

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**PROYECTO DE GRADO**



**EVALUACIÓN DEL SINGANI POR DOS MÉTODOS DE VINIFICACIÓN A PARTIR DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA, COSECHA 2021.**

**Por:**

**ANABEL MARISELA FERNANDEZ JIMENEZ**

**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.**

**14 de diciembre 2021**

**TARIJA-BOLIVIA**

El presente trabajo está dedicado a Dios por ser mi guía y fortaleza en todo momento. A mis padres Félix Fernández y Elizabeth Jiménez por la confianza, amistad y apoyo incondicional.

#### AGRADECIMIENTO:

A Dios por regalarme una vida llena de amor.

A mis padres: Felix Fernandez y Elizabeth Jimenez, a mis hermanos: Edgar y Maylin por estar siempre conmigo levantándose en cada momento y festejar mis alegrías GRACIAS.

A mis Tribunales y docente de materia: Por acompañarme en este proceso delicado y largo GRACIAS.

A mis amigos: Noe, Diego, Vanesa, Mildred y Jhoselin gracias por tanto cariño.

PENSAMIENTO

Filipenses 4:13

## ÍNDICE

|                     | <b>Página</b> |
|---------------------|---------------|
| Advertencia.....    | i             |
| Dedicatoria.....    | ii            |
| Agradecimiento..... | iii           |
| Pensamiento.....    | iv            |
| Resumen.....        | v             |

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| ANTECEDENTES.....  | 1             |
| Variedades de uvas utilizadas para la elaboración de singani.....    | 2             |
| Mercado Productor.....   | 3             |
| OBJETIVOS.....   | 4             |
| Objetivo general.....  | 4             |
| Objetivos específicos.....   | 4             |
| JUSTIFICACIÓN.....   | 4             |
| Justificación Económica.....   | 4             |
| Justificación tecnológica.....                                       | 5             |
| Justificación social.....  | 5             |
| 1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA UVA MOSCATEL DE ALEJANDRÍA..... | 6             |
| 1.1.1. Taxonomía de la Vid Moscatel de Alejandría.....               | 6             |
| 1.1.2. Composición química de la uva moscatel de Alejandría.....     | 7             |

|  |    |
|--|----|
| 1.1.3. Partes constituyentes de la uva.....    | 7  |
| 1.2. SINGANI.....                              | 12 |
| 1.2.2.1. Singani de altura .....               | 12 |
| 1.2.2.2. Singani de Primera selección .....    | 13 |
| 1.2.2.3. Singani de segunda selección.....     | 13 |
| 1.3. PRINCIPALES COMPONENTES DEL SINGANI ..... | 15 |
| 1.3.1. Ácidos .....                            | 15 |
| 1.3.2. Alcoholes superiores .....              | 15 |
| 1.3.3. Aldehídos .....                         | 15 |
| 1.3.4. Metanol .....                           | 16 |
| 1.3.5. Furfural.....                           | 16 |
| 1.3.6. Ésteres .....                           | 16 |
| 1.3.7. Terpenos.....                           | 17 |
| 1.4. PROCESO DE ELABORACIÓN .....              | 17 |
| 1.4.1. Recepción:.....                         | 19 |
| 1.4.2. Despalillado: .....                     | 19 |
| 1.4.3. Prensado:.....                          | 19 |
| 1.4.4. Fermentación.....                       | 20 |
| 1.4.5. Descube:.....                           | 22 |
| 1.4.6. Trasiego:.....                          | 22 |
| 1.4.7. Vino base: .....                        | 22 |
| 1.4.8. Estabilización del vino base .....      | 23 |

|  |    |
|--|----|
| 1.4.9. Obtención de Singani: Destilación .....               | 23 |
| 1.4.10. Envasado .....                                       | 24 |
| 1.5. EVALUACIÓN SENSORIAL.....                               | 25 |
| 1.5.1. Tipos de análisis.....                                | 26 |
| 2.1. PROCESO TECNOLÓGICO EXPERIMENTAL .....                  | 28 |
| 2.1.1. Diagrama de flujo de proceso para el Singani.....     | 28 |
| 2.2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA ..... | 30 |
| 2.2.1. Moscatel de Alejandría .....                          | 30 |
| 2.2.2. Características físicas de la materia prima .....     | 30 |
| 2.2.3. Propiedades fisicoquímicas .....                      | 31 |
| 2.3. DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS .....                | 32 |
| 2.4. Diseño factorial .....                                  | 32 |
| 2.5. Equipo y materiales.....                                | 35 |
| 2.6. DESARROLLO DEL PROCESO EXPERIMENTAL .....               | 36 |
| 2.6.1. Recepción de la materia prima .....                   | 36 |
| 2.6.2. Molienda- Despalillado .....                          | 38 |
| 2.6.3. Prensado.....   | 40 |
| 2.6.4. Proceso fermentativo.....                             | 41 |
| 2.6.5. Descubre.....   | 48 |
| 2.6.6. Trasiego.....   | 48 |
| 2.6.7. Vino Base.....  | 49 |
| 2.6.8. Destilación .....                                     | 50 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.6.9. Envasado .....  | 58  |
| 2.7. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA .....                              | 62  |
| 2.7.1. BALANCE DE MATERIA .....                                      | 62  |
| 2.7.2. BALANCE DE ENERGÍA .....                                      | 74  |
| 2.8. RENDIMIENTO DEL PROCESO DEL SINGANI .....                       | 83  |
| 2.9. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL .....                        | 85  |
| 2.10. ANÁLISIS SENSORIAL.....  | 86  |
| 3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y EL PRODUCTO FINAL .....   | 92  |
| 3.1.1. Análisis fisicoquímico de la materia prima .....              | 92  |
| 3.1.2. Análisis del Vino Base .....                                  | 92  |
| 3.1.3. Análisis del agua .....                                       | 95  |
| 3.1.4. Análisis de los singanis productos del diseño factorial ..... | 95  |
| 3.2. RESULTADOS DEL DESARROLLO DEL PROCESO EXPERIMENTAL .....        | 101 |
| 3.2.1. Cinética experimental del proceso fermentativo. ....          | 101 |
| 3.3. RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.....                | 110 |
| 3.3.1. Resumen del Balance de Materia .....                          | 110 |
| 3.3.2. Resumen del Balance de Energía .....                          | 110 |
| 3.4. RESULTADOS DEL RENDIMIENTO DEL PROCESO .....                    | 112 |
| 3.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS .....       | 112 |
| 3.5.1. Evaluación de los componentes volátiles. ....                 | 112 |
| 3.5.2. Análisis en la ficha de degustación .....                     | 121 |
| 3.5.3. Aceptación General .....                                      | 128 |



|  |     |
|--|-----|
| 3.6. DETERMINACIÓN DEL EXPERIMENTO MÁS ÓPTIMO .....                        | 129 |
| 3.7. Costos de la investigación .....                                      | 131 |
| 3.7.1. Costos por Análisis .....   | 131 |
| 3.7.2. Costos de material bibliográfica y de escritorio .....              | 132 |
| 3.7.3. Costos de material utilizado para la elaboración del producto ..... | 133 |
| 3.7.4. Costo total de investigación del proyecto.....                      | 133 |
| 4.1. CONCLUSIONES .....  | 134 |
| 4.2. RECOMENDACIONES .....   | 135 |
| Referencias Bibliográficas.....  | 136 |
| ANEXOS .....   | 128 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   | Página |
|---|--------|
| Tabla I-1 Taxonomía de la Vid Moscatel de Alejandría .....                    | 6      |
| Tabla I-2 Composición química del escobajo .....                              | 8      |
| Tabla I-3 Composición química de las semillas .....                           | 10     |
| Tabla I-4 Composición química de la pulpa.....                                | 11     |
| Tabla I-5 Composición química del mosto de la uva madura .....                | 12     |
| Tabla I-6 Requisito fisicoquímicos del singani Requisitos Fisicoquímicos..... | 14     |
| Tabla I-7 Características Fisicoquímicas del Vino Base .....                  | 23     |
| Tabla II-1 Características fisicoquímicas .....                               | 31     |
| Tabla II-2 Análisis fisicoquímicos de la materia prima .....                  | 32     |
| Tabla II- 3 Identificación de variables.....                                  | 32     |
| Tabla II-4 Interacciones de variables.....                                    | 33     |
| Tabla II-5 Diseño factorial aplicado para el proceso de fermentación.....     | 34     |
| Tabla II-6 Cantidad de materia.....   | 38     |
| Tabla II-7 Descarte de uvas seleccionada.....                                 | 39     |
| Tabla II-8 Fermentación de R1 y R2 .....                                      | 44     |
| Tabla II-9 Fermentación de R1 y R2 .....                                      | 45     |
| Tabla II-10 Fermentación de R3 y R4 .....                                     | 46     |
| Tabla II-11 Fermentación de R3 y R4 .....                                     | 47     |

|  |    |
|--|----|
| Tabla II-12 R1 Destilado .....   | 51 |
| Tabla II-13 Destilado R2 .....   | 52 |
| Tabla II-14 Destilado Replica R5 .....                                       | 53 |
| Tabla II-15 Destilado Replica R6.....  | 54 |
| Tabla II-16 Destilado R3 .....   | 55 |
| Tabla II-17 R4 Destilado .....   | 56 |
| Tabla II-18 Destilado Replica.....   | 57 |
| Tabla II-19 Destilado Replica.....   | 58 |
| Tabla II-20 Rebaje del singani.....  | 59 |
| Tabla II-21 Ficha de degustación .....                                       | 60 |
| Tabla II-22 Ficha de degustación .....                                       | 61 |
| Tabla II-23 Componentes de la uva moscatel .....                             | 62 |
| Tabla II-24 Coeficientes y Entalpias de Vaporización.....                    | 80 |
| Tabla II-25 Volumen de los Destilados.....                                   | 84 |
| Tabla II-26 Composición química del singani. Requisitos Físicoquímicos ..... | 86 |
| Tabla II-27 Resultado de las evaluaciones .....                              | 89 |
| Tabla II-28 Parámetros de Evaluación .....                                   | 90 |
| Tabla II-29 Resultados de las muestras .....                                 | 90 |
| Tabla III-1 Parámetros físicoquímicos de la materia prima .....              | 92 |
| Tabla III-2 Resultados Físicoquímicos del vino Base R1 .....                 | 93 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla III-3 Resultados Fisicoquímicos del vino Base R2 .....                | 93  |
| Tabla III-4 Resultados Fisicoquímicos del vino Base R3 .....                | 94  |
| Tabla III-5 Resultados Fisicoquímicos del vino Base R4 .....                | 94  |
| Tabla III-6 Resultados fisicoquímicos.....                                  | 95  |
| Tabla III-7 Resultados Microbiológicos.....                                 | 95  |
| Tabla III-8 Resultados fisicoquímicos del producto final R1.....            | 97  |
| Tabla III-9 Resultados fisicoquímicos del producto final R2.....            | 98  |
| Tabla III-10 Resultados fisicoquímicos del producto final R3.....           | 99  |
| Tabla III-11 Resultados fisicoquímicos del producto final R4.....           | 100 |
| Tabla III-12 Resumen del balance de materia .....                           | 110 |
| Tabla III-13 Resumen del balance de energía .....                           | 111 |
| Tabla III-14 Rendimiento .....  | 112 |
| Tabla III-15 Análisis de Varianza del producto .....                        | 113 |
| Tabla III-16 Regresión Lineal .....   | 114 |
| Tabla III-17 Coeficientes Estandarizados.....                               | 114 |
| Tabla III-18 Resumen del Modelo.....  | 115 |
| Tabla III-19 Compuestos Volátiles observados y ajustados en ANOVA SPSS..... | 117 |
| Tabla III-20 ANOVA del atributo Sabor.....                                  | 121 |
| Tabla III-21 Estadísticos descriptivos del atributo Sabor.....              | 122 |
| Tabla III- 22 ANOVA Atributo Aroma.....                                     | 123 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla III-23 Estadísticos descriptivos del atributo Aroma.....                                   | 124 |
| Tabla III-24 ANOVA Atributo Color.....   | 125 |
| Tabla III-25 Estadísticos descriptivos del atributo Color.....                                   | 125 |
| Tabla III-26 ANOVA APRECIACION GLOBAL .....  | 126 |
| Tabla III-27 Estadísticos descriptivos de la Apreciación Global .....                            | 127 |
| Tabla III-28 Ponderación para cada atributo del análisis sensorial del Singani.....              | 128 |
| Tabla III-29 Datos Resultados de la ficha de degustación .....                                   | 128 |
| Tabla III-30 Ponderación para determinación de la calidad del Singani.....                       | 129 |
| Tabla III-31 Resultados del porcentaje de calidad de Singani obtenidas en cada experimento ..... | 130 |
| Tabla III-32 Costos de Análisis de Laboratorio .....   | 131 |
| Tabla III-33 Costos de material bibliográfica y de escritorio.....                               | 132 |
| Tabla III-34 Material utilizado .....  | 133 |
| Tabla III-35 Costos Total del Estudio .....  | 133 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   | Página |
|---|--------|
| Figura 1 Mapa de Bolivia, mostrando la región productora de singani, incluyendo los puntos de producción durante la Colonia y en la actualidad..... | 2      |
| Figura I-2 Pulpa de uva .....   | 9      |
| Figura I-3 Catabolismo de la glucosa en la fermentación alcohólica.....   | 21     |
| Figura II-1 Recepción de materia prima.....   | 30     |
| Figura II-2 Recolección de materia prima.....   | 37     |
| Figura II-3 Balanza eléctrica .....   | 38     |
| Figura II-4 Molienda .....  | 39     |
| Figura II-5 Mosto de uva obtenido.....  | 40     |
| Figura II-6 Prensado .....  | 41     |
| Figura II-7 Maceración en Frio .....  | 41     |
| Figura II- 8 Tachos fermentativos .....   | 42     |
| Figura II-9 Tanques de fermentación para replicas .....   | 43     |
| Figura II-10 Descubado.....   | 48     |
| Figura II-11 Trasiago .....   | 49     |
| Figura II-12Vino Base.....  | 49     |
| Figura II- 13 Destilación.....  | 50     |
| Figura II-14 Primer Etapa.....  | 63     |

|  |    |
|--|----|
| Figura II-15 Segunda Etapa.....  | 64 |
| Figura II-16 Tercera Etapa .....                                       | 70 |
| Figura II-17 Cuarta Etapa.....   | 65 |
| Figura II-18 Quinta etapa .....  | 71 |
| Figura II-19 Sexta etapa .....   | 72 |
| Figura II-20 Séptima etapa .....                                       | 73 |
| Figura II-21 Balance de energía la Maceración.....                     | 74 |
| Figura II-22 Balance de energía de la fermentación del vino base ..... | 75 |
| Figura II-23 Balance de energía para estabilizar el vino a 18 °C ..... | 79 |
| Figura II-24 Destilación.....  | 80 |
| Figura II-25 Análisis Sensorial.....                                   | 88 |

## GRÁFICAS

|  |     |
|--|-----|
| Gráfica I-1 Proceso de elaboración del Singani .....                           | 18  |
| Gráfica II-1 Proceso de elaboración del Singani .....                          | 29  |
| Gráfica II-2 Diseño Factorial.....   | 34  |
| Gráfica III-1 Pendiente de la Cinética R4 .....                                | 102 |
| Gráfica III-2 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación..... | 103 |
| Gráfica III-3 Pendiente de la Cinética R3 .....                                | 104 |
| Gráfica III-4 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación..... | 105 |

|   |     |
|---|-----|
| Gráfica III-5 Pendiente de la Cinética R2 .....   | 106 |
| Gráfica III-6 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación.....                          | 107 |
| Gráfica III-7 Pendiente de la Cinética R1 .....   | 108 |
| Gráfica III-8 Cinética en función concentración vs tiempo de Fermentación.....                          | 109 |
| Gráfica III-9 Resultado de los componentes Volátiles.....   | 116 |
| Gráfica III-10 Ajustes de la concentración de compuestos Volátiles.....                                 | 120 |
| Gráfica III-11 Margen de Error .....  | 121 |
| Gráfica III-12 Análisis de medias para el atributo Sabor .....  | 123 |
| Gráfica III-13 Análisis de medias para el atributo Aroma .....  | 124 |
| Gráfica III-14 Análisis de Media para el atributo Color .....   | 126 |
| Gráfica III-15 Análisis de atributo.....  | 127 |
| Gráfica III-16 Apreciación General de la ficha de degustación .....                                     | 129 |
| Gráfica III-17 Resultados del porcentaje de calidad de los singanis obtenidos en cada experimento ..... | 130 |



