

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**OBTENCIÓN DE REBANADAS OSMODESHIDRATADAS DE PALTA**  
**(Variedad Hass) PRODUCIDA EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA**

**Por:**

**ZULMA LOPEZ RIOS**

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

**Septiembre de 2018**

**TARIJA-BOLIVIA**

***ADVERTENCIA***

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

***DEDICATORIA***

*Le agradezco a Dios ante todo, por darme la vida,  
guiarme hacia un camino correcto y estar siempre a mi  
lado.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permitiste sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta que los pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.*

*Este trabajo ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.*

*Gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.*

*Gracias a todas las personas que fueron partícipe de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes por realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.*

*Gracias a mis docentes, ing. Bernardo Echart Limachi, Ing. Juan Pablo Herbas y Ing. Erick Ramírez R. por su apoyo incondicional en este trabajo de investigación, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis; sin cuya colaboración este trabajo hubiera sido mucho más largo y complicado.*

*Muy especialmente doy gracias, de todo corazón, a mis tribunales por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento; ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.*

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
Advertencia .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Resumen .....	iv

## INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	1
OBJETIVOS .....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
JUSTIFICACIÓN .....	5
ASPECTO DEL MERCADO .....	5
ASPECTO TECNOLÓGICO.....	6
ASPECTO ECONÓMICO Y SOCIAL .....	6
ASPECTO AMBIENTAL .....	7

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

1.1 ORIGEN DE LA PALTA .....	8
1.2 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE LA PALTA ( <i>Persea americana miller</i> ) ...	9
1.3 MORFOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE LA PALTA .....	10
1.3.1 LA PLANTA DE PALTO .....	10
1.3.1.1 EL TALLO .....	11
1.3.1.2 LA FLOR .....	12
1.3.1.3 LAS HOJAS.....	13
1.3.1.4 LA RAIZ.....	13
1.3.1.5 EL FRUTO.....	14
1.3.1.6 LA SEMILLA .....	15

1.3.2 ESTRUCTURA DEL FRUTO DE LA PALTA .....	16
1.4 CARACTERÍSTICAS DEL PALTO.....	16
1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PALTA .....	18
1.6 BENEFICIOS.....	19
1.7 DISPONIBILIDAD DE LA MATERIA PRIMA (PALTA) .....	20
1.7.1 Producción Mundial.....	20
1.7.2 Producción de palta en Bolivia .....	23
1.8 USOS Y DERIVADOS DE LA PALTA .....	28
1.9 PALTA DESHIDRATADA.....	29
1.9.1 NECESIDAD DE DESHIDRATAR LA PALTA .....	31
1.9.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA PALTA DESHIDRATADA .....	32
1.9.3 PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA PALTA DESHIDRATADA.....	33
1.9.4 PRESENCIA DE LA PALTA DESHIDRATADA EN ALIMENTOS.....	34
1.9.5 APLICACIONES.....	34
1.9.6 MERCADO (INTERNACIONAL Y NACIONAL) DE PALTA DESHIDRATADA .....	35
1.10 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE OBTENCIÓN DE FRUTAS DESHIDRATADAS .....	37
1.10.1 DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	37
1.10.2 DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LOS ALIMENTOS.....	38
1.10.3 FENÓMENO QUE OCURRE AL DESHIDRATAR UN ALIMENTO.....	39
1.10.4 PROCESO DE OBTENCIÓN POR DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA (DO) .....	40
1.10.4.1 APLICACIONES DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	42
1.10.4.2 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA EN ALGUNAS FRUTAS .....	43
1.10.5 DESHIDRATACIÓN POR LIOFILIZACIÓN.....	45
1.10.6 SECADO.....	46
1.10.7 SECADO POR AIRE CALIENTE .....	46

1.10.8 PROCESO DE SECADO AL VACÍO .....	46
1.11 VENTAJAS Y DESVENTAJA DE LOS MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE PALTA DESHIDRATADA.....	47
1.11.1 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS APLICADOS A LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	49
1.12 SELECCIÓN DEL TIPO DE SOLUTOS.....	51
1.13 METODOLOGÍA A SER EMPLEADA EN EL ESTUDIO .....	51
1.14 SELECCIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO DE OBTENCIÓN REBANADAS DESHIDRATADAS.....	51
1.14.1 PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA A ESCALA DE LABORATORIO .....	52
1.14.1.1 PRINCIPALES ETAPAS EN LA PREPARACIÓN DE PRODUCTOS DESHIDRATADOS OSMÓTICAMENTE .....	52
1.14.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE FRUTAS DESHIDRATADAS OSMÓTICAMENTE .....	54
1.14.1.2.1 MATERIA PRIMA.....	54
1.14.1.2.2 SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN .....	54
1.14.1.2.3 PELADO .....	54
1.14.1.2.4 CORTADO .....	54
1.14.1.2.5 ESCALDADO.....	54
1.14.1.2.6 INMERSIÓN EN EL JARABE .....	55
1.14.1.2.7 DESHIDRATACIÓN Y AGITACIÓN .....	55
1.14.1.2.8 SECADO.....	56
1.14.2 PRINCIPALES PARÁMETROS A EVALUAR DURANTE LA OBTENCIÓN DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA .....	56
1.14.2.1 CONCENTRACIÓN DEL AGENTE OSMÓTICO .....	56
1.14.2.2 RELACIÓN FRUTA: JARABE .....	57
1.14.2.3 AGITACIÓN.....	57
1.14.2.4 TIEMPOS DE PERMANENCIA .....	57
1.14.2.5 TEMPERATURA DE LA SOLUCIÓN OSMÓTICA .....	58

1.14.2.6 CONTACTO DE LAS FASES .....	58
1.14.2.7 EL FENÓMENO OSMÓTICO.....	58
1.14.3 ALGUNOS INCONVENIENTES QUE PUEDEN PRESENTARSE EN EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA .....	60
1.14.3.1 CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PRODUCTO .....	60
1.14.3.1.1 PARDEAMIENTO NO ENZIMÁTICO .....	60
1.14.3.1.2 PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO .....	61
1.14.3.1.2.1 PREVENCIÓN DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO .....	62
1.14.4 MANEJO DE LA SOLUCIÓN DESHIDRATANTE .....	63

## **CAPÍTULO II**

### **PARTE EXPERIMENTAL**

2.1 INTRODUCCIÓN .....	64
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	64
2.3 RECURSOS MATERIALES DISPONIBLES Y EQUIPO.....	65
2.4 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIAL DE LABORATORIO UTILIZADOS EN LA OBTENCIÓN DE REBANADAS DASHIDRATADAS DE PULPA DE PALTA .....	66
2.4.1 EQUIPOS DE LABORATORIO.....	66
2.4.2 INSTRUMENTOS DE LABORATORIO.....	69
2.4.3 MATERIAL DE LABORATORIO .....	70
2.5 REACTIVOS QUÍMICOS.....	71
2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	72
2.6.1. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS.....	73
2.7 DISEÑO FACTORIAL.....	73
2.7.1 VARIABLES Y NIVELES DEL DISEÑO FACTORIAL.....	74
a) CONCENTRACIÓN DEL AGENTE OSMÓTICO.....	74
b) TEMPERATURA.....	75
c) TIEMPO DE OBTENCIÓN .....	75

d) VARIABLE RESPUESTA.....	75
2.7.2 NIVELES .....	75
2.7.2.1 CONSTRUCCIÓN DEL DISEÑO FACTORIAL $2^k$ .....	76
2.7.2.2 NÚMERO DE COMBINACIONES DEL DISEÑO FACTORIAL.....	76
2.8. METODOLOGÍA A SER EMPLEADA EN EL ESTUDIO .....	78
2.9. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL DE OBTENCIÓN DE REBANADAS DESHIDRATADAS DE PULPA DE PALTA.....	78
2.8.1 PALTA ( <i>Persea americana miller Hass</i> ) .....	78
2.8.2 SOLUTOS UTILIZADOS .....	79
2.8.3 ENSAYOS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA PARA ANALIZAR EL EFECTO DE LAS DISTINTAS VARIABLES SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO DURANTE EL PROCESO.....	80
2.8.4 DESCRIPCIÓN DE EXPERIENCIAS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA .....	80
2.9 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE REBANADAS DESHIDRATADAS DE PALTA ( <i>Variedad Hass</i> ) .....	81
2.9.1 RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	83
2.9.2 SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN .....	83
2.9.3 LIMPIEZA O LAVADO .....	83
2.9.4 PELADO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	84
2.9.5 CORTADO .....	85
2.9.6 PESADO DE LAS MUESTRAS DE PALTA Y DE LOS SOLUTOS PARA PREPARAR LA SOLUCIONES .....	85
2.9.7 PESADO DE LA MUESTRA .....	86
2.9.8 ESCALDADO O INACTIVACIÓN DE ENZIMAS .....	87
2.9.9 PREPARACIÓN DEL JARABE O AGENTE OSMÓTICO .....	87
2.9.10 DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA CON AGITACIÓN (INMERSIÓN EN EL JARABE) .....	90
2.9.11 CONDICIONES DE OPERACIÓN .....	90
2.9.12 LAVADO.....	93

2.9.13 PESADO DE LAS REBANADAS OSMODESHIDRATADAS .....	93
2.9.14 SECADO EN UN SECADOR A VACÍO .....	94
2.9.15 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE LAS REBANADAS DESHIDRATADAS DE PULPA DE PALTA .....	95
2.9.16 ENVASADO Y PRESENTACIÓN .....	98
2.9.17 ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO FINAL .....	99
2.9.18 METODOLOGÍA DE CÁLCULO .....	100
2.9.18.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE LAS REBANADAS DE PULPA DE PALTA DESHIDRATADA OSMÓTICAMENTE.....	100
2.9.18.1.1 MEDICIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE MASA.....	100
2.9.18.1.2 PÉRDIDA DE PESO (PP) .....	100
2.9.18.1.3 CONTENIDO DE SÓLIDOS TOTALES (ST) .....	101
2.9.18.1.4 PORCENTAJE DE HUMEDAD BASE HÚMEDA .....	101
2.9.18.1.5 PÉRDIDA DE AGUA (PA).....	101
2.9.18.1.6 GANANCIAS DE SÓLIDOS .....	102

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

3.1 ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTO FINAL.....	104
3.1.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA MATERIA PRIMA.....	104
3.1.1.1 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA .....	105
3.2 ENSAYOS PRELIMINARES DE OBTENCIÓN DE REBANADAS DESHIDRATADAS DE PULPA DE PALTA (Persea americana Miller) .....	106
3.3 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN, TEMPERATURA Y TIEMPO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE REBANADAS DESHIDRATADAS DE PULPA DE PALTA.....	106
3.3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE REBANADAS DESHIDRATADAS DE PULPA DE PALTA (Variedad hass) .....	107

3.3.1 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS SOBRE EL RENDIMIENTO Y HUMEDAD .....	108
3.3.1.1 HUMEDAD .....	109
3.3.1.2 RENDIMIENTO .....	112
3.4 OBTENCIÓN DE LAS REBANADAS DESHIDRATADAS .....	114
3.5 CURVAS DE SECADO PARA UN EXPERIMENTO DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTO FINAL EN DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA .....	115
3.5.1 DATOS OBTENIDOS DE UN EXPERIMENTO .....	116
3.6 ANÁLISIS DE LA GANANCIA DE SÓLIDOS EN EL PRODUCTO DURANTE EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA .....	122
3.7 RESULTADOS DEL DISEÑO FACTORIAL .....	131
3.7.1 INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN, TEMPERATURA Y TIEMPO EN LA DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE REBANADAS DESHIDRATADAS .....	131
3.8 RESULTADO DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS REBANADAS DESHIDRATADAS OBTENIDAS A PARTIR DE PULPA DE PALTA ( <i>Persea americana miller Hass</i> ) .....	133
3.8.1 PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO FINAL .....	133
3.9 COMPARACIÓN DEL ASPECTO DE LAS REBANADAS DE PALTA PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y DISTINTAS CONCENTRACIONES DE SACAROSA-GLUCOSA LUEGO DE UNA SEMANAS EN CONDICIONES AMBIENTALES .....	134
3.10 BALANCE DE MATERIA EN LAS ETAPAS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN .....	136
3.10.1 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA EN EL PROCESO .....	138
3.10.1.1 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE DESPEPADO .....	140
3.10.1.2 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE CORTADO .....	140
3.10.1.3 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE PESADO DE LAS REBANADAS DE PULPA DE PALTA .....	141

3.10.1.4 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE PREPARACIÓN DEL AGENTE OSMÓTICO (JARABE) .....	142
3.10.1.5 BALANCE EN EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y AGITACIÓN.....	143
3.10.2 BALANCE DE ENERGÍA PARA EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PALTA .....	145
3.10.3 BALANCE DE ENERGÍA EN EL AGITADOR MAGNÉTICO (PROCESO DE DESHIDRATACIÓN).....	148
3.11 DETERMINACIÓN DEL COSTO DE OBTENCIÓN DE REBANADAS DESHIDRATADAS DE PALTA A ESCALA LABORATORIO .....	150
3.11.1 Costos de la materia prima y reactivos .....	151
3.11.2 Costos de energía eléctrica.....	151

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1 CONCLUSIONES .....	152
4.2 RECOMENDACIONES .....	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	155

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Páginas</b>
Tabla 1: Principales países productores de palta en el mundo, 2013 en Toneladas Métricas (Tm).....	2
Tabla I-1: Taxonomía de la Palta .....	10
Tabla I-2: Composición química y nutricional de la palta madura fresca de la variedad Hass .....	18
Tabla I-3: Principales Países Productores de Palta en el mundo, 2013 en Toneladas Métricas (Tm).....	21
Tabla I-4: Superficie, Producción y Rendimiento de palta (variedad Hass) por departamentos .....	24
Tabla I-5: Evolución de la producción de palta en Bolivia (6 años).....	25
Tabla I-6: Rendimiento de producción (Kg/ha) .....	26
Tabla I-7: Producto de mayor valor económico en México.....	31
Tabla I-8: Características físicas y químicas de la palta deshidratada .....	32
Tabla I-9: Principales países exportadores palta fresca y seca .....	36
Tabla I-10: Pérdida de agua alcanzada a través del proceso de Deshidratación Osmótica en diferentes frutas.....	44
Tabla I-11: Ventajas y desventaja de los métodos apropiados para la deshidratación del palta.....	48
Tabla I-12: Análisis comparativo de métodos aplicados a la deshidratación de palta .....	49

## CAPÍTULO II

### PARTE EXPERIMENTAL

Tabla II-1: Niveles de maduración de la palta de la variedad Persia Americana Hass .....	65
Tabla II-2: Material de laboratorio.....	70

Tabla II-3A: Reactivos químicos para el proceso de obtención experimental de rebanadas deshidratadas de pulpa de palta.....	71
Tabla II-3B: Reactivos químicos para preparar la solución osmótica en el proceso de obtención experimental de rebanadas deshidratadas de pulpa de palta .....	71
Tabla II-4: Niveles decodificados de las variables .....	76
Tabla II-5: Matriz de diseño experimental codificada ( $2^3$ ) .....	77
Tabla II-6: Matriz de diseño experimental codificada con los parámetros de estudio ( $2^3$ ).....	77
Tabla II-7: Datos de la pérdida de agua de las rebanadas osmodeshidratadas en función del tiempo de secado.....	97

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Tabla III-1: Análisis fisicoquímico de la materia prima pulpa de palta (Variedad Hass).....	105
Tabla III-2: Datos experimentales de pérdida de peso y % humedad de las rebanadas deshidratadas de palta para un diseño experimental $2^3$ .....	108
Tabla III-3: Porcentaje de humedad Rep. I, Rep. II y promedio de las dos repeticiones de las rebanadas deshidratadas osmóticamente de palta (variedad Persea Americana Hass) obtenida en forma experimental para el diseño $2^3$ .....	110
Tabla III-4: Rendimiento de obtención de rebanadas deshidratadas de palta.....	113
Tabla III-5: Rendimiento del proceso de obtención mediante la deshidratación osmótica .....	115
Tabla III-6: Humedad del producto obtenido (rebanadas deshidratadas palta) .....	116
Tabla III-7: Datos experimentales utilizados para realizar un experimento .....	116
Tabla III-8: Datos experimentales de porcentaje de humedad de la palta (materia prima) y producto final (rebanadas deshidratadas de palta) para un ensayo elegido .....	117

Tabla III-9: Datos de contenido de humedad de las rebanadas deshidratadas para distintas concentraciones de sacarosa-glucosa en la solución (70 % m/m y 60 % m/m) .....	119
Tabla III-10: Reducción de sólidos soluble (60°Brix) del agente osmótico a las temperaturas de (40-50) °C y Tiempos de 2:30 y 3:30 horas y media.....	123
Tabla III-11: Reducción de la concentración de 70°Brix del agente osmótico a las temperaturas de (40-50) °C y Tiempos de (2:30 y 3:30) horas.....	126
Tabla III-12: Sólidos solubles adheridos en las rebanadas deshidratadas de palta en la solución de 70 °Brix del agente osmótico a las condiciones de proceso (3:30 horas y 40 °C .....	129
Tabla III-13: Nomenclatura utilizada en el análisis estadístico .....	131
Tabla III-14: Análisis de varianza del diseño experimental 23 en el proceso de obtención de rebanadas deshidratadas de pulpa de palta (Persea americana Hass) para un nivel de significancia del 5% .....	132
Tabla III-15: Propiedades fisicoquímicas de las rebanadas deshidratadas de pulpa de palta.....	134
Tabla III-16: Datos del proceso de obtención de las rebanadas osmodeshidratadas	139
Tabla III-17: Potencia y tiempo de trabajo del agitador magnético y secador a vacío en el proceso de obtención de rebanadas deshidratadas de pulpa de palta .....	146
Tabla III-18: Costo de materia prima y reactivos .....	151
Tabla III-19: Costo de Energía eléctrica .....	151

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1-1: Planta de palto y palta variedad Hass (Persea americana Millar) .....	9
Figura 1-2: Planta de palta .....	11
Figura 1-3: Tallo de la planta de palta .....	11
Figura 1-4: Flor .....	12
Figura 1-5: Hojas.....	13
Figura 1-6: Raíz.....	14
Figura 1-7: Semilla.....	15
Figura 1-8: Estructura de la palta .....	16
Figura 1-9: Palta (variedad Hass).....	17
Figura 1-10: Principales países productores de palta en el mundo .....	23
Figura 1-11: Producción de palta (variedad Hass) por departamentos .....	25
Figura 1-12: Producción de palta (variedad Hass) en hectáreas .....	26
Figura 1-13: Rendimiento de producción de palta (variedad Hass) durante seis años .....	27
Figura 1-14: Tipos de consumo de la palta .....	29
Figura 1-15: Presentación de la palta deshidratada en polvo y hojuelas.....	31
Figura 1-16: Principales países exportadores de palta fresca y seca.....	37
Figura 1-17: Flujo de solutos y de agua en el producto alimenticio inmerso en la solución hipertónica .....	40
Figura 1-18: Etapas principales en el procesamiento de productos deshidratados osmóticamente.....	53
Figura 1-19: Representación esquemática del transporte de masa durante la deshidratación osmótica .....	59
Figura 1-20: Fases de transformación enzimática.....	61

## CAPÍTULO II

### PARTE EXPERIMENTAL

Figura 2-1: Diagrama de flujo del proceso de obtención experimental de rebanadas deshidratadas de pulpa de palta.....	82
Figura 2-2: Curva de secado de las rebanadas osmodeshidratadas (40°C).....	98

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 3-1: Efecto de la concentración de obtención sobre el porcentaje de humedad de las rebanadas deshidratadas de palta .....	111
Figura 3-2: Figura “Concentración vs Tiempo” con datos obtenidos para los 8 ensayos; variación del peso para distintas concentraciones del agente deshidratante .....	114
Figura 3-3: Humedad retenida por las rebanadas de palta durante la experiencia de deshidratación osmótica, desde un valor inicial en la palta fresca de 61,7 % hasta un valor final de 23,37 %, luego de 3:30 horas de deshidratación a 40 °C y de la materia prima (pulpa de palta) .....	118
Figura 3-4: Humedad de las rebanadas de palta en función del tiempo para distintas concentraciones de sacarosa-glucosa en la solución (60% m/m y 70% m/m), concentración de Cl <sub>2</sub> Ca 1% m/v, relación masa de solución a masa de palta de 25, temperatura de 40°C, nivel de agitación 350-700 rpm y rebanadas de 3mm de espesor .....	121
Figura 3-5: Reducción de 60°Brix del agente osmótico a la temperatura de 40 ° C durante 2:30 horas .....	124
Figura 3-6: Reducción de sólidos solubles en la solución a la temperatura de 50°C durante 3:30 horas .....	124
Figura 3-7: “Concentración vs Tiempo” disminución de los sólidos solubles en la solución deshidratante medido cada media hora de operación (3:30) horas.....	127

Figura 3-8: “Concentración vs Tiempo” disminución de los sólidos solubles en la solución deshidratante medida cada media hora de operación (2:30) horas .....	128
Figura 3-9: Concentración (sólidos solubles) adherida en las rebanadas deshidratadas de palta a las distintas concentraciones de la solución.....	130
Figura 3-10: Balance de materia en las etapas del proceso de deshidratación.....	137
Figura 3-11: Etapa de despulpado.....	140
Figura 3-12: Etapa de cortado .....	141
Figura 3-13: Etapa de pesado.....	142
Figura 3-14: Preparación del agente osmótico.....	143
Figura 3-15: Etapa de deshidratación osmótica .....	144

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

**Página**

### CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

Fotografía 1-1: Fruto (variedad Hass).....	15
--	----

### CAPÍTULO II PARTE EXPERIMENTAL

Fotografía 2-1: Pulpa de palta.....	64
Fotografía 2-2: Balanza analítica .....	66
Fotografía 2-3: Calentador-agitador magnético.....	67
Fotografía 2-4: Balanza de humedad .....	68
Fotografía 2-5: Refractómetro.....	69
Fotografía 2-6: Termómetro.....	69
Fotografía 2-7: pH-metro digital.....	70
Fotografía 2-8: Reactivos Químicos .....	72
Fotografía 2-9: Palta variedad Hass .....	79
Fotografía 2-10: Palta con grado de madurez B.....	83
Fotografía 2-11: Lavado de la cáscara de palta.....	84
Fotografía 2-12: Pelado.....	84
Fotografía 2-13: Cortado de la pulpa de palta en rebanadas.....	85
Fotografía 2-14: Pesado de la palta entera en la balanza analítica.....	86
Fotografía 2-15: Pesado de la palta cortada en rebanadas .....	86
Fotografía 2-16: Escaldado de las rebanadas (palta).....	87
Fotografía 2-17: Medición del volumen correcto de agua para preparar el agente osmótico .....	88
Fotografía 2-18: Preparación del agente osmótico.....	89
Fotografía 2-19: Concentración del agente osmótico .....	89

Fotografía 2-20: Reposo del agente osmótico por una hora .....	89
Fotografía 2-21: Desarrollo de la deshidratación osmótica .....	91
Fotografía 2-22: Agitador magnético y el sistema: palta-solución en su Interior.....	92
Fotografía 2-23: Palta deshidratada .....	92
Fotografía 2-24: Pesado de las rebanadas osmodeshidratadas.....	93
Fotografía 2-25: Medición de °Brix del agente osmótico.....	93
Fotografía 2-26: Secador a vacío .....	94
Fotografía 2-27: Rebanadas deshidratadas y secado a vacío .....	95
Fotografía 2-28: Secador infrarojo.....	96
Fotografía 2-29: Envasado de las rebanadas osmodeshidratadas .....	99
Fotografía 2-30: Producto final rebanadas osmodeshidratadas de palta.....	99

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Fotografía 3-1: Rebanadas de palta deshidratadas osmóticamente en solución de concentraciones de sacarosa-glucosa 70% y 60% m/m durante distintos tiempos de tratamiento 2:30 y 3:30 horas, luego de transcurrida una semana al ambiente sin ningún tipo de tratamiento químico y/o físico para su conservación.....	136
--	-----

## NÓMINA DE ANEXOS

Anexo 1. Informe de análisis físico-químico de pulpa de palta (materia prima)

Anexo 2. Informe de análisis fisicoquímico de las rebanadas osmodeshidratadas de palta

Anexo 3. Cálculo del porcentaje de humedad de las rebanadas osmodeshidratadas de palta (variedad hass) obtenida en forma experimental

Anexo 4. Diseño factorial

Anexo 5. Tabla estadística

## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

### ABREVIATURAS

$a_w$	Es la actividad del agua
ANOVA	Análisis de varianza
CEANID	Centro de análisis, investigación y desarrollo
(FV)	Fuente de variación
(SC)	Suma de cuadrados
(GL)	Grados de libertad
(CM)	Cuadrados medios
(Fcal.)	Fisher calculado
(Ftab.)	Fisher tabulado
Cl <sub>2</sub> Ca	Cloruro de calcio
% M/V	Es la cantidad en gramos de soluto por cada 100ml de solución (Porcentaje masa en volumen)
Cl <sub>2</sub> Ca	Cloruro de calcio
(FV)	Fuente de variación
$\mu_o$	Es el potencial químico del disolvente puro a la temperatura en cuestión
$\mu$	Es el potencial químico del agua
$\pi$	Es la presión osmótica
T	Es la temperatura a la cual se desea calcular $\mu$
R	Es la constante de los gases reales
V	Es el volumen molar parcial del agua
P	Es la presión de vapor del agua en la solución a la temperatura T
Po	Es la presión de vapor de agua pura a igual temperatura T
W	Unidad de Potencia Hertz
PP	Pérdida de peso
ST	Sólidos totales
PA	Pérdida de agua

GS	Ganancia de solidos
ST°	Sólidos totales iniciales
SS	Sólidos solubles en la solución
mo	Masa inicial
mf	Masa final
ms	Masa de muestra seca
N°	Número
w/w	Relación peso
% m/m	Es la cantidad en gramos de soluto por cada 100 gramos de solución (porcentaje masa en masa o peso en peso)
Tdo	Tiempo de deshidratado
Tsv	Tiempo de secado a vacío
LA	Peso del agua
LB	Peso cáscara extraída (Desperdicio) y pepa
LC	Pulpa de palta
LD	Retazos de palta sobrante del corte
LE	Palta cortada en rebanadas en el tamaño correspondiente
LF	Pesado de palta lista para introducir al agente osmótico
LG	Peso sobrante palta cortada
LH	Peso agua para la preparación del agente osmótico
LI	Peso de sacarosa utilizada para la preparación del agente osmótico
LJ	Peso de glucosa utilizada para la preparación del agente osmótico
LK	Peso de cloruro de calcio para la preparación del agente osmótico
LL	Peso del agente osmótico utilizado para la deshidratación
LM	Peso final de las rebanadas osmodeshidratadas
LN	Peso final de la solución
LO	Fracción de la perdida de agua
LP	Sólidos solubles presentes en la solución al final de la deshidratación osmótica
LQ	Fracción de sólidos solubles

$L_R$	Fracción de la humedad inicial de la palta
$L_S$	Fracción de agua en el agente osmótico
$L_T$	Humedad inicial de la palta
$L_u$	Humedad final de las rebanadas osmodeshidratadas
kg	Kilógramo
°c	Grados Celsius
Q	Calor
M	Masa
Tf	Temperatura final
Cp	Capacidad Calorífica
To	Temperatura inicial
$\Delta v_{ap}$	Lamda de vaporización
H	Hora
g	Gramos
Hz	Hercio unidad de frecuencia
L	Litro
V	Voltios
A	Amperio
mm	Milímetros
ml	Mililitros
min	Minutos
rpm	Revoluciones por minuto
%	Porcentaje
Mg	Miligramos
°Brix	Grados brix
kw	kilovatio
Tm	Toneladas métricas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura