

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA” JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**OBTENCIÓN DE VINAGRE DE MANGO ROSA
(*Mangifera indica* L.) DEL DEPARTAMENTO DE
TARIJA**

Por:

LILIANA ROMÁN VILLCA

**Modalidad de graduación: INVESTIGACIÓN APLICADA
presentado consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado
académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

TARIJA – BOLIVIA

OCTUBRE- 2019

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE VINAGRE DE MANGO ROSA
(*Mangifera indica* L.) DEL DEPARTAMENTO DE
TARIJA**

Por:

LILIANA ROMÁN VILLCA

**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.**

TARIJA - BOLIVIA

OCTUBRE- 2019

V°B°

**M. Sc. Ing. Ernesto Roberto
Álvarez Gozalvez
DECANO**

**M. Sc. Ing. Elizabeth Castro
Figueroa
VIDECANA**

APROBADO POR TRIBUNAL:

Ing. Richard Cardozo

Ing. Raúl Mejía .Mogrovejo

Ing. Ignacio Velásquez Soza

ADVERTENCIA

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

A Dios:

El presente trabajo investigativo es dedicado principalmente a Dios por bendecir mi vida, por guiarme a lo largo de mi de este camino, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Por ser el inspirador y darme fuerza para culminar este proceso de obtener este anhelo tan deseado.

A Mis padres:

Basilio Román Chávez y María Luisa Villca Quispe, quienes con su amor, paciencia, sabiduría y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

Gracias por inculcarme el ejemplo de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

AGRADECIMIENTOS

A mis Docentes:

En primera instancia agradezco a todos mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme con sus conocimientos y dedicación a llegar al punto en el que me encuentro.

A mi familia:

Agradecer a mis queridos hermanos: Mariana, Basilio, Eliana, Marcela, Gabriel.

Agradecer a mis preciados tíos: Bonifacio, Natividad, Virginia, Felicidad, Angélica. Gracias por brindarme siempre su amor infinito y apoyarme incondicionalmente.

A mis compañeros y amigos:

Agradecer a quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, personas que durante este periodo de estudio estuvieron a mi lado apoyándome gracias.

PENSAMIENTO

Un poco más de persistencia un poco más de esfuerzo, y lo que parecía irremediablemente un fracaso puede convertirse en un éxito glorioso.

Autor: Elbert hubbard.

INDICE

ADVERTENCIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
PENSAMIENTO	iv
RESUMEN.....	v

CAPITULO I INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PERSPECTIVAS DEL MERCADO DE LOS VINAGRES	2
1.2.1 Principales Exportadores Mundiales.....	3
1.2.2 Principales Importadores Mundiales.....	4
1.2.3 Evolución de la industria de los vinagres en Bolivia	5
1.2.4 Principales Importadores de los vinagres en Bolivia	6
1.2.5 Perspectivas del mercado mundial del mango	7
1.2.6 Producción agrícola del mango en Bolivia	9
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.4 JUSTIFICACION	13

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 MATERIA PRIMA.....	15
2.1.1 Composición del mango.....	15
2.1.2 Contenido nutricional.....	15
2.1.3 Clasificación botánica	17
2.1.4 Descripción botánica.....	17
2.1.5 Fruta	18
2.1.6 Recolección del mango	19
2.1.7 Índices de cosecha.....	19
2.1.8 Principales variedades de mango.	21
2.2 EL VINAGRE.....	21
2.2.1 Clasificación de los vinagres.....	22
2.2.2 Propiedades químicas del vinagre.....	23

2.2.2.1 Síntesis industrial	24
2.2.2.2 Disponibilidad comercial	24
2.2.2.3 Carbonatación del metanol.....	24
2.2.2.4 Oxidación del acetaldehído	25
2.2.3 Propiedades físicas del vinagre	25
2.3 FERMENTACIÓN PARA TRANSFORMACIÓN DE ALIMENTOS	26
2.3.1 Fermentación alcohólica.	27
2.3.2 Métodos de fermentación Alcohólica	27
2.3.3 Fases de fermentación alcohólica.....	28
2.3.4 Microorganismos implicados	28
2.3.5 Factores a controlar en la elaboración del vino.....	29
2.3.5.1 Concentración de alcohol.....	29
2.3.5.2 Temperatura	29
2.3.5.3 pH.....	30
2.3.5.4 Azúcares (Sustancias Carbonadas)	30
2.3.5.5 Sulfatado (Sustancias Nitrogenadas).....	30
2.3.5.6 Rendimiento Fermentativo.....	30
2.3.5.7 Aireación	31
2.3.5.8 Clarificación de mostos blancos.....	31
2.3.5.9 Transformaciones durante la fermentación Microorganismos de alteración de los vinos.....	31
2.3.5.10 El vino	32
2.4 FERMENTACIÓN ACÉTICA.	32
2.4.1 Métodos de acetificación	34
2.4.1.2 Métodos con Cultivo sumergido	35
2.4.2 Fase Inicial de acondicionamiento	36
2.4.3 Microorganismos implicados	36
2.4.4 Factores a controlar	37
2.4.4.1 p H.....	37
2.4.4.2 Temperatura	37
2.4.4.3 Transformaciones durante la fermentación.....	37
2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE VINAGRE DE FRUTAS POR DOBLE FERMENTACIÓN	38
2.5.1 Lavado y selección.....	38
2.5.2 Preparación de la fruta	38
2.5.3 Escaldado	38
2.5.4 Extracción de la pulpa.....	38
2.5.5 Clarificado.....	39
2.5.6 Preparación del cultivo.....	39
2.5.7 Mezclado y fermentación alcohólica	39
2.5.8 Trasvasado e inoculación para fermentación acética	39

2.5.9 Filtrado	39
2.6 CARACTERÍSTICAS DEL VINAGRE.....	40
2.7 SELECCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL.....	41
2.7.1 Selección del método de fermentación alcohólica y acética	42

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS	44
3.1.1 Análisis de la materia prima.....	44
3.2 DISEÑO FACTORIAL.....	45
3.2.1 Diseño factorial Fermentación Alcohólica.....	45
3.2.2 Fermentación Acética condiciones	47
3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y ACÉTICA.	48
3.3.1 Descripción de los equipos empleados en la realización de la parte experimental	48
3.3.1.1 Refractómetro digital de abbe	48
3.3.1.2 pH metro	48
3.3.1.3 Balanza analítica electrónica.....	49
3.3.1.4 Balanza analítica electrónica balanza mor ley	49
3.3.1.5 Licuadora.....	49
3.3.1.6 Bomba de vacío.....	49
3.3.1.7 Estufa	49
3.3.1.8 Compresor	49
3.3.1.9 Rotámetro.....	50
3.3.1.10 Secador infrarrojo termo control.....	50
3.3.2 Descripción de los Materiales utilizados en la realización de la parte experimental.	50
3.3.3 Descripción de los insumos empleados en la realización de la parte experimental	51
3.3.4 Descripción de los Reactivos empleados en la realización de la parte experimental	51
3.4 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	52
3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE VINAGRE DE MANGO ROSA (<i>Mangifera indica</i> .L)	53
3.5.1 Recepción de la materia prima.....	53
3.5.2 Selección y clasificación de la fruta.....	53
3.5.2.1 Lavado.....	54

3.5.2.2 Pesado	54
3.5.3 Pelado y Corte	55
3.5.4 Extracción del mosto.....	56
3.5.5 Acondicionamiento de los fermentadores en la etapa de fermentación alcohólica	57
3.5.6 Corrección de mosto	57
3.5.6.1 Acondicionamiento de los grados brix.....	57
3.5.6.2 Acondicionamiento de la acidez en el mosto.....	58
3.5.7 Adición de nutrientes necesarios para acondicionar el mosto para la fermentación alcohólica.....	59
3.5.8 Inoculación del mosto con levaduras <i>Sacharomyces cerevisiae</i>	59
3.5.9 Fermentación alcohólica	60
3.5.10 Filtración	61
3.5.11 Vino a partir de mango rosa	62
3.5.12 Acondicionamiento de los fermentadores en la etapa de fermentación acética.....	62
3.5.13 Inoculación del vino a partir de mango rosa	63
3.5.14 Vinagre de mango rosa	64
3.5.15 Filtrado	65
3.5.16 Envasado	66
3.5.17 Almacenamiento	66
3.6 DETALLE DEL DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE VINAGRE DE MANGO ROSA	67
3.7 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE VINAGRE DE MANGO ROSA (<i>Mangifera indica</i> L.).....	68
3.7.1 Recepción de la materia prima.....	69
3.7.2 Pelado y corte.....	69
3.7.3 Extracción del mosto.....	70
3.7.4 Corrección del mosto	70
3.7.5 Fermentación alcohólica	71
3.7.6 Trasiego 1.....	72
3.7.7 Trasiego 2.....	72
3.7.8 Trasiego 3.....	73
3.7.9 Inoculación del vino a partir de mango rosa para la etapa de fermentación acética.....	73
3.7.10 Fermentación acética.....	74
3.7.11 Calculo del rendimiento obtenido	74

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL MANGO ROSA (<i>Mangifera indica</i> L.)	75
4.2 DETERMINACION DEL TIEMPO DE FERMENTACION ALCOHOLICA ...	76
4.2.1 Consumo de Sustrato (° Brix)	76
4.2.2 Control de la Temperatura en la fermentación alcohólica	78
4.2.3 Resultados en la etapa de fermentación alcohólica.....	80
4.2.4 Análisis estadístico del diseño factorial en la etapa de fermentación alcohólica	81
4.2.5 Resultados Estadísticos SPSS para la fermentación Alcohólica.....	82
4.2.5.1 Variable respuesta grado alcohólico	83
4.2.5.2 Análisis de regresión	84
4.3 DETERMINACION DEL TIEMPO DE FERMENTACION ACETICA.....	87
4.3.1 Variación de PH	87
4.3.2 Control de la Temperatura en la fermentación acética.....	90
4.3.3 Resultados en la etapa de fermentación acética	92
4.4 PRESENCIA DE LAS BACTERIAS ACETICAS EN LA MUESTRA DE VINAGRE DE MANGO ROSA	93
4.5 CALCULO DEL RENDIMIENTO EN ETAPA DE FERMENTACION ALCOHOLICA Y ACETICA	95
4.5.1. Cálculo del rendimiento en la etapa de fermentación alcohólica.....	96
4.5.2 Calculo del rendimiento en la etapa de fermentación acética	96
4.5.3 Calculo del rendimiento total.....	96
4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL VINAGRE DE MANGO ROSA	96
4.7 DETERMINACION DE COSTOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO	105
4.7.1 Determinación del costo unitario del producto vinagre de mango rosa.....	109

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	110
5.2 RECOMENDACIONES	112

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BIBLIOGRAFIA	113
--------------------	-----

INDICE DE TABLAS

Tabla I -1 Lista de los exportadores para el producto seleccionado	3
Tabla I-2 Lista de los importadores para el producto seleccionado.....	4
Tabla I-3 Lista de los mercados Exportadores para un producto exportado por Bolivia, Estado Plurinacional	5
Tabla I-4 Lista de los mercados proveedores para un producto importado por Bolivia, Estado Plurinacional.....	6
Tabla I -5 Producción mundial de mango.....	8
Tabla I-6 Exportaciones de mango en el mundo.....	9
Tabla I-7 Bolivia: Superficie y producción de las campañas de invierno 2012 y verano 2012-2013 según cultivo censo agropecuario 2013	10
Tabla I-8 -Bolivia: número de árboles frutales dispersos por departamento según especie censo agropecuario 2013	10
Tabla II-1 Principales componentes para 100 g de alimento comestible.....	16
Tabla II-2 Taxonomía del mango.....	17
Tabla II-3 Características fisicoquímicas del fruto de mango en la etapa de maduración	20
Tabla II-4 Tipos de vinagre de acuerdo a su origen.....	22
Tabla II-5 Tipos de vinagre de acuerdo a su uso o destinos	23
Tabla II-6 Microorganismos usados en la producción de diferentes tipos de vinagre	25
Tabla II-7 Requisitos del vinagre según la norma boliviana NB/NA 100	40
Tabla II-8 Ventajas y Desventajas de los procesos de Fermentación Alcohólica y Fermentación Acética	42
Tabla III-1 Parámetros fisicoquímicos determinados en la fruta de mango Rosa (<i>Mangifera indica</i> L.).....	44
Tabla III-2 Niveles de las variables para la fermentación alcohólica	45
Tabla III-3 Combinaciones de las variables de la fermentación alcohólica.....	46
Tabla III-4 Interacciones de las variables de la fermentación alcohólica	47
Tabla III-5 Materiales de laboratorio	50
Tabla III- 6 Insumos.....	51
Tabla III -7 Reactivos.....	51
Tabla III-8 Pesos del pelado y corte.....	55
Tabla III- 9 Dilución de pulpa -mosto.....	56
Tabla III-10 Corrección de los grados Brix del mosto.....	58
Tabla III-11 Corrección de la acidez del mosto	58
Tabla III-12 Cantidades de los insumos añadidos al mosto.....	60
Tabla III-13 Pesos iniciales y finales en la fermentación alcohólica	62
Tabla III-14 Pesos en la Inoculación con bacterias acéticas	64
Tabla III-15 Pesos iniciales y finales en la fermentación acética	65

Tabla IV-1 Pesos y rendimientos en porcentaje del mango rosa	75
Tabla IV-2 Caracterización fisicoquímica de la pulpa mango rosa	76
Tabla IV-3 Datos obtenidos del Consumo del Sustrato (° Brix).....	77
Tabla IV-4 Datos obtenidos de la Temperatura en (° C) en la fermentación alcohólica	79
Tabla IV-5 Resultados en la etapa de fermentación alcohólica	80
Tabla IV-6 Resultados obtenidos por informe de laboratorio al concluir la fermentación alcohólica.....	81
Tabla IV-7 Datos para el análisis de varianza.....	82
Tabla IV-8 Factores inter-sujetos (variable respuesta grado alcohólico).....	83
Tabla IV-9 Análisis de varianza ANOVA Pruebas de los efectos inter-sujetos	83
Tabla IV-10 Variables introducidas/eliminadas.....	84
Tabla IV-11 Resumen del modelo ^b	84
Tabla IV-12 ANOVA ^b	84
Tabla IV-13 Coeficientes ^a	84
Tabla IV-14 Estadísticos sobre los residuos ^a	85
Tabla IV-15 Diferencia entre el grado alcohólico observado y el grado alcohólico del modelo matemático	86
Tabla IV-16 Datos obtenidos del pH en la fermentación acética.....	88
Tabla IV-17 Datos obtenidos de la Temperatura en (° C) en la fermentación acética	90
Tabla IV-18 Resultados en la etapa de fermentación acética	93
Tabla IV-19 Resultados obtenidos por informes de laboratorio al concluir la fermentación acética.....	93
Tabla IV-20 Calificación en el atributo color en el vinagre de mango rosa	97
Tabla IV-21 Calificación en el atributo aroma en el vinagre de mango rosa	99
Tabla IV-22 Calificación en el atributo sabor en el vinagre de mango rosa.....	101
Tabla IV-23 Calificación de la calidad global en el vinagre de mango rosa	103
Tabla IV-23 Detalle de Costos de materia prima, insumos y reactivos	105
Tabla IV-24 Detalle de Costos de materiales de laboratorio	106
Tabla IV-25 Detalle de Costos de Acondicionamiento de fermentadores	106
Tabla IV-26 Detalle de Costos de análisis de laboratorio.....	107
Tabla IV-27 Detalle de costos de material de apoyo	107
Tabla IV- 28 Detalle de costos totales	108

INDICE DE GRAFICAS

Grafico IV-1 Consumo del sustrato ° Brix con relación al tiempo de fermentación alcohólica.....	77
Grafico IV-2 Temperatura con relación al tiempo de fermentación alcohólica.....	79
Grafico IV-3 P-P Normal de regresión residuo tipificado	85
Grafico IV-4 Diferencia entre el grado alcohólico observado y el grado alcohólico del modelo matemático	86
Grafico IV-5 Error Diferencia entre el grado alcohólico observado y el grado alcohólico del modelo matemático.....	87
Grafico IV-6 El pH con relación al tiempo de fermentación acética.....	90
Grafico IV-7 Temperatura con relación al tiempo de fermentación acética.....	92
Grafica IV-8 Valores promedio del atributo color en el vinagre de mango rosa.....	98
Grafica IV- 9 Valores promedio del atributo color en el vinagre de mango rosa expresado en porcentaje	98
Grafica IV-10 Valores promedio del atributo aroma en el vinagre de mango rosa	100
Grafica IV-11 Valores promedio del atributo aroma en el vinagre de mango rosa expresado en porcentaje	100
Grafica IV-12 Valores promedio del atributo Sabor en el vinagre de mango rosa	102
Grafica IV-13 Valores promedio del atributo Sabor en el vinagre de mango rosa expresado en porcentaje	102
Grafica IV-14 Valores promedio del atributo Calidad global en el vinagre de mango rosa	104
Grafica IV-15 Valores promedio del atributo Calidad global en el vinagre de mango rosa expresado en porcentaje.....	104

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama de Flujo II-1 Elaboración vinagre de frutas de doble fermentación.....	40
Diagrama de flujo III-1 Proceso de obtención de vinagre de mango rosa.....	52
Diagrama de flujo III-2 proceso de obtención de vinagre de mango rosa (<i>Mangifera indica</i> L.)	67

INDICE DE FIGURAS

Figura II-1 Descripción de las partes del mango	18
Figura II-2 Fruta Mango Rosa.....	18
Figura II- 3 Oxidación de etanol a ácido acético por bacterias.....	33
Figura III- 1 Mango rosa (<i>Mangifera indica</i> L.).....	53
Figura III -2 Selección y clasificación del mango rosa.....	53
Figura III-3 Lavado del mango rosa.....	54
Figura III-4 Pesado del mango rosa	54
Figura III –5 Pelado y Corte del mango rosa	55
Figura III –6 Extracción del mosto	56
Figura III-7 Fermentadores para la fermentación alcohólica.....	57
Figura III-8 Adición de Nutrientes al mosto.....	59
Figura III-9 Activación de la levadura.....	59
Figura III-10 Inoculación del mosto	60
Figura III-11 Proceso de fermentación	60
Figura III-12 Filtración del mosto.....	61
Figura III -13 Vino de mango rosa.....	62
Figura III- 14 Fermentadores para la fermentación acética	63
Figura III- 15 Inoculación con bacterias acéticas	63
Figura III-16 Filtrado del vinagre de mango rosa.....	65
Figura III-17 Envasado del vinagre de mango rosa	66
Figura IV-1 Medición de los grados Brix en un Refractómetro	77
Figura IV-2 Medición de la temperatura.....	78
Figura IV-3 Medición del pH en la etapa de fermentación acética.....	88
Figura IV-4 Madre de vinagre de mango rosa	94
Figura IV-5 Microscopio.....	94
Figura IV-6 Genero /especie: <i>Acetobacter aceti</i>	94
Figura IV-7 Bacterias acéticas del vinagre de mango rosa vista desde el lente de microscopio	95

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS A INFORMES DE LABORATORIO

ANEXOS B: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS

ANEXO C: TECNICA EMPLEADA PARA VALORACION ACIDO-BASE

ANEXO D: TEST DE PRUEBA SENSORIAL

ANEXO E: NORMATIVAS DEL VINAGRE

GLOSARIO, NOMENCLATURA, ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA UTILIZADA

ANOVA	Análisis de varianza.
DPIBA	Departamento de procesos biotecnológicos y Ambientales.
Ec.	Ecuación.
UAJMS	Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.
LOU	Laboratorio de Operaciones Unitarias.
CEANID	Centro de análisis , investigación y desarrollo
SPSS	Sistema Estadístico Informático.
IBNORCA	Instituto Boliviano de Normalización y calidad.
FAO	Organización para las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.
TRADEMAP	Aplicación web interactiva que presenta estadísticas del comercio e información sobre acceso al mercado para el desarrollo internacional de las empresas.
INE	Instituto nacional de estadística.
FAOSTAT	Proporciona acceso libre a datos sobre alimentación y agricultura a nivel mundial.
UE	Unión Europea.
NB/NA 0100	Norma Boliviana del vinagre.
M1	Tratamiento 1.
M2	Tratamiento 2.
M3	Tratamiento 3.
M4	Tratamiento 4.
M5	Tratamiento 5 réplica del tratamiento 1.
M6	Tratamiento 6 réplica del tratamiento 2.
M7	Tratamiento 7 réplica del tratamiento 3.
M8	Tratamiento 8 réplica del tratamiento 4.

UNIDADES UTILIZADAS

°C	Grado centígrado.
g/ml	Relación gramo – mililitro.
%	Porcentaje.
°GL	Grado gay Lussac.
Kg	Kilogramo.
ml	Mililitro.
g	Gramo.
L	Litro.
t	Temperatura.
Kg/L	Relación kilogramo - litro.
°Brix	Grado de azúcar presente en una muestra.
cm	Centímetro.
vol.	Volumen.
mg/L	Relación miligramo – litro.
ppm	Partes por millón.
min	Minuto.
% p/p	Relación en porcentaje de peso-peso.
% v/v	Relación en porcentaje volumen –volumen.
p/v	Relación peso –volumen
% m/v	Relación en porcentaje de masa- volumen
g/L	Relación gramo –litro.
m	Metro.
mm	Milímetro.
°Brix/días	Relación grados brix-días.
t/días	Relación temperatura –días.
pH/días	Relación pH- días.