

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO DE GRADO



DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA FRUTILLA

Fragaria Ananassa (variedad San Andreas)

Por:

NADIA ESMERALDA MAMANI ASTETE

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

2021

TARIJA – BOLIVIA

VºBº

M.Sc. Ing. José Navia Ojeda

DECANO a.i.

Facultad de Ciencias y Tecnología

M.Sc. Arq. Mario Casildo Ventura Flores

VICEDECANO a.i.

Facultad de Ciencias y Tecnología

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

M. Sc. Ing. Ignacio Edwin Velásquez Soza

Ing. Erick Ramírez Ruiz

Ing. Cecilia Giovanna Calderón Pérez

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

DEDICATORIA:

El presente trabajo está dedicado a Dios por guiarme en todo el trayecto de mi vida. A mis padres Normando Mamani Ovando y Delicia Astete Ovando por ser mi motor fundamental y por toda la confianza depositada en mí.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por haber guiado cada paso de mi vida siempre. A mis padres y hermanos por confiar siempre en mí. A mis compañeros que fueron incondicionales para mí y me acompañaron en todo el trayecto de la carrera. A la universidad Autónoma Juan Misael Saracho, en especial a la carrera de Ingeniería Química y sus Docentes por la formación académica que me dieron

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.2.1.	Objetivo general	2
1.2.2.	Objetivos específicos	3
1.3.1.	Justificación tecnológica.....	3
1.3.2.	Justificación económica.....	4
1.3.3.	Justificación social.....	4
1.3.4.	Justificación ambiental	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Características generales de la frutilla	5
2.1.1.	Antecedentes generales de la frutilla	5
2.1.2.	Descripción botánica de la frutilla	5
2.1.3.	Propiedades nutricionales y funcionales de la frutilla	9
2.3.	Clasificación de la frutilla.....	11
2.3.1.	Producción actual de frutilla.....	14
2.3.2.	Cultivo y plantación de la frutilla	15
2.3.3.	Produccion de frutilla en Tarija	16
2.4.	Deshidratación osmótica.....	17
2.4.1.	Principios y fundamentos	19

2.4.2.	Fenómenos de membranas: La ósmosis	19
2.4.3.	Ventajas y desventajas de la deshidratación osmótica	19
2.4.3.1.	Daños comunes en la deshidratación osmótica y formas de prevención...	20
2.4.4.	Aplicaciones de la deshidratación osmótica	21
2.4.5.	Resultados de la aplicación de la deshidratación osmótica en frutas	22
2.5.	Proceso de ósmosis	23
2.6.	Agente osmótico	24
2.6.1.	Ventajas y usos	24
2.6.2.	La sacarosa	24
2.7.	Calidad del producto.....	25
2.7.1.	Normas de calidad	27
2.8.	Secado.....	27
2.8.1.	Humedad.....	28
2.8.2.	Curva de secado.....	28
2.8.3.	Tipos de secado térmico	29
2.9.	Proceso tecnológico experimental	32
2.9.1.	Proceso de deshidratación osmótica a escala de laboratorio	33
2.9.2.	Descripción del proceso de elaboración de frutas deshidratadas osmóticamente	33
2.10.	Parámetros estimables durante el proceso de deshidratación osmótica	35
2.10.1.	Concentración del agente osmótico	35
2.11.	Evaluación sensorial	38
2.11.1.	Tipos de análisis	39

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1.	Caracterización de la materia prima	41
3.2.	Diseño experimental para el proceso de la frutilla comestible deshidratada..	42
3.2.1.	Variables y niveles del diseño factorial	42
3.2.2.	Concentración del agente osmótico	43
3.2.3.	Temperatura del agente osmótico	43
3.2.4.	Tiempo de inmersión	43
3.2.5.	Variable respuesta.....	44
3.3.	Procedimientos y técnicas para la obtención de los resultados	45
3.3.1.	Materiales de laboratorio, equipos, utensilios e insumos utilizados para obtener frutilla deshidratada	45
3.4.	Descripción del proceso experimental	48
3.5.	Desarrollo del proceso experimental	49
3.5.1.	Caracterización de la materia prima	50
3.5.2.	Selección y clasificación	52
3.5.3.	Limpieza	53
3.5.4.	Cortado	53
3.5.5.	Escaldado.....	54
3.5.6.	Deshidratación osmótica.....	55
3.5.7.	Lavado	57
3.5.8.	Secado por aire caliente de las frutillas deshidratadas	58
3.5.9.	Envasado de las frutillas deshidratadas	60

3.6.	Balance de materia y energía del proceso de obtención de frutilla comestible deshidratada	61
3.6.1.	Balance de materia para obtener frutilla comestible deshidratada	65
3.6.2.	Balance de energía para obten frutilla comestible deshidratada	85
3.7.	Determinación del rendimiento del proceso	98
3.8.	Análisis sensorial para la frutilla comestible deshidratada.....	98

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados de los análisis de la materia prima	100
4.2.	Deshidratación osmótica de las rodajas de frutillas comestibles.....	100
4.2.1.	Experimento A1 de las frutillas comestibles osmodeshidratadas.....	101
4.2.2.	Experimento A2 de las frutillas comestibles osmodeshidratadas.....	101
4.2.3.	Experimento A3 de las frutillas comestibles osmodeshidratadas.....	102
4.2.4.	Experimento A4 de las frutillas comestibles osmodeshidratadas.....	102
4.2.5.	Experimento A5 de las frutillas comestibles osmodeshidratadas.....	103
4.2.6.	Experimento A6 de las frutillas comestibles osmodeshidratadas.....	103
4.2.7.	Experimento A7 de las frutillas comestibles osmodeshidratadas.....	104
4.2.8.	Experimento A8 de las frutillas comestibles osmodeshidratadas.....	104
4.3.	Secado de la frutilla comestible osmodeshidratada	105
4.4.	Determinación de la humedad de la frutilla comestible	106
4.4.1.	Resultados de pérdida de peso en el secado al vacío.....	108
4.4.2.	Resultados de pérdida de agua de los experimentos.....	108
4.4.3.	Resultados de la reducción de peso de los experimentos.....	110

4.4.4.	Resultados de la ganancia de sólidos totales (ST) de los experimentos.....	111
4.4.5.	Resultados de la ganancia de solidos solubles (SG) deseables	113
4.5.	Análisis estadístico del diseño factorial realizado en el proceso de deshidratación osmótica de la frutilla comestible.....	113
4.6.	Análisis de regresión lineal múltiple en la etapa de deshidratación osmótica	114
4.7.	Cinética del proceso en la etapa de deshidratación osmótica.....	115
4.8.	Cinética de la perdida de sólidos solubles en la solución osmótica	117
4.9.	Resultado del análisis sensorial de la frutilla comestible deshidratada	119
4.9.1.	Análisis de varianza para el atributo color de la frutilla comestible deshidratada.....	119
4.9.2.	Análisis de varianza para el atributo olor de la frutilla comestible deshidratada.....	122
4.9.3.	Análisis de varianza para el atributo sabor de la frutilla comestible deshidratada.....	125
4.9.4.	Análisis de varianza para el atributo textura de la frutilla comestible deshidratada.....	129
4.10.	Grado de aceptación general.....	131
4.11.	Resultado de la caracterización físico-química de las rodajas deshidratadas de frutilla (San Andreas).....	134
4.11.1.	Propiedades fisicoquímicas de la frutilla comestible deshidratada	134
4.12.	Resultados del balance de materia y energía para la obtencion de frutilla comestible osmdeshidratada	135

4.12.1.	Resultados del balance de materia para la obtencion de frutilla comestible deshidratada.....	136
4.12.2.	Resultados del balance de energía para la obtencion de frutilla comestible deshidratada.....	136

CAPITULO V

COSTOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

5.1.	Determinación del costo de obtención de rodajas deshidratadas de frutilla...	141
------	---	-----

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.	Conclusiones.....	145
6.2.	Recomendaciones.....	146

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA	147
--------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1	Taxonomía de la frutilla.....	6
Tabla II-2	Datos sobre la composición nutricional de la frutilla.....	10
Tabla II-3	Datos sobre la composición química de la frutilla	10
Tabla II-4	Bolivia: Producción de frutilla por departamento (ton/año)	15
Tabla II-5	Producción de frutilla en Tarija por año.....	15
Tabla II-6	Superficie cultivada de frutilla en el Valle Central de Tarija.....	16
Tabla II-7	Daños comunes en la deshidratación osmótica	21
Tabla II-8	Pérdida de agua alcanzada a través del proceso de deshidratación osmótica en diferentes frutas	22
Tabla II-9	Agentes osmóticos.....	24
Tabla II-10	Norma general para frutas deshidratadas	27
Tabla III-1	Análisis fisicoquímicos de la frutilla.....	42
Tabla III-2	Factores y niveles del diseño factorial del experimento.....	43
Tabla III-3	Valores asignados para los niveles del diseño factorial	44
Tabla III-4	Matriz del diseño factorial para el proceso experimental.....	45
Tabla III-5	Matriz del diseño factorial codificada	45
Tabla III-6	Instrumentos de laboratorio	47
Tabla III-7	Utensilios utilizados en el proceso de elaboración de frutillas deshidratadas	48
Tabla III-8	Insumos utilizados para la elaboración de frutillas deshidratadas.....	48
Tabla III-9	Valores experimentales de las características físicas de la frutilla	51
Tabla III-10	Variación de masa en función del tiempo para 50 °C en 4 h.....	59
Tabla III-11	Propiedades psicométricas del aire	82
Tabla III-12	Datos de la composición fisicoquímica de la frutilla.....	88
Tabla III-13	Datos de la composición fisicoquímica de la frutilla comestible deshidratada.....	97
Tabla III-14	Escala de calificación	98

Tabla IV-1	Análisis fisicoquímicos de la frutilla.....	100
Tabla IV-2	Medición experimental de la muestra A1.....	101
Tabla IV-3	Medición de la muestra A2.....	101
Tabla IV-4	Medición de la muestra A3.....	102
Tabla IV-5	Medición de la muestra A4.....	102
Tabla IV-6	Medición de la muestra A5.....	103
Tabla IV-7	Medición de la muestra A6.....	103
Tabla IV-8	Medición de la muestra A7.....	104
Tabla IV-9	Medición de la muestra A8.....	104
Tabla IV-10	Variación de la humedad expresada en base seca del proceso de secado de las frutillas osmodeshidratadas	106
Tabla IV-11	Medición de la pérdida de peso en el secado de las muestras	107
Tabla IV-12	Medición de la pérdida de agua de los experimentos	108
Tabla IV-13	Medición de la reducción de peso de los experimentos	109
Tabla IV-14	Medición de la ganancia de sólidos totales (ST) de los experimentos	111
Tabla IV-15	Ganancia de los solutos deseables durante la deshidratación osmótica	112
Tabla IV-16	Variables del diseño factorial en la etapa de deshidratación osmótica de la frutilla comestible	113
Tabla IV-17	Análisis de varianza del diseño factorial en la etapa de deshidratación osmótica de la frutilla comestible.....	114
Tabla IV-18	Coeficientes del modelo	115
Tabla IV-19	Pérdida de sólidos solubles en el jarabe en función al tiempo	116
Tabla IV-20	Tratamiento de datos para determinar la cinética de la pérdida de sólidos solubles en la solución osmótica	118
Tabla IV-21	Resumen estadístico para calificación color	120
Tabla IV-22	Estadística de Tukey para el atributo color	121
Tabla IV-23	Resumen Estadístico para calificación olor.....	122
Tabla IV-24	Estadística de Tukey para el atributo olor	124

Tabla IV-25	Resumen estadístico para calificación sabor	125
Tabla IV-26	Estadística de Tukey para el atributo sabor	127
Tabla IV-27	Resumen estadístico para calificación textura.....	128
Tabla IV-28	Estadística de Tukey para el atributo textura	130
Tabla IV-29	Resumen estadístico para la aceptabilidad	131
Tabla IV-30	Estadística de Tukey para la aceptabilidad general	133
Tabla IV-31	Análisis fisicoquímicos de la frutilla comestible deshidratada	134
Tabla IV-32	Análisis microbiológico de la frutilla comestible deshidratada	135
Tabla IV-33	Resultados obtenidos en el balance de materia del proceso de deshidratación osmótica de la frutilla.....	135
Tabla IV-34	Resultados obtenidos en el balance de energía del proceso de deshidratación osmótica de la frutilla.....	136
Tabla V-1	Costo de materia prima y reactivos.....	141
Tabla V-2	Costos de materiales de trabajo	141
Tabla V-3	Costo de materiales de escritorio	142
Tabla V-4	Costo de investigación del proyecto	142
Tabla V-5	Costos de análisis de laboratorio	143
Tabla V-6	Costos de energía eléctrica	143
Tabla V-7	Detalle de otros servicios.....	144
Tabla V-8	Detalle de costos totales del proyecto.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1	Partes de la planta de frutilla	6
Figura II-2	Frutilla variedad San Andreas	11
Figura II-3	Frutilla variedad Albi3n.....	12
Figura II-4	Frutilla variedad Camarosa.....	13
Figura II-5	Frutilla variedad Chandler	13
Figura II-6	Flujo de solutos y de agua en el producto alimenticio inmerso a la soluci3n hipert3nica	18
Figura II-7	Curva de secado.....	29
Figura II-8	Esquema del secador de bandejas.....	32
Figura II-9	Representaci3n esquemática el transporte de masa durante la deshidrataci3n osm3tica	38
Figura III-1	Materia prima	41
Figura III-2	Diagrama de flujo del proceso experimental para deshidratar la frutilla	49
Figura III-3	Proceso de caracterizaci3n f3sica de la materia prima.....	50
Figura III-4	Proceso de selecci3n de materia prima.....	52
Figura III-5	Cortado de frutillas en rodajas.....	53
Figura III-6	Efectos del escaldado en los tejidos vegetales	54
Figura III-7	Proceso de escaldado de las frutillas	55
Figura III-8	Preparaci3n del agente osm3tico	56
Figura III-9	Proceso de deshidrataci3n osm3tica.....	57
Figura III-10	Eliminaci3n de la sacarosa en la superficie de las rodajas de frutilla .	58
Figura III-11	Secado por aire caliente.....	59
Figura III-12	Curva de variaci3n de masa en funci3n del tiempo para 50 3C en 4 h	60
Figura III-13	Rodajas de frutilla envasadas en bolsa de polietileno	61
Figura III-14	Diagrama de flujo para el proceso de obtenci3n de la frutilla comestible deshidratada.....	66
Figura III-15	Etapas de selecci3n de la materia prima	71

Figura III-16	Etapa de limpieza de la frutilla comestible	72
Figura III-17	Etapa de cortado de la frutilla comestible	73
Figura III-18	Etapa de escaldado de la frutilla comestible	74
Figura III-19	Etapa de la preparación de la solución osmótica.....	75
Figura III-20	Etapa de deshidratación osmótica de la frutilla comestible	77
Figura III-21	Etapa de lavado de la frutilla comestible osmodeshidratada.....	79
Figura III-22	Etapa de secado de la frutilla previamente deshidratada osmóticamente	80
Figura III-23	Resumen general del balance de materia para obtener frutilla comestible deshidratada.....	84
Figura III-24	Etapa de escaldado de la frutilla comestible	86
Figura III-25	Etapa de deshidratación osmótica de la frutilla comestible	90
Figura III-26	Etapa de secado de la frutilla comestible previamente deshidratada ..	92
Figura III-27	Muestras de los experimentos realizados	99
Figura III-28	Degustación de los panelistas calificadores	99
Figura IV-1	Curva de secado.....	106
Figura IV-2	Comparación de la pérdida de agua de los experimentos	108
Figura IV-3	Comparación de la reducción de peso de los experimentos.....	110
Figura IV-4	Comparación de la ganancia de soluto de los experimentos	111
Figura IV-5	Perdida de sólidos solubles en el jarabe en función del tiempo en la etapa de deshidratación osmótica.....	116
Figura IV-6	Modelo linealizado para determinar la constante cinética	118
Figura IV-7	Estadística de barra para el atributo color de la frutilla comestible deshidratada	120
Figura IV-8	Estadística de barra para el atributo olor de la frutilla comestible deshidratada	123
Figura IV-9	Estadística de barra para el atributo sabor de la frutilla comestible deshidratada	125
Figura IV-10	Estadística de barra para el atributo textura de la frutilla comestible deshidratada	129
Figura IV-11	Aceptabilidad de frutillas deshidratadas.....	132