

“UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGIA Y CIENCIA DE LOS
ALIMENTOS



“BEBIDA ANALCOHÓLICA DE BAGAZO CERVECERO Y HARINA
DE AMARANTO”

Por:

HELEN ROCIO AYZAMA HUANCA

Trabajo final de grado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado de licenciado de Ingeniería de Alimentos,

TARIJA-BOLIVIA

2023

Dedicatoria:

El presente proyecto está dedicado para mis papas y hermanas por apoyarme en todos mis propósitos, también a mi hija por ser quien me impulsa a mejorar cada día en mi vida profesional.

Agradecimientos:

En primer lugar, siempre agradezco a Dios por permitirme estar bien de salud por cuidar siempre de mi a pesar de diferentes problemas.

A mis papas y hermanas por el apoyo incondicional y la confianza hacia mi persona en todas mis metas académica. A mi hija que es la razón por la que me esfuerzo cada día para ser mejor profesionalmente.

Agradezco a mi tutor de tesis, Ing. Erick Ramírez Ruiz por su dedicación, paciencia y conocimiento experto. Su orientación constante y valiosos consejos fueron fundamentales en cada etapa de este proyecto.

Extiendo mi agradecimiento a los docentes de la Carrera de Ingeniería en Alimentos por haber sido formadores de mi carrera universitaria, en especial a mis docentes tribunales; Ing. Beatriz Margot Sossa Márquez, Ing. Mirtha Rosa Cuellar Solano, Ing. Carolina Diaz de la Quintana, por su ayuda para la culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	Objetivo general.....	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
1.4	Objeto de estudio	4
1.5	Situación problema.....	4
1.6	Campo de acción.....	4
1.7	Formulación del problema	5
1.8	Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Origen de la malta de cebada como bebida analcohólica	6
2.2	Tipos de malta de cebada	6
2.3	Usos de la malta de cebada	6
2.4	Definición de la malta como bebida analcohólica.....	7
2.5	Aplicación de la bebida analcohólica.....	7
2.6	Características físicas de la bebida analcohólica.....	7
2.7	Clasificación de bebidas analcohólicas	8
2.8	Propiedades nutricionales de la bebida analcohólica	9
2.9	Aplicaciones de la bebida analcohólica en el ser humano	9

2.10	Origen del bagazo cervecero.....	10
2.10.1	Composición fisicoquímica del bagazo cervecero	10
2.11	Usos del bagazo cervecero.....	11
2.12	Beneficios del bagazo cervecero	12
2.13	Características de los insumos utilizados en la elaboración del producto ...	12
2.13.1	Malta caramelo	12
2.13.2	Malta chocolate.....	13
2.13.2.1	Usos de la malta caramelo y chocolate	13
2.13.3	Harina de amaranto.....	13
2.13.3.1	Clasificación taxonómica y morfología del amaranto.....	13
2.13.3.2	Valor nutricional de la harina de amaranto.....	14
2.13.4	Lúpulo cascade	15
2.13.5	Irish most.....	15
2.13.6	Azúcar de mesa.....	16
2.13.7	Dióxido de carbono	16
2.14	Proceso enzimático en la etapa de maceración.....	16
2.15	Reacción química de las enzimas α -amilasa y β -amilasas en la etapa de maceración	17

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	19
3.2	Tipo de metodología aplicada.....	19
3.3	Estructura epistemológica y metodológica de la investigación	19
3.3.1	Paradigma de la investigación	20
3.3.2	Paradigma positivo	20
3.4	Enfoque de investigación	21

3.5	Métodos, técnicas e instrumentos	21
3.5.1	Análisis fisicoquímico y microbiológico del bagazo cervecero	21
3.5.2	Análisis fisicoquímico y microbiológico de la malta caramelo.....	22
3.5.3	Análisis fisicoquímico y microbiológico de la malta chocolate	22
3.5.4	Análisis fisicoquímico y microbiológico en la harina de amaranto	23
3.5.5	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida analcohólica carbonatada bagazo cervecero y harina de amaranto	24
3.5.6	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida analcohólica sin carbonatar bagazo cervecero y harina de amaranto	24
3.6	Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina	25
3.6.1	Equipos de proceso.....	25
3.6.2	Instrumentos de laboratorio	26
3.6.3	Material de laboratorio	27
3.6.4	Utensilio de cocina	27
3.7	Reactivos químicos de laboratorio	27
3.8	Insumos alimentarios.....	28
3.9	Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	28
3.10	Desarrollo del proceso para la elaboración bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	30
3.10.1	Dosificación	30
3.10.2	Molienda	30
3.10.3	Macerado.....	30
3.10.4	Filtración	31
3.10.5	Cocción.....	31
3.10.6	Carbonatación	31
3.10.7	Envasado	32
3.10.8	Almacenamiento	32

3.11	Evaluación sensorial.....	32
3.12	Diseño Experimental	33
3.13	Diseño factorial 2 ^k	34
3.14	Diseño factorial 2 ³ en la etapa de maceración para la elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	34
3.15	Operacionalización de la variable independiente y dependiente para el bagazo cervecero	35

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1	Características del bagazo cervecero.....	37
4.1.1	Características fisicoquímicas del bagazo cervecero	37
4.1.2	Características microbiológicas del bagazo cervecero	37
4.2	Características fisicoquímicas y microbiológicas de los insumos alimentarios	38
4.2.1	Características fisicoquímicas de la malta caramelo	38
4.2.2	Características microbiológicas de la malta caramelo	39
4.2.3	Características fisicoquímicas de la malta chocolate	39
4.2.4	Características microbiológicas de la malta chocolate.....	40
4.2.5	Características fisicoquímicas de la harina de amaranto.....	40
4.2.6	Características microbiológicas de la harina de amaranto	41
4.3	Caracterización de las variables de proceso para la elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	41
4.3.1	Desarrollo experimental de la muestra para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	41
4.3.2	Dosificación de las pruebas iniciales para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	42

4.3.3	Análisis fisicoquímicos para las pruebas iniciales de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	45
4.3.3.1	Control de °Brix para las pruebas preliminares de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	46
4.3.3.2	Control de acidez para las pruebas preliminares de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	46
4.3.3.3	Control de pH para las pruebas preliminares de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	47
4.3.4	Selección de la muestra preliminar para la bebida analcohólica	48
4.3.4.1	Estadístico caja y bigote para selección de prueba preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	49
4.3.4.2	Estadístico de Tukey del atributo color para la selección de muestra preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero	50
4.3.4.3	Estadístico de Tukey del atributo olor para la selección de muestra preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero	50
4.3.4.4	Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de muestra preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero	51
4.3.4.5	Estadístico de Tukey del atributo cuerpo para la selección de muestra preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero	51
4.3.4.6	Estadístico de Tukey del atributo amargor para la selección de muestra preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero	52
4.4	Diseño factorial 2^3 de las variables en el proceso de maceración para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	52
4.4.1	Diseño factorial de la variable respuesta °Brix en el proceso de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	53
4.4.2	Variable respuesta pH en el proceso de maceración de la bebida	

	analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	56
4.4.3	Variable respuesta acidez (ácido láctico) en el proceso de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	60
4.5	Selección de la muestra para el producto de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	64
4.5.1	Estadístico caja y bigote para la selección de muestra experimental del nivel superior de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	64
4.5.1.1	Estadístico de Tukey del atributo color del diseño experimental para el nivel superior de bebida analcohólica de bagazo cervecero	65
4.5.1.2	Estadístico de Tukey del atributo sabor del diseño experimental para el nivel superior de bebida analcohólica de bagazo cervecero	66
4.5.1.3	Estadístico de Tukey del atributo cuerpo del diseño experimental para el nivel superior de bebida analcohólica de bagazo cervecero	66
4.5.2	Estadístico caja y bigote para la selección de muestra experimental del nivel inferior de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	67
4.5.2.1	Estadístico de Tukey del atributo color del diseño experimental para el nivel inferior de bebida analcohólica de bagazo cervecero	68
4.5.2.2	Estadístico de Tukey del atributo olor del diseño experimental para el nivel inferior de bebida analcohólica de bagazo cervecero	69
4.5.2.3	Estadístico de Tukey del atributo sabor del diseño experimental para el nivel inferior de bebida analcohólica de bagazo cervecero	70
4.5.2.4	Estadístico de Tukey del atributo cuerpo del diseño experimental para el nivel inferior de bebida analcohólica de bagazo cervecero	71
4.5.2.5	Estadístico de Tukey del atributo amargor del diseño experimental para el nivel inferior de bebida analcohólica de bagazo cervecero	72

4.5.3	Estadístico caja y bigote para la selección de muestra experimental de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	73
4.6	Control de parámetros °Brix, pH y acidez en el proceso de maceración para la elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.....	7
4.6.1	Control de °Brix en el proceso de maceración para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	74
4.6.2	Control de pH en la etapa de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	76
4.6.3	Control de acidez (ácido láctico) en el proceso de maceración para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	77
4.7	Selección del producto terminado carbonatado y sin carbonatar para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	79
4.7.1	Estadístico de T de Student para el producto final	79
4.8	Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicos del producto terminado carbonatado y sin carbonata	80
4.8.1	Análisis microbiológico de la bebida analcohólica	81
4.9	Control de °Brix, pH y acidez para el almacenamiento del producto terminado carbonatado y sin carbonatar.....	83
4.9.1	Control de °Brix en la bebida carbonatada y sin carbonatar durante el proceso de almacenamiento	83
4.9.2	Control de pH en la bebida carbonatada y sin carbonatar durante el proceso de almacenamiento	84
4.9.3	Control de acidez en la bebida carbonatada y sin carbonatar durante el proceso de almacenamiento	86
4.10	Balance de materia en el proceso de elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	87
4.10.1	Balance de materia en el proceso de molienda.....	89

4.10.2	Balance de materia en el proceso de macerado	90
4.10.3	Balance de materia en el proceso de filtración	92
4.10.4	Balance de materia en el proceso de cocción.....	94
4.10.5	Balance de materia en el proceso de carbonatación	96
4.10.6	Balance de materia para el proceso de envasado.....	99
4.10.7	Resumen del balance de materia en la elaboración de “bebida analcohólica a base de malta y amaranto	100
4.10.8	Rendimiento del proceso.....	102
4.10.9	Balance de energía en el proceso de cocción.....	102

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	105
5.2	Recomendaciones	108

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía.....	109
-------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Tipos de malta de cebada.....	6
Figura 2.2	Clasificación de bebidas analcohólicas.....	8
Figura 3.1	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del bagazo cervecero.	21
Figura 3.2	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la malta caramelo	22
Figura 3.3	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la malta chocolate	23
Figura 3.4	Análisis fisicoquímicos y microbiológico de la harina de amaranto	23
Figura 3.5	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida	

	analcohólica carbonatada de bagazo cervecero y harina de amaranto.....	24
Figura 3.6	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida sin carbonatar de bagazo cervecero y harina de amaranto	25
Figura 3.7	Equipos de “CEPA DORADA”	25
Figura 3.8	Equipos de “MACABRA”.....	26
Figura 3.9	Equipos Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.)	26
Figura 3.10	Instrumentos de Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.)	26
Figura 3.11	Insumos alimentarios.	28
Figura 3.12	Diagrama de flujo para el proceso de elaboración en la bebida analcohólica bagazo cervecero y harina de amaranto	29
Figura 3.13	Dosificación.....	30
Figura 3.14	Molienda.....	30
Figura 3.15	Macerado	30
Figura 3.16	Filtración.....	31
Figura 3.17	Cocción.....	31
Figura 3.18	Carbonatación.....	31
Figura 3.19	Envasado.....	32
Figura 3.20	Almacenamiento	32
Figura 3.21	Evaluación sensorial para elegir la bebida	33
Figura 4.1	Desarrollo experimental de las muestras para la bebida analcohólica	42
Figura 4.2	Dosificación para las muestras iniciales de los grupos.....	43
Figura 4.3	Valoración subjetiva para las pruebas iniciales de los grupos.....	43
Figura 4.4	Dosificación para las muestras preliminares.....	44
Figura 4.5	Valoración subjetiva para las pruebas preliminares.....	45
Figura 4.6	Valores de °Brix para las muestras preliminares de bebida analcohólica	46

Figura 4.7	Valores de acidez para las muestras preliminares de bebida analcohólica	47
Figura 4.8	Valores de pH para las muestras preliminares de bebida analcohólica	48
Figura 4.9	Selección de la muestra preliminar	48
Figura 4.10	Caja y bigote para la selección de la muestra ideal.....	49
Figura 4.11	Efectos principales para °Brix	54
Figura 4.12	Diagrama de Pareto estandarizado para sólidos solubles	55
Figura 4.13	Interacción para °Brix	56
Figura 4.14	Efectos principales para pH.....	58
Figura 4.15	Diagrama de Pareto estandarizado para pH.....	59
Figura 4.16	Interacción para pH.....	60
Figura 4.17	Efectos principales para la acidez	62
Figura 4.18	Diagrama de pareto estandarizado para acidez	63
Figura 4.19	Interacción para acidez	63
Figura 4.20	Estadístico caja y bigote del nivel superior en muestra experimental de la bebida analcohólica	64
Figura 4.21	Estadístico caja y bigote del nivel inferior en muestra experimental de la bebida analcohólica	68
Figura 4.22	Estadístico caja y bigote para selección de la muestra experimental de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.....	74
Figura 4.23	Valores de °Brix en el proceso de maceración	75
Figura 4.24	Valores de pH en el proceso de maceración.....	77
Figura 4.25	Valores de la acidez en el proceso de maceración	78
Figura 4.26	Estadística T de student del producto final.....	79
Figura 4.27	Valores de °Brix en el almacenamiento de la bebida carbonatada y sin carbonatar	84
Figura 4.28	Valores de pH en el almacenamiento de la bebida carbonatada y sin carbonatar	85

Figura 4.29	Valores de acidez en el almacenamiento de la bebida carbonatada y sin carbonatar	87
Figura 4.30	Balance de materia general para la elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto	88
Figura 4.31	Proceso de molido	89
Figura 4.32	Proceso de macerado.....	91
Figura 4.33	Proceso de filtración	93
Figura 4.34	Proceso de cocción.....	95
Figura 4.35	Proceso de carbonatación	98
Figura 4.36	Proceso de envasado	99
Figura 4.37	Resumen del balance de materia	101
Figura 4.38	Balance de energía en el proceso de cocción	102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1	Operacionalización de las variables independiente y dependiendo para el bagazo cervecero.....	36
------------	---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Composición química del bagazo de cebada.....	11
Tabla 2.2	Usos del bagazo cervecero	11
Tabla 2.3	Clasificación taxonómica del amaranto.....	14
Tabla 2.4	Niveles de temperatura de las enzimas α -amilasa y β -amilasa	17
Tabla 3.1	Material de laboratorio.....	27
Tabla 3.2	Materiales de cocina	27
Tabla 3.3	Reactivos químicos de laboratorio	27
Tabla 3.4	Matriz experimental de las variables en la etapa de maceración el bagazo cervecero.....	35

Tabla 3.5	Niveles de variación de los factores en la etapa de maceración	35
Tabla 4.1	Análisis fisicoquímico del bagazo cervecero	37
Tabla 4.2	Análisis microbiológico del bagazo cervecero.....	38
Tabla 4.3	Análisis fisicoquímico de la malta caramelo.....	38
Tabla 4.4	Análisis microbiológico de la malta caramelo	39
Tabla 4.5	Análisis fisicoquímico de la malta chocolate	39
Tabla 4.6	Análisis microbiológico de la malta chocolate	40
Tabla 4.7	Análisis fisicoquímico de la harina de amaranto	40
Tabla 4.8	Análisis microbiológico de la harina de amaranto.....	41
Tabla 4.9	Variación en la dosificación para pruebas preliminares	44
Tabla 4.10	Análisis fisicoquímicos de las pruebas preliminares de bebida analcohólica.....	45
Tabla 4.11	Estadístico de Tukey del atributo color para la selección de prueba preliminar de la bebida.....	50
Tabla 4.12	Estadístico de Tukey del atributo olor para la selección de prueba preliminar de la bebida.....	50
Tabla 4.13	Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de prueba preliminar de la bebida.....	51
Tabla 4.14	Estadístico de Tukey del atributo cuerpo para la selección de prueba preliminar de la bebida.....	51
Tabla 4.15	Estadístico de Tukey del atributo amargor para la selección de prueba preliminar de la bebida.....	52
Tabla 4.16	Dosificación de muestra ideal para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.....	53
Tabla 4.17	Matriz de variación de °Brix.....	53
Tabla 4.18	Análisis de varianza en función a la variable respuesta °Brix.....	54
Tabla 4.19	Matriz de variación del pH.....	57
Tabla 4.20	Análisis de varianza en función a la variable respuesta pH.....	57
Tabla 4.21	Matriz de variación de acidez (ácido láctico).....	61
Tabla 4.22	Análisis de varianza en función a la variable respuesta acidez	

	(ácido láctico).....	61
Tabla 4.23	Estadístico de Tukey del atributo color para la selección del diseño experimental de la bebida	65
Tabla 4.24	Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección del diseño experimental de la bebida	66
Tabla 4.25	Estadístico de Tukey del atributo cuerpo para la selección del diseño experimental de la bebida	67
Tabla 4.26	Estadístico de Tukey del atributo color para la selección del diseño experimental de la bebida	69
Tabla 4.27	Estadístico de Tukey del atributo olor para la selección del diseño experimental de la bebida	70
Tabla 4.28	Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección del diseño experimental de la bebida	71
Tabla 4.29	Estadístico de Tukey del atributo cuerpo para la selección del diseño experimental de la bebida	72
Tabla 4.30	Estadístico de Tukey del atributo amargor para la selección del diseño experimental de la bebida	73
Tabla 4.31	Control de °Brix en el proceso de maceración	75
Tabla 4.32	Control de pH en el proceso de maceración.....	76
Tabla 4.33	Control de acidez en el proceso de maceración	78
Tabla 4.34	Dosificación final de la bebida.....	80
Tabla 4.35	Análisis fisicoquímico de la bebida carbonatada	81
Tabla 4.36	Análisis fisicoquímico de la bebida sin carbonatar.....	81
Tabla 4.37	Análisis microbiológico del producto final carbonatado.....	82
Tabla 4.38	Análisis microbiológico del producto final sin carbonatar.....	82
Tabla 4.39	Control de almacenamiento de °Brix	83
Tabla 4.40	Control de almacenamiento de los pH.....	85
Tabla 4.41	Control de acidez en el almacenamiento	86

ANEXOS

- ANEXO A Resultados de los análisis de laboratorio
- ANEXO B Formato del test de la evaluación sensorial
- ANEXO C Análisis de varianza para fisher y prueba estadística tukey resultados de los análisis estadísticos
- ANEXO D Resultado del diseño experimental
- ANEXO E Normas de IBNORCA para bebidas analcohólicas
- ANEXO F Fotografías de los equipos e instrumentos de laboratorio
- ANEXO G Método de análisis para la determinación de pH, °Brix y acidez titulable
- ANEXO H Tablas para el estadístico de fisher, tukey y t-student