

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

INGENIERÍA DE ALIMENTOS



ELABORACIÓN DE SIDRA NATURAL DE PIÑA

POR:

LEONARDO ÁNGEL BARCA MOGRO

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.

OCTUBRE, 2023

TARIJA-BOLIVIA

M.Sc. Ing Marcelo Segovia Cortez
**DECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

M.Sc. Lic. Gustavo Succi Aguirre
**VICEDECANO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

Ing. Jesús Zamora Gutiérrez
**DIRECTOR DPTO. BIOTECNOLOGÍA
Y CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**

M.Sc. Ing. Erick Ramírez Ruiz
DOCENTE GUÍA

Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez
TRIBUNAL

Ing. Mirtha Rosa Cuellar Solano
TRIBUNAL

Ing. José Jhonny Mercado Rojas
TRIBUNAL

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

Dedicatoria:

El presente trabajo de Tesis está dedicado a Dios, gracias a él logré concluir mi carrera, a mis padres, por estar siempre a mi lado brindándome todo su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos por sus palabras de compañía, a mis amigos, compañeros y a quienes me ayudaron a llegar donde he llegado.

Agradecimientos:

En primer lugar, agradezco a Dios por acompañarme y brindarme protección siempre en todo momento, y la oportunidad de lograr mis objetivos y ser luz guía en el camino de mi vida.

A mis padres y hermanos (a) que siempre me han brindado todo su apoyo incondicional días y noches durante mis estudios, gracias a ellos no me faltaron ánimos para poder cumplir mis objetivos personales y académicos.

A mi tutor por su paciencia y dedicación, que sin su guía, palabras y correcciones precisas en base a su experiencia y sabiduría no hubiese podido realizar el desarrollo del presente trabajo de manera apropiada.

A mis docentes que han sido parte del proceso de mi formación académica, a ellos por su paciencia y compartir sus conocimientos que hoy poseo; así también agradecer a mis tribunales: Ing. Mirtha Rosa Cuellar Solano, Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez e Ing. José Johnny Mercado Rojas que gracias a sus consejos fueron parte en la culminación de mi trabajo.

A la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, a la Facultad de Ciencias y Tecnología y particularmente a la Carrera de Ingeniería de Alimentos que me permitió formarme en sus aulas y gracias a su plantel Administrativo y Docente ya sea de manera directa o indirecta que fueron partícipes de este proceso.

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

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Origen de bebidas alcohólicas	6
2.2	Definición de bebidas alcohólicas.....	6
2.3	Clasificación de bebidas alcohólicas	6
2.3.1	Definición de bebidas alcohólicas fermentadas	7
2.3.2	Tipos de sidra.....	7
2.4	Aplicaciones de la sidra natural para el ser humano	7
2.5	Caracterización de la piña.....	8
2.5.1	Piña.....	8
2.5.2	Características botánicas de la piña	8
2.5.3	Taxonomía de la piña.....	9
2.5.4	Composición fisicoquímica de la piña	9
2.5.5	Propiedades nutricionales de la piña.....	10
2.6	Aplicaciones de la piña para el ser humano	10
2.7	Insumos alimentarios para la elaboración de sidra natural de piña.....	10
2.7.1	Metabisulfito de potasio	10

2.7.2	Levadura vinífera	11
2.7.3	Ácido ascórbico	11
2.7.4	Bentonita	11
2.8	Proceso tecnológico para la elaboración de sidra natural de piña	12
2.8.1	Fermentación alcohólica	12
2.8.2	Parámetros físicos en el proceso de fermentación alcohólica	13
2.8.2.1	Temperatura	13
2.8.2.2	Aireación (O ₂)	13
2.8.2.3	pH	13
2.8.2.4	Concentración de etanol (grado alcohólico)	14
2.9	Operaciones en el proceso de elaboración de sidra natural de piña.	14
2.9.1	Extracción	14
2.9.2	Fermentación	14
2.9.3	Filtración	15
2.9.4	Clarificación	15

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1	Desarrollo de la parte experimental	16
3.2	Tipo de intervención experimental	16
3.3	Paradigma investigativo	16
3.3.1	Paradigma positivista	16
3.4	Enfoque de investigación	17
3.5	Métodos, técnicas e instrumentos	17
3.5.1	Análisis físicos e índice de madurez de la piña	17
3.5.2	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la piña	18
3.5.3	Análisis físicos en el proceso de fermentación alcohólica de piña	19
3.5.4	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la sidra natural de piña	19
3.6.	Equipos, instrumentos, material de laboratorio y utensilios de cocina	20
3.6.1	Equipos	20
3.6.2	Instrumentos de laboratorio	20
3.6.3	Material de laboratorio	21

3.6.4	Utensilios de cocina.....	21
3.7	Reactivos químicos e insumos alimentarios	22
3.8	Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de sidra natural de piña...	22
3.8.1	Descripción del diagrama de flujo del proceso de elaboración de sidra natural de piña.....	23
3.8.1.1	Piña	24
3.8.1.2	Lavado	24
3.8.1.3	Descascarado y descorazonado	24
3.8.1.4	Trituración	24
3.8.1.5	Dosificación	25
3.8.1.6	Fermentación.....	25
3.8.1.7	Filtrado.....	26
3.8.1.8	Dilución	26
3.8.1.9	Ajuste de sólidos solubles (°Brix).....	27
3.8.1.10	Clarificado	27
3.8.1.11	Trasiego	27
3.8.1.12	Embotellado	27
3.8.1.13	Almacenamiento	27
3.9	Evaluación sensorial de los alimentos	28
3.10	Diseño experimental.....	28
3.11	Diseño factorial.....	29
3.11.1	Diseño factorial 2 ³ en el proceso de fermentación alcohólica.....	30
3.12	Operacionalización de las variables para la elaboración de sidra natural de piña.....	31

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Caracterización de la piña.....	32
4.1.1	Propiedades físicas de la piña.....	32
4.1.2	Índice de madurez de la piña	33
4.1.3	Análisis fisicoquímicos de la piña variedad <i>Cayena lisa</i>	34
4.1.4	Análisis microbiológicos de la piña.....	35

4.2	Caracterización de las variables del proceso de elaboración de sidra natural de piña.....	35
4.2.1	Pruebas preliminares para la elaboración de sidra natural de piña	35
4.2.2	Pruebas preliminares de sidra natural de piña para la prueba 1	36
4.2.3	Pruebas preliminares en la dosificación de insumos para la prueba 2	38
4.2.3.1	Estadístico de caja y bigote para la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 2	40
4.2.3.2	Estadístico de Tukey para el atributo color en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 2	41
4.2.3.3	Estadístico de Tukey para el atributo turbidez en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 2	41
4.2.3.4	Estadístico de Tukey para el atributo aroma en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 2	42
4.2.4	Pruebas preliminares en la variación de la dosificación de insumos para la prueba 3	42
4.2.4.1	Estadístico de caja y bigote para la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 3	43
4.2.4.2	Estadístico de Tukey para el atributo color en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 3	44
4.2.4.3	Estadístico de Tukey para el atributo turbidez en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 3	44
4.2.4.4	Estadístico de Tukey para el atributo aroma en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 3	45
4.2.4.5	Estadístico de Tukey para el atributo sabor en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 3	45
4.2.4.6	Estadístico de Tukey para el atributo acidez en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 3	45
4.2.4.7	Estadístico de Tukey para el atributo grado alcohólico en la dosificación de insumos de las pruebas preliminares de la prueba 3	46
4.2.5	Control de factores: °Brix, pH y acidez en el proceso de fermentación alcohólica	47
4.2.5.1	Control de °Brix en el proceso de fermentación alcohólica del mosto de piña	47
4.2.5.2	Control de acidez en el proceso de fermentación alcohólica del mosto de piña.....	48
4.2.5.3	Control de pH en el proceso de fermentación alcohólica del mosto de piña	50
4.3	Diseño factorial 2 ³ en el proceso de fermentación alcohólica del jugo de piña para la elaboración de sidra natural de piña	51
4.3.1	Variable respuesta de acidez total en el proceso de fermentación alcohólica	51

4.3.2	Variable respuesta de pH en el proceso de fermentación alcohólica	54
4.3.3	Variable respuesta del grado alcohólico en el proceso de fermentación alcohólica	57
4.3.4	Pruebas experimentales del factor tiempo de fermentación del proceso de fermentación alcohólica.....	60
4.3.4.1	Estadístico caja y bigote del factor tiempo de fermentación del nivel superior en la elaboración de sidra natural de piña	61
4.3.4.2	Estadístico de Tukey en el atributo turbidez para el factor tiempo de fermentación del nivel superior en la elaboración de sidra natural de piña	61
4.3.4.3	Estadístico de Tukey en el atributo sabor para el factor tiempo de fermentación del nivel superior en la elaboración de sidra natural de piña	62
4.3.4.4	Estadístico caja y bigote del factor tiempo de fermentación del nivel inferior en la elaboración de sidra natural de piña	63
4.3.4.5	Estadístico de Tukey en el atributo color para el factor tiempo de fermentación del nivel inferior en la elaboración de sidra natural de piña.....	64
4.3.4.6	Estadístico de Tukey en el atributo aroma para el factor tiempo de fermentación del nivel inferior en la elaboración de sidra natural de piña.....	64
4.3.4.7	Estadístico de Tukey en el atributo sabor para el factor tiempo de fermentación del nivel inferior en la elaboración de sidra natural de piña	65
4.3.4.8	Estadístico de Tukey en el atributo acidez para el factor tiempo de fermentación del nivel inferior en la elaboración de sidra natural de piña.....	65
4.3.5	Elección de la muestra final de sidra natural de piña entre las pruebas del factor tiempo de fermentación y la prueba ideal	66
4.3.5.1	Estadístico caja y bigote para las pruebas del factor tiempo de fermentación y prueba ideal	66
4.3.5.2	Estadístico de Tukey en el atributo sabor de las pruebas experimentales del factor tiempo de fermentación y prueba ideal.....	67
4.3.5.3	Valoración de la muestra final de sidra natural de piña	67
4.4	Caracterización de sidra natural de piña.....	68
4.4.1	Análisis fisicoquímico de la sidra natural de piña	68
4.4.2	Análisis microbiológico de la sidra natural de piña	69
4.5	Balance de materia en el proceso de elaboración de sidra natural de piña	70
4.5.1	Balance de materia en la etapa de lavado de la piña	72
4.5.2	Balance de materia en la etapa de descascarado y descorazonado de la piña	73
4.5.3	Balance de materia en la etapa de triturado de la piña.....	74
4.5.4	Balance de materia en la etapa de dosificación	75
4.5.5	Balance de materia en la etapa de fermentación	76

4.5.6	Balance de materia en la etapa de filtrado	78
4.5.7	Balance de materia en la etapa de dilución	79
4.5.8	Balance de materia en la etapa de ajuste de °Brix	80
4.5.9	Balance de materia en la etapa de clarificado	81
4.5.10	Balance de materia en la etapa de trasiego	81
4.5.11	Balance de materia en la etapa de embotellado	82
4.6	Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de sidra natural de piña	83
4.7.	Balance de energía en el proceso de elaboración de sidra natural de piña	84
4.7.1	Balance de energía en la etapa de fermentación alcohólica	85

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	88
5.2	Recomendaciones	89

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía.....	91
-------------------	----

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Producción de Piña en Bolivia.....	2
Tabla 2.1	Clasificación taxonómica de la piña	9
Tabla 2.2	Composición fisicoquímica de la piña.....	9
Tabla 3.1	Niveles de variación de las variables en el proceso de fermentación alcohólica... 30	
Tabla 3.2	Diseño factorial de la matriz de variables para el proceso fermentación alcohólica. 30	
Tabla 4.1	Propiedades físicas de la piña.....	33
Tabla 4.2	Parámetros del índice de madurez de la piña.....	34
Tabla 4.3	Análisis fisicoquímicos de la piña	34
Tabla 4.4	Análisis microbiológicos de la piña.....	35
Tabla 4.5	Estadístico Tukey para el atributo color de la prueba 2	41
Tabla 4.6	Estadístico Tukey para el atributo turbidez de la prueba 2	41
Tabla 4.7	Estadístico Tukey para el atributo aroma de la prueba 2	42
Tabla 4.8	Estadístico Tukey para el atributo de la prueba 3	44
Tabla 4.9	Estadístico Tukey para el atributo turbidez de la prueba 3	44
Tabla 4.10	Estadístico Tukey para el atributo aroma de la prueba 3	45
Tabla 4.11	Estadístico Tukey para el atributo sabor de la prueba 3.....	45
Tabla 4.12	Estadístico Tukey para el atributo acidez de la prueba 3	46
Tabla 4.13	Estadístico Tukey para el atributo grado alcohólico prueba 3	46
Tabla 4.14	Variación de °Brix según el tiempo de fermentación alcohólica	47
Tabla 4.15	Variación de acidez durante el tiempo de fermentación alcohólica	49
Tabla 4.16	Variación de pH en función del tiempo de fermentación alcohólica	50
Tabla 4.17	Análisis de varianza de la variable acidez total en el proceso fermentativo 51	
Tabla 4.18	Análisis de varianza de la variable respuesta pH en el proceso fermentativo 54	
Tabla 4.19	Análisis de varianza de la variable respuesta grado alcohólico	57
Tabla 4.20	Estadístico Tukey para el atributo turbidez del nivel superior.....	62
Tabla 4.21	Estadístico Tukey para el atributo sabor del nivel superior	62
Tabla 4.22	Estadístico Tukey para el atributo color del nivel inferior.....	64
Tabla 4.23	Estadístico Tukey para el atributo aroma del nivel inferior	64
Tabla 4.24	Estadístico Tukey para el atributo sabor del nivel inferior	65
Tabla 4.25	Estadístico Tukey para el atributo acidez del nivel inferior.....	65
Tabla 4.26	Estadístico Tukey para el atributo sabor de las pruebas experimentales e ideal. 67	
Tabla 4.27	Análisis fisicoquímico de la sidra natural de piña.....	69
Tabla 4.28	Análisis microbiológicos de la sidra natural de piña.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Clasificación de bebidas alcohólicas	6
Figura 2.2	Tipos de sidra	7
Figura 3.1	Parámetros físicos e índice de madurez de la piña	18
Figura 3.2	Parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la piña.....	18
Figura 3.3	Parámetros físicos durante el proceso de fermentación alcohólica	19
Figura 3.4	Parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la sidra natural de piña.....	19
Figura 3.5	Descripción de equipos	20
Figura 3.6	Descripción de instrumentos	21
Figura 3.7	Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de sidra natural	23
Figura 3.8	Lavado de la piña.....	24
Figura 3.9	Descascarado y descorazonado de la piña	24
Figura 3.10	Trituración de la piña	25
Figura 3.11	Fermentación alcohólica del mosto de piña	26
Figura 3.12	Filtrado de sidra	26
Figura 3.13	Embotellado	27
Figura 3.14	Evaluaciones sensoriales de sidra natural de piña.....	28
Figura 4.1	Muestras de piña (porción comestible y porción no comestible)	32
Figura 4.2	Pruebas preliminares para la elaboración de sidra natural de piña	36
Figura 4.3	Variación de la dosificación de insumos de muestras de la prueba 1	37
Figura 4.4	Valoración subjetiva de las muestras de prueba 1	38
Figura 4.5	Variación de dosificación de insumos para la prueba 2.....	39
Figura 4.6	Caja y bigote en la variación de dosificación de insumos para las muestras de la prueba 2.....	40
Figura 4.7	Variación porcentual de insumos en la dosificación para la prueba 3	43
Figura 4.8	Caja y bigote en la variación de dosificación de insumos de las muestras de la prueba 3.....	43
Figura 4.9	Variación de °Brix en función el tiempo de fermentación alcohólica.....	48
Figura 4.10	Variación de acidez en función del tiempo de fermentación alcohólica.....	49
Figura 4.11	Control de pH en función del tiempo de fermentación alcohólica	50
Figura 4.12	Efectos principales para acidez total.....	52
Figura 4.13	Interacción de factores para acidez total	53
Figura 4.14	Diagrama de Pareto estandarizado para acidez total.....	53

Figura 4.15	Efectos principales para pH.....	55
Figura 4.16	Interacción de factores para pH	55
Figura 4.17	Diagrama de Pareto estandarizado para el pH.....	56
Figura 4.18	Efectos principales para grado alcohólico.....	58
Figura 4.19	Interacción de factores para grado alcohólico	58
Figura 4.20	Diagrama de Pareto estandarizado para grado alcohólico	59
Figura 4.21	Estadístico caja y bigote del factor tiempo de fermentación del nivel superior.	61
Figura 4.22	Estadístico caja y bigote del factor tiempo de fermentación del nivel inferior..	63
Figura 4.23	Estadístico caja y bigote para elección de muestra final entre las pruebas del factor tiempo de fermentación y prueba ideal	66
Figura 4.24	Valoración de la muestra final de sidra natural de piña	68
Figura 4.25	Balance de materia en el proceso de elaboración de sidra natural de	70
Figura 4.26	Balance de materia en la etapa de lavado.....	72
Figura 4.27	Balance de materia en la etapa de descascarado y descorazonado	74
Figura 4.28	Balance de materia en la etapa de triturado.....	75
Figura 4.29	Balance de materia en la etapa de dosificación	75
Figura 4.30	Balance de materia en la etapa de fermentación.....	77
Figura 4.31	Balance de materia en la etapa de filtrado.....	78
Figura 4.32	Balance de materia en la etapa de dilución	79
Figura 4.33	Balance de materia en la etapa de ajuste de °Brix	80
Figura 4.34	Balance de materia en la etapa de clarificado	81
Figura 4.35	Balance de materia en la etapa de trasiego.....	82
Figura 4.36	Balance de materia en la etapa de embotellado	82
Figura 4.37	Resumen general del balance de materia	84
Figura 4.38	Balance de energía en la etapa de triturado	85

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1	Operacionalización de las variables para la elaboración de sidra natural de piña	31
Cuadro 4.1	Combinación de tratamientos en función del factor tiempo de fermentación	60