

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**“DETERMINACIÓN DE ANHÍDRIDO SULFUROSO TOTAL EN VINOS BLANCOS
ARTESANALES DEL MUNICIPIO DE SAN LORENZO Y EL VALLE DE LA
CONCEPCIÓN”**

Por:

SARA JEREZ PÉREZ

Trabajo final de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

AGOSTO, 2024

TARIJA - BOLIVIA

Dedicatoria:

A mis padres, a quienes dedico este trabajo con especial cariño y admiración. Su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios han sido mi mayor fuente de inspiración y motivación. Gracias por creer en mí y por brindarme todo lo necesario para alcanzar mis sueños.

ÍNDICE

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	Objeto de estudio	4
1.6	Campo de acción	4
1.7	Formulación del problema	5
1.8	Hipótesis	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Origen del anhídrido sulfuroso	6
2.2	Definición de anhídrido sulfuroso	6
2.3	Tipos de anhídrido sulfuroso en vinos	6
2.3.1	Anhídrido sulfuroso libre	6
2.3.2	Anhídrido sulfuroso combinado	7
2.3.3	Anhídrido sulfuroso total	7
2.4	Propiedades fisicoquímicas del anhídrido sulfuroso	8
2.5	Aplicaciones del anhídrido sulfuroso	9
2.5.1	Aplicación en la industria alimentaria	9
2.5.2	Aplicación en la industria vitivinícola	10
2.6	Propiedades del anhídrido sulfuroso en vinos	10
2.7	Uso de anhídrido sulfuroso en vinos	11
2.8	Influencia del pH	13
2.9	Influencia de la temperatura	13

2.10	Daños del anhídrido sulfuroso en la salud.....	14
2.11	Alternativas al uso del sulfuroso en vinos.....	15
2.12	Química analítica cuantitativa.....	16
2.13	Análisis volumétrico	17
2.14	Determinación analítica del anhídrido sulfuroso en el vino	17
2.15	Métodos de análisis para determinar anhídrido sulfuroso.....	18

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	19
3.2	Tipo de intervención experimental.....	19
3.3	Paradigma investigativo	19
3.3.1	Paradigma positivista	20
3.4	Enfoque de la investigación.....	20
3.5	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación.....	20
3.5.1	Análisis fisicoquímico de vino blanco artesanal	21
3.6	Equipos de proceso, instrumentos, materiales y reactivos químicos de laboratorio	22
3.6.1	Equipo destilador enológico	22
3.6.2	Instrumentos de laboratorio.....	22
3.6.3	Material de laboratorio.....	23
3.6.4	Reactivos químicos de laboratorio.....	24
3.7	Procedimiento experimental para determinar los parámetros fisicoquímicos en vinos blancos	24
3.7.1	Procedimiento experimental para la determinación de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos	24
3.7.2	Procedimiento experimental para la determinación de acidez total en vinos blancos	25
3.7.3	Procedimiento experimental para la determinación de pH en vinos blancos	26
3.7.4	Procedimiento experimental para la determinación de grado alcohólico en vinos blancos.....	27

3.7.5	Procedimiento experimental para la determinación °Brix en vinos blancos	28
3.8	Diseño experimental	29
3.8.1	Diseño por bloques completamente al azar (DBCA)	29
3.8.2	Diseño experimental por bloques completamente al azar (DBCA) para determinar los parámetros fisicoquímicos en vinos blancos	30
3.9	Operacionalización de las variables para la determinación de parámetros fisicoquímicos en vinos blancos	31

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1	Ubicación geográfica de la toma de muestras	33
4.1.1	Delimitación geográfica de la toma de muestras de vino blanco artesanal municipio de San Lorenzo	33
4.1.2	Delimitación geográfica de la toma de muestras de vino blanco artesanal de la localidad Valle de la Concepción	34
4.2	Caracterización de las variables fisicoquímicas para determinar anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales	34
4.2.1	Parámetros fisicoquímicos para las pruebas experimentales de vino blanco artesanal	35
4.3	Caracterización de las muestras de vino blanco artesanal para el lote N°1	36
4.3.1	Determinación de anhídrido sulfuroso total en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°1	36
4.3.2	Gráfica de control del contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales del lote N°1	38
4.3.3	Determinación del contenido de grado alcohólico en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°1	40
4.3.4	Gráfica de control de contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales del lote N°1	42

4.3.5	Determinación de pH en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°1	43
4.3.6	Gráfica de control de pH en vinos blancos artesanales del lote N°1 ...	45
4.3.7	Determinación de acidez total en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°1	46
4.3.8	Gráfica de control de contenido de acidez total en vinos blancos artesanales del lote N°1	48
4.3.9	Determinación de °Brix en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°1	49
4.4	Caracterización de las muestras de vino blanco artesanal para el lote N°2	51
4.4.1	Determinación de anhídrido sulfuroso total en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°2.....	52
4.4.2	Gráfica de control de contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales del lote N°2	54
4.4.3	Determinación del contenido de grado alcohólico en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°2	55
4.4.4	Gráfica de control de contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales del lote N°2	57
4.4.5	Determinación de pH en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°2	58
4.4.6	Gráfica de control de límites de pH en vinos blancos artesanales del lote N°2	60
4.4.7	Determinación de acidez total en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°2.....	61
4.4.8	Gráfica de control de límites de acidez total en vinos blancos artesanales del lote N°2	63
4.4.9	Determinación de °Brix en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°2	64
4.5	Caracterización de las muestras de vino blanco artesanal para el lote N°3	66
4.5.1	Determinación del contenido de anhídrido sulfuroso total en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°3.....	67

4.5.2	Gráfica de control de contenido de anhídrido sulfuroso total en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°3.....	68
4.5.3	Determinación del contenido de grado alcohólico en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°3	69
4.5.4	Gráfica de control de límites de contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales del lote N°3.....	71
4.5.5	Determinación de pH en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°3	73
4.5.6	Gráfica de control de límites de pH en vinos blancos artesanales del lote N°3	74
4.5.7	Determinación de acidez total en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°3.....	75
4.5.8	Gráfica de control de límites de acidez total en vinos blancos artesanales del lote N°3	77
4.5.9	Determinación de °Brix en las muestras de vino blanco artesanal del lote N°3	78
4.6	Matriz de la variable respuesta anhídrido sulfuroso total en productores (muestras) de vino blanco	80
4.6.1	Análisis de varianza para la variable respuesta anhídrido sulfuroso total en muestras de vino blanco.....	81
4.6.2	Estadístico de Tukey para la variable respuesta anhídrido sulfuroso total	82
4.7	Matriz de la variable respuesta grado alcohólico en productores (muestras) de vino blanco	83
4.7.1	Análisis de varianza para la variable respuesta grado alcohólico en muestras de vino blanco	83
4.7.2	Estadístico de Tukey para las muestras de vino blanco artesanal con respecto a la variable respuesta grado alcohólico	84
4.8	Matriz de la variable respuesta pH en productores (muestras) de vino blanco.....	85
4.8.1	Análisis de varianza para la variable respuesta pH en vinos blancos artesanales	86

4.8.2	Estadístico de Tukey para las muestras de vino blanco artesanal con respecto a la variable respuesta pH.....	87
4.9	Matriz de la variable respuesta acidez total en productores (muestras) de vino blanco	88
4.9.1	Análisis de varianza para la variable respuesta acidez total en muestras de vino blanco	89
4.9.2	Estadístico de Tukey para las muestras de vino blanco artesanal con respecto a la variable respuesta acidez total	90

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	92
5.2	Recomendaciones	96

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía	97
--------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Propiedades fisicoquímicas del anhídrido sulfuroso	9
Tabla 2.2	Dosificación de anhídrido sulfuroso en vendimia	12
Tabla 2.3	Concentración de sulfuroso libre (mg/l o ppm) para mantener una buena conservación del vino	12
Tabla 3.1	Materiales de laboratorio utilizados en la parte experimental	23
Tabla 3.2	Reactivos químicos de laboratorio.....	24
Tabla 3.3	Matriz experimental para determinar los parámetros fisicoquímicos en vinos blancos	30
Tabla 3.4	Operacionalización de las variables para determinar los parámetros fisicoquímicos en vinos blancos	32

Tabla 4.1	Contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales.	37
Tabla 4.2	Contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales.....	40
Tabla 4.3	Resultados de pH en vinos blancos artesanales	43
Tabla 4.4	Resultados de acidez total en vinos blancos artesanales.....	46
Tabla 4.5	Resultados de °Brix en vinos blancos artesanales	49
Tabla 4.6	Contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales.	52
Tabla 4.7	Contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales.....	56
Tabla 4.8	Resultados de pH en vinos blancos artesanales	59
Tabla 4.9	Resultados de acidez total en vinos blancos artesanales.....	62
Tabla 4.10	Resultados de °Brix en vinos blancos artesanales	65
Tabla 4.11	Contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales.	68
Tabla 4.12	Contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales.....	70
Tabla 4.13	Resultados de pH en vinos blancos artesanales	73
Tabla 4.14	Resultados de acidez total en vinos blancos artesanales.....	76
Tabla 4.15	Resultados de °Brix en vinos blancos artesanales	79
Tabla 4.16	Matriz de la variable respuesta anhídrido sulfuroso total	81
Tabla 4.17	Análisis de varianza de la variable respuesta anhídrido sulfuroso total.....	81
Tabla 4.18	Estadístico de Tukey de productores de vino para la variable respuesta anhídrido sulfuroso total.....	82
Tabla 4.19	Matriz de la variable respuesta grado alcohólico	83
Tabla 4.20	Análisis de varianza de la variable respuesta grado alcohólico	84
Tabla 4.21	Estadístico de Tukey de productores de vino para la variable respuesta grado alcohólico	85
Tabla 4.22	Matriz de la variable respuesta pH	86
Tabla 4.23	Análisis de varianza de la variable respuesta pH	87
Tabla 4.24	Estadístico de Tukey de productores de vino para la variable respuesta pH.....	88
Tabla 4.25	Matriz de la variable respuesta acidez total.....	89
Tabla 4.26	Análisis de varianza de la variable respuesta acidez total	90
Tabla 4.27	Estadístico de Tukey de productores de vino para la variable respuesta acidez total.	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Diferentes formas químicas del SO ₂ en el vino.....	8
Figura 2.2	Propiedades del anhídrido sulfuroso en vinos.....	11
Figura 2.3	Porcentaje de las distintas formas del “sulfuroso” en función del pH del vino.....	13
Figura 2.4	Métodos analíticos cuantitativos	16
Figura 2.5	Métodos de análisis para determinar SO ₂	18
Figura 3.1	Métodos y técnicas utilizadas para los análisis fisicoquímicos de vinos blancos artesanales	21
Figura 3.2	Especificación técnica destilador enológico	22
Figura 3.3	Especificaciones técnicas de instrumentos de laboratorio.....	23
Figura 3.4	Procedimiento experimental para determinar anhídrido sulfuroso total	25
Figura 3.5	Procedimiento experimental para determinar acidez total	26
Figura 3.6	Procedimiento experimental para determinar pH.....	27
Figura 3.7	Procedimiento experimental para determinar el grado alcohólico.....	28
Figura 3.8	Procedimiento experimental para determinar °Brix.....	29
Figura 4.1	Delimitación geográfica de la toma de muestras de vino blanco artesanal municipio San Lorenzo	33
Figura 4.2	Delimitación geográfica de la toma de muestras de vino blanco artesanal de la localidad Valle de la Concepción.....	34
Figura 4.3	Parámetros fisicoquímicos para las pruebas experimentales de vino blanco artesanal	35
Figura 4.4	Caracterización de las muestras de vino blanco artesanal para el lote N°1.	36
Figura 4.5	Contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo.....	37
Figura 4.6	Contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	38
Figura 4.7	Control del contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción	39
Figura 4.8	Contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales de	

	San Lorenzo.....	41
Figura 4.9	Contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción.....	41
Figura 4.10	Control del contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción	42
Figura 4.11	pH en vinos blancos artesanales de San Lorenzo.....	44
Figura 4.12	pH en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	44
Figura 4.13	Control de pH en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción.....	45
Figura 4.14	Acidez total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo	47
Figura 4.15	Acidez total en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	47
Figura 4.16	Control de contenido de acidez total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción.....	48
Figura 4.17	°Brix en vinos blancos artesanales de San Lorenzo.....	50
Figura 4.18	°Brix en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	50
Figura 4.19	Caracterización de las muestras de vino blanco artesanal para el lote N°2	51
Figura 4.20	Contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo.....	53
Figura 4.21	Contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	53
Figura 4.22	Control de contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción	55
Figura 4.23	Contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales de San Lorenzo.....	56
Figura 4.24	Contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción.....	57
Figura 4.25	Control de límites del contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción	58
Figura 4.26	pH en vinos blancos artesanales de San Lorenzo.....	59
Figura 4.27	pH en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	60
Figura 4.28	Control de límites de pH en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción.....	61

Figura 4.29	Acidez total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo	62
Figura 4.30	Acidez total en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	63
Figura 4.31	Control de límites de contenido de acidez total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción	64
Figura 4.32	°Brix en vinos blancos artesanales de San Lorenzo	65
Figura 4.33	°Brix en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	66
Figura 4.34	Caracterización de las muestras de vino blanco artesanal para el lote N°3	67
Figura 4.35	Control de límites del contenido de anhídrido sulfuroso total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción	69
Figura 4.36	Contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales de San Lorenzo.....	70
Figura 4.37	Contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	71
Figura 4.38	Control de límites del contenido de grado alcohólico en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción	72
Figura 4.39	pH en vinos blancos artesanales de San Lorenzo.....	73
Figura 4.40	pH en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	74
Figura 4.41	Control de límites de pH en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción.....	75
Figura 4.42	Acidez total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo	76
Figura 4.43	Acidez total en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	77
Figura 4.44	Control de límites de contenido de acidez total en vinos blancos artesanales de San Lorenzo y el Valle de la Concepción	78
Figura 4.45	°Brix en vinos blancos artesanales de San Lorenzo	79
Figura 4.46	°Brix en vinos blancos artesanales del Valle de la Concepción	80

ANEXOS

- ANEXO A Análisis de laboratorio
- ANEXO B Análisis estadístico de Fisher y Tukey para el diseño experimental
- ANEXO C Metodología para la obtención de los resultados
- ANEXO D Normas del IBNORCA para vinos
- ANEXO E Fotografías de equipos, instrumentos y materiales de laboratorio
- ANEXO F Tablas para el estadístico de Fisher y Tukey