

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



**“ELABORACIÓN DE SINGANI A PARTIR DE UVA MOSCATEL
DE ALEJANDRÍA”**

Por:

LORENA CAREN REYES GUDIÑO

**Trabajo final de grado presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como
requisito para optar el grado académico de ingeniería de
alimentos.**

Mayo, 2018

Tarija-Bolivia

V°B°

M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez G.

DECANO

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGIA**

M.Sc. Lic. Elizabeth Castro
Figueroa

VICEDECANA

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGIA**

Ing. Jesús Zamora Gutiérrez

DIRECTOR

**DPTO. BIOTECNOLOGÍA Y
CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**

Ing. Erick Ramírez Ruíz

DOCENTE GUÍA

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

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a mis padres Pablo Reyes y Yolanda Gudiño por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo, hicieron posible la realización del presente trabajo y la culminación de mi formación profesional.

+

Agradecimientos

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme acompañado en el transcurso de mi vida dándome fuerzas y valor para culminar con éxito mis metas propuestas.

Para la realización del presente trabajo, quiero agradecer la colaboración de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, y al Centro Vitivinícola Tarija “CEVITA”, a esas instituciones mi profundo agradecimiento.

Un grato agradecimiento al Ing. Javier Lazcano director de CEVITA por haberme abierto las puertas de dicha institución en la elaboración de la parte experimental del presente trabajo, al Enólogo Candido Tolaba y el Ing. Marcos Vásquez, por su colaboración, orientación y asesoramiento, que sin su apoyo hubiera sido imposible lograr el presente trabajo.

También va mi agradecimiento a mi docente guía Ing. Erick Ramírez por su paciencia de haberme guiado en el transcurso de este trabajo y por haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente.

De igual manera agradecer a mis tribunales: Ing. Luis Fernando Zenteno, Ing. Weimar Torrejón, Ing. Cecilia Calderón, Por sus observaciones y críticas constructivas en la elaboración del presente trabajo.

Agradecer a mi hermana Anahí Reyes que siempre estuvo alentándome en el trascurso de mi vida.

No puedo dejar de agradecer a Brian Alfaro, por su amor, paciencia y su apoyo para que siguiera adelante.

Y a mis compañeros y amigos por su cariño y apoyo durante todos estos años de estudio.

ÍNDICE

Página

CAPÍTULO I

“INTRODUCCIÓN”

| | | |
|-------|----------------------------------|---|
| 1.1 | Antecedentes | 1 |
| 1.2 | Justificación | 2 |
| 1.3 | Objetivos | 3 |
| 1.3.1 | Objetivo general..... | 3 |
| 1.3.2 | Objetivos específicos | 3 |
| 1.4 | Planteamiento del problema | 4 |
| 1.5 | Formulación del problema | 4 |
| 1.6 | Hipótesis | 5 |

CAPÍTULO II

“MARCO TEÓRICO”

| | | |
|-------|-----------------------------|---|
| 2.1 | Origen de la vid | 6 |
| 2.2 | Descripción de la vid | 6 |
| 2.3 | Tipos de vid | 7 |
| 2.3.1 | Vitis Labruscas | 7 |
| 2.3.2 | Vitis Rupestris | 7 |
| 2.3.3 | Vitis Riparia | 7 |
| 2.3.4 | Vitis Berlandieri | 8 |
| 2.3.5 | Vitis Vinífera | 8 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.4 | Variedad moscatel de Alejandría | 8 |
| 2.5 | Taxonomía de la uva moscatel de Alejandría | 8 |
| 2.6 | Características de la uva moscatel Alejandría | 9 |
| 2.7 | Constitución del grano de uva moscatel de Alejandría | 10 |
| 2.7.1 | El raspón o escobajo | 11 |
| 2.7.2 | El hollejo | 11 |
| 2.7.3 | Las semillas | 12 |
| 2.7.4 | La pulpa | 13 |
| 2.8 | Composición química de la uva y el mosto | 14 |
| 2.8.1 | El agua | 15 |
| 2.8.2 | Azúcares | 15 |
| 2.8.3 | Ácidos | 15 |
| 2.8.4 | Sales minerales | 16 |
| 2.8.5 | Compuestos nitrogenados | 17 |
| 2.8.6 | Compuestos aromáticos | 17 |
| 2.8.7 | Vitaminas en la uva | 18 |
| 2.9 | Desarrollo vegetativo del grano de uva hasta su maduración | 19 |
| 2.9.1 | Periodo herbáceo | 19 |
| 2.9.2 | Periodo del envero o cambio de color | 20 |
| 2.9.3 | Periodo translucido o de la maduración | 20 |
| 2.10 | Control en la maduración de la uva moscatel de Alejandría | 20 |
| 2.10.1 | Madurez fisiológica | 21 |
| 2.10.2 | Madurez tecnológica | 21 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.11 | Vendimia de la uva moscatel de Alejandría | 22 |
| 2.11.1 | Índice de maduración | 22 |
| 2.12 | El singani | 22 |
| 2.13 | Origen del singani | 23 |
| 2.14 | Tipos de singani | 24 |
| 2.14.1 | Gran singan/ singani de altura | 24 |
| 2.14.2 | Singani de primera selección | 24 |
| 2.14.3 | Singani de segunda selección | 24 |
| 2.15 | Composición química del singani | 25 |
| 2.16 | Principales componentes del singani y efecto en sus atributos sensoriales | 25 |
| 2.16.1 | Alcoholes | 25 |
| 2.16.2 | Ácidos orgánicos | 26 |
| 2.16.3 | Esteres | 26 |
| 2.16.4 | Aldehídos | 27 |
| 2.16.5 | Terpenos | 27 |
| 2.17 | Evaluación sensorial del singani | 27 |
| 2.17.1 | Técnica de degustación | 28 |
| 2.18 | Destilación | 28 |
| 2.19 | Tipos de destiladores | 29 |
| 2.19.1 | Destilación en falcas | 29 |
| 2.19.2 | Destilación directa en alambique | 30 |
| 2.19.3 | Destilación en columna continua | 30 |
| 2.20 | Descripción tecnológica a utilizar | 31 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.20.1 | Molienda | 31 |
| 2.20.2 | Fermentación alcohólica | 32 |
| 2.20.2.1 | Control de la fermentación alcohólica | 33 |
| 2.20.2.2 | Bioquímica de la fermentación alcohólica | 36 |
| 2.20.3 | Destilación | 37 |

CAPÍTULO III

“METODOLOGÍA EXPERIMENTAL”

| | | |
|---------|--|----|
| 3.1 | Introducción | 38 |
| 3.2 | Descripción de equipos | 38 |
| 3.2.1 | Balanza industrial de plataforma | 38 |
| 3.2.1.1 | Especificación técnica de la balanza industrial | 39 |
| 3.2.2 | Estrujadora-Despalilladora | 39 |
| 3.2.2.1 | Especificación técnica de la estrujadora-despalilladora..... | 40 |
| 3.2.3 | Bomba pistón | 40 |
| 3.2.3.1 | Especificación técnica de la bomba piston | 41 |
| 3.2.4 | Vasijas de microfermentación | 41 |
| 3.2.4.1 | Especificación técnica de las Vasijas de microfermentación | 42 |
| 3.2.5 | Prensa neumática | 42 |
| 3.2.5.1 | Especificación técnica de la prensa neumática | 43 |
| 3.2.6 | Llenadora de botellas | 43 |
| 3.2.6.1 | Especificación técnica de la Llenadora de botellas | 44 |
| 3.2.7 | Filtro a placa | 44 |

| | |
|--|----|
| 3.2.7.1 Especificación técnica del filtro a placa | 45 |
| 3.2.8 Alambique | 45 |
| 3.2.8.1 Partes Especificas del alambique | 46 |
| 3.3 Materiales de laboratorio | 46 |
| 3.4 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de singani a partir de la uva moscatel de Alejandría | 47 |
| 3.5 Descripción del diagrama de flujo | 48 |
| 3.5.1 Vendimia | 48 |
| 3.5.2 Recepción de la materia prima y pesado | 48 |
| 3.5.3 Molienda y encubado | 48 |
| 3.5.4 Encubado con orujo | 49 |
| 3.5.5 Encubado sin orujo | 49 |
| 3.5.6 Fermentación alcohólica | 49 |
| 3.5.7 Descube | 50 |
| 3.5.8 Trasiego | 51 |
| 3.5.9 Destilación | 51 |
| 3.5.10 Reducción del grado alcohólico | 52 |
| 3.5.11 Filtración | 52 |
| 3.5.12 Embotellado | 53 |
| 3.6 Metodología de la investigación | 53 |
| 3.6.1 Análisis fisicoquímico de la materia prima | 53 |
| 3.6.2 Análisis fisicoquímico del producto final | 54 |
| 3.7 Análisis sensorial | 54 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.7.1 | Evaluación sensorial del producto final | 54 |
| 3.8 | Diseño experimental | 55 |
| 3.8.1 | Diseño de bloques completamente aleatorios | 55 |
| 3.8.4 | Diseño factorial de bloques completamente aleatorios en el proceso de fermentación | 56 |
| 3.8.3 | Diseño factorial completamente al azar | 57 |
| 3.8.4 | Diseño factorial completamente al azar en el proceso de destilación cuando los tamaños de los tratamientos son desiguales | 57 |

CAPÍTULO IV

“RESULTADOS Y DISCUSIONES”

| | | |
|---------|--|----|
| 4.1 | Caracterización de la materia prima | 59 |
| 4.1.1 | Características fisicoquímicas de la materia prima | 59 |
| 4.1.2 | Evolución de los azúcares durante la maduración | 59 |
| 4.1.3 | Evolución de la acidez durante la maduración | 61 |
| 4.1.4 | Evolución del pH en la materia prima | 62 |
| 4.1.5 | Evolución de la densidad | 62 |
| 4.2 | Caracterización de las variable en el proceso de fermentación | 63 |
| 4.2.1 | Control de las variables del tiempo, °Baume y temperatura en el proceso de fermentación | 64 |
| 2.2.1.1 | Primera fermentación sin orujo | 64 |
| 2.2.1.2 | Segunda fermentación con orujo | 66 |

| | |
|---|----|
| 2.2.1.3 Tercera fermentación con orujo | 68 |
| 2.2.1.4 Cuarta fermentación con orujo | 70 |
| 4.2.2 Control del grado alcohólico, temperatura y tiempo en el proceso de destilación | 72 |
| 4.3 Evaluación sensorial para elegir la muestra patrón | 80 |
| 4.3.1 Análisis sensorial de los atributos para elegir la muestra patrón | 81 |
| 4.3.2 Análisis de varianza de los atributos para elegir la muestra patrón | 84 |
| 4.4 Evolución sensorial para elegir la muestra final | 84 |
| 4.4.1 Análisis sensorial de los atributos para elegir la muestra final | 85 |
| 4.4.2 Análisis de varianza de los atributos para elegir la muestra final | 88 |
| 4.5 Caracterización del producto final | 89 |
| 4.5.1 Análisis fisicoquímico del producto final | 89 |
| 4.2.2 Análisis sensorial de los atributos de la muestra final en comparación con la muestra patrón | 90 |
| 4.2.2 Análisis de varianza de los atributos de la muestra final en comparación con la muestra patrón | 92 |
| 4.6 Diseño estadístico en el proceso de fermentación de singani a partir de uva moscatel de Alejandría | 92 |
| 4.6.1 Análisis de varianza para el proceso de fermentación de singani de uva moscatel de Alejandría | 93 |
| 4.6.1.1 Prueba de Tukey para el factor tiempo del proceso de fermentación | 94 |

| | |
|---|-----|
| 4.6.1.2 Prueba de Tukey para el factor de los tachos de fermentación en función de los °Baume | 95 |
| 4.7 Diseño estadístico en el proceso de destilación de singani de uva moscatel de Alejandría | 95 |
| 4.7.1 Análisis de varianza para el proceso de destilación de singani de uva moscatel de Alejandría | 96 |
| 4.8 Balance de materia en el proceso de elaboración de singani de uva moscatel de Alejandría | 97 |
| 4.8.1 Balance de materia en el proceso de pesado de la uva moscatel de Alejandría | 100 |
| 4.8.2 Balance de materia en el proceso de acondicionamiento y molienda | 101 |
| 4.8.3 Balance de materia en el proceso de encubado y fermentación .. | 102 |
| 4.8.4 Balance de materia en el proceso de descubado | 103 |
| 4.8.5 Balance de materia en el proceso de trasiego | 104 |
| 4.8.6 Balance de materia en el proceso de destilación | 105 |
| 4.8.7 Balance de materia en el proceso de rebaje y filtración | 107 |
| 4.9 Balance de energía en el proceso de elaboración de singani a partir de la uva moscatel de Alejandría | 110 |
| 4.9.1 Balance de energía en el proceso de destilación de singani de uva moscatel de Alejandría | 110 |
| 4.9.2 Cálculo del calor requerido en la molidora a rodillo para realizar la molienda de la uva | 111 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.9.3 | Balance térmico en la fermentación alcohólica | 112 |
|-------|---|-----|

CAPÍTULO V

“CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”

| | | |
|-----|-----------------------|-----|
| 5.1 | Conclusiones | 114 |
| 5.2 | Recomendaciones | 115 |
| | Bibliografía | 116 |
| | Anexos | |

ÍNDICE DE CUADROS

Página

| | |
|---|----|
| Cuadro 2.1. Taxonomía de la uva moscatel de Alejandría..... | 9 |
| Cuadro 2.2. Composición del hollejo al estado fresco | 12 |
| Cuadro 2.3. Composición de la semilla de la uva | 12 |
| Cuadro 2.4. Composición química de la pulpa | 13 |
| Cuadro 2.5. Composición fisicoquímica del mosto de uvas frescas | 14 |
| Cuadro 2.6. Contenidos medios en vitaminas de mosto..... | 19 |
| Cuadro 2.7. Composición química del singani..... | 25 |
| Cuadro 2.8. Composición porcentual del balance química de la Fermentación alcohólica | 34 |
| Cuadro 2.9. Productos primarios y secundarios de la fermentación Alcohólica | 35 |
| Cuadro 3.1. Especificación técnica de la balanza industrial de Plataforma..... | 39 |
| Cuadro 3.2. Especificación técnica del molino de rodillo | 40 |
| Cuadro 3.3. Especificación técnica de la bomba de pistón | 41 |
| Cuadro 3.4. Especificación técnica de vasija de microfermentación..... | 42 |
| Cuadro 3.5. Especificación técnica de la prensa neumática..... | 43 |
| Cuadro 3.6. Especificación técnica de la llenadora de botellas | 44 |
| Cuadro 3.7. Especificación técnica del filtro de placa | 45 |
| Cuadro 3.8. Materiales de laboratorio..... | 46 |
| Cuadro 3.9. Parámetros analizados para el seguimiento de Maduración | 53 |
| Cuadro 3.10. Análisis fisicoquímico del producto final..... | 54 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 3.11. Diseño factorial de bloques completamente aleatorios En el proceso de destilación | 56 |
| Cuadro 3.12. Diseño factorial completamente al azar en el proceso De destilación..... | 58 |
| Cuadro 4.1. Análisis fisicoquímico de la uva variedad moscatel de Alejandría..... | 59 |
| Cuadro 4.2. Control de las variables para el tacho 1 | 65 |
| Cuadro 4.3. Control de las variables en el proceso de fermentación Para el tacho 2..... | 67 |
| Cuadro 4.4. Control de las variables en el proceso de fermentación Para el tacho 3..... | 69 |
| Cuadro 4.5. Control de las variables en el proceso de fermentación Para el tacho 4..... | 71 |
| Cuadro 4.6. Control de las variables para el tacho 1 | 73 |
| Cuadro 4.7. Control de las variables para el tacho 2 | 75 |
| Cuadro 4.8. Control de las variables para el tacho 3 | 78 |
| Cuadro 4.9. Control de las variables para el tacho 4 | 79 |
| Cuadro 4.10. Evaluación sensorial de los atributos para elegir la Muestra patrón muestra 1 | 81 |
| Cuadro 4.11. Evaluación sensorial de los atributos para elegir la Muestra patrón muestra 2 | 82 |
| Cuadro 4.12. Evaluación sensorial de los atributos para elegir la Muestra patrón muestra 3 | 82 |
| Cuadro 4.13. Resultados promedios de la evaluación sensorial de los Atributos para elegir la muestra patrón | 83 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 4.14. Análisis de varianza de los atributos para elegir la Muestra patrón | 84 |
| Cuadro 4.15 Evaluación sensorial de los atributos para elegir la Muestra final muestra 1 | 85 |
| Cuadro 4.16 Evaluación sensorial de los atributos para elegir la Muestra final muestra 2..... | 86 |
| Cuadro 4.17 Evaluación sensorial de los atributos para elegir la Muestra final muestra 3..... | 86 |
| Cuadro 4.18 Evaluación sensorial de los atributos para elegir la Muestra final muestra 4..... | 87 |
| Cuadro 4.19. Resultados promedios de la evaluación sensorial de los Atributos para elegir la muestra patrón | 87 |
| Cuadro 4.20. Análisis de varianza de los atributos de la muestra final | 88 |
| Cuadro 4.21. Análisis fisicoquímico del producto final | 89 |
| Cuadro 4.22. Evaluación sensorial de los atributos del producto Final M4 | 90 |
| Cuadro 4.23. Evaluación sensorial de la muestra patrón R1 | 90 |
| Cuadro 4.24. Resultados promedios de la muestra final en Comparación con la muestra patrón | 91 |
| Cuadro 4.25. Análisis de varianza de los atributos de la muestra final en comparación con la muestra patrón..... | 92 |
| Cuadro 4.26. Diseño experimental en el proceso de fermentación de Singani de uva moscatel de Alejandría | 93 |
| Cuadro 4.27. Análisis de varianza del proceso de fermentación de Singani de uva moscatel de Alejandría | 93 |
| Cuadro 4.28. Prueba de tukey para el factor tiempo de fermentación En función de los °Baume..... | 94 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 4.29. Prueba de tukey para el factor de los tachos de Fermentación en función de los °Baume | 95 |
| Cuadro 4.30. Diseño experimental en el proceso de destilación de Singani de uva moscatel de Alejandría | 96 |
| Cuadro 4.31. Análisis de varianza en el proceso de destilación | 97 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 2.1. Partes de la vid | 7 |
| Figura 2.2. Corte esquemático de la uva moscatel de Alejandría | 10 |
| Figura 3.1. Balanza industrial de plataforma..... | 38 |
| Figura 3.2. Estrujadora-Despalilladora..... | 39 |
| Figura 3.3. Bomba pistón..... | 40 |
| Figura 3.4. Vasijas de microfermentación..... | 41 |
| Figura 3.5. Prensa neumática..... | 42 |
| Figura 3.6. Llenadora de botellas..... | 43 |
| Figura 3.7. Filtro a placa | 44 |
| Figura 3.8. Alambique para obtención del destilado singani de uva | 45 |
| Figura 3.9. Proceso de elaboración de singani a partir de la uva Moscotel de Alejandría..... | 47 |
| Figura 4.1. Evolución (°Brix) en la maduración de la uva moscatel de Alejandría..... | 60 |
| Figura 4.2. Evolución (°Baume) en la maduración de la uva moscatel de Alejandría..... | 60 |
| Figura 4.3. Evolución del factor acidez total en la uva moscatel de Alejandría..... | 61 |
| Figura 4.4. Evolución del pH en la uva moscatel Alejandría | 62 |
| Figura 4.5. Evolución de la densidad en la uva moscatel Alejandría | 63 |
| Figura 4.6. Control del °Baume el tacho 1 en el proceso de fermentación | 65 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.7. Control de la temperatura en el tacho 1 en el proceso de Fermentación..... | 66 |
| Figura 4.8. Control del °Baume el tacho 2 en el proceso de fermentación | 67 |
| Figura 4.9. Control de la temperatura en el tacho 2 en el proceso de Fermentación..... | 68 |
| Figura 4.10. Control del °Baume el tacho 3 en el proceso de fermentación | 69 |
| Figura 4.11. Control de la temperatura en el tacho 3 en el proceso de Fermentación..... | 70 |
| Figura 4.12. Control del °Baume el tacho 4 en el proceso de fermentación | 71 |
| Figura 4.13. Control de la temperatura en el tacho 4 en el proceso de Fermentación..... | 72 |
| Figura 4.14. Control de grado alcohólico en función del tiempo para el Tacho 1..... | 74 |
| Figura 4.15. Control de grado alcohólico en función del tiempo para el Tacho 2..... | 76 |
| Figura 4.16. Control de grado alcohólico en función del tiempo para el Tacho 3..... | 78 |
| Figura 4.17. Control de grado alcohólico en función del tiempo para el Tacho 4..... | 80 |
| Figura 4.18. Resultados promedios de la evaluación sensorial de los | |

| | |
|--|-----|
| Atributos para elegir muestra patrón | 83 |
| Figura 4.19. Resultados promedios de la evaluación sensorial de los | |
| Atributos para elegir muestra final | 88 |
| Figura 4.20. Resultados promedios de la evaluación sensorial de los | |
| Atributos de la muestra final en comparacion de la muestra | |
| Patrón | 91 |
| Figura 4.21. Balance de materia para tacho 4 fermentación con orujo en | |
| La elaboración de singani a partir de uva moscatel de | |
| Alejandría | 98 |
| Figura 4.22. Balance de materia en el proceso de pesado | 100 |
| Figura 4.23. Balance de materia en el proceso de acondicionamiento y | |
| Molienda | 101 |
| Figura 4.24. Balance de materia en el proceso de encubado y | |
| Fermentación..... | 102 |
| Figura 4.25. Balance de materia en el proceso de descubado | 104 |
| Figura 4.26 Balance de materia en el proceso de trasiego..... | 105 |
| Figura 4.27 Balance de materia en el proceso de destilación | 106 |
| Figura 4.28 Balance de materia en el proceso de rebaje y destilación.... | 108 |