

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



**ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO FUNCIONAL EN BASE A
MANZANA (*Granny Smith*) DESHIDRATADA FORTIFICADO CON
CALCIO**

Por:

ABIGAIL YESENIA YUCRA OQUENDO

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

Febrero 2021

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios y a mis padres ya que ellos son los principales motores de mi vida y sin ellos esto no hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradecer a Dios por apoyarme en todo momento, por levantarme cuando pensaba que ya no lo podía hacer, por amarme y, no rendirse conmigo, por creer en mí más de lo que yo misma creo y por ser mi fuerza cuando me sentía débil.

A mis padres Juan Carlos Yucra y Edith Oquendo y a mi hermano Gabriel Yucra por cada palabra de ánimo, por su ayuda y por su amor hacia mi persona.

A mis tíos, primos y hermanos que nunca dejaron de creer en mí.

A mis amigos que si los nombraría no acabaría de mencionarlos, su ayuda siempre será recordada y recompensada.

A mis docentes que me acogieron en esta hermosa carrera y no escatimaron en brindarnos todos sus conocimientos

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1.	ANTECEDENTES	1
1.1.	OBJETIVOS	5
1.1.1.	OBJETIVO GENERAL.....	5
1.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.2.	JUSTIFICACIÓN	5
1.2.1.	Justificación Técnica	5
1.2.2.	Justificación Económica.....	6
1.2.3.	Justificación Social	6
1.2.4.	Justificación Ambiental	7
1.3.5.	Justificación Personal.....	7

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1.	Generalidades sobre los Alimentos Funcionales	9
2.2.	Materias Primas	10
2.2.1.	Manzana	10
2.2.1.1.	Características Taxonómicas y Morfológicas de la Manzana	11
2.2.1.2.	Características Físicoquímicas y Nutricionales de la Manzana	13
2.2.1.3.	Tipos de Manzana	15
2.2.2.	Importación de Manzana en Bolivia	17
2.3.	Calcio	18
2.3.1.	Funciones del Calcio	19
2.4.	Aditivos	21
2.4.1.	Carbonato de Calcio	21
2.4.1.1.	Aplicación del Carbonato de Calcio en la Industria Alimentaria	22
2.4.2.	Citrato de Calcio	23
2.4.2.1.	Aplicación del Citrato de Calcio en la Industria Alimentaria	23
2.4.3.	Glucosa	24
2.5.	Fortificación/enriquecimiento de alimentos	24

2.5.1.	Ventajas y limitaciones de la fortificación de alimentos como estrategia para el combate de la desnutrición por carencia de micronutrientes	25
2.6.	Impregnación con componentes fisiológicamente activos (CFA)	30
2.6.1.	Impregnación a presión atmosférica (I.A.)	31
2.6.1.1.	Transferencia de Masa.....	33
2.6.2.	Determinación del coeficiente de difusión.....	36
2.6.2.1.	Modelo matemático para la determinación del coeficiente de difusión.....	36
2.7.	Deshidratación	37
2.7.1.	Etapas del proceso de secado	37
2.7.1.1.	Humedad	37
2.7.1.2.	Curvas y periodos de secado	38
2.7.2.	Características del agua en sistemas alimenticios	39
2.7.3.	Métodos de Deshidratación	40
2.7.3.1.	Secado Natural	40
2.7.3.2.	Deshidratación por Aire Caliente	40
2.7.3.3.	Deshidratación Congelada	41
2.7.3.4.	Deshidratación por Hornos Solares	42
2.7.3.5.	Deshidratación por Hornos Mecánicos a Combustión Interna Indirecta	42
2.8.	Evaluación sensorial	42
2.9.	Metodología del estudio de investigación	45
2.9.1.	Descripción de la metodología del estudio de investigación	45
2.10.	Selección del proceso experimental para la obtención del producto	46
2.11.	Diseño del Proceso Tecnológico	52

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1.	Caracterización de la materia prima	58
3.1.1.	Características físicas de la materia prima	59
3.1.2.	Propiedades Fisicoquímicas	60
3.2.	Diseño experimental	61
3.2.1.	Impregnación de Calcio a presión atmosférica	61
3.2.1.1.	Diseño Factorial	62
3.2.2.	Deshidratación mediante aire caliente	64
3.3.	Equipos, Materiales e Insumos	65

3.3.1. Equipos	65
3.3.2. Materiales	66
3.3.3. Insumos	66
3.4. Diseño del Proceso Tecnológico	67
3.5. Descripción del proceso productivo	67
3.5.1. Recepción de materia prima.....	67
3.5.2. Selección	68
3.5.3. Lavado	69
3.5.4. Pelado	69
3.5.5. Cortado en Laminas	70
3.5.6. Pesado	70
3.5.7. Impregnación	71
3.5.8. Filtrado	72
3.5.9. Deshidratado	72
3.5.10. Envasado	73
3.6. Evaluación sensorial del producto obtenido	75

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de la Materia Prima	80
4.2. Fase Experimental	80
4.2.1. Impregnación de Calcio	81
4.2.1.1. Coeficiente de difusión	81
4.2.1.2. Ganancia de Calcio	83
4.2.2. Deshidratado mediante aire caliente	85
4.2.2.1. Determinación del contenido de solido seco	85
4.3. Análisis de las pruebas organolépticas	94
4.4. Análisis del producto final	95
4.5. Análisis Estadístico del diseño experimental	97
4.5.1. Análisis de Varianza Univariante	98
4.5.1.1. Pruebas de los efectos inter-sujetos.	98
4.6. Balance de Materia y Energía	101
4.6.1. Balance de Materia	101

4.6.2. Rendimiento	110
4.6.3. Balance de Energía	111
4.6.3.1. Balance de energía en la impregnación	111
4.6.3.2. Balance de energía en el secado por aire caliente	111
4.7. Costos	113
4.7.1. Costos de investigación	113
4.7.2. Costos de producción	114

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A

ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO

ANEXO B

EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

ANEXO C

DETERMINACIÓN DEL PROCESO DE DIFUSIÓN

ANEXO D

INFORMES DE LABORATORIO

ANEXO E

TABLAS DE TEMPERATURAS Y CALOR ESPECÍFICO

ANEXO F

FOTOGRAFÍAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1 Composición del fruto de manzano en 100gr	15
Tabla II-2 Ingesta diaria de calcio	20
Tabla II-3 Propiedades fisicoquímicas del Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	22
Tabla II-4 Propiedades Fisicoquímicas del Citrato de Calcio	23
Tabla II- 5 Escala de calificación por puntuación del 1 al 5	47
Tabla II-6 Selección del proceso experimental para la obtención de manzana deshidratada fortificada con calcio.....	47
Tabla II-7 Selección del proceso optimo.....	51
Tabla III-1 Producción de manzanas por variedad 2015 (x1000 Ton)	59
Tabla III-2 Características físicas de la materia prima.....	60
Tabla III-3 Propiedades Fisicoquímicas de la Manzana Granny Smith.....	61
Tabla III-4 Determinación del número de experimentos.....	63
Tabla III-5 Matriz de diseño para el Carbonato de Calcio	64
Tabla III-6 Matriz de diseño para el Citrato de Calcio.....	64
Tabla III-7 Escala de calificación de las propiedades organolépticas	76
Tabla III-8 Valor porcentual de los atributos evaluados	76
Tabla IV- 1 Características fisicoquímicas de la Manzana Granny Smith	80
Tabla IV-2 Datos obtenidos para la determinación del coeficiente de difusión en la impregnación de calcio	82
Tabla IV-3Ganancia de calcio en peso con la sal de Carbonato de Calcio	84
Tabla IV-4 Ganancia de calcio en peso con la sal de Citrato de calcio	84
Tabla IV-5 Variación de la humedad respecto al tiempo de la muestra 1	86
Tabla IV-6 Variación de la humedad respecto al tiempo de la muestra 2	87
Tabla IV-7 Variación de la humedad respecto al tiempo de la muestra 3.....	88

TablaIV-8 Variación de la humedad respecto al tiempo de la muestra 4	89
Tabla IV-9 Variación de la humedad respecto al tiempo de la muestra 5	90
Tabla IV-10 Variación de la humedad respecto al tiempo de la muestra 6	91
Tabla IV-11 Variación de la humedad respecto al tiempo de la muestra 7	92
Tabla IV-12 Variación de la humedad respecto al tiempo de la muestra 8	93
Tabla IV-13 Resumen de la pérdida de agua en el secador de tiro forzado.....	94
Tabla IV-14 Contenido de calcio en las muestras de manzana.....	95
Tabla IV-15 Componentes fisicoquímicos de la muestra #2	96
Tabla IV-16 Componentes fisicoquímicos de la muestra #1.....	97
Tabla IV-17 Factores inter-sujetos	98
Tabla IV-18 Variable dependiente: Concentracion_Ca	99
Tabla IV-19 ANOVA ^b para la ganancia de calcio (concentración de calcio)	100
Tabla IV-20 coeficientes ^a del modelo de regresión lineal para concentración de calcio	100
Tabla IV-21 Flujos operativos y componentes del proceso para la obtención de manzana deshidratada fortificada con calcio	102
Tabla IV-22 Costo productivo para 100gr de manzana deshidratada fortificada con calcio	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Obesidad en Tarija por grupos de edad, año 2015. (En número)	2
Figura 2-1 Corte longitudinal y transversal de una manzana	10
Figura 2-2 Planta de Manzana (Granny Smith)	12
Figura 2-3 Importación Total de Manzanas al Mercado Nacional 2000 – 2016 (Tn).....	18
Figura 2-4 Plasmólisis de una célula vegetal	34
Figura 2-5 Humedad libre vs Tiempo	38
Figura 2-6 Evaluación de las respuestas sensoriales de manera discriminativa, descriptiva y afectiva	43
Figura 3-1 Recolección de Manzanas Granny Smith en el Alto Valle	58
Figura 3-2 Manzana Verde (Granny Smith)	68
Figura 3-3 Limpieza de la Manzana.....	68
Figura 3-4 Selección de la manzana verde	69
Figura 3-5 Eliminación de la piel de la manzana	69
Figura 3-6 Rodajas de manzana.....	70
Figura 3-7 Pesado de la materia prima para el proceso	70
Figura 3-8 Solución isotónica de sal de calcio y glucosa	71
Figura 3-9 Impregnación de calcio en la manzana a presión atmosférica.....	72
Figura 3-10 Deshidratación de la manzana	73
Figura 3-11 Producto final con Carbonato de Calcio	73
Figura 3-12 Producto final con Citrato de Calcio	74
Figura 3-13 Resultados de las pruebas organolépticas.....	77
Figura 3-14 Manzana deshidratada fortificada con carbonato de calcio	77
Figura 3-15 Manzana deshidratada fortificada con citrato de calcio	78

Figura 4-1 Tiempo vs $\log(q\theta/q_0)$ para el calcio.....	82
Figura 4-2 Curva de secado de la muestra M1	86
Figura 4-3 Curva de secado de la muestra M2	87
Figura 4-4 Curva de secado de la muestra M3	88
Figura 4-5 Curva de secado de la muestra M4	89
Figura 4-6 Curva de secado de la muestra M5	90
Figura 4-7 Curva de secado de la muestra M6	91
Figura 4-8 Curva de secado de la muestra M7	92
Figura 4-9 Curva de secado de la muestra M8	93
Figura 4-10 Resultados de las pruebas organolépticas	94
Figura 4-11 Valor real vs Valor corregido y curva de error de los resultados	101
Figura 4- 12 Diagrama de Bloques del proceso tecnológico experimental.....	104

GLOSARIO

Sigla	Definición
CFA	Componentes Fisiológicamente Activos
DCMN	Desnutrición por carencia de micronutrientes
DO	Deshidratación Osmótica
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FUFOSE	Functional Food Science in Europe
GCM	Ganancia de calcio en la manzana
IBCE	Instituto Boliviano de Comercio Exterior
IA	Impregnación a presión atmosférica
IV	Impregnación a Vacío
MDRyT	Ministerio de desarrollo Rural y Tierras
NIH	National Institutes of Health
OMS	Organización Mundial de la Salud
P _i M	Peso inicial de la manzana fresca en gramos
P _f MI	Peso final de la manzana impregnada
SNIS	Sistema Nacional de Información en Salud
SPSS	Statistical Package for Social Sciences

NOMENCLATURA

Sigla	Definición	Unidades
ΔT	Diferencia de Temperaturas	$^{\circ}\text{C}$
λ	Calor latente para el cambio de fase	kJ/kg
C_p	Capacidad Calorífica	kJ/kg $^{\circ}\text{C}$
H_{bs}	Humedad libre en base seca del SAC	Fracción
m	Masa	g
Q_A	Calor Absorbido	kcal o kJ
Q_E	Calor entregado	kcal o kJ
Q_L	Calor Latente	kJ
Q_S	Calor sensible	kJ
T	Temperatura	$^{\circ}\text{C}$
t	Tiempo	h o seg