Unión Europea. [20]

Figura N° 5
Zonas productoras de sanky en el Perú



Mayta, 2016

2.3.4. Productos deshidratados

Para cualquiera que produzca frutas u hortalizas de forma comercial, uno de los desafíos más serios es llevar sus productos al mercado y venderlos antes que se puedan perder (**Ver Figura 6, pag. N° 32**). Esto puede suceder incluso antes de que se cosechen. Una vez que comienza el deterioro de frutas y verduras, es imposible recuperar muchos de los atributos que originalmente estaban presentes. [21] Así como quienes procesan alimentos enfrentan los desafíos de entregar sus productos al mercado, los consumidores también enfrentan el dilema de comprar productos que cumplan con sus expectativas de calidad y seguridad.[22]

El término deshidratación se utiliza en la industria alimentaria para describir "la eliminación de la humedad de los alimentos como una formade preservarla". En términos más generales, se refiere a la eliminación de humedad de cualquier material.

Tabla N° 2
Principales importadores de Sanky

Importador	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2014	2015
Estados Unidos		2000			1910	120	300		
Europa	2 148	4 808	3 402	735	2 840	1 310		3 270	2 075

Nota : Valores en toneladas

UNEP – WCMC, 2017

Figura N° 6
Frutas deterioradas



Dreamstime, 2020

De lejos, la gran mayoría de las frutas y verduras que comemos contienen más humedad (es decir, agua) que cualquier otro componente individual. Por ejemplo, la parte carnosa de cierta fruta (**Ver Figura N° 7, pag N° 33**) contiene aproximadamente un 85% de agua en peso. Desafortunadamente, el jugo de esa fruta también es una fuente conveniente de nutrientes para microorganismos como el moho. Una vez que los mohos u otros microorganismos comiencen a crecer, harán que la pulpa no sea apta para el consumo humano. [22]

Si eliminamos la mayor parte del agua, ya no habrá suficiente humedad presente para apoyar el crecimiento de microorganismos. Como resultado, las

frutas no se echarán a perder tan rápidamente como lo harían si hubiera agua. Esto significa que tendremos un producto “de larga duración” que puede conservarse durante varios meses sin malograrse. Aunque se ha eliminado la mayor parte del agua, la pulpa seca conservará la mayoría de sus propiedades nutricionales.[22]

Figura Nº 7
Frutas deshidratadas



Consumer, 2020

Una ventaja adicional de aumentar la vida útil de las frutas o verduras mediante la deshidratación es que se pueden enviar a distancias más largas (posiblemente a mercados extranjeros). Durante el tiempo considerable que se tarda en llegar a destinos lejanos, los productos frescos pueden estropearse fácilmente. Sin embargo, este problema se puede evitar si se exportan productos secos. [21]

Las frutas y verduras también se pueden secar como una forma de aumentar su conveniencia para su uso posterior o para agregar variedad a nuestras dietas. Aunque las uvas y las pasas se obtienen del mismo material de partida básico, ofrecen alternativas bastante diferentes a la forma en que se consumen. Las uvas frescas se consumen generalmente "tal cual" con poca o ninguna

modificación adicional. En comparación, las pasas se pueden usar en una gama mucho más amplia de productos, como un ingrediente en productos horneados, o como un refrigerio conveniente, natural y nutritivo que requiere poca o ninguna limpieza. [22]

2.3.5. Estadísticas de consumo de productos deshidratados

El consumo de este tipo de productos ha tenido un aumento considerable en los últimos años. Si bien es cierto que el Perú no figura entre los principales exportadores de frutas deshidratadas, las estadísticas indican que este rubro es una gran oportunidad para la creación de negocios en el país (por la existencia de frutas oriundas del país). Los principales exportadores se muestran en la tabla 3. [23]

Tabla N° 3
Exportaciones de frutas deshidratadas a nivel mundial

Países	2011	2012	2013	2014
Turquía	6 940	7 469	8 605	9 941
Francia	18 760	6 262	7 559	8 090
Chile	3 273	4 394	3 580	5 310
Irán	2 104	4 162	6 442	5 417
Argentina	3 672	3 407	3 687	962
Alemania	879	1 474	1 421	1 562
China	645	263	322	475
Italia	2 660	2 275	2 163	2 109
Bélgica	1 255	1 882	1 225	328
Portugal	528	1 673	1 777	1 946

Nota : Valores en toneladas. Fuente: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2016

2.3.6. Actividad de agua

La actividad del agua (a_w) es el factor más importante que afecta la estabilidad

de los productos deshidratados y secos durante el almacenamiento. Puede expresarse como la relación entre el vapor de agua en cualquier tipo de alimento ($p_{alimento}$) y la presión de vapor de agua del agua pura (p^*_{agua}). [24]

$$a_w = \frac{P_{alimento}}{P^*_{aguas}} \quad (2)$$

La actividad del agua es determinante para el crecimiento microbiano y puede estar asociada con la mayoría de las reacciones de degradación de naturaleza química, enzimática y física. El conocimiento de los niveles de a_w en los que se detiene el crecimiento microbiano es esencial para la conservación de alimentos. El límite más bajo para el crecimiento en los alimentos o cualquier otro elemento es 0,6; pero la mayoría de las bacterias se pueden inhibir con una a_w de 0,8 Para detener el crecimiento de levaduras y mohos, la a_w debe estar entre 0,7 y 0,75 [24, 25]

El control de la a_w ayuda a mantener la estructura, textura, estabilidad, densidad y propiedades de rehidratación adecuadas del producto. La actividad del agua influye en el pardeamiento no enzimático, la oxidación de lípidos, la degradación de vitaminas, las reacciones enzimáticas y la desnaturalización de proteínas. [24, 25]

2.3.7. Fluidos osmóticos

Elegir la solución correcta es el factor clave en un proceso de deshidratación osmótica exitoso. Esta elección depende de la pérdida de agua esperada, la ganancia de sólidos, la textura y las propiedades organolépticas del alimento. Uno de los factores básicos en la elección de la solución osmótica es la relación pérdida de agua/ganancia de sólidos, por su importancia en la promoción/reducción de la impregnación. A bajas concentraciones en la solución osmótica, los solutos alcanzan capas más profundas del tejido, mientras que altas concentraciones provocan una pérdida de agua más rápida. La solución osmótica debe tener baja a_w , sabor aceptable y ser inocua para la

salud. Las soluciones dulces (sacarosa, glucosa, fructosa o jarabe de maíz, sorbitol) se utilizan a menudo para el procesamiento de frutas y las saladas (NaCl, CaCl₂) para el procesamiento de vegetales, carne y pescado. Para hacer que la deshidratación osmótica sea económicamente más viable, se pueden usar soluciones usadas de otros procesos. En el tratamiento de frutos, las soluciones de compuestos de bajo peso molecular (fructosa) suelen dar mejores resultados en términos de reducción de peso/ganancia de sólidos que la sacarosa de alto peso molecular. Desde el punto de vista del consumidor, los jugos y mostos de frutas son las mejores y más aceptables soluciones osmóticas para ser utilizadas durante la deshidratación osmótica de la fruta. [24, 25]

Dependiendo del efecto deseado, la solución osmótica puede enriquecerse con varias sustancias. En cierto estudio se remojaron rodajas de plátano en solución de sacarosa de 50°Brix, 60°Brix y 70°Brix a 50°C, 60°C y 70°C. Para aumentar la pérdida de agua y preservar las propiedades organolépticas, se puede agregar sal a la solución en bajas concentraciones. También se ha estudiado la influencia del NaCl agregado a la solución de sacarosa en la relación pérdida de agua/ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de la manzana. Las concentraciones más altas de sal condujeron a una reducción más rápida de la humedad en las manzanas osmo deshidratadas, pero la relación pérdida de agua/ganancia de sólidos fue menor que cuando solo se usa sacarosa, probablemente debido a los cambios estructurales producidos por el NaCl. [12, 24]

Desde el punto de vista del proceso y económico, es necesario encontrar un método de reciclaje de la solución osmótica que resulte efectivo. Si la concentración de la solución osmótica se mantiene alta, la eficacia de la deshidratación y el estado higiénico de los alimentos (baja actividad de agua) están garantizados. También son importantes las sustancias conservantes añadidas a la solución osmótica y la reducción de residuos. Las soluciones binarias (agua – azúcar) se pueden reconcentrar por calor o agregando azúcar

seco, pero esos métodos no son viables en soluciones mixtas, debido al deterioro térmico de los compuestos sensibles al calor y segundo, porque es imposible estimar la cantidad exacta de reactivos a añadir. Hasta el momento, todos los estudios sobre el manejo de la solución osmótica se han centrado en el desarrollo de plantas que requieren cantidades mínimas de solución osmótica o la aplicación de tratamientos térmicos combinados con filtración gruesa o precipitación ácida. [12, 24]

2.4. Definición de términos básicos

- a) Cactus.-** Plantas que tienen tallos suculentos y ramas con espinas en lugar de hojas y se encuentran especialmente en áreas secas.
- b) Optimización.-** Método para determinar los valores de las variables que intervienen en un proceso para que el resultado sea el mejor posible.
- c) Presión osmótica.-** Es la presión que se debe aplicar a una solución para detener el flujo neto de disolvente a través de una membrana semipermeable.
- d) Sistema inmunológico.-** Sistema de defensa del cuerpo contra las infecciones.
- e) Solución osmótica.-** Sustancia que permite la difusión de sustancias cuando se pone en contacto con frutas, verduras, carne, entre otros.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis (general y específicas) Hipótesis general

Las condiciones de operación en la deshidratación osmótica de rodajas de sanky (*Corryocactus brevistylus*) serán la pérdida de agua del alimento y la ganancia de sólidos (valor objetivo para la optimización)

Hipótesis específicas

La temperatura, tiempo de exposición y espesor de las rodajas influirán directamente en la deshidratación de las rodajas de sanky (*Corryocactus brevistylus*).

La concentración de azúcar en la solución osmótica influirá en el proceso de deshidratación osmótica.

3.1.1. Operacionalización de variables

En la **Tabla Nº 4** se presenta la operacionalización de las variables de investigación.

Tabla Nº 4
Operacionalización de variables

VARIABLE DEP.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Y = Deshidratación de las rodajas de sanky	a) Cambio de la apariencia física.	a) Porcentaje de pérdida de agua b) Ganancia de sólidos	a) Variación de peso b) Determinación de brix de la solución osmótica.
VARIABLES IND.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
X1 = Parámetros de operación	a) Temperatura b) Tiempo de exposición c) Espesor de rodajas de sanky	a) Niveles b) Periodos c) Niveles	a) Medición directa
X2 = Concentración de la solución osmótica	a) Grados brix	a) Niveles	a) Medición directa.

IV. METODOLÓGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

El diseño de la investigación, por el tiempo, es transversal, por la manipulación de datos es experimental. Se realizó el diseño experimental factorial completo en Minitab, para poder lograr todas las combinaciones posibles entre las variables en estudio (**Tabla N° 5**). Se tienen tres factores (temperatura, sólidos disueltos de la solución osmótica y tiempo de inmersión) con 2, 3 y 3 niveles, respectivamente.

Tabla N° 5

Diseño experimental para las pruebas de deshidratación osmótica

N°	Temperatura (°C)	Sólidos disueltos (°Brix)	Tiempo (min)
1	30	40	60
2	30	40	120
3	30	40	180
4	30	50	60
5	30	50	120
6	30	50	180
7	30	60	60
8	30	60	120
9	30	60	180
10	40	40	60
11	40	40	120
12	40	40	180
13	40	50	60
14	40	50	120
15	40	50	180
16	40	60	60
17	40	60	120
18	40	60	180

Este diseño fue combinado con cada uno de los espesores de sanky propuestos (8, 10 y 12 mm). Por ello que se tuvieron que repetir los experimentos en tres oportunidades, y cada uno por triplicado, teniendo un total de 162 pruebas.

4.2. Método de investigación

La investigación es experimental, observacional y usa el análisis comparativo. Para la elaboración de la tesis se plantearon tres etapas de investigación, en las cuales inicialmente se identificaron las variables específicas (X_1 y X_2) y se modeló la variable principal (Y). El esquema de las etapas de investigación se muestra en la **Figura N° 8**

Figura N° 8
Diseño de la investigación

4.3. Población y muestra



La población está representada por el proceso de deshidratación osmótica de sanky, proveniente de la región Arequipa, Perú. En cada prueba de deshidratación osmótica se utilizaron 100 g de sanky, los mismos que se cortaron en tres rodajas. Se tienen dieciocho condiciones distintas y por triplicado, lo que resulta en 54 pruebas para cada espesor de rodaja de sanky. Porque se trabajaron tres espesores distintos, esto dio un total de 162 pruebas experimentales. Al utilizar aproximadamente 100 g, en toda la experimentación se utilizó una muestra de 16 200 g o 16,2 Kg de sanky (sin cáscara)

4.4. Lugar de estudio y período desarrollado

Las pruebas experimentales se desarrollaron en las instalaciones del laboratorio de la Compañía Minera Condestable S.A., en Lima – Perú, durante el período de agosto – octubre de 2021, con equipos facilitados por la empresa.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

En la primera etapa se recibió la materia prima, que fue traída de la región Arequipa. Los frutos se seleccionaron (figura 9), lavaron, pelaron y cortaron en rodajas (8, 10 y 12 mm).

Figura Nº 9
Frutos de sanky seleccionados



Estos espesores fueron medidos con un vernier. Una vez seleccionadas y medidas las rodajas de sanky, se separaron en bolsas ziploc con una masa de muestra de aproximadamente 100 g cada una para estar listas para la siguiente etapa.

Para las pruebas de deshidratación osmótica se prepararon soluciones de sacarosa con 40°Brix, 50°Brix y 60°Brix. El volumen preparado fue de 500 mL (siguiendo la relación 5:1 solución osmótica-materia prima, obtenida en la literatura) y se utilizó sacarosa purificada y agua destilada en la **Figura N° 10** y **Figura N° 11, pag. N° 43**

Figura N° 10
Solución osmótica preparada



Estas soluciones se colocaron en vaso de precipitados de 500 mL para las pruebas respectivas, sobre una plancha de calentamiento, que permitió obtener las temperaturas requeridas.

Listas las soluciones osmóticas, se procedió a colocar la materia prima en dichas soluciones. La plancha de calentamiento se programó a las condiciones

mostradas en la tabla 5 y el tiempo también se controló en base a eso para cada prueba. Cada una se realizó por triplicado, ver **Figura N° 12** y **Figura N° 13**, pag. N° 44

Figura N° 11
Agua desionizada utilizada



Figura N° 12
Materia prima al inicio de la deshidratación osmótica



Luego de haber cumplido con las condiciones de deshidratación, las muestras fueron pesadas (para conocer la pérdida de agua) y colocadas en bolsas

ziploc, para que pudieran conservarse hasta su análisis posterior (de sólidos totales) **(Ver figura N° 14)**

Figura N° 13
Muestras en la plancha de calentamiento



Figura N° 14
Muestras deshidratadas y embolsadas



Para el análisis de sólidos totales en las muestras se procedió a preparar una disolución a partir de las muestras deshidratadas con 100 mL de agua. Esto fue necesario para poder hacer la medición de los grados brix con el refractómetro en las muestras **(Ver Figuras N° 15 y N° 16, pag. N° 45)**

Figura N° 15
Refractómetro utilizado en las pruebas (0-32 grados brix)



Figura N° 16
Medición de sólidos captados en las muestras



Posteriormente a las mediciones realizadas se hizo el análisis estadístico, y los resultados se muestran en el capítulo siguiente.

a) Técnicas

- 1) Medición de grados Brix: NMX-F-436-SCFI-2011
- 2) Pérdida de peso: AOAC 950.46

b) Instrumentos

- 1) Refractómetro
- 2) Balanza
- 3) Plancha de calentamiento

c) Materiales

- 1) Sacarosa Q.P.
- 2) Agua desionizada
- 3) Vasos de precipitados de 500 mL
- 4) Espátula
- 5) Baguetas
- 6) Bolsas ziploc

d) Software

- 1) MS. Excel
- 2) Minitab 21

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Los datos que se obtuvieron en la experimentación se trataron con el método de Superficie de Respuestas, mediante el software Minitab 21 (adicionalmente se muestran los gráficos de contornos). También se presentan los cuadros del análisis de varianza (ANOVA) de las optimizaciones.

4.7. Aspectos éticos en investigación

La presente tesis está comprometida en cuidar los derechos de los autores de las investigaciones que sirven de sustento teórico. Esto está basado en el CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN – 2019, proporcionado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional del Callao.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

- a) **Espesor de 8 mm.**- En las pruebas experimentales se obtuvo la información necesaria para hacer el análisis estadístico. En la **Tabla N° 6** se muestran los valores promedio de las masas iniciales y finales en cada una de las pruebas realizadas (los valores obtenidos por triplicado, 54 pruebas en total, y se muestran en el anexo 2)

Tabla N° 6

Valores de la masa promedio de las muestras de sanky, antes y después de la deshidratación osmótica (espesor 8 mm)

Muestra	W inicial promedio (g)	W final promedio (g)
1	100,2	76,60
2	100,16	61,66
3	100	57,46
4	100,10	66,50
5	100,30	60,53
6	100,13	48,23
7	100,33	62,66
8	100,30	52,46
9	100,30	46,50
10	100,20	66,46
11	100,13	52,53
12	100,26	47,40
13	100,23	66,66
14	100,13	54,20
15	100,20	52,46
16	100,10	63,26
17	100,03	60,40
18	100,26	47,70

A partir de los datos de la **Tabla Nº 6 (Ver pag. Nº 47)** se calculó el porcentaje de agua retirada. Estos resultados se muestran en la **Tabla Nº 7**. A cada muestra deshidratada se le trató como se menciona en el apartado metodológico, para poder hacer la medición de los sólidos captados por las muestras (en °Brix). Estas mediciones se realizaron por triplicado, pero en la **Tabla Nº 7** se muestran los valores promedio. Al valor obtenido se dedujeron 4°Brix correspondientes al valor promedio de la muestra blanco. Esto se repite para los demás espesores.

Tabla Nº 7

Variables de salida obtenidas en las muestras de sanky deshidratadas osmóticamente (valores promedio) (espesor 8 mm)

Muestra	Agua retirada (%)	Sólidos captados (°Brix)
1	23,55	3,0
2	38,44	4,2
3	42,54	3,0
4	33,57	1,5
5	39,65	2,0
6	51,83	5,0
7	37,55	2,2
8	47,70	3,0
9	53,64	4,5
10	33,67	2,5
11	47,54	7,0
12	52,72	7,2
13	33,49	4,5
14	45,87	7,0
15	47,64	6,3
16	36,80	3,0
17	39,62	2,5
18	52,42	6,0

b) **Espesor de 10 mm.**- Del mismo modo que en el caso anterior, en la **Tabla Nº 8** se muestran los valores promedio de las masas iniciales y finales en cada una de las pruebas realizadas con las rodajas de espesor de 10 mm. En la **Tabla Nº 9 (Ver pag. Nº 50)** se muestra el porcentaje de agua retirada de las muestras, así como la cantidad de sólidos captados.

Tabla Nº 8

Valores de la masa promedio de las muestras de sanky, antes y después de la deshidratación osmótica (espesor 10 mm)

Muestra	W inicial promedio (g)	W final promedio (g)
1	100,23	86,86
2	100,26	71,93
3	100,10	67,73
4	100,03	76,76
5	100,36	70,90
6	100,10	58,60
7	100,33	73,03
8	100,30	62,83
9	100,30	56,83
10	100,20	76,80
11	99,96	62,86
12	100,16	57,73
13	100,23	77,00
14	100,16	64,53
15	100,33	62,73
16	100,20	73,40
17	100,23	70,53
18	100,26	57,83

Tabla Nº 9***Variables de salida obtenidas en las muestras de sanky deshidratadas osmóticamente (valores promedio) (espesor 10 mm)***

Muestra	Agua retirada (%)	Sólidos captados (°Brix)
1	13,34	3,5
2	28,26	4,2
3	32,34	3,3
4	23,26	2,0
5	29,35	2,3
6	41,46	5,2
7	27,21	2,5
8	37,36	3,3
9	43,34	4,8
10	23,35	3,0
11	37,11	7,2
12	42,36	7,4
13	23,18	4,8
14	35,57	7,2
15	37,48	6,3
16	26,75	3,4
17	29,63	3,0
18	42,32	6,4

c) **Espesor de 12 mm.**- Finalmente, en la **Tabla N° 10** se muestran los valores promedio de las masas iniciales y finales en cada una de las pruebas realizadas con las rodajas de espesor de 12 mm. En la **Tabla N° 11** (Ver pag. N° 52) se muestra el porcentaje de agua retirada de las muestras, así como la cantidad de sólidos captados.

Tabla N° 10

Valores de la masa promedio de las muestras de sanky, antes y después de la deshidratación osmótica (espesor 12 mm)

Muestra	W inicial promedio (g)	W final promedio (g)
1	100,23	91,86
2	100,26	76,93
3	100,10	72,73
4	100,03	81,76
5	100,36	75,90
6	100,10	63,60
7	100,33	78,03
8	100,30	67,83
9	100,30	61,83
10	100,20	81,80
11	99,96	67,86
12	100,16	62,73
13	100,23	82,00
14	100,16	69,53
15	100,33	67,73
16	100,20	78,40
17	100,23	75,53
18	100,26	62,83

Tabla N° 11***Variables de salida obtenidas en las muestras de sanky deshidratadas osmóticamente (valores promedio) (espesor 12 mm)***

Muestra	Agua retirada (%)	Sólidos captados (°Brix)
1	8,35	3,8
2	23,27	4,6
3	27,34	3,7
4	18,26	2,3
5	24,37	2,7
6	36,46	5,5
7	22,23	2,9
8	32,37	3,6
9	38,35	5,1
10	18,36	3,4
11	32,11	7,6
12	37,37	7,8
13	18,19	5,2
14	30,58	7,6
15	32,49	6,7
16	21,76	3,8
17	24,64	3,6
18	37,33	7,0

5.2. Resultados inferenciales

Los resultados mostrados en las tablas anteriores fueron analizados con Minitab 20. Para poder estudiar la influencia de las variables de entrada se utilizó una optimización estadística. Se tomaron los datos en grupos (de acuerdo con la temperatura utilizada en las pruebas experimentales), teniendo como entrada a la concentración de azúcar de las soluciones osmóticas (°Brix) y al tiempo de procesamiento; y como salidas al porcentaje de pérdida de agua y

a la concentración de azúcar de las muestras procesadas.

a) **Espesor de 8 mm.**- Los resultados obtenidos para la temperatura de 30°C se muestran en las **Figuras de la N° 17 a la N° 22**

Figura N° 17

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	8.0069	1.60139	1.42	0.411
Linear	2	6.0417	3.02083	2.68	0.215
°Brix Solución	1	0.0417	0.04167	0.04	0.860
Tiempo (min)	1	6.0000	6.00000	5.32	0.104
Square	2	0.4028	0.20139	0.18	0.845
°Brix Solución*°Brix Solución	1	0.3472	0.34722	0.31	0.618
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	0.0556	0.05556	0.05	0.839
2-Way Interaction	1	1.5625	1.56250	1.39	0.324
°Brix Solución*Tiempo (min)	1	1.5625	1.56250	1.39	0.324
Error	3	3.3819	1.12731		
Total	8	11.3889			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.06175	70.30%	20.81%	0.00%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		6.722	0.791	8.49	0.003	
°Brix Solución	-0.167	-0.083	0.433	-0.19	0.860	1.00
Tiempo (min)	2.000	1.000	0.433	2.31	0.104	1.00
°Brix Solución*°Brix Solución	0.833	0.417	0.751	0.55	0.618	1.00
Tiempo (min)*Tiempo (min)	0.333	0.167	0.751	0.22	0.839	1.00
°Brix Solución*Tiempo (min)	1.250	0.625	0.531	1.18	0.324	1.00

Figura N° 18

Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C

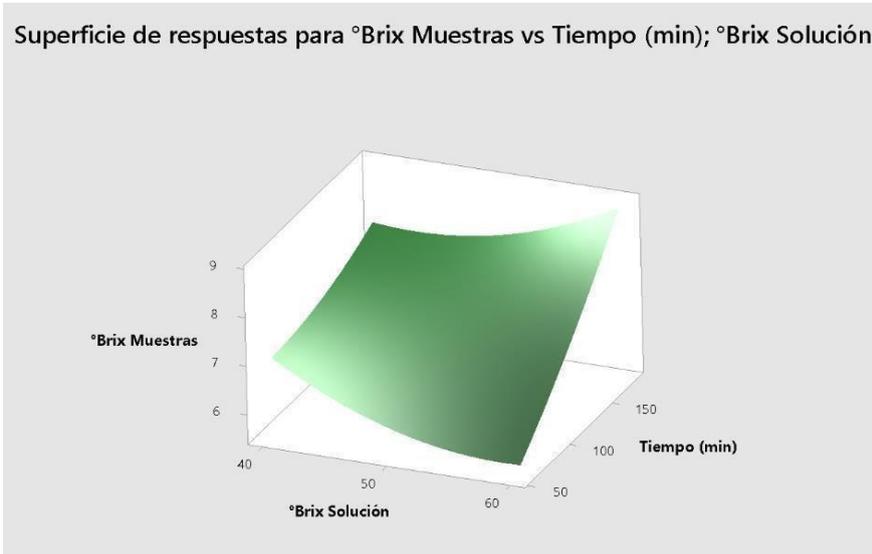


Figura N° 19

Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C



Figura Nº 20

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	679.940	135.988	16.78	0.021
Linear	2	670.966	335.483	41.40	0.007
°Brix Solución	1	196.662	196.662	24.27	0.016
Tiempo (min)	1	474.304	474.304	58.53	0.005
Square	2	6.880	3.440	0.42	0.688
°Brix Solución*°Brix Solución	1	2.484	2.484	0.31	0.618
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	4.396	4.396	0.54	0.515
2-Way Interaction	1	2.094	2.094	0.26	0.646
°Brix Solución*Tiempo (min)	1	2.094	2.094	0.26	0.646
Error	3	24.310	8.103		
Total	8	704.250			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2.84662	96.55%	90.80%	71.77%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		42.67	2.12	20.11	0.000	
°Brix Solución	11.45	5.73	1.16	4.93	0.016	1.00
Tiempo (min)	17.78	8.89	1.16	7.65	0.005	1.00
°Brix Solución*°Brix Solución	-2.23	-1.11	2.01	-0.55	0.618	1.00
Tiempo (min)*Tiempo (min)	-2.97	-1.48	2.01	-0.74	0.515	1.00
°Brix Solución*Tiempo (min)	-1.45	-0.72	1.42	-0.51	0.646	1.00

Figura Nº 21

Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C

Superficie de respuestas para % Agua retirada vs Tiempo (min); °Brix Solución

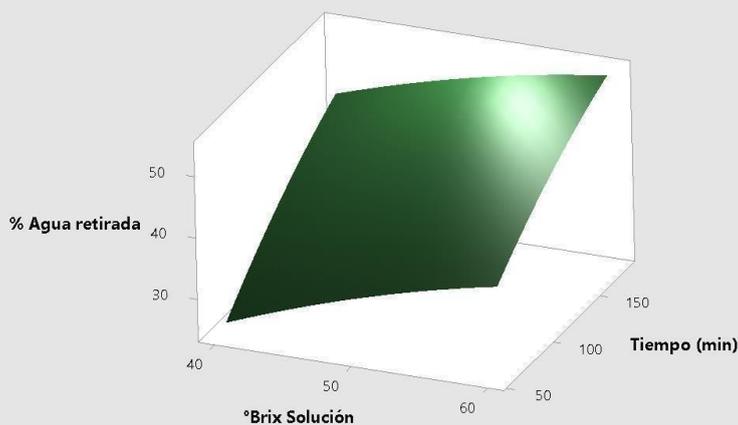
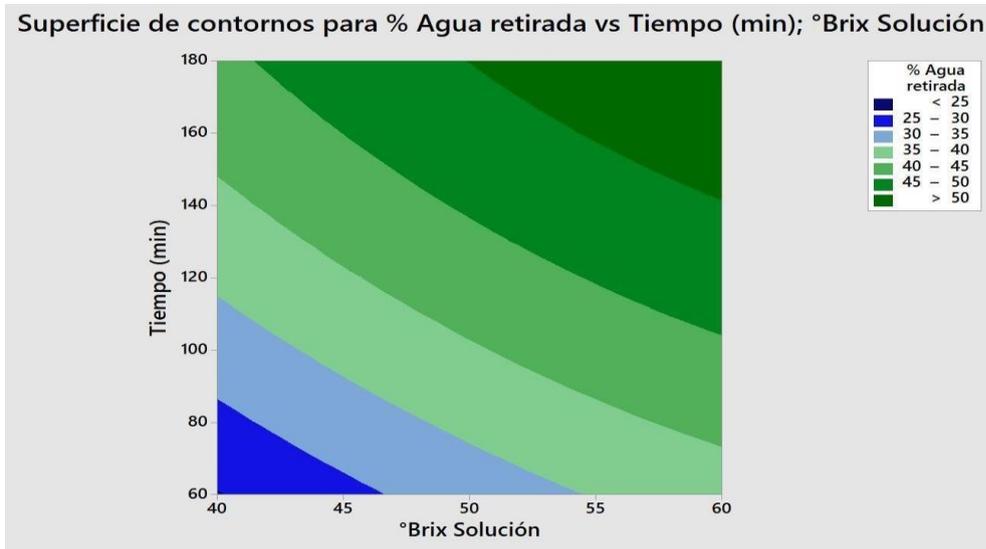


Figura N° 22

Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 30°C



Los resultados obtenidos para la temperatura de 40°C se obtuvieron de manera similar, y se muestran en las **Figuras de la N° 24 a la N° 29**

Figura N° 23

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	413.594	82.719	5.34	0.099
Linear	2	401.589	200.794	12.95	0.033
°Brix Solución	1	4.316	4.316	0.28	0.634
Tiempo (min)	1	397.273	397.273	25.62	0.015
Square	2	9.064	4.532	0.29	0.766
°Brix Solución*°Brix Solución	1	4.266	4.266	0.28	0.636
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	4.798	4.798	0.31	0.617
2-Way Interaction	1	2.941	2.941	0.19	0.693
°Brix Solución*Tiempo (min)	1	2.941	2.941	0.19	0.693
Error	3	46.513	15.504		
Total	8	460.107			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3.93756	89.89%	73.04%	0.00%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		43.37	2.93	14.78	0.001	
°Brix Solución	-1.70	-0.85	1.61	-0.53	0.634	1.00
Tiempo (min)	16.27	8.14	1.61	5.06	0.015	1.00
°Brix Solución*°Brix Solución	2.92	1.46	2.78	0.52	0.636	1.00
Tiempo (min)*Tiempo (min)	-3.10	-1.55	2.78	-0.56	0.617	1.00
°Brix Solución*Tiempo (min)	-1.71	-0.86	1.97	-0.44	0.693	1.00

Figura N° 24

Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C

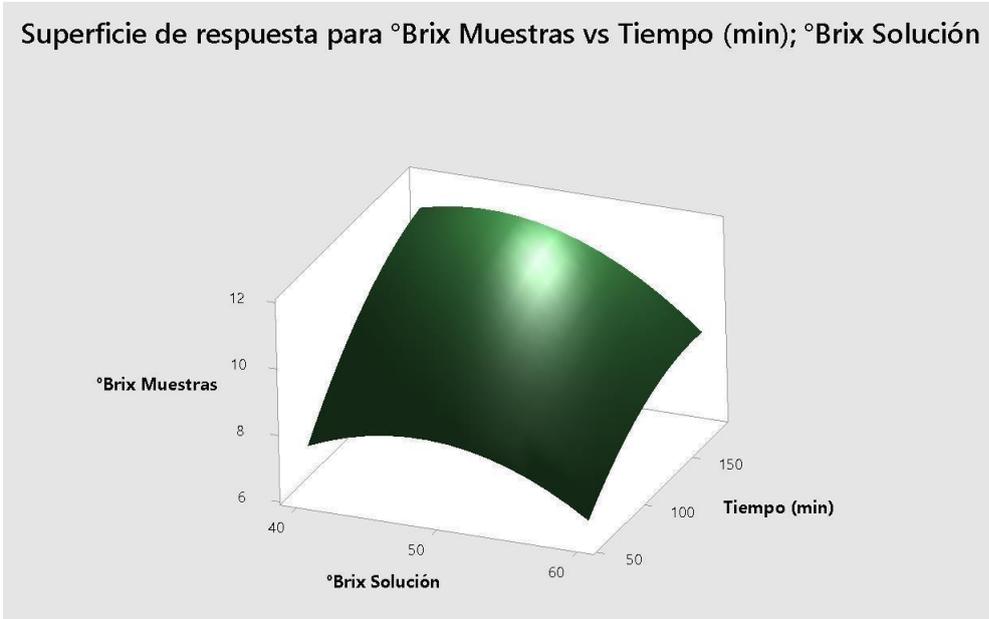


Figura N° 25

Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C



Figura N° 26

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	413.594	82.719	5.34	0.099
Linear	2	401.589	200.794	12.95	0.033
°Brix Solución	1	4.316	4.316	0.28	0.634
Tiempo (min)	1	397.273	397.273	25.62	0.015
Square	2	9.064	4.532	0.29	0.766
°Brix Solución*°Brix Solución	1	4.266	4.266	0.28	0.636
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	4.798	4.798	0.31	0.617
2-Way Interaction	1	2.941	2.941	0.19	0.693
°Brix Solución*Tiempo (min)	1	2.941	2.941	0.19	0.693
Error	3	46.513	15.504		
Total	8	460.107			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3.93756	89.89%	73.04%	0.00%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		43.37	2.93	14.78	0.001	
°Brix Solución	-1.70	-0.85	1.61	-0.53	0.634	1.00
Tiempo (min)	16.27	8.14	1.61	5.06	0.015	1.00
°Brix Solución*°Brix Solución	2.92	1.46	2.78	0.52	0.636	1.00
Tiempo (min)*Tiempo (min)	-3.10	-1.55	2.78	-0.56	0.617	1.00
°Brix Solución*Tiempo (min)	-1.71	-0.86	1.97	-0.44	0.693	1.00

Figura N° 27

Superficie de respuesta: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C

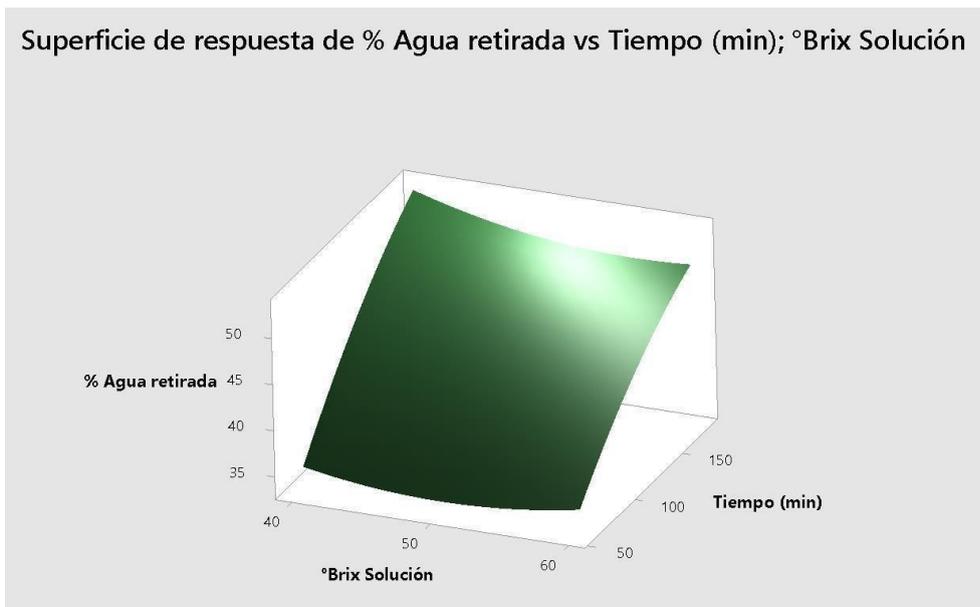
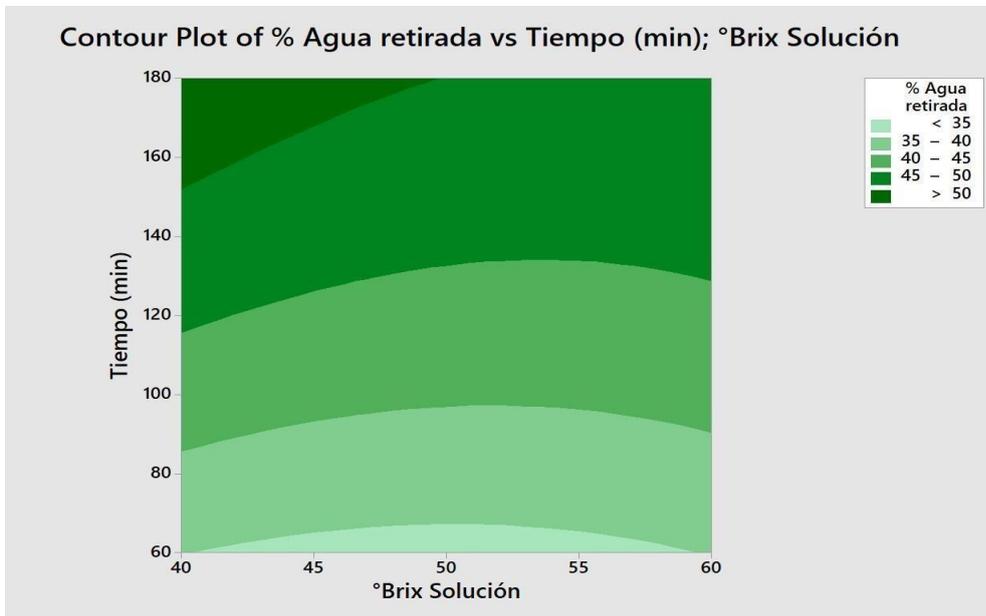


Figura N° 28

Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 8 mm y 40°C



La optimización de los resultados obtenidos en las superficies de respuestas se presenta a continuación, en la **Figura N° 30 (Ver pag. N° 60)**, donde se tienen como valores óptimos una solución osmótica con 60°Brix de sacarosa y un tiempo de procesamiento de 87 a 49 minutos.

Figura N° 29

Optimización de las variables de entrada (rodajas de 8 mm)

Optimal		°Brix So	Tiempo (
D: 0.7053	High	60.0	180.0
<u>Predict</u>	Cur	[60.0]	[87.4920]
	Low	40.0	60.0

a) **Espesor de 10 mm.**- Los resultados obtenidos para la temperatura de 30°C se muestran en las **Figuras de la N° 30 a la N° 35**

Figura N° 30

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C

Response Surface Regression: Solidos Captados versus Sólidos disuelto; Tiempo (min)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value
Model	5	6.80694	1.36139	1.35
Linear	2	4.70833	2.35417	2.34
Sólidos disueltos (°Brix)	1	0.02667	0.02667	0.03
Tiempo (min)	1	4.68167	4.68167	4.66
Square	2	0.53611	0.26806	0.27
Sólidos disueltos (°Brix)*Sólidos disueltos (°Brix)	1	0.37556	0.37556	0.37
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	0.16056	0.16056	0.16
2-Way Interaction	1	1.56250	1.56250	1.55
Sólidos disueltos (°Brix)*Tiempo (min)	1	1.56250	1.56250	1.55
Error	3	3.01528	1.00509	
Total	8	9.82222		

Source	P-Value
Model	0.427
Linear	0.244
Sólidos disueltos (°Brix)	0.881
Tiempo (min)	0.120
Square	0.782
Sólidos disueltos (°Brix)*Sólidos disueltos (°Brix)	0.584
Tiempo (min)*Tiempo (min)	0.716
2-Way Interaction	0.301
Sólidos disueltos (°Brix)*Tiempo (min)	0.301
Error	
Total	

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.00254	69.30%	18.14%	0.00%

Figura N° 31

Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C

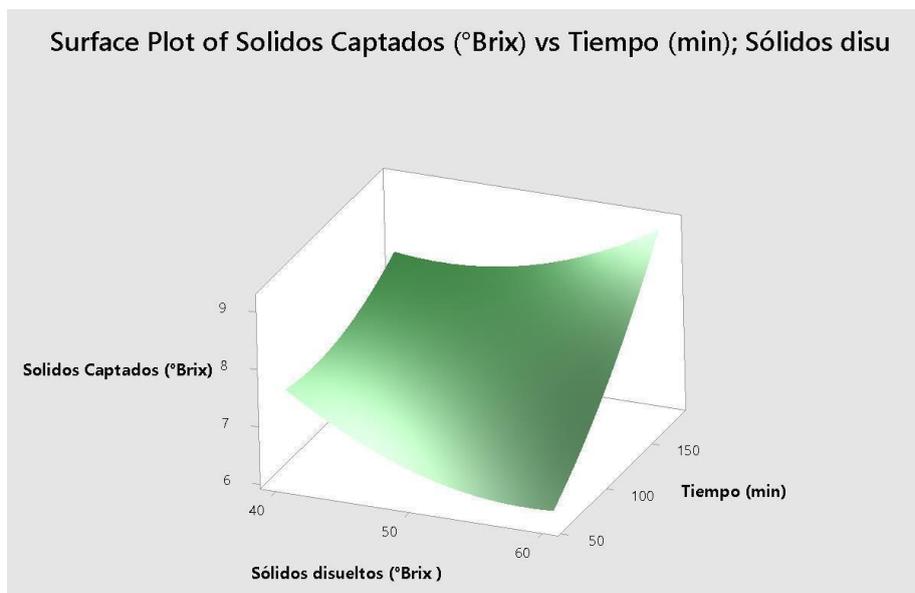


Figura N° 32

Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C

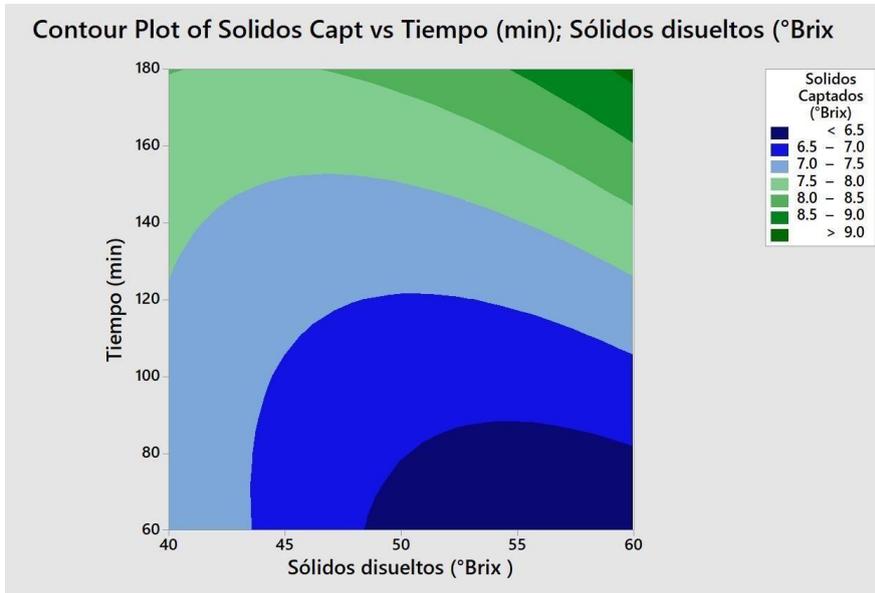


Figura N° 33

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C

Response Surface Regression: Agua retirada (%) versus Sólidos disueltos (°Brix; Tiempo (min))

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value
Model	5	675.039	135.008	16.78
Linear	2	666.281	333.140	41.41
Sólidos disueltos (°Brix)	1	192.379	192.379	23.92
Tiempo (min)	1	473.902	473.902	58.91
Square	2	6.701	3.350	0.42
Sólidos disueltos (°Brix)*Sólidos disueltos (°Brix)	1	2.212	2.212	0.27
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	4.489	4.489	0.56
2-Way Interaction	1	2.057	2.057	0.26
Sólidos disueltos (°Brix)*Tiempo (min)	1	2.057	2.057	0.26
Error	3	24.132	8.044	
Total	8	699.171		

Source	P-Value
Model	0.021
Linear	0.007
Sólidos disueltos (°Brix)	0.016
Tiempo (min)	0.005
Square	0.692
Sólidos disueltos (°Brix)*Sólidos disueltos (°Brix)	0.636
Tiempo (min)*Tiempo (min)	0.509
2-Way Interaction	0.648
Sólidos disueltos (°Brix)*Tiempo (min)	0.648
Error	
Total	

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2.83620	96.55%	90.80%	71.71%

Figura N° 34

Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C

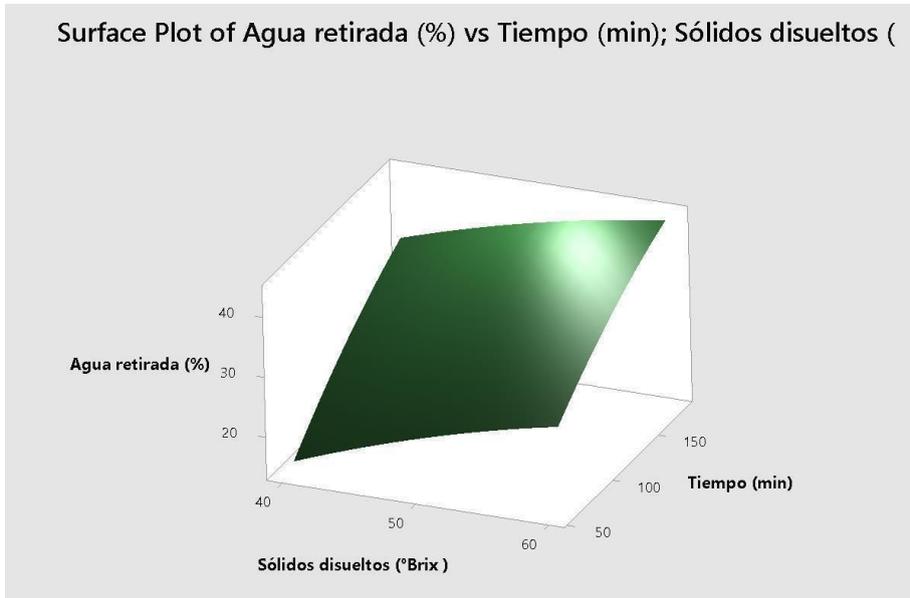


Figura N° 35

Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 30°C



Los resultados obtenidos para la temperatura de 40°C se obtuvieron de manera

similar, y se muestran en las Figuras de la N° 36 a la N° 41

Figura N° 36

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C

Response Surface Regression: Solidos Captados versus Sólidos disuelto; Tiempo (min)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value
Model	5	20.3478	4.0696	1.56
Linear	2	17.0417	8.5208	3.27
Sólidos disueltos (°Brix)	1	3.8400	3.8400	1.47
Tiempo (min)	1	13.2017	13.2017	5.06
Square	2	2.8161	1.4081	0.54
Sólidos disueltos (°Brix)*Sólidos disueltos (°Brix)	1	2.1356	2.1356	0.82
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	0.6806	0.6806	0.26
2-Way Interaction	1	0.4900	0.4900	0.19
Sólidos disueltos (°Brix)*Tiempo (min)	1	0.4900	0.4900	0.19
Error	3	7.8211	2.6070	
Total	8	28.1689		

Source	P-Value
Model	0.379
Linear	0.176
Sólidos disueltos (°Brix)	0.312
Tiempo (min)	0.110
Square	0.630
Sólidos disueltos (°Brix)*Sólidos disueltos (°Brix)	0.432
Tiempo (min)*Tiempo (min)	0.645
2-Way Interaction	0.694
Sólidos disueltos (°Brix)*Tiempo (min)	0.694
Error	
Total	

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.61463	72.23%	25.96%	0.00%

Figura N° 37

Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C

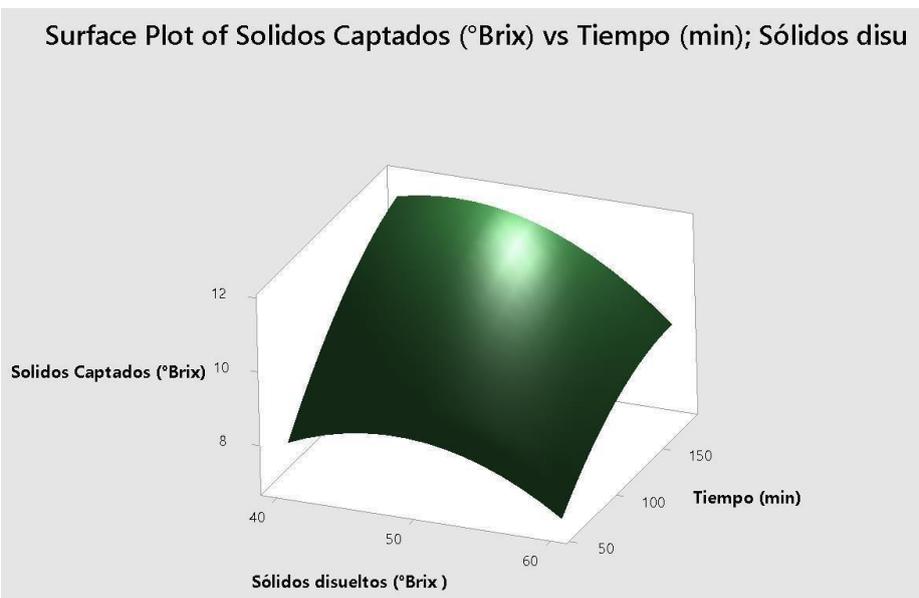


Figura N° 38

Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C

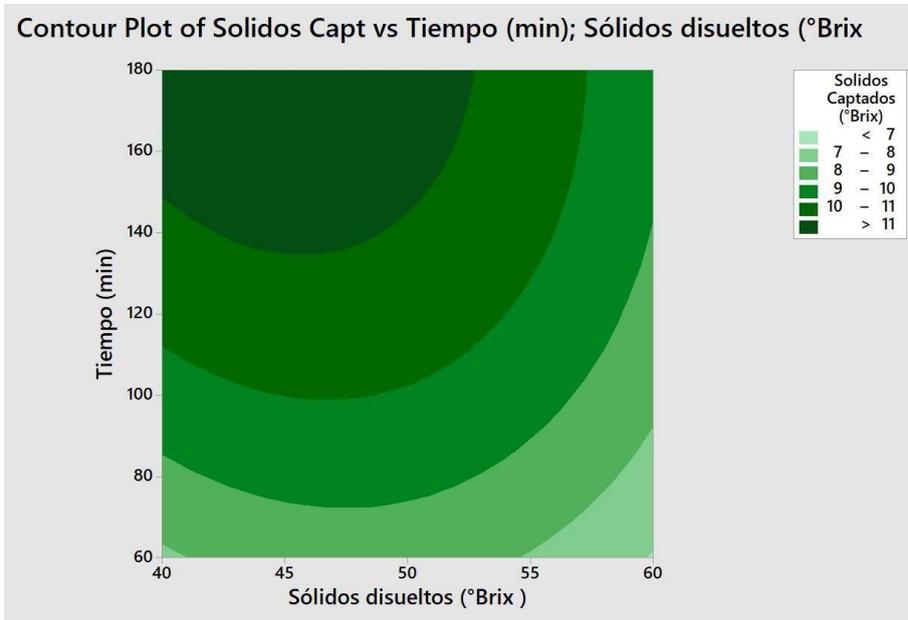


Figura N° 39

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C

Response Surface Regression: Agua retirada (%) versus Sólidos disueltos (°Brix; Tiempo (min))

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value
Model	5	413.322	82.664	5.54
Linear	2	401.088	200.544	13.45
Sólidos disueltos (°Brix)	1	2.846	2.846	0.19
Tiempo (min)	1	398.242	398.242	26.71
Square	2	9.284	4.642	0.31
Sólidos disueltos (°Brix)*Sólidos disueltos (°Brix)	1	4.577	4.577	0.31
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	4.707	4.707	0.32
2-Way Interaction	1	2.951	2.951	0.20
Sólidos disueltos (°Brix)*Tiempo (min)	1	2.951	2.951	0.20
Error	3	44.725	14.908	
Total	8	458.047		

Source	P-Value
Model	0.095
Linear	0.032
Sólidos disueltos (°Brix)	0.692
Tiempo (min)	0.014
Square	0.754
Sólidos disueltos (°Brix)*Sólidos disueltos (°Brix)	0.618
Tiempo (min)*Tiempo (min)	0.613
2-Way Interaction	0.687
Sólidos disueltos (°Brix)*Tiempo (min)	0.687
Error	
Total	

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3.86113	90.24%	73.96%	0.00%

Figura N° 40

Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C

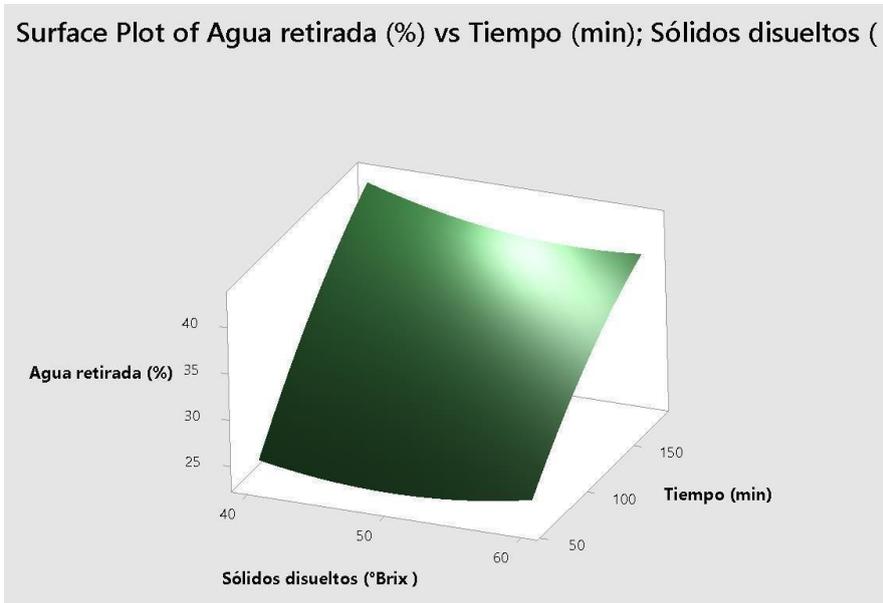
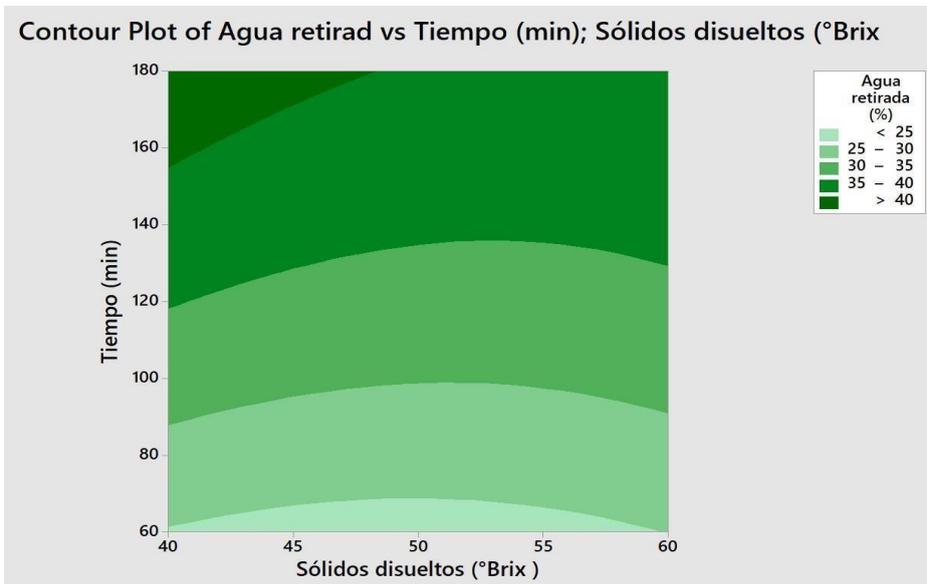


Figura N° 41

Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 10 mm y 40°C



La optimización de los resultados obtenidos en las superficies de respuestas se presenta a continuación, en la **Figura N° 42**, donde se tienen como valores óptimos una solución osmótica con 60°Brix de sacarosa y un tiempo de procesamiento de 91.51 minutos.

Figura N° 42
Optimización de las variables de entrada (rodajas de 10 mm)

Optimal		Sólidos	Tiempo (
D: 0.7121	High	60.0	180.0
<u>Predict</u>	Cur	[60.0]	[91.5152]
	Low	40.0	60.0

b) Espesor de 12 mm.- Los resultados obtenidos para la temperatura de 30°C se muestran en las **Figuras de la N° 43 a la N° 48**

Figura N° 43
Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C

Response Surface Regression: Solidos Captados (°Brix) versus °Brix Solución; Tiempo (min)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	6.57583	1.31517	1.33	0.433
Linear	2	4.72333	2.36167	2.39	0.239
°Brix Solución	1	0.04167	0.04167	0.04	0.850
Tiempo (min)	1	4.68167	4.68167	4.74	0.118
Square	2	0.53000	0.26500	0.27	0.781
°Brix Solución*°Brix Solución	1	0.40500	0.40500	0.41	0.568
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	0.12500	0.12500	0.13	0.746
2-Way Interaction	1	1.32250	1.32250	1.34	0.331
°Brix Solución*Tiempo (min)	1	1.32250	1.32250	1.34	0.331
Error	3	2.96417	0.98806		
Total	8	9.54000			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.994010	68.93%	17.14%	0.00%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		7.333	0.741	9.90	0.002	
°Brix Solución	-0.167	-0.083	0.406	-0.21	0.850	1.00
Tiempo (min)	1.767	0.883	0.406	2.18	0.118	1.00
°Brix Solución*°Brix Solución	0.900	0.450	0.703	0.64	0.568	1.00
Tiempo (min)*Tiempo (min)	0.500	0.250	0.703	0.36	0.746	1.00
°Brix Solución*Tiempo (min)	1.150	0.575	0.497	1.16	0.331	1.00

Figura N° 44

Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C

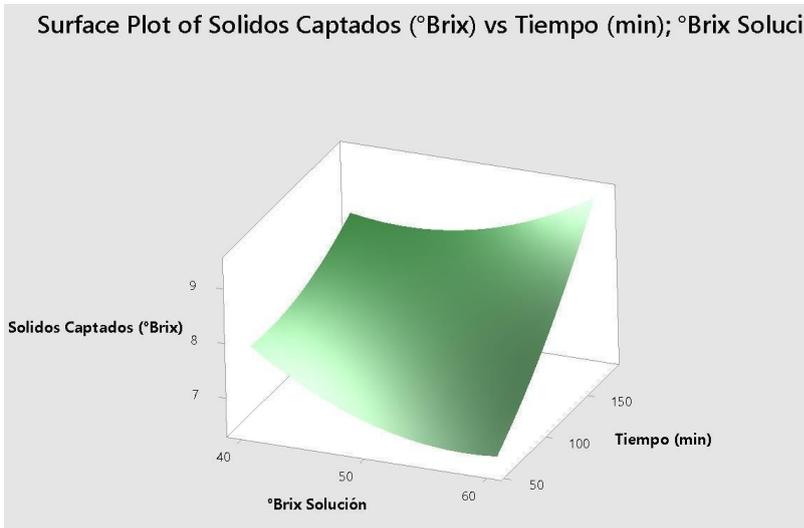


Figura N° 45

Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C

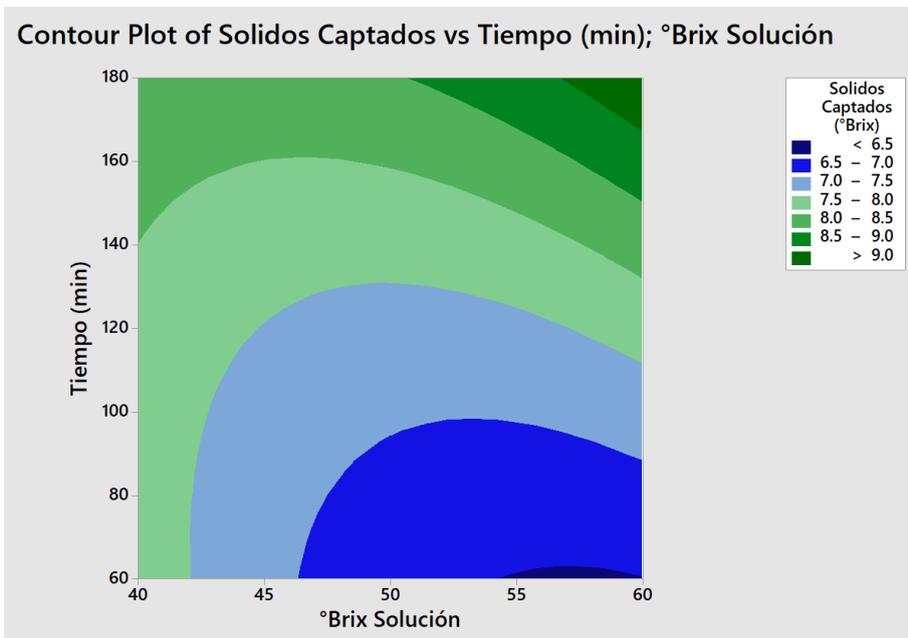


Figura N° 46

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C

Response Surface Regression: Agua retirada (%) versus °Brix Solución; Tiempo (min)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	675.162	135.032	16.83	0.021
Linear	2	666.393	333.196	41.53	0.007
°Brix Solución	1	192.571	192.571	24.00	0.016
Tiempo (min)	1	473.822	473.822	59.05	0.005
Square	2	6.719	3.360	0.42	0.691
°Brix Solución*°Brix Solución	1	2.193	2.193	0.27	0.637
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	4.526	4.526	0.56	0.507
2-Way Interaction	1	2.050	2.050	0.26	0.648
°Brix Solución*Tiempo (min)	1	2.050	2.050	0.26	0.648
Error	3	24.071	8.024		
Total	8	699.234			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2.83263	96.56%	90.82%	71.77%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		27.37	2.11	12.96	0.001	
°Brix Solución	11.33	5.67	1.16	4.90	0.016	1.00
Tiempo (min)	17.77	8.89	1.16	7.68	0.005	1.00
°Brix Solución*°Brix Solución	-2.09	-1.05	2.00	-0.52	0.637	1.00
Tiempo (min)*Tiempo (min)	-3.01	-1.50	2.00	-0.75	0.507	1.00
°Brix Solución*Tiempo (min)	-1.43	-0.72	1.42	-0.51	0.648	1.00

Figura N° 47

Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C

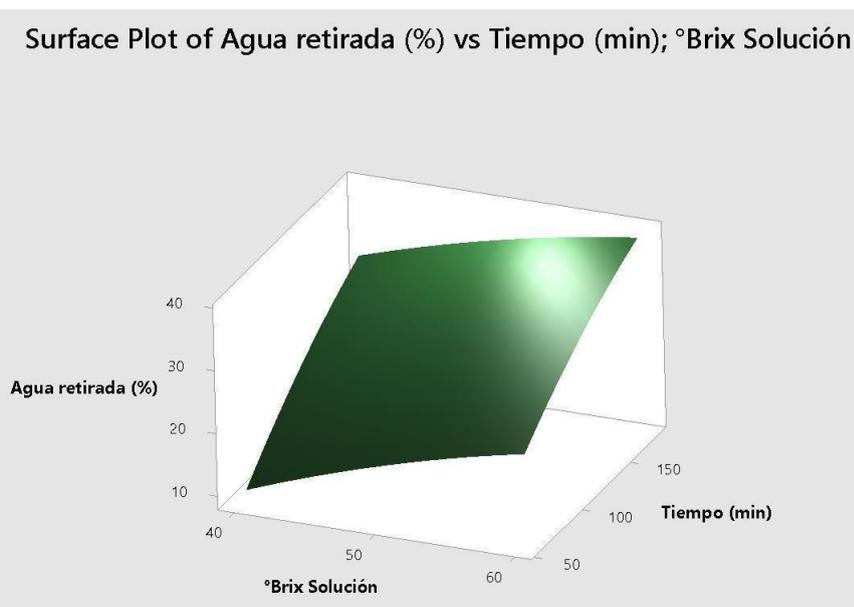
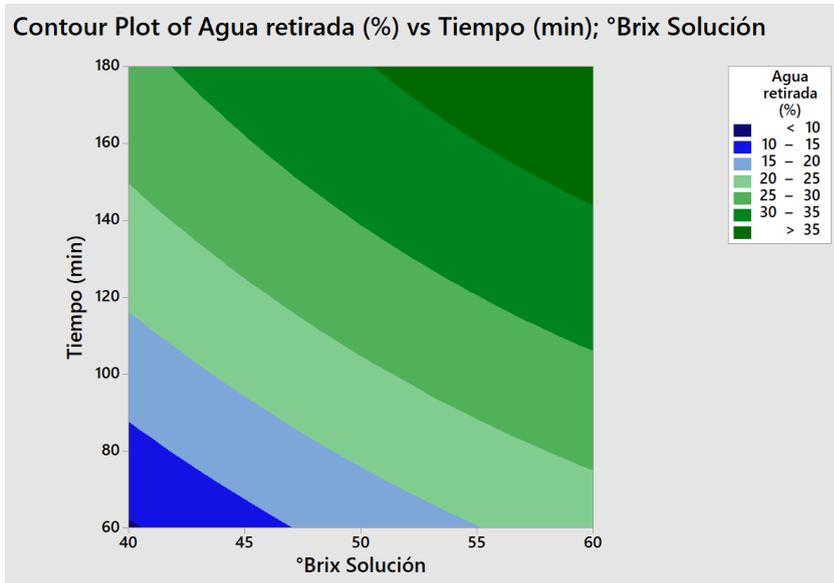


Figura N° 48

Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 30°C



Los resultados obtenidos para la temperatura de 40°C se obtuvieron de manera similar, y se muestran en las **Figuras de la N° 49 a la N° 55**

Figura N° 49

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C

Response Surface Regression: Solidos Captados (°Brix) versus °Brix Solución; Tiempo (min)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	20.0178	4.0036	1.57	0.377
Linear	2	17.0283	8.5142	3.34	0.172
°Brix Solución	1	3.2267	3.2267	1.27	0.342
Tiempo (min)	1	13.8017	13.8017	5.42	0.102
Square	2	2.6294	1.3147	0.52	0.642
°Brix Solución*°Brix Solución	1	1.8689	1.8689	0.73	0.455
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	0.7606	0.7606	0.30	0.623
2-Way Interaction	1	0.3600	0.3600	0.14	0.732
°Brix Solución*Tiempo (min)	1	0.3600	0.3600	0.14	0.732
Error	3	7.6444	2.5481		
Total	8	27.6622			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.59629	72.37%	26.31%	0.00%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		10.91	1.19	9.17	0.003	
°Brix Solución	-1.467	-0.733	0.652	-1.13	0.342	1.00
Tiempo (min)	3.033	1.517	0.652	2.33	0.102	1.00
°Brix Solución*°Brix Solución	-1.93	-0.97	1.13	-0.86	0.455	1.00
Tiempo (min)*Tiempo (min)	-1.23	-0.62	1.13	-0.55	0.623	1.00
°Brix Solución*Tiempo (min)	-0.600	-0.300	0.798	-0.38	0.732	1.00

Figura N° 50

Superficie de respuestas: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C

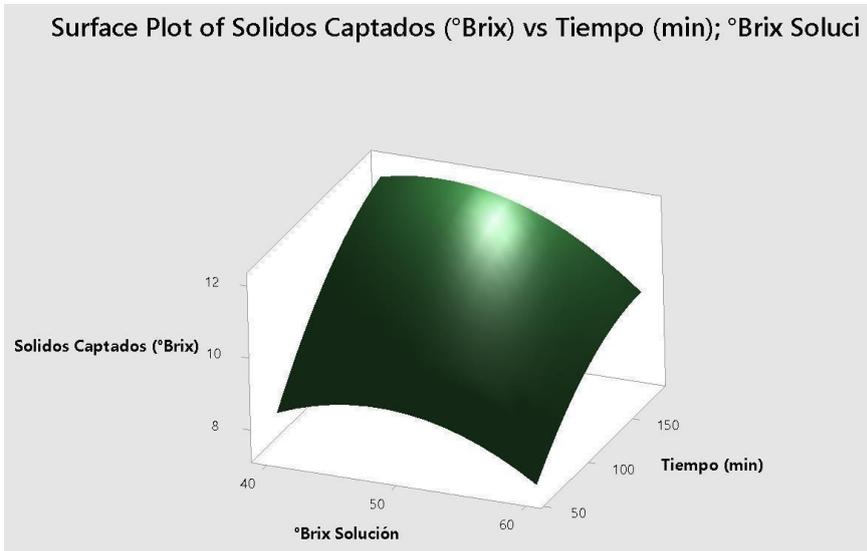


Figura N° 51

Superficie de contornos: Sólidos captados (°Brix) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C

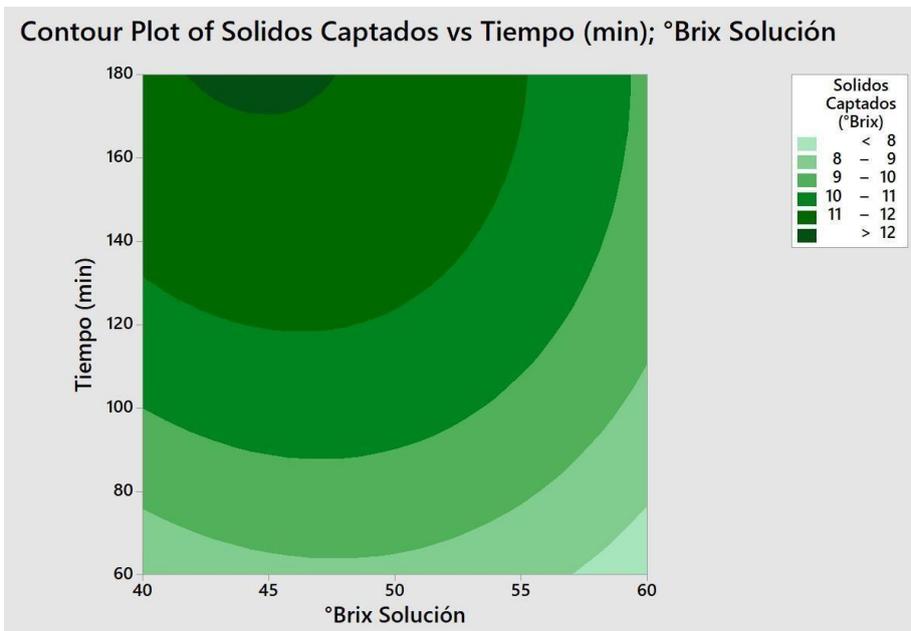


Figura N° 52

Análisis de varianza para los datos utilizados en la optimización de superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C

Response Surface Regression: Agua retirada (%) versus °Brix Solución; Tiempo (min)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	413.329	82.666	5.55	0.094
Linear	2	401.159	200.580	13.48	0.032
°Brix Solución	1	2.820	2.820	0.19	0.693
Tiempo (min)	1	398.339	398.339	26.77	0.014
Square	2	9.227	4.614	0.31	0.754
°Brix Solución*°Brix Solución	1	4.555	4.555	0.31	0.619
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	4.672	4.672	0.31	0.614
2-Way Interaction	1	2.942	2.942	0.20	0.687
°Brix Solución*Tiempo (min)	1	2.942	2.942	0.20	0.687
Error	3	44.647	14.882		
Total	8	457.976			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3.85775	90.25%	74.00%	0.00%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		28.11	2.88	9.77	0.002	
°Brix Solución	-1.37	-0.69	1.57	-0.44	0.693	1.00
Tiempo (min)	16.30	8.15	1.57	5.17	0.014	1.00
°Brix Solución*°Brix Solución	3.02	1.51	2.73	0.55	0.619	1.00
Tiempo (min)*Tiempo (min)	-3.06	-1.53	2.73	-0.56	0.614	1.00
°Brix Solución*Tiempo (min)	-1.72	-0.86	1.93	-0.44	0.687	1.00

Figura N° 53

Superficie de respuestas: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C

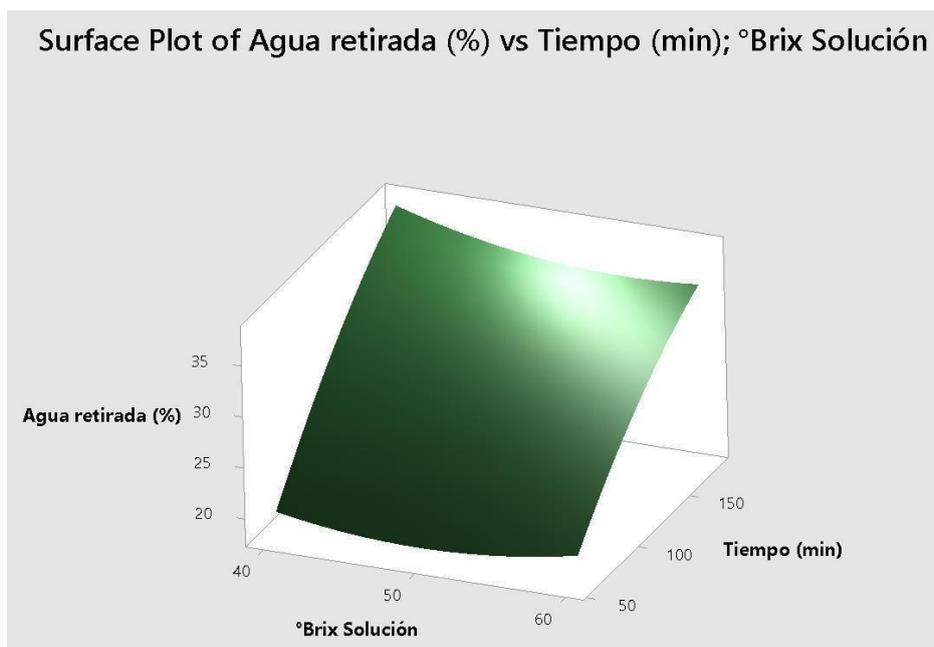
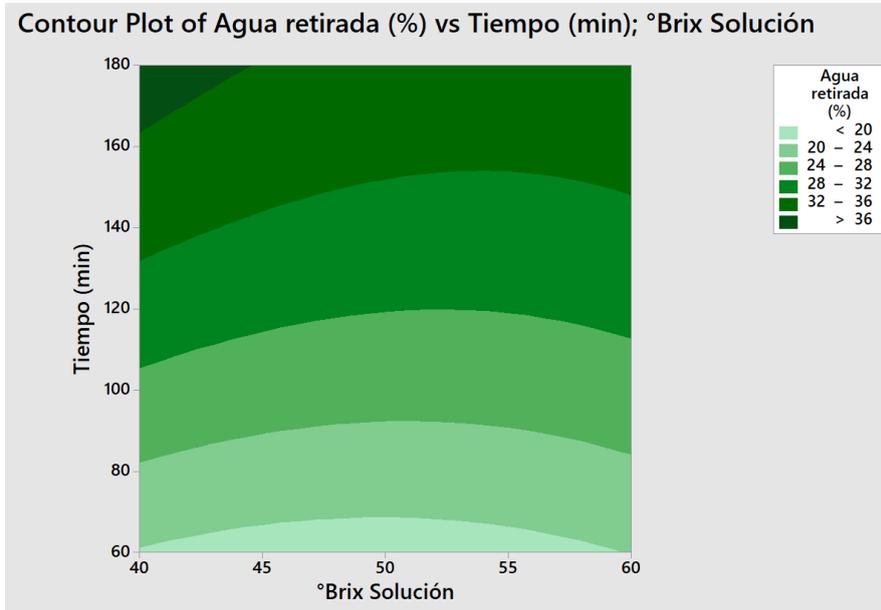


Figura N° 54

Superficie de contornos: Agua retirada (%) vs Sólidos disueltos (°Brix) en la solución osmótica y tiempo, para espesor de 12 mm y 40°C



La optimización de los resultados obtenidos en las superficies de respuestas se presenta a continuación, en la **Figura N° 55**, donde se tienen como valores óptimos una solución osmótica con 59,39°Brix de sacarosa y un tiempo de procesamiento de 92 minutos.

Figura N° 55

Optimización de las variables de entrada (rodajas de 12 mm)

Optimal		°Brix So	Tiempo (
D: 0.7021	High	60.0	180.0
<u>Predict</u>	Cur	[59.3939]	[92.7273]
	Low	40.0	60.0

5.3. Otro tipo de resultados estadísticos

En las **Figuras N° 56 y N° 57 (Ver pag. N° 73)** y **Figura N° 58 (Ver pag. N° 74)** se muestran gráficos de los valores finales de masa de sanky, para los distintos

espesores.

Figura N° 56

Valores finales de masa (g) para las muestras de sanky con espesor de 8 mm

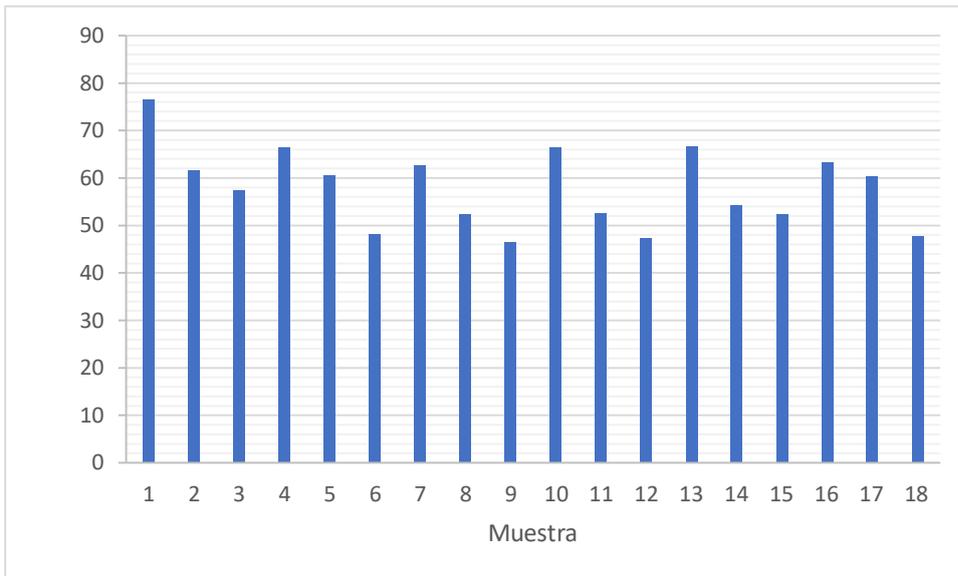


Figura N° 57

Valores finales de masa (g) para las muestras de sanky con espesor de 10 mm

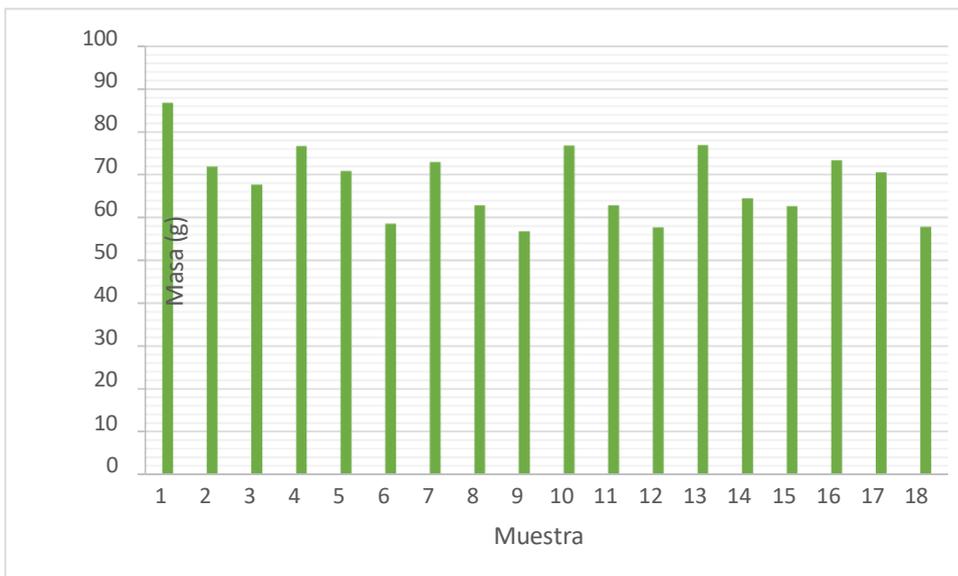
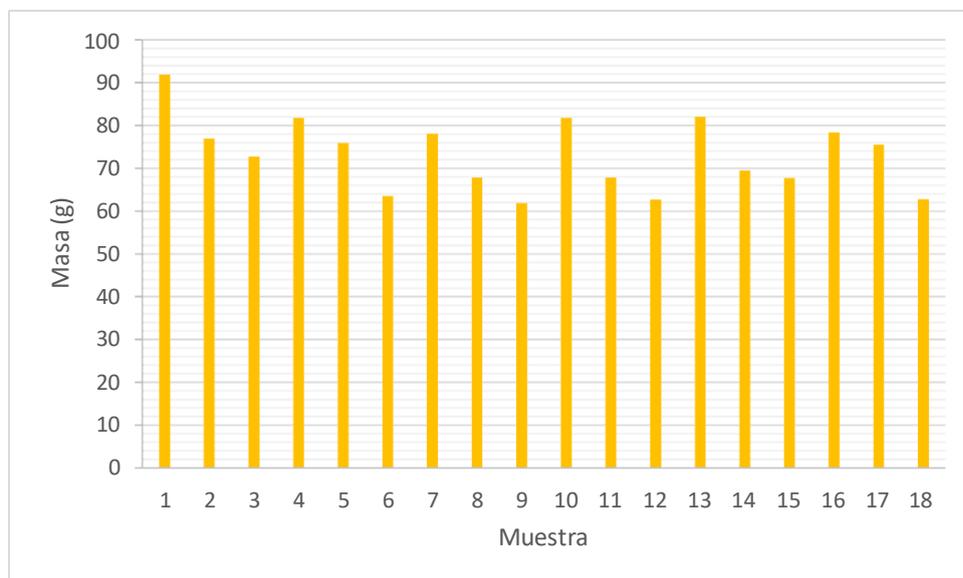


Figura N° 58

Valores finales de masa (g) para las muestras de sanky con espesor de 12 mm



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Los parámetros más favorables de operación en la deshidratación osmótica de rodajas de sanky (*Corryocactus brevistylus*) se obtienen en base a la pérdida de agua del alimento y la ganancia de sólidos (valor objetivo para la optimización)", porque el estudio de estos permitió realizar el tratamiento estadístico, que dio a conocer los mejores parámetros de operación. En los tres casos (pruebas realizadas con espesores de rodajas de sanky de 8, 10 y 12 mm), los valores óptimos tuvieron muchas coincidencias (**Figuras N° 29, N° 42 y N° 55**), indicando que la cantidad de sólidos óptima en la solución osmótica es de 60°Brix, y el tiempo de procesamiento más adecuado es de 90 minutos. Por tanto, se acepta la hipótesis general propuesta.

"La variación de los parámetros de operación influye directamente sobre la deshidratación osmótica de las rodajas de sanky (*Corryocactus brevistylus*)", porque como se pudo observar en el capítulo anterior, los datos de salida que fueron el porcentaje de agua retirada del material, así como los sólidos captados por las muestras variaron considerablemente con la modificación de las variables de entrada que fueron propuestas inicialmente. Una muestra de ello es lo sucedido en la prueba cuatro (espesor de 8 mm), aquí la cantidad de sólidos captados tuvo el menor valor posible, 1,5°Brix. En contraste, la prueba doce (espesor de 12 mm) tuvo el valor más alto, de 7,8°Brix (esto podría deberse a que a mayor espesor de rodajas de sanky, mayor presencia de materia, en otros términos, facilitan la adsorción de los azúcares presentes en la solución osmótica). Todo esto fue producto de las variaciones de las dos variables de entrada. Por tanto, se acepta la hipótesis específica.

"Las rodajas de sanky con menor espesor facilitan la pérdida de agua del alimento a través de ósmosis". Esto se verifica perfectamente con las tablas mostradas en el capítulo anterior, en las que se muestra que a mayor espesor de las láminas de sanky, menor es la cantidad de agua retirada. La prueba en

la que pudo retirarse la mayor cantidad de agua fue en la prueba doce (a 30°C y una solución osmótica con 60°Brix), en dicho caso se logró retirar el 53,64% del agua contenida en el material. Debido a esto, también se acepta la segunda hipótesis específica.

6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares

En el trabajo de Acevedo, Tirado y Guzmán (2013) hicieron la deshidratación osmótica de la pulpa de tamarindo, llegando a resultados que se aproximan a los logrados en este trabajo. Concluyen que existió una mayor pérdida de agua y menor ganancia de sólidos cuando la concentración de la solución hipertónica y la temperatura tuvieron valores más elevados (53% de pérdida de agua y 0,008% para la ganancia de sólidos)

La investigación de Ayala, Leiton y Serna (2017) se basó en la deshidratación osmótica de rodajas de pitahaya amarilla. En este caso analizaron las propiedades mecánicas de las rodajas de la fruta en estudio, mostrando mejores cualidades cuando se trabajó con una solución osmótica más concentrada en sacarosa. De manera similar se pudo apreciar en las muestras tratadas de sanky con una solución osmótica más concentrada (60°Brix) en la presente investigación.

En una investigación nacional, perteneciente a Chuquillanqui (2017), trabajó la deshidratación osmótica de rodajas de kiwi (textura similar al sanky), y obtuvo mejores resultados para sus muestras tratadas con una solución osmótica de 60°Brix de sacarosa. Algo que tiene mucha similitud con la investigación de Julca y Vásquez (2018), que a su vez coinciden con los resultados obtenidos en esta investigación.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

El autor se responsabiliza por la información emitida en el presente trabajo de investigación, cumpliendo lo señalado en el CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, Resolución N° 210–2017–CU.7

VII. CONCLUSIONES

Se ha logrado determinar los parámetros más favorables de operación en la deshidratación osmótica de rodajas de sanky (*Corryocactus brevistylus*), los cuales son: 60°Brix en la solución osmótica, tiempo de procesamiento de 90 minutos y una temperatura de 40°C. De los resultados obtenidos también se deduce que el espesor comprendido entre 8 mm y 12 mm tiene influencia en el proceso de deshidratación osmótica del sanky.

Existe una influencia notable en los resultados de deshidratación por la variación de los parámetros de operación. Se verifica que a medida que aumenta la cantidad de sólidos disueltos en la solución osmótica, se mejora la migración de agua desde las rodajas de la fruta. Del mismo modo, a mayor temperatura se favorece la migración de agua. En cuanto al tiempo de procesamiento; basándonos en la optimización estadística, se observa que no hay un incremento notable si se trabaja por encima de 90 minutos.

El espesor de las rodajas también tiene una influencia en la deshidratación. Se comprueba que a medida que aumenta el espesor de las rodajas, se desfavorece la migración de agua, pero se favorece la captación de sólidos.

VIII. RECOMENDACIONES

De acuerdo con la literatura especializada, las soluciones osmóticas empleadas en la deshidratación de materias primas con sabores dulces requieren la inclusión de un soluto de naturaleza dulce. En el contexto de esta investigación, se utilizó sacarosa con este propósito. No obstante, se plantea la sugerencia de explorar la implementación de otros solutos que puedan optimizar el proceso llevado a cabo con el método "sanky"

La técnica de deshidratación osmótica ha demostrado ser altamente efectiva en el fomento de la extracción de agua en el proceso "sanky". Sin embargo, para perfeccionar las cualidades del material después de dicha etapa, se hace hincapié en la importancia de considerar un enfoque complementario de deshidratación. Un ejemplo sería el empleo de un método adicional, como el secado mediante aire caliente, que podría contribuir significativamente a mejorar las propiedades finales del producto.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ROJAS, Tatiana, FUENTES, María y CONTRERAS, Eliana. Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de sanky (*Corryocactus brevistylus*). *Revista Sociedad Química Perú*. 2019. Vol. 85, no. 2, p. 258–267. Revista
- [2] ACEVEDO, Diofanor, TIRADO, Diego y GUZMÁN, Luis. Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): influencia de la temperatura y concentración osmótica. & *Div. Cient.* 2013. Vol. 17, no. 1, p. 123–130. R
- [3] AYALA APONTE, ALFREDO ADOLFO, LEITON RAMIREZ, YURY y SERNA COCK, LILIANA. Cambios En Propiedades Mecánicas Durante La Deshidratación Osmótica De Pitahaya Amarilla. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2017. Vol. 15, no. 2, p. 39. DOI 10.18684/bsaa(15)39 – 48
- [4] AYALA – APONTE, Alfredo A., MOLINA – CORTÉS, Andrea y SERNA – COCK, Liliana. Osmotic dehydration of green mango samples (*Mangifera indica* L., filipino var.) in ternary solutions. *Vitae*. 2018. Vol. 25, no. 1, p. 8– 16. DOI 10.17533/udea.vitae.v25n1a02
- [5] CHAGLLA, Diego. Deshidratación Osmótica del zapallo (*Cucurbita máxima* Duchesne) *Universidad Técnica de Ambato*. 2016. DOI 10.1007/springerreference_68363
- [6] CARDOZA, Julio y CUSTODIO, Deeywin. Modelamiento matemática para predecir el comportamiento de la deshidratación osmótica de la piña MD2. 2015. P. 1–132
- [7] CHUQUILLANQUI ROMERO, Luz Mariela. Modelamiento de azuara, magee y peleg en cinética de deshidratación osmótica de Kiwi. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. Online. 2017. Available from: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4117/Chuquillanqui>

Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4117Tesis

- [8] JULCA, Luz y VÁSQUEZ, Fernando. Deshidratación osmótica de mamey (*Mammea Americana L.*) y su efecto en las características fisicoquímicas y organolépticas. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*. 2018. P. 1–125
- [9] VILCA, Lilibiana. Determinación de la cinética de deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en rodajas. 2015
- [10] PARZANESE, Magali. Deshidratación osmótica. *Tecnología para la Industria alimentaria, deshidratación osmótica*. Online. 2010. P. 1–11. Available from: www.alimentosargentinos.gob.ar
- [11] MAHALE, Dilip y POKHARKAR, S. Osmotic Dehydration: Recent advances and applications. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*. 2018. P. 29–31
- [12] WARCZOK, Justyna. Concentration of osmotic dehydration solutions using membrane separation processes. *Thesis*. 2005. P. 146
- [13] ESTRADA, Hilda H., RESTREPO, Claudia E., SAUMETT, Hernán G. y PÉREZ, Liliana. Osmotic dehydration and hot air drying on mango, guava and lemon to obtain functional ingredients. *Informacion Tecnologica*. 2018. Vol. 29, no. 3, p. 197–204. DOI 10.4067/S0718-07642018000300197
- [14] MOSQUERA – VIVAS, Esmeralda S., AYALA – APONTE, Alfredo A. y SERNA – COCK, Liliana. Ultrasound and Osmotic Dehydration as Pre-treatments to Melon (*Cucumis melo L.*) Drying by Freeze – drying. *Información Tecnológica*. 2019. Vol. 30, no. 3, p. 179–188. DOI 10.4067/S0718–07642019000300179
- [15] VENTER, Gerhard. Review of Optimization Techniques. *Encyclopedia of Aerospace Engineering*. 2010. P. 1–10. DOI 10.1002/9780470686652.eae495
- [16] ALVAREZ – YANAMANGO, Erick, VIETTI, Franco y HUAYTA, Fredy. Use of waste from the processing of Sanky pulp (*Corryocactus*

- brevistylus) to obtain a food additive. *Proceedings of the LACCEI international Multi- conference for Engineering, Education and Technology*. 2018. Vol. 2018 – July, no. July 2018, p. 19–21. DOI 10.18687/LACCEI2018.1.1.412
- [17] BURGOS ROBLES, Sheyla Nahomi y RIVERA SHYAN, Milagros Cecilia. Propiedades reológicas de pulpa de sanky (*Corryocactus brevistylus*) y aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). . 2018. P. 124
- [18] CARRION GALINDO, Maria Geraldine. Influencia de la adición de gelificantes sobre la aceptabilidad sensorial y las características fisicoquímicas en la elaboración de mermelada de Sancayo (*Corryocactus brevistylus*). *Tesis*. Online. 2018. P. 109. Available from: http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3236/1448_2018_carrion_galindo_mg_fcag_alimentarias.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [19] ARECHE, Carlos, HERNANDEZ, Marco, CANO, Teresa, TICONA, Juana, CORTES, Carmen, SIMIRGIOTIS, Mario, CACERES, Fátima, BORQUEZ, Jorge, ECHEVERRÍA, Javier y SEPULVEDA, Beatriz. *Corryocactus brevistylus* (K. Schum. ex Vaupel) Britton & Rose (Cactaceae): Antioxidant, Gastroprotective Effects, and Metabolomic Profiling by Ultrahigh-Pressure Liquid Chromatography and Electrospray High Resolution Orbitrap Tandem Mass Spectrometry. *Frontiers in Pharmacology*. 2020. Vol. 11, no. April. DOI 10.3389/fphar.2020.00417
- [20] UNEP. Review of selected species subject to long-standing no opinions: Part I Plants. *The European Commission*
- [21] KVAPI, María. Deshidratación osmótica y envasado en atmósferas modificadas de anco (*Cucurbita moschata*) mínimamente procesado. . 2019. P. 49–62
- [22] MERCER, Donald. *An introduction to the dehydration and drying of fruits and vegetables*. . 2014. ISBN 9786021018187
- [23] MINCETUR. Las frutas deshidratadas en el mercado Español. 2016
- [24] CARDONA, Fernando. Actividad del agua en alimentos: concepto,

medida y aplicaciones. *Departamento de tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia*. Online. 2019. P. 7. Available from: <https://riunet.upv.es/handle/10251/121948>

- [25] VEGA, A. y LEMUS, R. Importancia de las Isotermas en los Alimentos. *Revista Indualimentos*. 2005. P. 71–74.

ANEXOS

ANEXO Nº 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEP.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuáles es la influencia de las condiciones de operación en la deshidratación osmótica de rodajas de sanky (<i>Corryocactus brevistylus</i>)?	Determinar la influencia de las condiciones de operación en la deshidratación osmótica de rodajas de sanky (<i>Corryocactus brevistylus</i>).	Las condiciones de operación en la deshidratación osmótica de rodajas de sanky (<i>Corryocactus brevistylus</i>) serán la pérdida de agua del alimento y la ganancia de sólidos (valor objetivo para la optimización).	Y=Deshidratación de las rodajas de sanky	- Cambio de la apariencia física.	- Porcentaje de pérdida de agua -Ganancia de sólidos	- Variación de peso -Determinación de brix de la solución osmótica.
PROB. ESPECÍFICOS	OBJ. ESPECÍFICOS	HIP. ESPECÍFICAS	VARIABLES IND.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es la influencia de la temperatura, tiempo de exposición y espesor de las rodajas en la deshidratación de las rodajas de sanky (<i>Corryocactus brevistylus</i>)?	a. Determinar la influencia de la temperatura, tiempo de exposición y espesor de las rodajas en la deshidratación de las rodajas de sanky (<i>Corryocactus brevistylus</i>).	La temperatura, tiempo de exposición y espesor de las rodajas influirán directamente en la deshidratación de las rodajas de sanky (<i>Corryocactus brevistylus</i>).	X ₁ = Parámetros de operación	- Temperatura - Tiempo de exposición - Espesor de rodajas de sanky	- Niveles - Periodos - Niveles	- Medición directa
¿Cuál es la influencia de la concentración de azúcar en la solución osmótica utilizada en el proceso de deshidratación osmótica?	b. Determinar la influencia de la concentración de azúcar en la solución osmótica utilizada en el proceso de deshidratación osmótica.	La concentración de azúcar en la solución osmótica influirán en el proceso de deshidratación osmótica.	X ₂ = Concentración de la solución osmótica	- Grados brix	- Niveles	- Medición directa.

ANEXO N° 2

a) Espesor 8 mm Tabla A.2.1

Datos de masa inicial para las muestras de sanky con espesor de 8 mm

Muestra	Medición 1 (g)	Medición 2 (g)	Medición 3 (g)	W inicial promedio (g)
1	100,1	100,2	100,3	100,20
2	100,3	100,1	100,1	100,16
3	99,8	100,1	100,1	100,00
4	100,2	100,3	99,8	100,10
5	100,4	100,1	100,4	100,30
6	100,3	99,8	100,3	100,13
7	100,4	100,2	100,4	100,33
8	100,1	100,4	100,4	100,30
9	100,4	100,3	100,2	100,30
10	100,1	100,4	100,1	100,20
11	99,9	100,1	100,4	100,13
12	100,3	100,2	100,3	100,26
13	100,4	100,1	100,2	100,23
14	100,4	100,2	99,8	100,13
15	100,1	100,3	100,2	100,20
16	100,3	99,9	100,1	100,10
17	99,8	100,2	100,1	100,03
18	100,3	100,2	100,3	100,26

Tabla N° A.2.2

Datos de masa final para las muestras de sanky con espesor de 8 mm

Muestra	Medición 1 (g)	Medición 2 (g)	Medición 3 (g)	W final promedio (g)
1	76,8	76,5	76,5	76,60
2	61,5	61,8	61,7	61,66
3	57,5	57,1	57,8	57,46
4	66,9	66,5	66,1	66,50
5	60,8	60,3	60,5	60,53
6	48,1	48,3	48,3	48,23
7	62,8	62,5	62,7	62,66
8	52,4	52,8	52,2	52,46
9	46,8	46,5	46,2	46,50
10	66,8	66,2	66,4	66,46
11	52,8	52,3	52,5	52,53
12	47,5	47,3	47,4	47,40
13	66,8	66,7	66,5	66,66
14	54,3	54,1	54,2	54,20
15	52,3	52,7	52,4	52,46
16	63,1	63,5	63,2	63,26
17	60,3	60,5	60,4	60,40
18	47,9	47,7	47,5	47,70

b) Espesor 10 mm

Tabla A.2.3

Datos de masa inicial para las muestras de sanky con espesor de 10 mm

Muestra	Medición 1 (g)	Medición 2 (g)	Medición 3 (g)	W inicial promedio (g)
1	100,1	100,3	100,3	100,23
2	100,3	100,4	100,1	100,26
3	99,8	100,4	100,1	100,10
4	100,2	100,1	99,8	100,03
5	100,4	100,3	100,4	100,36
6	100,2	99,8	100,3	100,10
7	100,4	100,2	100,4	100,33
8	100,1	100,4	100,4	100,30
9	100,4	100,3	100,2	100,30
10	100,1	100,4	100,1	100,20
11	99,9	100,1	99,9	99,96
12	100,1	100,2	100,2	100,16
13	100,3	100,0	100,4	100,23
14	100,4	99,8	100,3	100,16
15	100,4	100,2	100,4	100,33
16	100,1	100,4	100,1	100,20
17	100,3	100,3	100,1	100,23
18	100,3	100,2	100,3	100,26

Tabla A.2.4

Datos de masa final para las muestras de sanky con espesor de 10 mm

Muestra	Medición 1 (g)	Medición 2 (g)	Medición 3 (g)	W final promedio (g)
1	87,0	86,9	86,7	86,86
2	71,7	72,2	71,9	71,93
3	67,7	67,5	68,0	67,73
4	77,1	76,9	76,3	76,76
5	71,0	70,7	71,0	70,90
6	58,3	58,7	58,8	58,60
7	73,0	72,9	73,2	73,03
8	62,6	63,2	62,7	62,83
9	57,0	56,9	56,6	56,83
10	77,0	76,6	76,8	76,80
11	63,0	62,7	62,9	62,86
12	57,7	57,7	57,8	57,73
13	77,0	77,1	76,9	77,00
14	64,5	64,5	64,6	64,53
15	62,5	62,9	62,8	62,73
16	73,3	73,7	73,2	73,40
17	70,5	70,7	70,4	70,53
18	58,1	57,9	57,5	57,83

c) Espesor 12 mm

Tabla A.2.5

Datos de masa inicial para las muestras de sanky con espesor de 12 mm

Muestra	Medición 1 (g)	Medición 2 (g)	Medición 3 (g)	W inicial promedio (g)
1	100,1	100,3	100,3	100,23
2	100,3	100,4	100,1	100,26
3	99,8	100,4	100,1	100,10
4	100,2	100,1	99,8	100,03
5	100,4	100,3	100,4	100,36
6	100,2	99,8	100,3	100,10
7	100,4	100,2	100,4	100,33
8	100,1	100,4	100,4	100,30
9	100,4	100,3	100,2	100,30
10	100,1	100,4	100,1	100,20
11	99,9	100,1	99,9	99,96
12	100,1	100,2	100,2	100,16
13	100,3	100,0	100,4	100,23
14	100,4	99,8	100,3	100,16
15	100,4	100,2	100,4	100,33
16	100,1	100,4	100,1	100,20
17	100,3	100,3	100,1	100,23
18	100,3	100,2	100,3	100,26

Tabla A.2.6

Datos de masa final para las muestras de sanky con espesor de 12 mm

Muestra	Medición 1 (g)	Medición 2 (g)	Medición 3 (g)	W final promedio (g)
1	92,0	91,9	91,7	91,86
2	76,7	77,2	76,9	76,93
3	72,7	72,5	73,0	72,73
4	82,1	81,9	81,3	81,76
5	76,0	75,7	76,0	75,90
6	63,3	63,7	63,8	63,60
7	78,0	77,9	78,2	78,03
8	67,6	68,2	67,7	67,83
9	62,0	61,9	61,6	61,83
10	82,0	81,6	81,8	81,80
11	68,0	67,7	67,9	67,86
12	62,7	62,7	62,8	62,73
13	82,0	82,1	81,9	82,00
14	69,5	69,5	69,6	69,53
15	67,5	67,9	67,8	67,73
16	78,3	78,7	78,2	78,40
17	75,5	75,7	75,4	75,53
18	63,1	62,9	62,5	62,83

ANEXO Nº 3

FIGURAS ADICIONALES

Figura A.3.1

Sellado de las muestras deshidratadas



Figura A.3.2

Uso del refractómetro



Figura A.3.3

Muestras deshidratadas de 8 mm de espesor

