

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**ELABORACIÓN DE AGUARDIENTE A BASE DE MUKU DE MAÍZ  
VARIEDAD “MOROCHO AMARILLO”**

**POR:**

**EVELIN BASPINEIRO BARRIOS**

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

**DICIEMBRE, 2023**

**TARIJA – BOLIVIA**

V°B°

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

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

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

.....  
Ing. Adolfo Valentín Trigo Dimitrov  
**DOCENTE GUÍA**

.....  
Ing. Erick Ramírez Ruiz  
**TRIBUNAL**

.....  
Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez  
**TRIBUNAL**

### **Agradecimientos:**

A mis padres; Catalina Barrios Mendez y Augusto Baspineiro Martínez por haberme dado su apoyo incondicional durante todos estos años y por ser esa razón el más grande aliciente para el cumplimiento de mis objetivos que significan alegría y orgullo para mí y también para ellos.

A mi docente guía; Ing. Valentín Trigo por haber sido mi guía durante la elaboración de mi tesis y también a todo el plantel docente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos por brindarme sus conocimientos durante mi carrera universitaria, y en especial a mis tribunales: Ing. Jesús Zamora, Ing. Luis Fernando Zenteno e Ing. Erick Ramírez por haberme brindado su conocimiento y su paciencia en la culminación de mi tesis.

De igual forma a mis amigos y compañeros en especial a Katherin Ramos y Jimena Zelaya.

**Pensamiento:**

“El estudio de tus errores no te revelará el secreto del éxito, pero el estudio de la abnegación y el esfuerzo si lo hará”

Bernard Holdane

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

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

### CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1	Origen del aguardiente.....	5
2.2	Definición del aguardiente.....	5
2.3	Clasificación de las bebidas alcohólicas destiladas.....	6
2.3.1	Descripción de la clasificación de las bebidas alcohólicas destiladas.....	6
2.3.1.1	Aguardientes simples.....	6
2.3.1.2	Alcoholes destilados.....	7
2.3.1.3	Alcoholes rectificadas.....	7
2.3.1.4	Aguardientes compuestos.....	7
2.4	Composición fisicoquímica de las bebidas alcohólicas	

	destiladas.....	7
2.4.1	Contenido grado alcohólico.....	8
2.4.2	Extracto seco.....	8
2.4.3	Aldehídos.....	8
2.3.4	Esteres.....	8
2.4.5	Alcoholes superiores.....	9
2.4.6	Metanol.....	9
2.4.7	Furfural.....	9
2.5	Caracterización de las materias primas utilizadas en la elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	10
2.5.1	Muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	10
2.5.1.2	Composición nutricional del muku de maíz.....	10
2.5.1.3	Propiedades nutricionales del maíz variedad “morocho amarillo”.....	10
2.5.1.4	Aplicaciones del muku de maíz.....	11
2.6	Caracterización de los insumos alimenticios para la elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo” .....	11
2.6.1	Agua Potable.....	11
2.6.2	Levadura vinifica ( <i>Saccharimycetes Cerevisiae</i> ).....	12
2.6.3	Chancaca.....	12
2.6.4	Azúcar refinada.....	12
2.6.6	Nutriente para levadura rico en nitrógeno asimilable.....	13
2.7	Hidrolisis enzimática del almidón.....	13
2.8	Fermentación alcohólica de los cereales.....	14
2.9	Factores que influyen en la fermentación.....	15
2.9.1	Temperatura.....	15
2.9.2	pH.....	16
2.9.3	Nutrientes.....	16

2.9.4	Oxigenación del mosto.....	16
2.9.5	Concentración de azúcares (glucosa y sacarosa).....	17
2.10	Destilación a vacío.....	17

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	19
3.2	Tipo de intervención experimental.....	19
3.3	Tipo de investigación.....	19
3.3.1	Investigación experimental.....	20
3.4	Paradigma positivista.....	20
3.5	Enfoque cuantitativo.....	21
3.6	Métodos técnicas e instrumentos de investigación.....	21
3.6.1	Análisis fisicoquímico y microbiológico del muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	21
3.6.2	Análisis fisicoquímicos del aguardiente a base de muku de maíz.....	22
3.7	Equipos de proceso, instrumentos, material de laboratorio y utensilios de cocina.....	23
3.7.1	Equipos de proceso.....	23
3.7.2	Instrumentos de laboratorio.....	24
3.7.3	Materiales de laboratorio.....	25
3.7.4	Utensilios de cocina.....	25
3.7.5	Reactivos químicos.....	26
3.7.6	Insumos alimenticios.....	26
3.8	Diagrama del proceso de elaboración del aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	26
3.8.1	Descripción del diagrama del proceso de elaboración de aguardiente a base de muku de maíz .....	27

3.8.1.1	Mezclado.....	28
3.8.1.2	Reposo.....	28
3.8.1.3	Filtrado.....	28
3.8.1.4	Pasteurización y enfriamiento.....	28
3.8.1.5	Ajustes °Brix.....	28
3.8.1.6	Fermentación.....	28
3.8.1.7	Destilación.....	29
3.8.1.8.	Embotellado.....	29
3.8.1.9	Almacenamiento.....	29
3.9	Análisis sensorial.....	29
3.10	Diseño experimental .....	31
3.10.1	Diseño factorial 2 <sup>k</sup> .....	31
3.10.2	Diseño factorial 2 <sup>2</sup> en la etapa de fermentación alcohólica.....	31
3.11	Operacionalización de variables para la elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	33

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	Caracterización del muku de maíz variedad “morocho amarillo” .....	34
4.1.1	Análisis fisicoquímicos del muku de maíz.....	34
4.1.2	Análisis microbiológico del muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	34
4.2	Caracterización de las variables del proceso para la elaboración de aguardiente a base de muku de maíz.....	35
4.2.1	Pruebas experimentales para la elaboración de aguardiente a base de muku de maíz.....	35

4.2.1.1	Pruebas experimentales variando la formulación con muku de maíz variedad “morocho amarillo” .....	36
4.2.1.2	Pruebas experimentales variando la formulación con harina de maíz para la elaboración de aguardiente.....	37
4.2.1.3	Selección de prueba experimental de aguardiente a base muku de maíz.....	39
4.2.1.3.1	Estadístico caja y bigote para las pruebas experimentales de aguardiente de maíz.....	39
4.2.2	Pruebas experimentales incorporando azúcar y chancaca en la elaboración de aguardiente .....	40
4.2.2.1	Estadístico caja y bigote para pruebas experimentales incorporando azúcar y chancaca.....	42
4.2.2.2	Estadístico Tukey para el atributo limpidez de muestras preliminares de aguardiente incorporando azúcar y chancaca...	42
4.2.2.3	Estadístico Tukey para el atributo aroma de muestras preliminares de aguardiente incorporando azúcar y chancaca...	43
4.2.2.4	Estadístico Tukey para el atributo retrogusto de muestras preliminares de aguardiente incorporando azúcar y chancaca...	43
4.2.2.5	Estadístico Tukey para el atributo grado alcohólico de muestras preliminares de aguardiente incorporando azúcar y chancaca.....	44
4.2.2.6	Control de sólidos solubles (° Brix), pH y acidez en el proceso de fermentación alcohólica en pruebas experimentales de aguardiente de maíz.....	44
4.2.2.6.1	Control de los sólidos solubles (° Brix) en el proceso de fermentación alcohólica del mosto de maíz.....	46
4.2.2.6.2	Control del pH en el proceso de fermentación alcohólica del mosto de maíz.....	47
4.2.2.6.3	Control de la acidez en el proceso de fermentación alcohólica del mosto de maíz.....	47

4.3	Diseño factorial 2 <sup>2</sup> en el proceso de fermentación alcohólica del mosto de maíz.....	49
4.3.1	Variable respuesta del grado alcohólico (° GL) del aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	49
4.4	Selección de muestra de aguardiente de maíz en función de la dosificación para la etapa de fermentación alcohólica en el diseño factorial .....	51
4.4.1	Evaluación sensorial de las muestras experimentales del nivel superior de la elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	51
4.4.1.1	Estadístico de caja y bigote en las pruebas de aguardiente a base de muku de maíz nivel superior .....	52
4.4.2	Evaluación sensorial de las muestras experimentales del nivel inferior de la elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	52
4.4.2.1	Estadístico caja y bigote para las pruebas experimentales del aguardiente del nivel inferior.....	53
4.5	Selección de muestra final del aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo” .....	54
4.5.1	Estadístico de caja y bigote para determinar la muestra final de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo” .....	55
4.6	Caracterización del aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	56
4.6.1	Análisis fisicoquímico del aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo” .....	56
4.7	Balance de materia en el proceso de elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	56

4.7.1	Balance de materia en la etapa de mezclado.....	58
4.7.2	Balance de materia en la etapa de reposo.....	60
4.7.3	Balance de materia en la etapa de filtración.....	61
4.7.4	Balance de materia en la etapa de pasteurización y enfriamiento.....	62
4.7.5	Balance de materia en la etapa de ajuste de grados Brix.....	64
4.7.6	Balance de materia en la etapa de fermentación.....	65
4.7.7	Balance de materia en la etapa de destilación.....	65
4.8	Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo .....	68
4.9	Balance de energía en el proceso de pasteurización.....	69
4.9.1	Balance de energía para calentar la olla de acero inoxidable vacía.....	69
4.9.2	Balance de energía para pasteurizar el mosto de maíz.....	70
4.10	Balance de energía en el proceso de destilación.....	73

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	74
5.2	Recomendaciones.....	75

### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b>	Propiedades fisicoquímicas de las bebidas alcohólicas destiladas.....	8
<b>Tabla 2.3</b>	Composición nutricional del muku de maiz variedad “morocho amarillo.....	10
<b>Tabla 3.1</b>	Materiales de laboratorio utilizados en la elaboración de	25

	aguardiente .....	
<b>Tabla 3.2</b>	Utensilios de cocina utilizados en la elaboración de aguardiente .....	26
<b>Tabla 3.3</b>	Insumos alimenticios utilizados en la elaboración de aguardiente.....	26
<b>Tabla 3.4</b>	Niveles de variación de las variables en el proceso de fermentación alcohólica.....	32
<b>Tabla 3.5</b>	Matriz de variable para el proceso de fermentación alcohólica .....	32
<b>Tabla 3.6</b>	Operacionalización de variables para la elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo” .....	33
<b>Tabla 4.1</b>	Análisis fisicoquímicos del muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	34
<b>Tabla 4.2</b>	Análisis microbiológico . del muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	35
<b>Tabla 4.3</b>	Prueba de TUKEY de la limpidez en selección de muestras preliminares de aguardiente incorporando azúcar y chancaca.....	42
<b>Tabla 4.4</b>	Prueba de TUKEY del aroma en selección de muestras preliminares de aguardiente incorporando azúcar y chancaca.....	42
<b>Tabla 4.5</b>	Prueba de TUKEY del retrogusto en selección de muestra preliminar de aguardiente incorporando azúcar y chancaca...	42
<b>Tabla 4.6</b>	Prueba de TUKEY del grado alcohólico en selección de muestra preliminar de aguardiente incorporando azúcar y chancaca.....	42
<b>Tabla 4.7</b>	Control de los sólidos solubles (° Brix) en la fermentación alcohólica del mosto de maíz.....	45
<b>Tabla 4.8</b>	Control del pH en la fermentación alcohólica del mosto de	

	maíz.....	46
<b>Tabla 4.9</b>	Control de la acidez en la fermentación alcohólica del mosto de maíz.....	48
<b>Tabla 4.10</b>	Análisis de varianza en función de la variable respuesta grado alcohólico.....	49
<b>Tabla 4.11</b>	Dosificación del aguardiente de maíz nivel superior .....	52
<b>Tabla 4.12</b>	Dosificación del aguardiente de maíz nivel inferior.....	53
<b>Tabla 4.13</b>	Análisis fisicoquímicos del aguardiente a base de muku de maíz.....	61
<b>Tabla 4.14</b>	Análisis fisicoquímicos del muku de maíz.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	Clasificación de bebidas alcohólicas destiladas.....	6
<b>Figura 2.2</b>	Formación de etanol a partir de piruvato en levadura y otros microorganismos.....	15
<b>Figura 3.1</b>	Análisis fisicoquímico y microbiológico del muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	22
<b>Figura 3.2</b>	Análisis fisicoquímicos del aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	23
<b>Figura 3.3</b>	Equipos en el proceso de elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”	23
<b>Figura 3.4</b>	Instrumentos de laboratorio en el proceso de elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	24
<b>Figura 3.5</b>	Diagrama del proceso de elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	27
<b>Figura 3.6</b>	Evaluaciones sensoriales del aguardiente a base de muku de	30

	maíz.....	
<b>Figura 4.1</b>	Pruebas experimentales para la elaboración aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	36
<b>Figura 4.2</b>	Pruebas de aguardiente con muku de maiz.....	37
<b>Figura 4.3</b>	Valoración subjetiva de de las pruebas de aguardiente con muku de maíz.....	37
<b>Figura 4.4</b>	Pruebas de aguardiente con harina de maíz.....	38
<b>Figura 4.5</b>	Valoración subjetiva de la formulación de aguardiente con harina de maíz.....	38
<b>Figura 4.6</b>	Análisis caja y bigote para las pruebas experimentales en la elaboración de aguardiente .....	39
<b>Figura 4.7</b>	Pruebas incorporando azúcar y chancaca en la elaboración de aguardiente.....	40
<b>Figura 4.8</b>	Caja y bigote para las pruebas experimentales incorporando azúcar y chancaca.....	41
<b>Figura 4.9</b>	Control de los sólidos solubles (° Brix) en la fermentación alcohólica del mosto de maíz.....	45
<b>Figura 4.10</b>	Control del pH en la fermentación alcohólica del mosto de maíz.....	47
<b>Figura 4.11</b>	Control de acidez en la fermentación alcohólica del mosto de maíz.....	48
<b>Figura 4.12</b>	Efectos principales para grado alcohólico.....	50
<b>Figura 4.13</b>	Diagrama de Pareto estandarizado para el grado alcohólico...	51
<b>Figura 4.14</b>	Análisis caja y bigote para las muestras del nivel superior ...	54
<b>Figura 4.15</b>	Análisis caja y bigote para las muestras del nivel inferior ....	54
<b>Figura 4.16</b>	Análisis caja y bigote para la muestra final de aguardiente a base de muku de maiz .....	55
<b>Figura 4.17</b>	Balance general de materia para la elaboración de aguardiente a base de muku de maíz variedad “morocho amarillo”.....	57

<b>Figura 4.18</b>	Balance de materia en la etapa de mezclado.....	58
<b>Figura 4.19</b>	Balance de materia en la etapa de reposo.....	60
<b>Figura 4.20</b>	Balance de materia en la etapa de filtración.....	61
<b>Figura 4.21</b>	Balance de materia en la etapa de pasteurización y enfriamiento.....	62
<b>Figura 4.22</b>	Balance de materia en la etapa de ajustes grados Brix.....	63
<b>Figura 4.23</b>	Balance de materia en la etapa de fermentación .....	64
<b>Figura 4.24</b>	Balance de materia en la etapa de destilación.....	66
<b>Figura 4.25</b>	Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de aguardiente .....	68