

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**OBTENCIÓN DE AGUARDIENTE DE ARROZ TIPO SOJU A  
PARTIR DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA DEL ARROZ  
VARIEDAD JAPONICA**

**POR:**

**GRECIA LEONOR VIDAURRE PEREZ**

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

**OCTUBRE 2021**

**TARIJA - BOLIVIA**

**Dedicatorias:**

El presente trabajo es dedicado a:

A mi amado padre, Arsenio Vidaurre

A mi amada madre, Miriam Pérez

A mi amada hija, Jaret Vidaurre

## **Agradecimientos:**

Mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que de una u otra forma me ayudaron a alcanzar este trascendental logro.

A todos los docentes de la carrera por forjar mi aprendizaje y formación profesional, en especial al Ing. Erick Ramírez por toda su paciencia y apoyo durante la realización de este trabajo.

Al Ing. Luis F. Zenteno B., un especial agradecimiento no solo por haberme brindado una excelente formación académica, sino por sus consejos y enseñanzas a nivel personal y su calidez humana.

A mis compañeras y amigas, Paula, Mariela, Daniela y Fabiana, por brindarme su amistad y apoyo a lo largo de estos años universitarios y los venideros.

A mi amado padre, para el cual no existen palabras de agradecimiento, por todo su apoyo incondicional y desmedido, por todos los consejos que me dio en el transcurso de mi vida y la

culminación de este logro añorado. Y por hacer suyos mis logros y metas alcanzadas.

A mi amada madre, por la paciencia, colaboración y amor excepcional que me brindo en todo momento, por jamás dejarme vencer por más duras que fueran las circunstancias por las que atravesaba. Por ser mi amiga y confidente que me ayudo a alcanzar este sueño añorado.

Y mi más infinito agradecimiento a mi amada hija, mi fortaleza, mi alegría, mi amiga, mi cómplice, mi universo Jaret, por animarme, contenerme, por ser el motor de mi vida que me impulsa siempre a salir adelante, por toda tu comprensión en momentos difíciles y darle alegría a mi vida.

## **PENSAMIENTO**

*“De mis padres aprendí, aparte del sentido ético de sus vidas, que nada se consigue sin esfuerzo”.*

Dr. René G. Favaloro

## INDICE

<b>Resumen</b>		<b>Pág.</b>
<b>CAPITULO I</b>		
<b>INTRODUCCIÓN</b>		
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 .....	5
1.5.1	Espacial .....	5
1.5.2	Temporal .....	5
1.5.3	Institución .....	5
1.6	Situación Problema .....	5
1.7	Formulación del problema .....	6
1.8	Hipótesis .....	6
<b>CAPITULO II</b>		
<b>MARCO TEÓRICO</b>		
2.1	Bebidas Alcohólicas .....	7
2.2	Clasificación de bebidas alcohólicas .....	7
2.3	Definición de bebida alcohólica destilada .....	7
2.4	Clasificación de los destilados .....	8
2.5	Origen del aguardiente .....	8
2.6	Definición de aguardiente .....	9
2.7	Clasificación del aguardiente .....	9
2.8	Historia del soju .....	10

2.8.1	Definición de soju .....	11
2.8.2	Tipos de soju .....	11
2.9	Materia Prima e insumos utilizados en la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	12
2.9.1	El arroz ( <i>Oryza sativa L.</i> ) .....	12
2.9.1.1	Arroz variedad japónica .....	12
2.9.1.2	Clasificación Taxonómica del arroz variedad japónica.....	13
2.9.1.3	Composición química del arroz variedad japónica .....	13
2.9.1.4	Propiedades nutricionales del arroz japónica .....	14
2.10	Caracterización de los insumos para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	15
2.10.1	Azúcar .....	15
2.10.2	Alfa amilasa .....	15
2.10.3	Levadura vinifica ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	16
2.10.4	Agua potable .....	16
2.11	Fermentación alcohólica en cereales .....	16
2.11.1	Factores que influyen en la fermentación alcohólica de cereales .....	17
2.11.1.1	Concentración de azúcares .....	17
2.11.1.2	pH .....	18
2.11.1.3	Temperatura .....	18
2.11.1.4	Agitación .....	19
2.11.1.5	Almidón .....	19
2.11.1.6	Degradación del almidón .....	19
2.12	Operaciones de proceso para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	20
2.12.1	Fermentación .....	20
2.12.2	Destilación al vacío .....	20

### **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

3.1	Desarrollo de la parte experimental .....	21
-----	---	----

3.2	Equipos, instrumentos, material de laboratorio y utensilios .....	21
3.2.1	Equipos de proceso para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	21
3.2.1.1	Cocina industrial .....	21
3.2.1.2	Rotavapor Bucchí R-100 .....	22
3.2.1.3	Baño de María .....	22
3.2.2	Instrumentos de laboratorio .....	23
3.2.2.1	Balanza analítica digital .....	23
3.2.2.2	pH-metro digital .....	24
3.2.2.3	Bureta digital .....	24
3.2.2.4	Balanza digital .....	25
3.2.2.5	Refractómetro de mano .....	25
3.2.3	Material de laboratorio .....	26
3.2.4	Utensilios de cocina .....	26
3.3	Materias primas e insumos alimentarios .....	27
3.4	Reactivos químicos de laboratorio .....	27
3.5	Diafragma de flujo del proceso de obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	27
3.5.1	Descripción del proceso de obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	29
3.5.1.1	Materia prima .....	29
3.5.1.2	Lavado .....	29
3.5.1.3	Hidratado .....	29
3.5.1.4	Colado.....	29
3.5.1.5	Cocción al vapor .....	29
3.5.1.6	Enfriado .....	30
3.5.1.7	Hidrolizado .....	30
3.5.1.8	Mezclado .....	30
3.5.1.9	Fermentado .....	30
3.5.1.10	Filtrado .....	31
3.5.1.11	Vino base .....	31

3.5.1.12	Destilación .....	31
3.5.1.13	Envasado .....	31
3.5.1.14	Almacenado .....	31
3.6	Metodología para la obtención de resultados .....	31
3.6.1	Caracterización de la materia prima arroz variedad japónica .....	31
3.6.1.1	Caracterización de parámetros fisicoquímicos del arroz variedad japónica .....	32
3.6.1.2	Caracterización de parámetros microbiológicos de materia prima .....	32
3.6.2	Caracterización de parámetros fisicoquímicos del producto final .....	33
3.6.2.1	Parámetros fisicoquímicos del aguardiente de arroz tipo soju .....	33
3.6.2.2	Análisis sensorial de los alimentos .....	34
3.7	Diseño experimental .....	35
3.7.1	Diseño factorial 2 <sup>3</sup> .....	35
3.7.1.1	Diseño experimental en el proceso de fermentación alcohólica del arroz para la obtención del aguardiente de arroz tipo soju .....	36
3.8	Operacionalización de variables .....	37

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

4.1	Caracterización de la materia prima .....	39
4.1.1	Análisis de parámetros fisicoquímicos del arroz variedad japónica producido en San Juan de Yapacaní Bolivia .....	39
4.1.2	Análisis microbiológico de arroz variedad japónica producido en San Juan de Yapacaní Bolivia .....	39
4.1.3	Análisis de contenido de almidón del arroz variedad japónica producido en San Juan de Yapacaní Bolivia .....	40
4.1.4	Análisis de parámetros fisicoquímicos del arroz variedad japónica producido en Corea del Sur .....	40
4.1.5	Análisis microbiológico de arroz variedad japónica producido en Corea del Sur .....	41



4.1.6	Análisis del contenido de almidón del arroz variedad japónica producido en Corea del Sur .....	42
4.2	Caracterización de las variables del proceso para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	42
4.2.1	Pruebas experimentales para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	42
4.2.1.1	Variación porcentual en la formulación para el ensayo 1 .....	43
4.2.1.2	Variación porcentual en la formulación para el ensayo 2 .....	45
4.2.1.3	Variación porcentual en la formulación para el ensayo 3 .....	46
4.2.1.4	Variación porcentual en la formulación para el ensayo 4 .....	48
4.2.1.4.1	Análisis de resultados caja y bigote en pruebas experimentales para selección de muestras preliminares .....	50
4.2.1.4.2	Estadístico de Tukey para atributo aroma en pruebas experimentales.....	51
4.2.1.4.3	Estadístico de Tukey para atributo sabor en pruebas experimentales...	51
4.2.1.4.4	Estadístico de Tukey para atributo contenido de alcohol en pruebas experimentales .....	52
4.2.1.4.5	Análisis de varianza para atributo dulzor en pruebas experimentales...	52
4.2.1.4.6	Análisis de varianza atributo acidez en pruebas experimentales .....	53
4.2.1.5	Variación porcentual de formulación en pruebas preliminares .....	53
4.2.1.5.1	Control de parámetros fisicoquímicos en el proceso de fermentación alcohólica del arroz .....	54
4.2.1.5.2	Control de °Brix en el proceso de fermentación alcohólica del arroz...	54
4.2.1.5.3	Control del pH en el proceso de fermentación alcohólica del arroz ....	55
4.2.1.5.4	Control de acidez en el proceso de fermentación alcohólica del arroz..	57
4.2.1.5.5	Análisis de resultados caja y bigote para pruebas preliminares .....	58
4.2.1.5.6	Estadístico de Tukey para atributo aroma en pruebas preliminares...	59
4.2.1.5.7	Estadístico de Tukey para atributo sabor en muestras preliminares...	60
4.2.1.5.8	Estadístico de Tukey para atributo contenido de alcohol en muestras preliminares .....	60

4.3	Diseño factorial 2 <sup>3</sup> en el proceso de fermentación alcohólica del arroz para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	61
4.3.1	Análisis de varianza para la variable respuesta °GL del aguardiente de arroz tipo soju .....	61
4.3.2	Análisis de varianza para la variable respuesta pH del aguardiente del arroz tipo soju .....	64
4.3.3	Análisis de varianza para la variable respuesta acidez total del aguardiente de arroz tipo soju .....	68
4.3.4	Evaluación sensorial de muestras experimentales del diseño de aguardiente de arroz tipo soju .....	71
4.3.4.1	Análisis de resultados caja y bigote test 3 para muestras experimentales del diseño para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	72
4.3.4.1.1	Análisis de varianza para atributo aroma en muestras experimentales del diseño para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	72
4.3.4.1.2	Análisis de varianza para atributo sabor en muestras experimentales del diseño para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	73
4.3.4.1.3	Análisis de varianza para atributo contenido de alcohol en muestras experimentales del diseño para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	73
4.3.4.2	Análisis de resultados caja y bigote test 4 para muestras experimentales del diseño para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	73
4.3.4.2.1	Análisis de varianza para atributo aroma en muestras experimentales del diseño para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	74
4.3.4.2.2	Análisis de varianza para atributo sabor en muestras experimentales del diseño para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	74
4.3.4.2.3	Análisis de varianza para atributo contenido de alcohol en muestras experimentales del diseño para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	75
4.4	Análisis fisicoquímico del aguardiente de arroz tipo soju .....	75

4.5	Balance de materia en el proceso de obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	76
4.5.1	Balance de materia en la etapa de lavado .....	78
4.5.2	Balance de materia en la etapa de cocción .....	80
4.5.3	Balance de materia en la etapa de enfriado .....	81
4.5.4	Balance de materia en la etapa de hidrolizado .....	82
4.5.5	Balance de materia en la etapa de mezclado .....	84
4.5.6	Balance de materia en la etapa de fermentado .....	85
4.5.7	Balance de materia en la etapa de filtrado .....	86
4.5.8	Balance de materia en la etapa de destilado .....	86
4.5.9	Balance de materia en la etapa de envasado .....	87
4.5.10	Resumen general del alance de materia para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	89
4.5.11	Rendimiento del proceso de obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	89
4.5.12	Balance de energía para el proceso de obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	90
4.5.13	Balance de energía en la etapa de cocción del arroz .....	94
4.5.14	Balance de energía en la etapa de hidrolizado del arroz .....	97
4.5.15	Balance de energía en la etapa de destilación .....	97

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.	Conclusiones .....	99
5.2.	Recomendaciones .....	101

#### **Bibliografía**

#### **Anexos**

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1	Producción de arroz en Bolivia por departamento .....	2
-----------	---	---

Tabla 2.1	Clasificación taxonómica del arroz variedad japónica .....	13
Tabla 2.2	Composición química del arroz variedad japónica .....	14
Tabla 2.3	Composición nutricional del arroz variedad japónica .....	14
Tabla 2.4	Composición nutricional de vitaminas y minerales del arroz variedad japónica .....	15
Tabla 3.1	Material de utilizado en la parte experimental .....	26
Tabla 3.2	Utensilios de cocina utilizados durante la parte experimental .....	26
Tabla 3.3	Materia prima e insumo alimentarios .....	27
Tabla 3.4	Reactivos químicos .....	27
Tabla 3.5	Parámetros fisicoquímicos del arroz variedad japónica .....	32
Tabla 3.6	Parámetros microbiológicos del arroz variedad japónica .....	32
Tabla 3.7	Parámetros físicos del aguardiente de arroz tipo soju .....	33
Tabla 3.8	Parámetros físicos del aguardiente de arroz tipo soju .....	33
Tabla 3.9	Niveles de variación de los factores .....	36
Tabla 3.10	Matriz de variables para el proceso de fermentación alcohólica del arroz .....	37
Tabla 4.1	Parámetros fisicoquímicos del arroz variedad japónica .....	39
Tabla 4.2	Parámetros microbiológicos del arroz variedad japónica .....	40
Tabla 4.3	Parámetros fisicoquímicos (almidón) del arroz variedad japónica...	40
Tabla 4.4	Parámetros fisicoquímicos del arroz variedad japónica .....	41
Tabla 4.5	Parámetros microbiológicos del arroz variedad japónica .....	41
Tabla 4.6	Parámetros fisicoquímicos (almidón) del arroz variedad japónica ...	42
Tabla 4.7	Estadístico Tukey para el atributo aroma .....	51
Tabla 4.8	Estadístico Tukey para el atributo sabor .....	51
Tabla 4.9	Estadístico Tukey para el atributo contenido de alcohol .....	52
Tabla 4.10	Variación de °Brix en función al tiempo de fermentación .....	54
Tabla 4.11	Variación del pH en función al tiempo de fermentación .....	56
Tabla 4.12	Variación de la acidez en función al tiempo de fermentación .....	57
Tabla 4.13	Estadístico Tukey para el atributo aroma .....	59
Tabla 4.14	Estadístico Tukey para el atributo sabor .....	60
Tabla 4.15	Estadístico Tukey para el atributo contenido de alcohol.....	60

Tabla 4.16	Análisis de varianza para la variable respuesta °GL .....	62
Tabla 4.17	Análisis de varianza para la variable respuesta pH .....	65
Tabla 4.18	Análisis de varianza de la variante respuesta acidez total .....	68
Tabla 4.19	Parámetros fisicoquímicos del aguardiente de arroz tipo soju .....	75
Tabla 4.20	Capacidades caloríficas en función a la composición de los alimentos.....	92
Tabla 4.21	Resultados de la composición fisicoquímica del arroz .....	92
Tabla 4.22	Capacidad calorífica del agua y el acero inoxidable .....	94
Tabla 4.23	Entalpías de vaporización del agua saturada .....	94

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Clasificación de las bebidas alcohólicas .....	7
Figura 2.2	Clasificación de los destilados.....	8
Figura 2.3	Clasificación de los aguardientes .....	10
Figura 2.4	Tipos de soju .....	11
Figura 2.5	Arroz variedad japónica .....	13
Figura 3.1	Cocina industrial .....	22
Figura 3.2	Rotavapor Bucchí R-100 .....	22
Figura 3.3	Baño María .....	23
Figura 3.4	Balanza analítica digital .....	23
Figura 3.5	pH-metro digital .....	24
Figura 3.6	Bureta digital .....	24
Figura 3.7	Balanza digital .....	25
Figura 3.8	Refractómetro de mano .....	25
Figura 3.9	Diagrama de flujo del proceso de obtención de aguardiente de arroz tipo soju.....	28
Figura 3.10	Evaluaciones sensoriales del aguardiente de arroz tipo soju .....	34
Figura 4.1	Pruebas preliminares en la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	43
Figura 4.2	Variación porcentual la formulación del ensayo 1 .....	44
Figura 4.3	Valoración Subjetiva de pruebas experimentales para el ensayo 1...	44

Figura 4.4	Variación porcentual en la formulación del ensayo 2 .....	45
Figura 4.5	Valoración subjetiva de pruebas experimentales para el ensayo 2 ...	46
Figura 4.6	Variación porcentual en la formulación del ensayo 3 .....	47
Figura 4.7	Valoración subjetiva de pruebas experimentales para el ensayo 3....	47
Figura 4.8	Variación porcentual en la formulación del ensayo 4 .....	48
Figura 4.9	Valoración subjetiva de pruebas experimentales para el ensayo 4 ...	49
Figura 4.10	Análisis de resultados caja y bigote en pruebas experimentales para selección de muestras preliminares .....	50
Figura 4.11	Pruebas preliminares en la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	53
Figura 4.12	Control de °Brix Enel proceso de fermentación alcohólica del arroz	55
Figura 4.13	Control del pH en el proceso de fermentación alcohólica del arroz...	56
Figura 4.14	Control de la acidez en el proceso de fermentación alcohólica del arroz .....	58
Figura 4.15	Análisis caja y bigote para muestras preliminares .....	59
Figura 4.16	Efectos principales con relación al °GL .....	62
Figura 4.17	Interacciones con relación al °GL .....	63
Figura 4.18	Diagrama de Pareto estandarizado para el °GL .....	64
Figura 4.19	Efectos principales con relación al pH.....	66
Figura 4.20	Interacciones con relación al pH .....	66
Figura 4.21	Diagrama de Pareto estandarizado para el pH.....	67
Figura 4.22	Efectos principales con relación a la acidez total .....	69
Figura 4.23	Interacciones con relación a la acidez total .....	70
Figura 4.24	Diagrama de Pareto estandarizado para acidez total .....	71
Figura 4.25	Análisis caja y bigote en muestras del diseño experimental para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju .....	72
Figura 4.26	Análisis de caja y bigote en muestras del diseño experimental para la obtención de aguardiente de arroz tipo soju.....	74
Figura 4.27	Balance de materia en el proceso de obtención de aguardiente de arroz tipo soju.....	76
Figura 4.28	Balance de materia en la etapa de lavado .....	78

Figura 4.29	Balance de materia en la etapa de cocción .....	80
Figura 4.30	Balance de materia en la etapa de enfriado .....	82
Figura 4.31	Balance de materia en la etapa de hidrolizado.....	83
Figura 4.32	Balance de materia en la etapa de mezclado .....	84
Figura 4.33	Balance de materia en la etapa de fermentado.....	85
Figura 4.34	Balance de materia en la etapa de filtrado .....	86
Figura 4.35	Balance de materia en la etapa de destilado .....	87
Figura 4.36	Balance de materia en la etapa de envasado .....	87
Figura 4.37	Resumen general del balance de materia del proceso de obtención aguardiente de arroz tipo soju .....	89
Figura 4.38	Balance de energía en la etapa de cocción del arroz .....	94

### **INDICE DE CUADROS**

Figura 3.1	Operacionalización de las variables para la obtención aguardiente de arroz tipo soju.....	38
------------	--	----