

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**ELABORACIÓN EXPERIMENTAL DE RODAJAS DE PIÑA DESHIDRATADA  
POR MÉTODO COMBINADO DE: OSMODESHIDRATACIÓN Y SECADO  
CONVECTIVO**

**Por:**

**VANESSA VELASQUEZ REINAGA**

Modalidad de Graduación: Proyecto de Investigación Aplicada presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química

**Mayo de 2024**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

**APROBADO POR:**

---

**MSc. Ing. Marcelo Segovia Cortez**  
**DECANO**

---

**MSc. Lic. Clovis Gustavo Succi Aguirre**  
**VICEDECANO**

**TRIBUNALES:**

---

**ING. JESÚS ZAMORA**

---

**ING. WEIMAR TORREJON**

---

**ING. ÁLVARO VELASQUEZ**

**ADVERTENCIA**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo estas responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a mi madre, mis hermanas, mis sobrinos, que son parte importante en mi vida.

A ustedes les dedico este logro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Antes de todo, a Dios gracias, mi fuente de fuerzas y perseverancia para seguir y no rendirme, que estuvo en mí en todo tiempo.

A mi madre, a pesar que te tengo al otro lado del mundo, siempre tuve tu ayuda incondicional desde niña en todo y para todo, te amo mamá.

Mis hermanas, por su apoyo emocional y mental.

Al Ing. Manuel López C, por su colaboración y ayuda en este tiempo de trabajo en el laboratorio, sin ti hubiese sido más complicado, gracias por ser parte de todo esto.

A mis tribunales: Ing. Jesús Zamora, Ing. Weimar Torrejón y Ing. Álvaro Velasquez, por su tiempo en encaminarme hacia lo correcto con su experiencia, les agradezco.

A mis docentes, Ing. Ignacio Velasquez, Ing. Juan Pablo Herbas, a ustedes por sus enseñanzas y recomendaciones.

A mis amigos de la universidad que en un tiempo compartimos momentos que no olvidaré.

Quedo enteramente agradecida con todos ustedes que formaron parte de mi vida en esta etapa importante que siempre recordaré.

*El da esfuerzo al cansado, y multiplica las  
fuerzas al que no tiene ningunas.*

***Isaías 40:29***

## ÍNDICE

Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Pensamiento.....	iv
Resumen .....	v

## CAPÍTULO I

1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.1.1. Conservación de los alimentos .....	1
1.1.2. Métodos de conservación a bajas temperaturas .....	4
1.1.3. Métodos de conservación a altas temperaturas .....	4
1.1.4. Métodos de conservación modificando su cantidad de agua .....	5
1.1.5. Productos deshidratados .....	6
1.1.6. Secado por convección.....	7
1.1.7. Situación internacional.....	7
1.1.8. Situación nacional .....	9
1.2. OBJETIVOS .....	12
1.2.1. Objetivo general .....	12
1.2.2. Objetivos específicos .....	12
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	12
1.3.1. Justificación tecnológica.....	12
1.3.2. Justificación económica.....	12
1.3.3. Justificación social.....	13
1.3.4. Justificación ambiental.....	13

## CAPÍTULO II

2.1 RODAJAS DE PIÑA DESHIDRATADAS .....	15
2.1.1. Importancia de las rodajas de la piña deshidratada.....	15
2.1.2. Caracterización del producto “Rodajas de piña deshidratada” .....	17
2.1.3. Usos y beneficios .....	17
2.2 FUNDAMENTO DEL PROCESO DE ÓSMOSIS .....	18
2.2.1. Deshidratación osmótica.....	18
2.2.2. La osmosis .....	21
2.2.3. Mecanismos de transferencia de materia en la deshidratación osmótica .....	22
2.2.4. Ventajas y desventajas.....	23
2.3. VARIABLES DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA .....	24
2.3.1. Naturaleza del alimento .....	24
2.3.2. Forma del producto.....	24
2.3.3. Agente osmótico .....	25
2.3.4. Concentración de la solución osmótica .....	25
2.3.5. Temperatura de la solución osmótica .....	26
2.3.6. Agitación de la disolución osmótica .....	26
2.3.7. Jarabe.....	26
2.3.8. Tiempo de inmersión.....	26
2.4. DESHIDRACIÓN POR SECADO CONVECTIVO .....	27
2.4.1. Parámetros de secado .....	28
2.5. PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO.....	29
2.5.1. Pardeamiento enzimático .....	30
2.5.2. Pardeamiento no enzimático .....	30



2.6. AGENTES OSMÓTICOS .....	32
2.7. ENVASADO .....	32
2.8. ALMACENAMIENTO .....	32
2.9. SELECCIÓN DEL MÉTODO .....	33
2.9.1. Método osmodeshidratación .....	33
2.9.2. Método secado convectivo .....	34
2.10. MATERIA PRIMA .....	36
2.10.1. La producción de la materia prima .....	37
2.10.2. La elección de la piña variedad: “Pucallpa” .....	38
2.10.3. Descripción de la variedad: Piña Pucallpa .....	38
2.11. DETERMINACIÓN DE LA MADUREZ FISIOLÓGICA.....	39
2.11.1. Analizando la madurez fisiológica de la piña en la ingeniería .....	40
2.12. PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA PIÑA .....	43
2.13. CALIDAD DEL PRODUCTO.....	45
2.14. PROCESO PRODUCTIVO.....	48
2.14.1. Descripción del proceso productivo .....	49

### **CAPÍTULO III**

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	52
3.2. ANÁLISIS FÍSICO DE LA PIÑA EN FRESCO.....	52
3.3. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA PIÑA PUCALLPA EN FRESCO.....	53
3.4. MADUREZ DE LA PIÑA .....	54
3.5. PRUEBAS PRELIMINARES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN .....	57
3.5.1. Primera prueba preliminar .....	57
3.5.2. Segunda prueba preliminar .....	61

3.5.3. Tercera prueba preliminar .....	66
3.6. PROPIEDADES NUTRICIONALES .....	74
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	75
3.7.1. Deshidratación osmótica .....	75
3.7.2. Diseño factorial: .....	76
3.7.3. Secado convectivo.....	77
3.7.4. Variables de operación.....	78
3.7.5. Diseño factorial .....	79
3.8. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS.....	80
3.8.1. Equipos utilizados .....	80
3.8.2. Materiales de laboratorio.....	83
3.8.3. Utensilios de cocina .....	84
3.8.4. Reactivos e insumos .....	84
3.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO TECNOLÓGICO.....	85
3.10. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	86
3.10.1. Selección de la materia prima.....	86
3.10.2. Lavado .....	86
3.10.3. Pelado - Descorazonado .....	87
3.10.4. Trozado en rodajas.....	88
3.10.5. Pesado .....	89
3.10.6. Tratamiento previo de pardeamiento.....	89
3.10.7. Preparación de la solución osmótica .....	90
3.10.8. Deshidratación Osmótica.....	92
3.10.9. Lavado y escurrido .....	92

3.10.10. Secado convectivo: secado en bandejas .....	93
3.10.11. Envasado.....	94
3.11. CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO ELABORADO .....	94

## **CAPÍTULO IV**

4.1. FASE EXPERIMENTAL.....	97
4.1.1. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LAS RODAJAS DE PIÑA .....	97
4.1.2. Determinación de la humedad de la materia prima .....	98
4.1.3. Pérdida de peso durante la deshidratación osmótica PP% .....	99
4.1.4. Contenido de sólidos totales en la osmodeshidratación .....	100
4.1.5. Pérdida de agua en las rodajas de piña durante la ósmosis .....	102
4.1.6. Ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica GS (%): .....	103
4.2. SECADO CONVECTIVO DE LAS RODAJAS .....	104
4.3. RESULTADOS DE LA MATERIA PRIMA.....	107
4.4. RESULTADOS DE LA CATACIÓN ORGANOLÉPTICAS ( <i>participativa</i> ).....	109
4.4.1. Resultado del análisis visual de las rodajas .....	109
4.4.2. Resultado del análisis olfativo de las rodajas .....	111
4.4.3. Resultado del análisis del sabor de las rodajas .....	113
4.4.4. Resultado del análisis de textura de las rodajas.....	114
4.4.5. Resumen de las pruebas organolépticas .....	116
4.5. RESULTADOS DEL PRODUCTO FINAL .....	116
4.5.1. Análisis de las propiedades fisicoquímicas del producto .....	116
4.5.2. Parámetros microbiológicos del producto .....	118
4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO SPSS .....	119
4.6.1. Análisis de varianza durante la primera etapa: Osmosis .....	119

4.6.2. Análisis de varianza en la segunda etapa: secado convectivo .....	123
4.7. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA .....	127
4.7.1. Diagrama de flujo escala experimental .....	127
4.7.2. Balance de materia.....	127
4.7.3. Diagrama de bloques de la obtención de rodajas de piña deshidratada.....	127
4.7.4. Desglosamiento del balance de materia con las condiciones de trabajo de la mejor muestra seleccionada: M8 .....	130

## **CAPÍTULO V**

5.1. CONCLUSIONES.....	134
5.2. RECOMENDACIONES .....	135
BIBLIOGRAFÍA .....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1: Pérdida del peso de la piña .....	16
Tabla II-2: Cambios físicos en la piña deshidratada.....	16
Tabla II-3 Descripción de color externo para la piña nativa India .....	41
Tabla II-4: Caracterización fisiológica de pulpa de la piña "Esmeralda" en cuanto a estado de madurez.....	43
Tabla II- 5: Valor nutricional de la Piña.....	44
Tabla II- 6: Parámetros físicos de Ananas comosus.....	45
Tabla II- 7: Norma general para frutas deshidratadas .....	47
Tabla III-1: Propiedades físicas de la piña: variedad Pucallpa.....	52
Tabla III-2: Propiedades fisicoquímicas de la piña .....	53
Tabla III-3: Variables durante las pruebas preliminares .....	60
Tabla III-4: Variables y niveles de operación en la ósmosis.....	76
Tabla III-5: Variables y niveles de operación en el secado convectivo .....	79
Tabla III-6: Materiales de laboratorio .....	83
Tabla III-7: Utensilios de cocina .....	84
Tabla III-8: Reactivos e insumos.....	84
Tabla III-9: Escala de calificación organoléptica .....	94
Tabla III-10: Puntuación de los parámetros evaluados .....	95
Tabla IV-1: Resumen de los resultados del diseño factorial en la ósmosis.....	98
Tabla IV-2: Pérdida de peso vs tiempo y temperatura .....	99
Tabla IV- 3: Ganancia de los sólidos totales en las rodajas de piña osmodeshidratados ..	101
Tabla IV-4: Pérdida de agua en las rodajas de piña durante la osmosis.....	102
Tabla IV-5: Ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica.....	103
Tabla IV-6: Resumen de los resultados del diseño factorial en el secado convectivo .....	104
Tabla IV-7: Determinación de la curva de secado de la pulpa de piña por el secador infrarrojo.....	106
Tabla IV-8: Propiedades fisicoquímicas de la piña .....	108
Tabla IV-9: Puntuación de la evaluación visual .....	109
Tabla IV-10: Datos obtenidos de la evaluación visual .....	110
Tabla IV-11: Puntuación de la evaluación olfativa .....	111

Tabla IV-12: Datos obtenidos de la evaluación olfativa .....	112
Tabla IV-13: Puntuación de la evaluación del sabor .....	113
Tabla IV-14: Resultados de la evaluación del sabor del producto final .....	113
Tabla IV-15: Puntuación de la evaluación del tacto .....	114
Tabla IV-16: Resultados de la evaluación del tacto del producto elaborado .....	115
Tabla IV-17: Análisis fisicoquímicos de las rodajas de piña deshidratadas.....	117
Tabla IV-18: Parámetros microbiológicos .....	118
Tabla IV-19: Análisis de varianza del diseño factorial de la deshidratación osmótica de las rodajas de piña .....	119
Tabla IV- 20: Resumen del modelo.....	120
Tabla IV-21: Coeficientes de regresión lineal del modelo matemático .....	120
Tabla IV-22: Representación de los datos estadísticos de °Brix en las rodajas de piña en el análisis SPSS .....	121
Tabla IV-23: Análisis de pruebas de efecto inter-sujetos del diseño factorial del secado	123
Tabla IV- 24: Resumen del modelo.....	124
Tabla IV- 25: Coeficientes de regresión lineal del modelo corregido.....	124
Tabla IV-26: Representación de los datos obtenidos en el proceso experimental y ajustado de SPSS.....	125
Tabla IV- 27: Flujos de operación y datos del proceso de elaboración de rodajas de piña deshidratada por osmosis y secado convectivo .....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1 Causas del deterioro de alimento .....	1
Figura 1- 2 Productos deshidratados .....	6
Figura 1- 3 Principales países exportadores de frutas secas .....	8
Figura 1- 4 Principales países importadores de frutas secas .....	9
Figura 1- 5 Frutas en el mercado nacional .....	10
Figura 2- 1 Rodaja de piña deshidratada .....	15
Figura 2-2 Muestra de piña caracterizada.....	17
Figura 2-3 Representación gráfica: ósmosis.....	21
Figura 2- 4 Secado convectivo .....	28
Figura 2-5 Pardeamiento enzimática a partir del catecol.....	30
Figura 2-6 Materia prima: Piña .....	36
Figura 2-7 Municipio Entre Ríos: superficie de los principales cultivos de verano, censo agropecuario 2013 .....	37
Figura 2-8 Piña variedad Pucallpa.....	38
Figura 2-9 Ubicación geográfica .....	39
Figura 2-10 Cambios de color en el fruto de piña nativa India durante el almacenamiento a 20°C .....	41
Figura 2-11: Etapas del proceso de deshidratación de rodaja de Piña por ósmosis y secado convectivo.....	48
Figura 3-1 Determinación del °Bx.....	54
Figura 3-2 Determinación del pH de la piña .....	55
Figura 3-3 Color de la pulpa de la piña .....	56
Figura 3-4 Pelado de la piña, rodajas y pesado .....	57
Figura 3-5 Escurrido de rodajas de piña .....	58

Figura 3-6 Segunda etapa: rodajas de piña en el secado convectivo.....	59
Figura 3-7 Termobalanza análisis del % de humedad.....	59
Figura 3-8 Rodaja de piña deshidratada .....	60
Figura 3-9 Determinación de la humedad usando la termobalanza.....	61
Figura 3-10 Rodaja de piña de 0,3 mm .....	62
Figura 3-11 Preparación de las rodajas para el secado .....	62
Figura 3-12 Secado convectivo de la rodaja de 0,3 mm de espesor .....	63
Figura 3-13 Resultado de la determinación de la humedad en la termobalanza .....	63
Figura 3-14 Determinación de humedad en la termobalanza .....	64
Figura 3-15 Rodaja de piña deshidratada .....	65
Figura 3-16 Determinación de la humedad .....	65
Figura 3-17 Molde cortadora.....	66
Figura 3-18 Ralladora de verdura y fruta, taperware.....	67
Figura 3-19 Rodaja de piña .....	67
Figura 3-20 Pesaje del ácido cítrico .....	68
Figura 3-21 Preparación del jarabe para el tratamiento de ósmosis .....	68
Figura 3-22 Determinación del porcentaje de humedad de la tercera prueba preliminar....	69
Figura 3-23 Lavado y escurrido de las rodajas después de la ósmosis.....	70
Figura 3-24 Secado convectivo de las rodajas de piña .....	70
Figura 3-25 Rodaja secas.....	71
Figura 3-26 Determinación de la humedad .....	71
Figura 3-27 Determinación de la humedad usando la termobalanza.....	72
Figura 3-28 Preparación de las rodajas de piña para ingresar al secador de bandejas .....	73



Figura 3-29 Secado de las rodajas usando el secador de bandejas del laboratorio de cereales de la carrera de Ingeniería de Alimentos .....	73
Figura 3-30 Diagrama de bloques para la elaboración de rodajas de piña por ósmosis y secado convectivo.....	85
Figura 3-31 Piña seleccionada.....	86
Figura 3-32 Pelado y descorazonado de la piña .....	87
Figura 3-33 Cáscara de la piña .....	88
Figura 3-34 Rodajas de piña.....	88
Figura 3-35 Pesado de las rodajas de piña.....	89
Figura 3-36 Tratamiento preventivo de pardeamiento con ácido cítrico.....	90
Figura 3-37 Deshidratación baño maría .....	92
Figura 3-38 Lavado y escurrido.....	93
Figura 3-39 Rodajas de piña en el secador de bandejas .....	93
Figura 4-1: Curva de secado de la pulpa de piña para un contenido de humedad inicial de 70,69 % .....	107
Figura 4-2 Resultado de la evaluación visual del producto elaborado .....	111
Figura 4-3 Resultados de la evaluación olfativa del producto elaborado.....	112
Figura 4-4 Resultado de la evaluación del sabor.....	114
Figura 4-5 Representación gráfica de la textura del producto elaborado .....	115
Figura 4-6 Grado de aceptación de las rodajas de piña deshidratadas .....	116
Figura 4-7: °Brix (SG) de cada muestra, ajustado al modelo y la representación de error en el programa SPSS .....	122
Figura 4-8: %Humedad de cada muestra, ajustado al modelo y la representación del error en el programa SPSS .....	126
Figura 4-9 Diagrama de bloques de la obtención de rodajas de piña deshidratada.....	128

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración III-1: Balanza analítica digital .....	80
Ilustración III-2: Balanza electrónica .....	80
Ilustración III-3: Refractómetro digital .....	81
Ilustración III-4: Rotavapor .....	81
Ilustración III-5: Secador infrarrojo .....	82
Ilustración III-6: Potenciómetro de mesa .....	82
Ilustración III-7: Secador de bandejas convectivo .....	83