



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Artes en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DE
ARROZ A NIVEL LABORATORIO, EVALUANDO EFECTO DE LA
VARIACIÓN DE TIPO DE GRANO**

Licda. Carmen Lucía Rayo Gaitán

Asesorado por el Mtro. Ing. Vladimir Iván Pérez Soto

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DE
ARROZ A NIVEL LABORATORIO, EVALUANDO EFECTO DE LA
VARIACIÓN DE TIPO DE GRANO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LICDA. CARMEN LUCÍA RAYO GAITÁN
ASESORADO POR EL MTRO. ING. VLADIMIR IVÁN PÉREZ SOTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Mtra. Licda. Blanca Azucena Méndez Cerna
EXAMINADOR	Mtra. Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Vladimir Iván Pérez Soto
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DE ARROZ A NIVEL LABORATORIO, EVALUANDO EFECTO DE LA VARIACIÓN DE TIPO DE GRANO

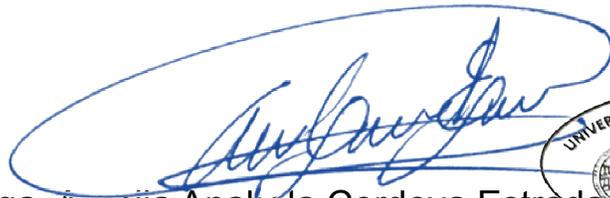
Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 12 de enero de 2022.

Licda. Carmen Lucía Rayo Gaitán

LNG.DECANATO.OI.134.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DE ARROZ A NIVEL LABORATORIO, EVALUANDO EFECTO DE LA VARIACIÓN DE TIPO DE GRANO,** presentado por: **Licda. Carmen Lucía Rayo Gaitán**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, enero de 2023

LNG.EEP.OI.134.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DE ARROZ A NIVEL LABORATORIO, EVALUANDO EFECTO DE LA VARIACIÓN DE TIPO DE GRANO”

presentado por **Licda. Carmen Lucía Rayo Gaitán** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala, 27 de septiembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DE ARROZ A NIVEL LABORATORIO, EVALUANDO EFECTO DE LA VARIACIÓN DE TIPO GRANO** del estudiante **Carmen Lucia Rayo Gaitan** quien se identifica con número de carné **201990103** del programa de Ciencia Y Tecnologia De Los Alimentos.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.




Mtra. Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
Coordinador
Ciencia Y Tecnologia De Los Alimentos
Escuela de Estudios de Postgrado

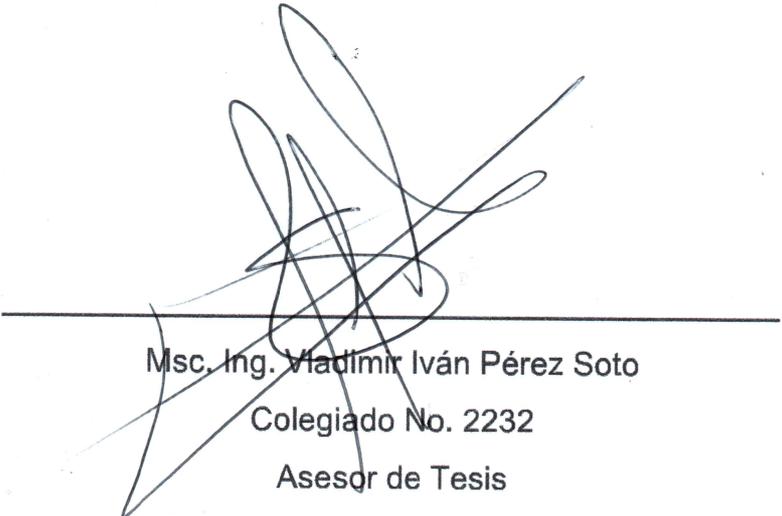
Guatemala, 27 de septiembre de
2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DE ARROZ A NIVEL LABORATORIO, EVALUANDO EFECTO DE LA VARIACIÓN DE TIPO GRANO"** del estudiante **Carmen Lucia Rayo Gaitan** del programa de **Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos** identificado(a) con número de carné 201990103.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Msc. Ing. Vladimir Iván Pérez Soto

Colegiado No. 2232

Asesor de Tesis

Vladimir Iván Pérez Soto

MSc. Ing. Químico
Colegiado No. 2232

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el inspirador y fuerza para este proceso.
- Mis papás** Jenny y Nilton Rayo, quienes siempre me enseñaron a luchar por mis metas.
- Mis abuelitos** A mi abuelita, por todo el amor y apoyo que siempre me brinda. Y a mi abuelito, porque sé lo orgulloso que estaría de verme cumplir otro sueño más.
- Mi novio** Giancarlo Salán, por su amor incondicional y por su apoyo e inspiración para no darme por vencida en este proceso.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis papás

Por su amor, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy hoy.

Docentes de la MCTA

Por compartir sus conocimientos de manera profesional, por su dedicación y perseverancia.

**La Universidad San
Carlos de Guatemala**

Por ser una parte importante para este proceso de formación académica.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Caracterización del arroz	4
1.2.1. Origen	4
1.2.2. Distribución geográfica del arroz	4
1.2.3. Clasificación taxonómica	5
1.3. Estructura del grano de arroz.....	6
1.3.1. Cáscara	7
1.3.2. Pericarpio, cubierta de la semilla y núcleo.....	8
1.3.3. Capa de aleurona.....	9
1.3.4. Embrión	9
1.3.5. Endospermo.....	9
1.3.6. Fracciones de molienda	10
1.4. Composición química y nutricional.....	11
1.4.1. Almidón de arroz.....	12

1.4.2.	Proteínas y aminoácidos esenciales	13
1.4.3.	Lípidos.....	14
1.4.4.	Vitaminas.....	14
1.4.5.	Molienda y pulido.....	15
1.4.6.	Dimensiones del grano	17
1.4.7.	Color de grano	19
1.5.	Clasificación de bebidas alcohólicas según su elaboración	19
1.5.1.	Bebidas fermentadas.....	20
1.5.2.	Vino	20
1.5.3.	Cerveza	21
1.5.4.	Bebidas destiladas.....	21
1.5.5.	Bebidas fortificadas	21
1.5.6.	Licores.....	21
1.6.	Condiciones necesarias para la fermentación alcohólica.....	22
1.6.1.	Nutrientes	22
1.6.2.	Temperatura	22
1.6.3.	pH.....	22
1.6.4.	Aireación	23
1.7.	Industrialización del arroz en bebidas alcohólicas	23
1.7.1.	Bebida fermentada de arroz	23
1.7.2.	Procesamiento de arroz y agua	24
1.7.3.	Preparación de koji	25
1.7.4.	Puré de semillas	26
1.7.5.	Fermentación del macerado principal	27
1.7.6.	Procedimiento de acabado	27
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	29
2.1.	Descripción de Materias Primas	29
2.2.	Descripción de Materiales y Equipos.....	29

2.3.	Formulación	32
2.4.	Análisis de las características fisicoquímicas	37
2.5.	Análisis sensorial QDA	37
2.6.	Evaluación Sensorial	38
2.6.1.	Preparación de las muestras y condiciones ambientales	38
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	41
3.1.	Formulación	41
3.2.	Análisis de características fisicoquímicas	41
3.3.	Análisis sensorial QDA	42
3.4.	Evaluación sensorial	43
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	49
	CONCLUSIONES.....	53
	RECOMENDACIONES.....	55
	REFERENCIAS.....	57
	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Sección transversal del grano de arroz.	7
2. Ilustración moho koji.....	26
3. Diagrama de flujo elaboración de bebida	32
4. Resultados Análisis QDA	43

TABLAS

I. Clasificación de especies de arroz.	5
II. Análisis aproximado de partes de arroz por cada 100 g al 14% de humedad.....	12
III. Clases de tamaño y formas utilizadas como guías en los programas de mejoramiento del arroz en Estados Unidos.	18
IV. Relación largo-ancho utilizado para determinar el tipo de grano. ..	18
V. Materias Primas	29
VI. Materiales y Equipos	30
VII. Descripción del proceso de elaboración de la bebida.....	33
VIII. Variables por evaluar	36
IX. Combinación de variables	37
X. Presentación de resultados de análisis fisicoquímicos	37
XI. Condiciones de la evaluación sensorial.....	39
XII. Formulación de bebida fermentada	41
XIII. Resultados de características fisicoquímicas	42
XIV. Puntuación de descriptores	42

XV.	Resultados del Análisis de ANOVA	44
XVI.	Resultados prueba de Duncan para atributo sabor.....	45
XVII.	Resultados prueba de Duncan para atributo olor.....	46

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm²	Centímetros cuadrados
°	Grados
g	Gramos
kcal	Kilocalorías
kg	Kilogramos
>	Mayor que
≥	Mayor o igual que
<	Menor que
≤	Menor o igual que
mg	Miligramos
ml	Mililitros
mm	Milímetro
mPas	Milipascal segundo
%	Porcentaje

GLOSARIO

Aceptabilidad	Conjunto de características o condiciones que hacen que una cosa sea aceptable.
Análisis fisicoquímico	Es el conjunto de métodos y técnicas que determinan la composición y características químicas y físicas de los alimentos.
Análisis Sensorial	Conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos por uno o más de los sentidos humanos.
ANOVA	La técnica estadística Análisis de Varianza.
Bebida alcohólica	Bebidas que contienen etanol en su composición.
Fermentación	Proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno y cuyo producto final es un compuesto orgánico.
Koji	Hongo <i>Aspergillus oryzae</i> , utilizado en cocina japonesa.
Prueba Duncan	Test de comparaciones múltiples. Permite comparar las medias de los t niveles de un factor después de

haber rechazado la hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica de ANOVA.

Sake

Es una palabra de idioma japonés que significa *bebida alcohólica*. Sin embargo, en los países orientales se refiere a un tipo de bebida alcohólica preparada de una fermentación a partir de arroz.

USDA

Siglas en inglés de Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se elaboraron bebidas fermentadas a partir de arroz, para poder evaluar la influencia que tiene el tipo de grano de arroz en las características organolépticas de la bebida. Además, las bebidas fueron evaluadas sensorialmente para determinar cuál tenía una mayor aceptabilidad.

Las bebidas fueron elaboradas con la misma formulación, únicamente se varió en el tipo de grano (largo y corto) y en el tiempo de fermentación (18 y 25 días) de las mismas. Para esto, como utilizó como materia prima principal arroz cocido a vapor, al cual se le esparció *Aspergillus Oryzae* y *Rhizopus Oryzae*, hongos utilizados en la cocina japonesa. Luego se mezcló con más arroz cocido a vapor, levadura, agua y ácido cítrico y se dejó fermentar durante 18 y 25 días.

Se realizó análisis fisicoquímicos a las cuatro bebidas obtenidas y luego se sometieron a una evaluación sensorial hedónica para determinar la formulación con mayor aceptabilidad.

Según la evaluación sensorial, se determinó que si existe una diferencia significativa en cuanto al sabor y aroma de las bebidas elaboradas con grano corto y las realizadas con grano largo. Además, la bebida con mayor aceptabilidad fue la elaborada con grano corto y con un tiempo de fermentación de 25 días.

La bebida es elaborada en Japón con un tipo de grano corto, por lo tanto, se logró concluir que si es necesaria la utilización de este tipo de grano para

obtener las características sensoriales deseadas en la misma. En cuanto a la caracterización fisicoquímica se obtuvo mayor diferencia en el % de alcohol y los grados brix, lo cual influye en el sabor de las bebidas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala se producen y consumen distintos granos básicos, como el maíz, frijol y el arroz, este último, es uno de los granos que presenta mayor consumo per cápita. El desconocimiento de la información tecnológica adecuada acerca de la producción de una bebida fermentada a partir de arroz, conocida como *Sake* en Japón, o *Vino de arroz*, y la falta de experimentación ha causado que hasta la actualidad en el país no exista una producción de esta bebida alcohólica a nivel industrial.

Esta bebida, contiene un mediano grado de alcohol, en la cual se utiliza comúnmente un grano corto, con una longitud menor de 5.2 mm y un mayor grado de pulido. La utilización de este tipo de grano, es el que brinda el sabor y aroma característico.

Sin embargo, no existen estudios en Guatemala en donde se elabore la bebida con las variedades de grano de mayor producción en el país: Cypress, ICTA Arrozgua, ICTA Masagua e IC2540; las cuales se encuentran dentro de la variedad de grano largo, con una longitud mayor de 6.1 mm y un alto contenido de amilasa.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio: ¿Se podrá elaborar una bebida fermentada a partir de arroz a nivel laboratorio, variando el tipo de grano y tiempos de fermentación?

Para responder a esta interrogante, se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cómo influirá el tipo de grano en las características organolépticas de la bebida?
- ¿Cuál será la caracterización fisicoquímica de los productos obtenidos?
- ¿Cuál formulación obtendrá la mayor aceptabilidad?

OBJETIVOS

General

Elaborar una bebida fermentada a partir de arroz a nivel laboratorio, utilizando las subespecies japónica e índica, de la especie *O. sativa*.

Específicos

1. Examinar la influencia del tipo de grano en las características organolépticas de la bebida.
2. Especificar la caracterización fisicoquímica de los productos obtenidos.
3. Determinar, según las propiedades sensoriales, la formulación que obtenga la mayor aceptabilidad.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

Este estudio, es de tipo cuantitativo descriptivo, enfocado en la formulación de una bebida fermentada a base de arroz, en la cual se determinó las características fisicoquímicas y su aceptabilidad según las variables de formulación.

Se realizó un diseño de tipo experimental, ya que se realizó una toma de datos a nivel de laboratorio. Se realizaron formulaciones, variando el tiempo y los ingredientes buscando los mejores resultados.

La formulación de la bebida fermentada a base de arroz, se realizaron con variaciones en el tipo de grano de arroz y tiempos de fermentación, y se estableció cuatro formulaciones. Estas formulaciones, se basó en la revisión de literatura para la elaboración de *sake*, sin embargo, debido a las condiciones de elaboración, las proporciones de materia prima variaron ligeramente con el fin de obtener una bebida con las características sensoriales deseadas.

Las formulaciones fueron sometidas a análisis fisicoquímicos, en donde se pueden mencionar pH, % de alcohol, grados brix, entre otros.

Para la prueba de aceptabilidad de la bebida, se realizó una prueba de aceptabilidad hedónica de cinco puntos, donde participaron panelistas no entrenados, para evaluar el nivel de agrado del producto.

A los panelistas, se les presentó cuatro muestras de bebida fermentada a base de arroz, en donde se solicitó evaluar el agrado a la muestra en una escala que comprende desde me gusta mucho hasta me disgusta mucho, en los atributos de color, olor, sabor y apariencia.

Los formularios se codificaron por número para guardar la confidencialidad de los participantes. Al finalizar la prueba, los resultados se tabularon en el programa de Microsoft Excel y se evaluaron estadísticamente a través de ANOVA y Prueba de Duncan.

INTRODUCCIÓN

La falta de información para la elaboración de una bebida fermentada a base de arroz, uno de los granos básicos de mayor consumo per cápita en Guatemala, y las diferencias culturales y tradiciones alimenticias del país, hacen que no exista una producción de esta bebida a nivel industrial.

Esta bebida, es ampliamente conocida en el mundo, sin embargo, tiene mayor popularidad en países Asiáticos, en donde se originó esta bebida conocida como Sake. La materia prima principal del producto es el arroz, la subespecie de arroz cultivada en Asia es la japónica, la cual se caracteriza por ser un grano corto y gelatinoso. En Guatemala, se cultiva el arroz de subespecie índica, el cual se caracteriza por ser un grano largo y con menor cantidad de amilopectina.

En esta investigación se formularon cuatro muestras, utilizando tanto un grano de arroz corto como grano largo, para evaluar la factibilidad de realizar esta bebida fermentada a partir de un grano largo. Además de utilizar dos tipos de granos también se realizó una variación en los tiempos de fermentación, esto con el fin de evaluar si el grano largo requeriría un mayor tiempo de fermentación para lograr semejar las características sensoriales que se obtuvieron con las formulaciones de grano corto. Posteriormente se evaluó la aceptabilidad del producto por medio de una prueba hedónica de cinco puntos y se realizó un análisis fisicoquímicos de las muestras.

En el capítulo uno, se presentaron los antecedentes de la investigación y el marco teórico. En el capítulo dos, se detallaron las materias primas, materiales y equipos necesarios para la formulación de la bebida y todo el procedimiento

para su elaboración. De igual forma se presentó el procedimiento llevado a cabo para el análisis sensorial de las formulaciones.

En el capítulo tres, se presentan los resultados obtenidos en la investigación y en el capítulo cuatro la discusión de los mismos. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Existen limitados estudios científicos sobre la producción de la bebida fermentada a partir de arroz (Sake) o el producto terminado en sí. En Guatemala, no se encontraron estudios sobre la tecnología o producción del mismo. A continuación se presentan estudios del proceso y producción de Sake en otros países:

El sake, se elabora a partir de arroz y agua, utilizando dos microorganismos, *Aspergillus oryzae* (llamado Koji) y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. La principal materia prima de la bebida es el arroz, el cual se cocina a vapor y se utiliza de dos maneras, agregándole al puré de sake y, para hacer el arroz-koji. La adición del iniciador de koji, es un factor importante en el aroma y sabor de sake. Ichikawa, Hirata, Hata, Yazawa, Tamura, Kanaeoke, Iwashita y Hirata (2020), analizaron el efecto del iniciador de koji y dos las variedades de arroz (Gohyakumangoku y Yamadanishiki), sobre los metabolitos de la bebida. Para esto se realizaron pruebas de elaboración de sake a pequeña escala. Como resultados, se obtuvo que algunos componentes y metabolitos característicos del sake, se ven afectados por el iniciador koji, determinando que este juega un papel importante para el establecimiento y mantenimiento de la calidad del producto final.

Akaike, Miyagawa, Kimura, Terasaki, Kusaba, Kitagaki y Nishida (2020), estudiaron sobre los contaminantes bacterianos que se presentan durante la producción de sake, así como sobre los distintos efectos de los ingredientes

sobre las características organolépticas y de calidad en el sake. El moho Koji (*Aspergillus Oryzae*), convierte el almidón de arroz en azúcares fermentables, y luego, la levadura de Sake *Saccharomyces cerevisiae*, convierte los azúcares en etanol. En el estudio, se determinó que existen varias especies bacterianas y se sugiere que la mayoría contaminan el sake durante el proceso de Koji y producción de motos. Estas bacterias contaminantes pueden crecer debido a una relación con el moho koji y/o la levadura de sake, causando que el sabor y calidad del sake cambie, atribuyendo a las variaciones en las bacterias durante su producción.

Debido al riesgo de contaminación con bacterias y levaduras indeseadas en la preparación de puré de semillas de la producción del Sake; Taniguchi, Takao, Kawasaki, Yamada y Fukusaki (2020), estudiaron un nuevo método alternativo de trituración del grano, en el que se utiliza directamente una levadura cultivada en lugar de una mezcla de semillas en donde se requiere un manejo con mayor cuidado durante cuatro semanas. Con este nuevo método, el cultivo de levadura de sake se realiza en un medio líquido y la masa recolectada por centrifugación se utiliza como sustituto del puré de semillas, reduciendo tiempo, mano de obra y por consiguiente, costos. Debido a la falta de análisis comparativos de sake elaborado con kimoto y levadura cultivada, en este estudio se realizó un análisis del curso del tiempo de los compuestos hidrófilos en el macerado y una evaluación sensorial de los productos. Como resultado, se detectaron diferencias en varios compuestos y en el nivel de sabor del umami entre el sake elaborado con kimoto y con levadura cultivada. Estos resultados pueden orientar la producción de sake con una calidad similar a la del sake tradicional, que se elabora con kimoto, al tiempo que se minimiza el tiempo, la mano de obra y el costo.

La revisión de literatura realizada por Soto y Kohsaka (2017), se basa en el aumento en la demanda mundial del sake. La variación del arroz, según las indicaciones geográficas, pueden dar lugar a distintos aromas y por consiguiente, distintos resultados en el sake. Los resultados de un sake ideal se obtienen mediante la eliminación y el uso de ácido del arroz pulido. Según la revisión de literatura, se ha comenzado el desarrollo de un sake en Japón de alta calidad basado en la acidez. Es así, como la industria del sake se puede introducir en una nueva era, caracterizada por la introducción del uso de diversas levaduras con alta acidez y el uso de un arroz que con un alto índice de pulido. Especifican, que, aunque es difícil estimar las tendencias en la producción del sake, la producción se encuentra en un punto de aumento y los hábitos de producción y consumo serán similares a los del vino.

El sake contiene varios oligosacáridos, que están asociados con su sabor, sin embargo, no hay suficiente información sobre las especies específicas y las concentraciones de oligosacáridos en sí. En el estudio de Tokuoka, Honda, Totsuka, Shindo y Hosaka (2017), se desarrolló un método analítico para detectar los oligosacáridos presentes. Se identificó que el sake generalmente contiene maltooligosacáridos y, que la mayoría de estos contienen estructuras ramificadas que son resistentes a la α -amilasa. El índice principal que caracteriza el tipo de sake es el valor del medidor de sake que indica el grado de sequedad o dulzura del sake. Por lo tanto, conocer el contenido de los sacáridos en el sake es de gran importancia para controlar la fermentación y el sabor del producto final.

1.2. Caracterización del arroz

1.2.1. Origen

Uno de los principales y más importantes cultivos básicos en el mundo, es el arroz (*Oryza sativa*), debido a que casi la mitad de la población se alimenta de este. El arroz es cultivado principalmente en Asia y es uno de sus cultivos más influyentes, sin embargo también se cultiva alrededor de todo el mundo. (Bao, 2019)

Se cree que el arroz fue uno de los primeros cereales que se domesticaron y se cultivaron, después del trigo y la cebada, llegando a ocupar una posición importante en el cultivo de cereales. Aproximadamente el 90 % del arroz en el mundo se produce en el sur, sureste y noreste de Asia. Sin embargo, a pesar de que gran parte de la producción se realiza primordialmente en un área, este cultivo es ampliamente adaptable a condiciones climáticas. (Bhattacharya, 2011)

1.2.2. Distribución geográfica del arroz

El arroz es cultivado en más de 120 países alrededor del mundo, como se mencionaba anteriormente, principalmente se centra el cultivo en las áreas tropicales y subtropicales de Asia.

A nivel mundial, el arroz es el cereal más importante para la alimentación humana. Más del 90 % del arroz se cultiva en Asia, donde se consume la mayor parte. En los últimos años se ha llegado a una producción anual de arroz de 4,215 millones de toneladas métricas, en donde predominaron los siguientes países: China, India, Indonesia, Bangladesh y Tailandia.

El arroz es una dieta básica para más de la mitad de la población mundial. En 39 países, el arroz es la dieta básica, y el área de siembra de arroz ha ido en un aumento gradual año con año, siendo en la actualidad China e India, los países productores de arroz más grandes, en los cuales se centra el 50 % de la producción mundial. (Friedmann y Weil, 2010)

El arroz es clasificado en las subespecies: índica y japónica, por su forma de grano y la textura. La clasificación índica, se caracteriza principalmente por un grano largo, menor cantidad de amilopectina y poco gelatinoso, por el contrario la japónica es un grano corto y más gelatinoso. Las características de las plantas de las especies índica y japónica tienen una gran variedad de diferencias significativas como la altura de la planta, forma y color de hoja, rotura de semillas, etc. (Friedmann y Weil, 2010)

1.2.3. Clasificación taxonómica

El género *Oryza* se clasifica en 10 genomas, comprendidos en 24 especies (2 cultivadas y 22 silvestres). Estas 2 especies cultivadas y 6 de las silvestres (del tipo de genoma AA) se clasifican según la siguiente tabla:

Tabla I. **Clasificación de especies de arroz**

Especie	África	América Central y Sur América	Asia	Oceanía
O. sativa	X	X	X	X
O. glaberrima	X			
O. barthii	X			

Continuación de la tabla I.

Especie	África	América Central y Sur América	Asia	Oceanía
O. glumaepatula		X		
O. longistaminata	X			
O. meridionalis				X
O. rufipogon		X	X	X
O. nivarra			X	

Fuente: Bao (2019).

1.3. Estructura del grano de arroz

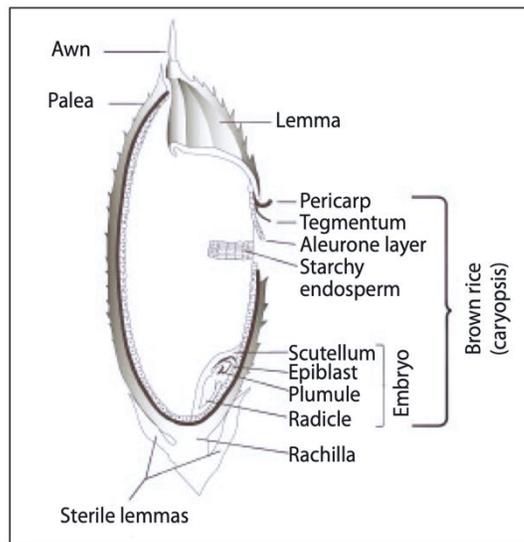
Conocer la estructura del grano, facilita la comprensión de las propiedades tanto físicas como químicas del grano de arroz. El grano de arroz está compuesto por distintas capas, cada una con funciones específicas. (Bao, 2019)

Dentro de las propiedades físicas que contribuyen a la calidad del grano se puede mencionar las dimensiones, densidad, porosidad, contenido de humedad y grado de molienda. (Bhattacharya, 2011)

El grano de arroz, comúnmente llamado semilla, consiste en el arroz integral (cariópside) y la cáscara. Este se compone principalmente de embrión y endospermo, los cuales están cubiertos por distintas capas delgadas. (Global Rice Science Partnership [GRiSP], 2013)

La cáscara del arroz indica, está compuesta por la pálea y las lemas; por otro lado, en el arroz japonico, la cáscara generalmente incluye glumas rudimentarias. Los granos tienen un peso de entre 10-45 miligramos con una humedad del 0 %. El largo, ancho y grosor del grano varían ampliamente entre las variedades, las cuales se explicarán más adelante. El peso de la cáscara promedia alrededor del 20 % del peso total del grano. (GRiSP, 2013)

Figura 1. **Sección transversal del grano de arroz**



Fuente: GRiSP (2013). *Sustainable crop productivity increase for global food security*.

1.3.1. **Cáscara**

El grano de arroz, es cosechado con cáscara, en el que la cariósida (grano arroz integral), está compuesta por dos hojas: la pálea (dorsal) y la lema mayor (ventral), estas dos se mantienen unidas por su estructura en forma de gancho. El peso de la cáscara es aproximadamente un 20 % del peso total del arroz. (Julinao y Túaño, 2019).

La semilla del arroz, está rodeada por el pericarpio, el cual forma el fruto llamado carióspside. La cáscara del arroz es la que proporciona la protección a la carióspside. Además de proteger a la semilla del arroz, le brinda resistencia al grano a la infestación de insectos y hongos como el *Aspergillus* spp. (Julinao y Tuaño, 2019).

En cuanto a la lema y la pálea, estas constan de cuatro capas:

- Epidermis externa de células silicificadas
- Esclerénquima
- Células de parénquima
- Epidermis interna

1.3.2. Pericarpio, cubierta de la semilla y núcleo

La carióspside es una fruta de una sola semilla, a esta se le fusiona el pericarpio. Existen 3 capas de células que forman la capa de la carióspside: el pericarpio, la capa de la semilla y el núcleo, estas capas se encuentran cubriendo el endospermo y el embrión del grano de arroz, el cual se encuentra dentro de la cáscara. (Julinao y Tuaño, 2019).

Junto al pericarpio, se encuentra la cubierta de la semilla (una capa de células), con una cutícula de 0.5 mm, en el lado interno de las células. Los pigmentos del arroz se encuentran generalmente en el pericarpio o en la cubierta de la semilla, es por esta razón que existen distintas variedades de pigmentos según la molienda. Seguido de la cutícula de la cubierta de la semilla, existe otra cutícula aún más gruesa, de 0.8 mm. (Bao, 2019)

1.3.3. Capa de aleurona

Esta es la capa más externa del endospermo, es una capa gruesa que se compone de células. Este grosor difiere según la variedad del arroz. Por ejemplo, los arroces de grano corto son más gruesos y tienden a tener más capas de células que los arroces delgados de grano largo.

Esta capa de aleurona, rodea completamente el grano de arroz, así como el lado exterior del embrión. Esta capa está unida a la membrana y contiene cuerpos de almacenamiento de filato, llamados globoides. (Bao, 2019)

1.3.4. Embrión

Ubicado en el lado ventral de la base del grano, es uno de los componentes más pequeños de la estructura. Está rodeado por una sola capa de aleurona y por restos celulares fibrosos del pericarpio y por la capa de la cariósida.

Las dos partes principales del embrión, son el escutelo y el eje embrionario. El segundo, tiene una forma de C y está separado del endospermo almidonado por el escutelo. El escutelo cuenta con partículas ricas en globoides, similares a la capa de aleurona. (Bao, 2019)

1.3.5. Endospermo

Este está dividido en dos regiones, la primera es la capa subaleurona, lo que la ubica en una de las capas más externas justo debajo de la aleurona; y la segunda, es la región central, la cual consiste en el resto del endospermo almidonado.

El endospermo almidonado está compuesto por células de parénquima, es una pared delgada y alargada, la cual contiene gránulos de almidón compuestos. En la mayoría de casos, las dimensiones de las células del endospermo son más cortas en los arroces de grano largo, que en los de grano corto o medio. (Julinao y Tuaño, 2019).

1.3.6. Fracciones de molienda

En esta etapa, se separa la cáscara del arroz del arroz integral o cariósido. La capacidad que tiene la pálea y la lema para engancharse sin espacios es distinta en cada grano de arroz. Aún cuando una cáscara rígida puede dar mayor protección al grano, suele resultar en mayor dificultad para retirarla.

La molienda abrasiva elimina los tejidos maternos extremos, resultando en un arroz molido, pulido o blanco, dejando como subproductos el salvado y pulimiento de arroz. En el salvado, se encuentra el pericarpio, cubierta de la semilla, núcleo, capa de aleurona y germen de esmalte. Durante la molienda, se elimina aproximadamente un 10% del peso total del arroz integral. (Julinao y Tuaño, 2019)

El salvado y pulimiento, son fragmentos derivados de la molienda. La remoción del salvado puede ser desde un cinco hasta un nueve por ciento del arroz en bruto molido. Valores más bajos se pueden encontrar en países en donde la molienda de arroz está regulada. (Bao, 2019)

El arroz molido, de tamaño es más pequeño que el arroz integral, cuenta con una superficie lisa y de color blanco ceroso. La superficie no debe de tener surcos profundos, particularmente para los granos pigmentados. En las etapas

de la molienda, la abrasión es más severa en las crestas que sobresalen que en las ranuras. La densidad del arroz elaborado, varía de 1.43 a 1.46 g/mL y la densidad aparente de 0.78 a 0.85 g/mL. (Bao, 2019)

1.4. Composición química y nutricional

La composición química y nutricional del arroz, puede ser de los aspectos más importantes de la calidad del mismo. Los factores fisicoquímicos subyacentes también afectan la calidad de procesamiento y elaboración del arroz.

Al ser un alimento básico, el valor máximo del arroz está en su calidad nutricional. La calidad y cantidad de proteína, lisina, vitaminas del grupo B y otros micronutrientes tienen mucha relevancia. Además también es importante considerar el desequilibrio que se tiene con ciertos nutrientes como el calcio y la fitina.

El arroz integral, tiene un contenido de fibra y proteína bajo comparado con otros cereales, y un contenido mayor de carbohidratos disponibles. Dentro de los cereales, es uno de los que contienen mayor energía junto a la avena. (Bhattacharya, 2011)

Además es importante conocer que la eliminación de la cáscara en la molienda, reduce también el contenido de fibra. Es por esta razón que la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) reconociera el arroz como un grano *integral*, ya que la cantidad de fibra dietética es muy baja. (Bao, 2019)

El contenido nutricional (proteína, fibra, grasa, cenizas, carbohidratos) en el arroz integral es mayor. En la siguiente tabla, se muestra la composición aproximada del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad:

Tabla II. **Análisis aproximado de partes de arroz por cada 100 g al 14% de humedad**

Nutriente	Cáscara de Arroz	Arroz integral	Arroz blanco	Salvado de arroz
Agua (g)	14	14	14	14
Energía (kcal)	266-311	358-388	349-373	399-476
Proteína cruda	2-2.8	7.1-8.3	6.3-7.1	11.3-14.9
Lípidos totales	0.3-0.8	1.6-3.1	0.3-0.7	15-19.7
Cenizas	13-21	1-1.5	0.3-0.8	6.6-9.9
Carbohidratos	22-34	73-87	77.89	34-62
por diferencia				
Fibra dietética total	66-74	2.9-4.4	0.7-2.7	19-29
Azúcares	0.6	0.7-1.9	0.1-0.5	5.5-6.9

Fuente: Bao (2019).

1.4.1. Almidón de arroz

El almidón es el componente de mayor abundancia del grano de arroz, siendo este entre el 72-82 % del peso seco del grano de arroz integral y un 90 % de grano de arroz elaborado. El almidón está compuesto principalmente de

amilosa y amilopectina. La amilosa, es una molécula lineal con enlaces α -1,4-glucosídicos y con muy pocos enlaces α -1,6-glucosídicos, mientras que la amilopectina contiene cadenas ramificadas de varias longitudes.

El almidón contribuye en la digestibilidad y facilidad de cocción de los granos de arroz, mediante interacciones con otros componentes como el endospermo en donde se incluyen proteínas, lípidos y agua.

La amilopectina, como se mencionaba, es altamente ramificada y es el componente principal del almidón, constituyendo entre el 65-85 % de este. En cuanto a la amilosa, esta consiste en cadenas lineales largas y algunos puntos de ramificación. Una de las propiedades de la amilasa, es su capacidad de formar complejos con el yodo. Estos complejos yodo-amilosa, proporcionan el método para la determinación del contenido aparente de amilosa. Este contenido aparente de amilosa, en el arroz ceroso es inferior al 2 %, mientras que en el arroz común varía entre el 5-33 %. (Priya, Nelson, Ravichandran y Antony, 2019)

1.4.2. Proteínas y aminoácidos esenciales

La proteína es el segundo componente principal después del almidón y este influye en la calidad alimentaria y nutricional del arroz. El arroz tiene un perfil de aminoácidos equilibrados de una manera adecuada, debido a la presencia de lisina, haciendo que la proteína del arroz sea superior a otros cereales. El contenido de lisina de la proteína de arroz está entre el 3.5-4.0 %, lo que la convierte en la más alta entre las proteínas de los cereales.

El rendimiento de los cultivos de cereales principales como lo es el arroz, trigo y maíz, tienen un rendimiento mucho mayor que los principales cultivos de leguminosas. La proteína de la semilla de arroz, es una fuente significativa de

energía para la población mundial y para quienes basan su dieta principalmente de este.

El contenido de proteína total del arroz es de aproximadamente 7 %, lo cual, comparado con otros cereales es relativamente bajo. Sin embargo, debido a la cantidad de arroz producida anualmente es una cantidad considerable de proteína de arroz potencialmente disponible. (Priya, Nelson, Ravichandran y Antony, 2019)

1.4.3. Lípidos

Los lípidos en el arroz, consisten principalmente de ácidos grasos insaturados, principalmente depositados en el salvado, embriones y endospermas, que desempeñan un papel importante en la determinación del procesamiento, calidad y almacenamiento de los granos de arroz. (Bao, 2019)

La capa externa del grano de arroz, el salvado, contiene desde un 15 hasta un 25 % de lípidos. Estos son conocidos como aceite de salvado de arroz (RBO), los cuales se componen de ácidos grasos saturados. El RBO, se ha llegado a considerar un ingrediente importante en varios productos funcionales e industriales por sus características nutricionales. (Priya, Nelson, Ravichandran y Antony, 2019)

1.4.4. Vitaminas

El arroz integral, contiene vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico, piridoxina, biotina, ácido fólico y vitamina E. Este carece de vitaminas, A, D y C. El procesamiento posterior del arroz integral para obtención

de arroz blanco pulido o molido, elimina la capa del salvado lo cual llega a disminuir la cantidad de vitaminas disponibles. (Julinao y Tuaño, 2019).

El contenido de nutrientes de las semillas de arroz, se reduce después de la molienda desde un 10-16 % en las proteínas hasta un 82 % de vitamina E y grasas, consecuentemente las demás características nutricionales también disminuyen. (Bao, 2019)

1.4.5. Molienda y pulido

El término de calidad de arroz, se refiere a distintas variantes del mismo, considerando la cantidad de granos enteros después de la molienda, el atractivo visual del grano o la calidad del consumo o palatabilidad del arroz. Las grietas o fisuras en el grano son probablemente la mayor preocupación en la molienda del arroz. La calidad de uso final del arroz, abarca sus propiedades para cocción, procesamiento y sus características fisicoquímicas, funcionales, sensoriales y nutricionales. (Bhattacharya, 2011)

Cualquier factor que promueva una fisura del grano es un peligro potencial que debe evitarse. Además, el contenido de la cáscara, la rigidez del entrelazamiento de la misma, presencia de granos inmaduros o infestados y calcáreos y muchos otros factores afectan en los resultados de molienda. (Bhattacharya, 2011)

Los cultivares de arroz a lo largo de todo el mundo varían de gran manera en la calidad de cocción, sensorial y procesamiento. Alrededor del mundo, existen diversas combinaciones en relación a la longitud, ancho, peso del grano, color del salvado y características químicas del endospermo. Debido a que la mayor parte del arroz no ingresa al mercado de exportación, los consumidores a

menudo están expuestos solo a cultivares locales y no conocen la gran variación en las características físicas y químicas del arroz en el mundo.

Más de 100,000 genotipos distintos de arroz y sus especies relacionadas se mantienen en colecciones de germoplasma en todo el mundo. En Estados Unidos, el mercado nacional se basa en el cultivo y exportación. Existen tres clases de mercado, basadas en la forma del grano, el contenido de amilosa y la temperatura de gelatinización. (Bhattacharya, 2011)

Después de la molienda, se eliminan las cáscaras y el salvado del arroz (alrededor del 14 % de humedad) y se produce arroz molido o pulido con una rotura mínima. Un sistema de molienda de arroz comercial incluye varias etapas de procesamiento en las que el arroz se somete primero a descascarillado para eliminar la cáscara. Luego se lleva a cabo un pulido para eliminar las capas de salvado y proporcionar brillo superficial a la parte blanca comestible.

La calidad de la molienda denota la capacidad de los granos de arroz para resistir el descascarillado y el pulido sin romperse, y para producir una gran cantidad de recuperación. (Bao, 2019)

El arroz de grano largo, es al menos tres veces más largo que ancho, además de tener una temperatura de gelatinización y un contenido de amilosa intermedio. Esta variedad brinda un arroz firme y esponjoso después de su cocción. Este es uno de los tipos de arroz preferidos en área como América, el sur de China, África occidental y el norte de Europa.

Los granos medianos convencionales son de 2 a 2.9 veces más largos que anchos. Luego de su cocción, son suaves y húmedos con una textura pegajosa. Este tipo de arroz es preferido en Japón, el norte de China y Corea del

Sur. Esta clase de arroz es utilizada comúnmente en cereales para desayuno, tiene otras características en comparación con el arroz de grano largo, como una baja cantidad de amilosa y una temperatura de gelatinización. (Julinao y Tuaño, 2019).

El arroz de grano corto convencional, es menos de 2 veces más largo que ancho, mientras que sus otras propiedades son similares a las del arroz de grano medio. Este tipo de arroz es utilizado comúnmente en el sushi, caracterizado por ser un grano pegajoso y esponjoso después de la cocción.

Por lo general el tipo de arroz japonés de calidad superior, son similares a los granos cortos convencionales en términos de tipo de grano, contenido de amilosa y temperatura de gelatinización. Los rasgos específicos evaluados en este tipo de arroz son el brillo, la pegajosidad, la dureza, el sabor y el aroma del arroz cocido.

Existen otras variedades especiales, como el Arborio, Baldo, Bomba y Carnaroli, clasificadas dentro de los granos medios, estos son utilizados en platos españoles e italianos y contienen un contenido de amilosa y temperatura de gelatinización que confieren una textura interior firme y un exterior cremoso. El arroz ceroso, conocido también como pegajoso, dulce y glutinoso, no contiene amilosa, es de un color opaco y muy suave y pegajoso después de la cocción. (Bao, 2019)

1.4.6. Dimensiones del grano

Las dimensiones del grano de arroz, es comúnmente asociada al tipo de calidad sensorial del mismo, por lo que es una característica importante en la industria del arroz. En la siguiente tabla, se muestran las definiciones de la

longitud del grano de arroz integral, la relación de longitud y ancho y el peso que utilizan en Estados Unidos. (Friedmann y Weil, 2010)

Tabla III. Clases de tamaño y formas utilizadas como guías en los programas de mejoramiento del arroz en Estados Unidos

Tipo de grano	Grano de arroz integral		
	Longitud (mm)	Relación largo-ancho	Peso (mg)
Largo	6.61-7.5	3.1 y más	15-20
Mediano	5.51-6.6	2.1-3	17-24
Corto	Hasta 5.5	2 y menos	20-24

Fuente: Bao (2019).

Tabla IV. Relación largo-ancho utilizado para determinar el tipo de grano

Forma de arroz	Relación largo-ancho		
	Grano largo	Grano mediano	Grano corto
Arroz con cáscara	3.4 y más	2.3-3.3	2.2 y menos
Arroz integral	3.1 y más	2.1-3	2 y menos
Arroz blanco	3 y más	2-2.9	1.9 y menos

Fuente: Bao (2019).

El Servicio Federal de Inspección de Granos de la Administración de Inspección, Empacadores y Corrales de Granos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) utiliza relaciones de largo

a ancho de granos de arroz en bruto, integral y molido para evaluar la calidad del arroz con fines comerciales.

Otros países comercializadores de arroz, utilizan distintos estándares para definir las dimensiones del grano. Existe otra característica del grano aparte del largo y ancho, para la caracterización como el área de superficie por unidad de peso del arroz (cm^2 / g). Esta se asocia con diferencias en la absorción de agua y tiempo de cocción, aparte de tomar en cuenta el largo y ancho. (Friedmann y Weil, 2010)

1.4.7. Color de grano

El color es otro factor crítico de calidad. Es evaluado subjetivamente por inspectores en una muestra representativa de arroz, en una caja de luz. El color varía desde el blanco deseable hasta el gris oscuro indeseable.

La tiza de arroz, es una formación opaca en un grano y puede estar solamente en una proporción o en todo. La mayoría de segmentos en la industria del arroz, desea un grano de arroz sin tiza o coloración opaca. Existe una excepción en el arroz ceroso, ya que este es completamente opaco y tienen un núcleo calcáreo que afectan las propiedades físicas y funcionales de una muestra de arroz. (Saldivar, 2010)

1.5. Clasificación de bebidas alcohólicas según su elaboración

Las bebidas alcohólicas, tienen su origen en el proceso de fermentación alcohólica. La cantidad de azúcares disponibles influye en esta fermentación de manera espontánea al entrar en contacto con acción de levaduras en ausencia

de aire, provocando la destrucción de glucosa y otros azúcares y produciendo dióxido de carbono y etanol. (Pérez, 2018)

1.5.1. Bebidas fermentadas

Se denominan así por el mecanismo de fermentación alcohólica, en este proceso, el azúcar contenido en frutas, semillas o hierbas, surgen por un cambio bioquímico producido por la acción de la levadura, ante una exposición de tiempo, temperatura y humedad. (Pérez, 2018)

Estas bebidas, contienen un grado alcohólico entre los 5° y los 15°, este grado de alcohol depende de la concentración de azúcares libres de las materias primas con las que se elaboran las bebidas. Dentro de las principales bebidas fermentadas se encuentran:

1.5.2. Vino

El vino es un líquido resultante de una fermentación alcohólica ya sea completa o parcial, del jugo o mosto de la uva. Posee un grado alcohólico de entre 11° y 14°. Dentro de esta clasificación podemos encontrar 3 tipos de vinos:

- Vinos de mesa
- Vinos espumosos
- Vinos fortificados (Tenorio, et. al., 2014)

1.5.3. Cerveza

En la elaboración de la cerveza se incluyen distintas tecnologías. Esta bebida, contiene un 90 % de agua y una variedad de componentes químicos con distintas propiedades que brindan las características sensoriales adecuadas. La cerveza tiene un grado alcohólico que varía entre 4° y 5°. (Suárez, 2013)

1.5.4. Bebidas destiladas

Estas son obtenidas por medio de un proceso que separa el alcohol de los demás componentes poco volátiles, con el fin de eliminar el agua, obteniendo un producto más concentrado y por ende, con mayor contenido de etanol. Existen dos tipos de destilación, la discontinua y la continua. (Guerrero y Yépez, 2018)

1.5.5. Bebidas fortificadas

Son las bebidas a las que se les agrega una cantidad extra de alcohol, comúnmente proveniente de un brandy u otra bebida alcohólica, después de la fermentación.

1.5.6. Licores

Se producen a partir de un destilado, añadiendo: cremas de sabor, aromas, azúcares, entre otros. Algunos ejemplos de licores son: Brandy, cognac, conitreau, ron, kalhua y amaretto. (Pérez, 2018)

1.6. Condiciones necesarias para la fermentación alcohólica

1.6.1. Nutrientes

Se debe tener disponible una cantidad adecuada de azúcares para la fermentación, así como tener en cuenta sustancias que favorecen al desarrollo de levaduras. (Contreras, del Campo, 2014)

1.6.2. Temperatura

Existe una relación directa entre el crecimiento de las levaduras y hongos que favorecen los procesos de fermentación y la temperatura. Entre mayor sea la temperatura la fermentación se realiza de una manera acelerada, sin embargo, es necesario tener una temperatura óptima según la fermentación que se esté realizando, ya que al aumentar la temperatura la conversión a etanol disminuye y se aumenta la conversión de metabolitos secundarios. Por el contrario, una temperatura muy baja llega a inactivar a las levaduras. (Contreras, del Campo, 2014)

1.6.3. pH

Los microorganismos tienen un pH óptimo para su conversión, por lo que existe una dependencia de la velocidad de crecimiento de las levaduras con el pH. Dependiendo de la composición del medio, el pH óptimo oscila entre 2.8 y 3.8. (Contreras, del Campo, 2014)

1.6.4. Aireación

Las levaduras requieren de cierta aireación. Esta oxigenación se consigue en los primeros pasos del proceso de fermentación. La velocidad de la fermentación se mantiene acelerada durante el inicio del proceso, ya que las levaduras cuentan con el oxígeno necesario y suficiente para su reproducción. Al agotar el oxígeno disponible, se inicia el proceso de conversión de carbohidratos. (Contreras, del Campo, 2014)

1.7. Industrialización del arroz en bebidas alcohólicas

Las bebidas alcohólicas que incluyen arroz como materia prima, se pueden encontrar en diversos países productores del cultivo. Una de las bebidas más comunes es la cerveza de arroz, en la cual se inocula arroz hervido con levadura para su fermentación.

Otra bebida muy conocida y consumida en Japón es el sake, al igual que el wang-tsiu en China. Estas bebidas tienen características sensoriales similares a las del vino, pueden consumirse frías o calientes. (Bhattacharya, 2011)

El arroz, es utilizado mundialmente para la producción de bebidas alcohólicas, pero principalmente se utiliza en países de Asia.

1.7.1. Bebida fermentada de arroz

Una de las bebidas alcohólicas tradicionales de Japón, es el sake, es una bebida fermentada a base de arroz, la cual está ganando popularidad alrededor del mundo. Las materias primas principales de esta bebida, son únicamente el

arroz y agua. Para la elaboración de esta, se realiza un cultivo llamado koji de *Aspergillus oryzae* en granos de arroz cocinado únicamente al vapor.

1.7.2. Procesamiento de arroz y agua

El arroz es la principal materia prima del sake. Se ha estudiado ampliamente, la estructura y los componentes del grano de arroz para la correcta sacarificación, el crecimiento de levaduras o mohos koji, la fermentación y la formación de compuestos de sabor en el macerado. Es por esta razón, que se ha determinado que existen variedades de grano corto (japónica) los cuales se adecúan al proceso de la elaboración de sake. Las variedades de grano largo, forman menos azúcares en la sacarificación y pueden llegar a aportar aromas indeseables en el producto final. (Steinkraus, 2004)

Para la elaboración del sake, es necesario realizar una molienda del arroz. Como se mencionó en capítulos anteriores, la molienda del arroz elimina la cáscara y capas del grano de arroz que se consideran indeseables para la elaboración de sake. Se debe contar con un grano de arroz al cual se le elimina entre el 25 y 30 % de su peso, incluso puede molerse hasta por debajo del 50 % de la proporción del peso de arroz integral. (Bao, 2019)

Al obtener el arroz blanco, este se debe lavar, sumergir en agua y por último se realiza una cocción a vapor durante 30 a 60 minutos. En términos generales, se utilizan alrededor de 25 kg de agua por una taza de arroz. (Steinkraus, 2004)

1.7.3. Preparación de koji

El Koji, es necesario para la elaboración del sake, este es un arroz que ha sido inoculado con un moho especial que descompone los almidones de arroz en azúcar para alimentar la levadura. (Christensen, 2013)

El Koji, es un cultivo de *A. oryzae*, el cual es cultivado tanto sobre como dentro de los granos de arroz cocinados al vapor. Este llega a acumular distintas enzimas y sustancias que son útiles para la elaboración de sake. Para esto, se realiza un cultivo de moho esparciendo el *A. oryzae* sobre el arroz, cultivando a 34°C - 36°C, durante 5-6 días. Como resultado, se obtiene una formación abundante de esporas en los granos de arroz moldeados. (Ohashi, 2016)

Se pueden encontrar hasta 50 tipos de enzimas presentes en el koji, de las cuales las de mayor importancia son las amilasas y proteasas. La α -amilasa descompone y rompe el almidón para obtener como resultado final la glucosa. Está también regula el crecimiento y fermentación de la levadura. La proteasa descompone las proteínas para formar péptidos, además de ayudar a la acción de la amilasa. (Ohashi, 2016)

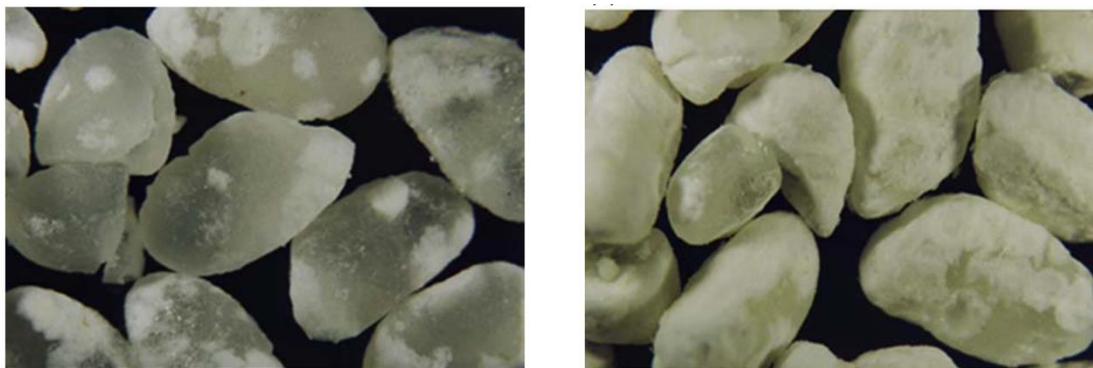
Se requiere una temperatura de hasta 42°C, cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la actividad de la amilasa. Por el contrario, temperaturas bajas favorecen el desarrollo de la actividad de la proteasa.

Para la elaboración de koji, se utiliza el arroz enfriado a 35-40°C, luego este se transfiere a un lugar con una temperatura controlada y adecuada para el crecimiento de los mohos. Después de la inoculación la mezcla se incuba durante aproximadamente 40-48 horas, mezclandolo ocasionalmente. Finalmente la

temperatura se eleva a 42°C, en donde se desarrollan los micelios blancos que cubren y se penetran en los granos. (Steinkraus, 2004)

Este moho koji, crece en la superficie del arroz a las 20 horas y se extiende sobre toda la superficie a las 44 horas (figura 2) después de comenzar con la elaboración del koji. (Bao, 2019)

Figura 2. **Ilustración moho koji**



Fuente: Bao (2019). *Rice Chemistry and Technology*.

1.7.4. Puré de semillas

El puré de semillas de arroz se clasifica en dos tipos según el proceso mediante el cual se acidifica: acidificado por bacterias de ácido láctico naturales (kimoto) con ácido láctico añadido.

Las levaduras de sake se clasifican taxonómicamente como miembros del grupo *Saccharomyces cerevisiae*. La temperatura de mezcla en este paso es de aproximadamente 20°C. Después de reposar durante unos días con agitación intermitente, el puré se calienta gradualmente.

En este paso, la levadura crece y se produce la fermentación, durante un aproximado de 10-15 días. (Ohashi, 2016)

1.7.5. Fermentación del macerado principal

El macerado incluye tres pasos y un paso opcional. Como primer paso, se agregan arroz al vapor, koji y agua al puré de semillas. La temperatura de la mezcla es aproximadamente de 12°C. Después de 2 días, la población de levadura es la suficiente por lo que se debe adicionar nuevamente arroz y koji. (Bao, 2019)

Como la población de levaduras y el contenido de ácido disminuyen en un 50 % aproximadamente, se disminuye la capacidad de inhibir microorganismos contaminantes. Al siguiente día se adiciona nuevamente arroz y koji, aumentando la temperatura del macerado alcanzando un máximo de 15-18 ° C entre el día seis y el nueve después de la adición final de los materiales.

Entre el día 15 y 20 después de la última adición de materiales, se alcanza una concentración de alcohol de 17-19 %. En el puré de sake, los azúcares liberados de los granos de arroz son fermentados por la levadura, esta concentración de azúcares fermentables alcanza un máximo de 7 a 8 % y va disminuyendo con el tiempo. (Ohashi, 2016)

1.7.6. Procedimiento de acabado

Al día siguiente, se hace el filtrado del sake. Generalmente, a partir de una taza de arroz blanco se obtienen 2.4 kg de sake, que contienen 20 % de alcohol y 200-250 kg de sólidos. El filtrado ligeramente turbio se clarifica y generalmente se pasteuriza (a aproximadamente 65°C) para matar la levadura y los

microorganismos dañinos (si es que están presentes), inactivar las enzimas y ajustar la velocidad de maduración.

Posteriormente este se almacena, en este tiempo, el sake madura gradualmente, su color se intensifica y su sabor se vuelve suave. En general, la maduración tarda entre tres y ocho meses. Luego puede ser embotellado y pasteurizado el sake. (Ohashi, 2016)

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Descripción de Materias Primas

La formulación de la bebida fermentada a base de arroz, se realizó a nivel laboratorio. Debido a que se realizó variaciones en el tipo de grano de arroz y tiempos de fermentación, se establecieron cuatro formulaciones. Estas formulaciones, se basó en la revisión de literatura para la elaboración de sake, debido a las condiciones de elaboración, las proporciones de materia prima variaron a lo que se investigó previamente con el fin de obtener una bebida con las características sensoriales deseadas. En la tabla V, se mencionan las materias primas a utilizadas:

Tabla V. **Materias Primas**

Ingrediente	% Fórmula	Peso (g)
Agua	59%	1545
Arroz	40%	1052
Levadura	0.19%	5
Ácido cítrico	0.19%	5
Aspergillus oryzae y Rhizopus oryzae	0.03%	0.8

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

2.2. Descripción de Materiales y Equipos

Los materiales y equipos necesarios para la elaboración de la bebida se detallan en la tabla VI:

Tabla VI. **Materiales y Equipos**

No.	Equipo	Imagen
1.	Galón de fermentación de vidrio	
2.	Tapa de fermentación y esclusa de aire de 2 piezas	
3.	Varilla de agitación	
4.	Sifón Automático y abrazadera de cierre	

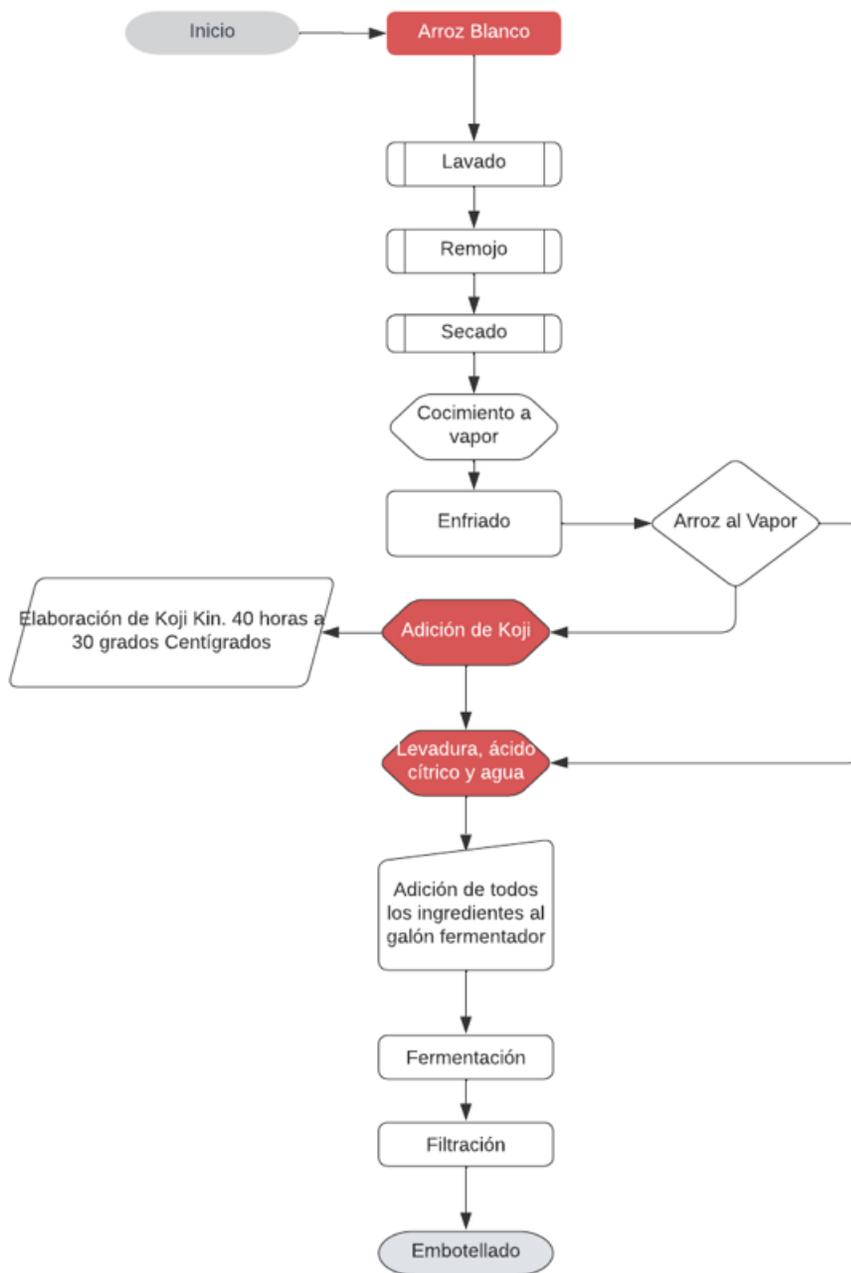
Continuación de la tabla VI.

No.	Equipo	Imagen
5.	Bolsas para filtrar	
6.	Vaporera	
7.	Termómetro adhesivo para galón de vidrio	
8.	Termómetro de varilla	
9.	Calentador de ambiente	

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

2.3. Formulación

Figura 3. Diagrama de flujo elaboración de bebida



Fuente: elaboración propia, realizado con Visio.

Tabla VII. Descripción del proceso de elaboración de la bebida

Etapa	Descripción	Fotografía
1	Pesar y lavar 256 gramos de arroz con abundante agua fría	
2	Remojar el arroz durante una hora y luego dejar escurriendo durante 45 minutos	
3	Cocinar a vapor durante una hora. No permitir que el arroz tenga contacto con el agua	
4	Enfriar el arroz hasta los 30° C.	

Continuación de la tabla VII.

Etapa	Descripción	Fotografía
5	Agregar 0.8 gramos de Koji (Aspergillus oryzae y Rhizopus oryzae)	
6	Tapar el arroz con una toalla húmeda y en un cuarto a 30° C, dejar reposar el Koji Kin durante 40 horas, moviéndolo cada 10 horas.	
7	Koji Kin listo después de 40 horas.	
8	Lavar 796 gramos de arroz con abundante agua fría. Repetir los pasos 2,3,4 y 5.	

Continuación de la tabla VII.

Etapa	Descripción	Fotografía
9	En $\frac{1}{4}$ de taza de agua desmineralizada, agregar 5 gramos de levadura y 5 gramos de ácido cítrico	
10	Agregar al galón fermentador el arroz cocido, Koji Kin, agua con levadura y ácido cítrico y 1545 ml de agua. Colocar la tapa y la esclusa de aire	
11	Dejar fermentar durante a 15°C 18 o 25 días, moviéndolo frecuentemente.	
12	Con una malla filtrar la bebida y meter al refrigerador 4°C	

Continuación de la tabla VII.

Etapa	Descripción	Fotografía
13	Después de 24 horas, con la ayuda de un sifón automático embotellar la bebida.	

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

Para el estudio, se evaluaron dos variables, el tiempo de fermentación y el tipo de grano. Esto con el fin de determinar la formulación con mayor aceptabilidad, además de evaluar si existe una diferencia significativa utilizando un tipo de grano largo.

Tabla VIII. **Variables por evaluar**

Factor	Código	Descripción
Tiempo de fermentación	A	A1: 18 días A2: 25 días
Grano	B	B1: grano corto B2: grano largo

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

Se crearon códigos según la combinación de variables para poder identificarlas, los códigos se detallan a continuación:

Tabla IX. **Combinación de variables**

No.	Código	Descripción
1	A1B1	18 días + grano corto
2	A1B2	18 días + grano largo
3	A2B1	25 días + grano corto
4	A2B2	25 días + grano largo

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

2.4. Análisis de las características fisicoquímicas

Para cada una de las formulaciones se determinaron las siguientes características fisicoquímicas, los resultados de las mismas se detallan en la sección de resultados.

Tabla X. **Presentación de resultados de análisis fisicoquímicos**

No.	Parámetro
1	pH
2	Grados Brix
3	Viscosidad
4	Densidad
5	% de alcohol

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

2.5. Análisis sensorial QDA

Este análisis descriptivo cuantitativo, es considerado el primer paso al momento de caracterizar un producto. Se utilizó para obtener los principales atributos sensoriales. El objetivo de realizar este análisis es establecer los

descriptores que identifican las bebidas realizadas con los dos distintos tipos de grano, ya que normalmente se utiliza un tipo de grano corto, por lo que evaluar si las características del producto no varían significativamente al utilizar el tipo de grano largo, fue de gran importancia.

2.6. Evaluación Sensorial

Para la prueba de aceptabilidad de la bebida, se realizó un prueba de aceptabilidad hedónica de cinco puntos, donde participaron 30 panelistas no entrenados, para evaluar el nivel de agrado del producto.

A los panelistas, se les presentó cuatro muestras de bebida fermentada a base de arroz, en donde se solicitó evaluar el agrado a la muestra en una escala que comprende desde me gusta mucho hasta me disgusta mucho, en los atributos de color, olor, sabor y apariencia.

Los formularios se codificaron por número para guardar la confidencialidad de los participantes. Al finalizar la prueba, los resultados se tabularon en el programa de Microsoft Excel y se evaluarán estadísticamente a través de Análisis de Varianza (ANOVA) y prueba de amplitud de Duncan para definir diferencias.

2.6.1. Preparación de las muestras y condiciones ambientales

Para disminuir las variaciones y tener una mejor estabilidad en las pruebas, se debe cumplir con las siguientes condiciones y criterios:

Tabla XI. **Condiciones de la evaluación sensorial**

Condiciones	Diseño
Panelistas	30
Luz	Blanca
No. Muestras	4
Temperatura muestra	4° C
Tamaño muestra	50 mL

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Formulación

Para la formulación de las bebidas, se utilizó el mismo porcentaje de ingredientes para las cuatro variaciones. La formula se detalla en la siguiente tabla:

Tabla XII. **Formulación de bebida fermentada**

Ingrediente	% Fórmula
Agua	59%
Arroz	40%
Levadura	0.19%
Ácido cítrico	0.19%
Aspergillus Oryzae y Rhizophus Oryzae	0.03%

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

3.2. Análisis de características fisicoquímicas

Con el objetivo de identificar las características fisicoquímicas del producto terminado, se realizó diversas mediciones de las propiedades de la bebida, las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla XIII. **Resultados de características fisicoquímicas**

No.	Parámetro	Resultado			
		A1B1 18 días + grano corto	A1B2 18 días + grano largo	A2B1 25 días + grano corto	A2B2 25 días + grano largo
1	pH	3.62	3.89	3.65	3.92
2	Grados Brix	6	4.3	6.1	4.1
3	Viscosidad	1.54 mPas	1.59 mPas	1.57 mPas	1.54 mPas
4	Densidad	0.916 g/mL	0.908 g/mL	0.93 g/mL	0.902 g/mL
5	% de alcohol	7.9%	7.1%	8.3%	7.8%

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

3.3. Análisis sensorial QDA

Se realizó un análisis descriptivo cuantitativo para la caracterizar los atributos sensoriales de la bebida fermentada a partir de arroz y así diferenciar entre cada una de las muestras realizadas.

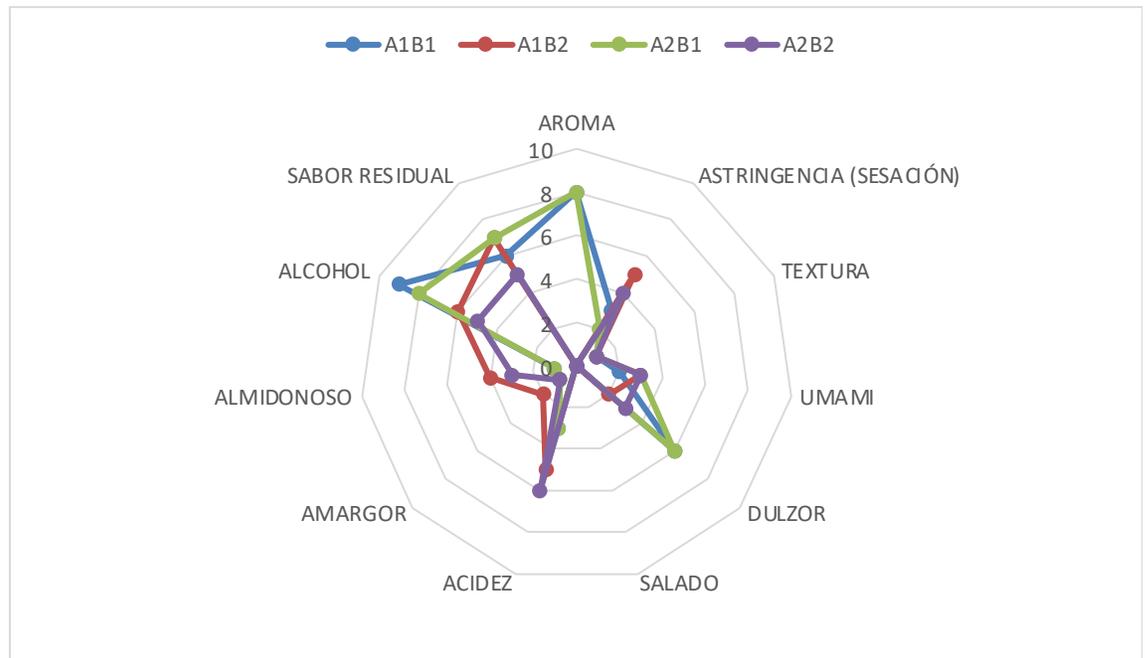
Los resultados se encuentran en la tabla y gráfica siguientes:

Tabla XIV. **Puntuación de descriptores**

No.	DESCRIPTOR	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
1	AROMA	8	0	8	0
2	ASTRINGENCIA (SENSACIÓN)	3	5	2	4
3	TEXTURA	1	1	1	1
4	UMAMI	2	3	3	3
5	DULZOR	6	2	6	3
6	SALADO	0	0	0	0
7	ACIDEZ	3	5	3	6
8	AMARGOR	1	2	1	1
9	ALMIDONOSO	1	4	1	3
10	ALCOHOL	9	6	8	5
11	SABOR RESIDUAL	6	7	7	5

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

Figura 4. Resultados Análisis QDA



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

3.4. Evaluación sensorial

Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA), para cada uno de los atributos estudiados en el panel sensorial, del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XV. **Resultados del Análisis de ANOVA**

Nivel de Significancia ≤ 0.05	
Atributo	ANOVA
Color	0.24
Sabor	0.0018
Olor	0.027
Apariencia	0.152

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Excel.

Para los atributos de Sabor y Olor, si existe una diferencia significativa, por lo tanto se realizó para ambos una prueba de amplitud de Duncan para determinar entre cuáles muestras existía esa diferencia significativa.

Para esta prueba se utiliza la siguiente fórmula:

$$Amplitud = \frac{Q\sqrt{CME}}{T}$$

En donde Q es el valor crítico de la prueba de Duncan, CME es el cuadrado medio del error y T es el número de panelistas.

Para la prueba de Duncan para el atributo de sabor se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XVI. **Resultados prueba de Duncan para atributo sabor**

Muestra	Fórmula	Resultado
A2B1-A1B2	$4.3-3.33 = 0.97$	ES MAYOR QUE 0.577 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
A2B1-A2B2	$4.3-3.566 = 0,734$	ES MAYOR QUE 0.577 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
A2B1-A1B1	$4.3-3.933 = 0.367$	ES MENOR QUE 0.557 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
A1B1-A1B2	$3.933-3.33 = 0.603$	ES MAYOR QUE 0.577 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
A1B1-A2B2	$3.933-3.566 = 0.367$	ES MENOR QUE 0.557 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
A2B2-A1B2	$3.566-3.33 = 0.236$	ES MENOR QUE 0.557 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Excel.

De lo que se concluye lo siguiente:

- La muestra A2B1 era significativamente diferente a las muestras A1B2 y A2B2.
- La muestra A1B1 era significativamente diferente a la muestra A1B2.
- La muestra A2B1 y la muestra A1B1 no era significativamente diferentes entre sí.
- Las muestras A1B1 y A2B2 no eran significativamente diferentes a la muestra A1B2.
- La muestra más aceptable en sabor fue la muestra A2B1 (25 días + grano corto).

Para la prueba de Duncan para el atributo de olor se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XVII. **Resultados prueba de Duncan para atributo olor**

Muestra	Fórmula	Resultado
A2B1-A1B2	$3.833-3.1 = 0.733$	ES MAYOR QUE 0.639 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
A2B1-A2B2	$3.833-3.266 = 0.567$	ES MENOR QUE 0.639 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
A2B1-A1B1	$3.833-3.8 = 0.033$	ES MENOR QUE 0.639 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
A1B1-A1B2	$3.8-3.1 = 0.7$	ES MAYOR QUE 0.639 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
A1B1-A2B2	$3.8-3.266 = 0.534$	ES MENOR QUE 0.639 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
A2B2-A1B2	$3.266-3.1 = 0.166$	ES MENOR QUE 0.639 PARA 4 MEDIAS POR LO TANTO NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Excel.

De lo que se concluye lo siguiente:

- La muestra A2B1 y A1B1 eran significativamente diferente a las muestras A1B2.
- La muestra A2B1 con las muestras A1B1 y A2B2 no eran significativamente diferentes entre sí.
- La muestra A1B1 y la muestra A2B2 no era significativamente diferentes entre sí.

- La muestra más aceptable en olor fue la muestra A2B1 (25 días + grano corto).

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación propuso el desarrollo de una bebida fermentada a partir de arroz con el fin de determinar si existían diferencias significativas variando en el tipo de grano utilizado y el tiempo de fermentación.

Debido a que en Guatemala se encuentra mayormente un grano de arroz largo, se consideró para esta investigación realizar dos muestras utilizando un grano corto y dos muestras utilizando un grano largo.

El Sake, es una bebida tradicional de Japón, la cual se realiza con un tipo de grano corto, ya que su estructura es esencial para la correcta sacarificación, el crecimiento de levaduras o mohos, la fermentación y la formación de compuestos de sabor en el producto final. Al utilizar un grano largo, se forman menos azúcares en la sacarificación por lo que podía no obtenerse los resultados deseados en cuanto a sabor y aroma.

Al obtener las cuatro muestras, utilizando grano corto y largo, y tiempos de fermentación de 18 y 25 días. Se realizó un análisis QDA para caracterizar los atributos sensoriales de las bebidas. Según este análisis sensorial se determinó que las bebidas realizadas con el grano de arroz corto tenían un mayor dulzor, aroma y sabor a alcohol, comparado con las bebidas realizadas con el grano largo.

En las bebidas realizadas con grano largo, se obtuvo un mayor sabor residual, acidez y astringencia, además el aroma no predominaba tanto en esta bebida como la realizada con grano corto.

En cuanto a las diferencias de las características sensoriales de las bebidas según los tiempos de fermentación, no se determinó una diferencia considerable. Esto puede ser debido a que hubo únicamente una diferencia de siete días en la fermentación de las bebidas.

En cuanto a la evaluación sensorial, se realizó una prueba hedónica de 5 puntos, con 30 panelistas no entrenados, con el fin de evaluar el nivel de agrado de las bebidas y si existe una diferencia significativa entre ellas.

Para el análisis de los resultados, se realizó un análisis de varianza ANOVA, para los atributos: color, sabor, olor y apariencia. Según este análisis, se determinaron diferencias significativas en cuanto al sabor y olor de las bebidas.

Debido a que si existió una diferencia significativa para los atributos de Sabor y Olor, se realizó una prueba de amplitud de Duncan para determinar entre cuáles muestras existía esa diferencia significativa.

Para la prueba de amplitud de Duncan del atributo sabor, se determinó que la muestra de grano corto con fermentación de 25 días era significativamente diferente a las dos muestras realizadas con grano largo. Asimismo, la muestra de grano corto con fermentación de 18 días era significativamente diferente a la muestra de grano largo con 18 días de fermentación. Según los datos obtenidos, la muestra con mayor aceptabilidad fue la muestra A2B1 (grano corto con 25 días de fermentación).

En cuanto a la prueba de amplitud de Duncan para el atributo de olor, se determinó, que ambas muestras de grano corto eran significativamente diferentes a la muestra de grano largo con 18 días de fermentación. De igual forma la

muestra de grano corto con 25 días de fermentación y grano corto con 18 días de fermentación no eran significativamente diferentes a la muestra de grano largo con 25 días de fermentación. Además, según los datos obtenidos, se demostró que la muestra más aceptable fue la muestra A2B1 (grano corto con 25 días de fermentación)

Basado en los resultados obtenidos del panel sensorial, se puede determinar que la muestra más aceptada fue la de grano corto con 25 días de fermentación. Las muestras de grano largo obtuvieron de promedio de aceptabilidad 3.33 y 3.56, según la escala hedónica, para 18 días de fermentación y 25 días de fermentación, respectivamente; comparado con los promedios de 3.93 y 4.3 de las muestras de grano corto para 18 días y 25 días de fermentación.

Se podría afirmar que la bebida fermentada a partir de arroz, si puede realizarse con un tipo de grano largo. Sin embargo, teniendo en cuenta que el grano corto tiene las características esenciales para la sacarificación, los resultados obtenidos señalan que las muestras realizadas con el tipo de grano largo no tienen las mismas características organolépticas y su aceptabilidad es menor a las muestras realizadas con el grano corto.

CONCLUSIONES

1. Se verificó la influencia del tipo de grano en las características organolépticas de la bebida, obteniendo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en cuanto al sabor y aroma, según ANOVA de 0.0018 y 0.027, respectivamente. No se descarta la posibilidad de realizar la bebida con un grano largo, sin embargo, pueden obtenerse distintas características organolépticas.
2. Se definió la caracterización fisicoquímica de los productos obtenidos. La mayor diferencia fue en el % de alcohol, obteniendo 8.3 y 7.9 % en las muestras con grano corto a comparación de 7.1 y 7.8 % de alcohol en las muestras con grano largo, y en los grados brix de 6 y 6.1 en las muestras con grano corto y 4.3 y 4.1 en las de grano largo. Esto puede estar relacionado con una mejor fermentación por el pulido del grano.
3. Se determinó que la formulación con mayor aceptabilidad fue la realizada con grano corto y una fermentación de 25 días, con un promedio de 4.3 en la escala de cinco puntos, comparado con el promedio de 3.33 para la fórmula de grano largo con fermentación de 18 días. Evidenciando que sí influye tanto en sabor como en olor hacer una variación en el tipo de grano.

RECOMENDACIONES

1. Debido a que se determinó que la bebida debe realizarse con un tipo de grano corto, realizar un estudio evaluando distintas variedades de grano corto, con distintos % de pulido, para evaluar la de mayor aceptabilidad.
2. Se recomienda contar con buenas prácticas durante todo el proceso de elaboración y desinfectar adecuadamente todos los utensilios y equipos para mantener la fermentación inocua y así evitar bacterias no deseadas como lactobacillus que puedan alterar las características organolépticas del producto final.
3. Utilizar la información presentada en este estudio para escalar a nivel industrial el proceso para realizar esta bebida, que permita definir la viabilidad de producción a mayor escala.

REFERENCIAS

1. Aguasalca, A. (2013). *Bebida fermentada a partir de arroz utilizando levadura Aspergillus oryzae*. (tesis de grado) Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.
2. Akaike, M., Miyagawa, H., Kimura, Y., Terasaki, M., Kusaba, Y., Kitagaki, H., y Nishida H. (2020). Chemical and Bacterial Components in Sake and Sake Production Process. *Current Microbiology*, 77, 632-637. doi: 0.1007/s00284-019-01718-4.
3. Bao, J. (2019). *Rice chemistry and technology*. Hangzhou, China: Elsevier.
4. Bhattacharya, K. (2011). *Rice Quality: a guide to rice properties and analysis*. Philadelphia, *Estados Unidos*: Woodhead Publishing Limited.
5. Contreras, C., del Campo, M. (2014). *Productos de la fermentación alcohólica; un beneficio para la salud*. Universidad de San Buenaventura seccional Cartagena, Colombia.
6. Christensen, E. *True Brews, how to craft fermented cider, beer, wine, sake, soda, mead, kefir and kombucha at home*. New York, United States: Ten Speed Press Berkley.
7. Friedmann, A. y Weil, B. (2010). *Arroz, negocio creciente*. Agencia del Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Recuperado de: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/arroz.pdf>.

8. Global Rice Science Partnership [GRiSP]. (2013). *Rice Almanac*. Phillippines: International Rice Research Institute.
9. Ichikawa, E., Hirata, S., Hata, Y., Yazawa, H., Tamura, H., Kaneoke, M.,... Hirata, D. (2020). Effect of *koji* starter on metabolites in Japanese alcoholic beverage sake made from the sake rice Koshitanrei. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 84 (8), 1714-1723. doi: 10.1080/09168451.2020.1763154.
10. Juliano, O. y Tũaño, A. (2019). *Gross structure and composition of the rice grain*. China: Elsevier.
11. Ohashi, K. (2016). *Understanding sake: explaining style and quality*. Londres: Cambridge Editorial.
12. Pérez, L. (2018). *Elaboración de vinos*. Madrid, España: Editorial Síntesis, S.A.
13. Priya, R., Nelson, A., Ravihandran, K. y Antony, U. (2019). Nutritional and functional properties of coloured rice varieties of South India: a review. *Journal of Ethnic Foods*, 6(11), doi: 10.1186/s42779-019-0017-3.
14. Sato, J., Kohsaka, R. (2017). Japanese sake and evolution of technology: A comparative view with wine and its implications for regional branding and tourism. *Journal of Ethnic Foods*, 4(2), 88-93. doi: 10.1016/j.jef.2017.05.005.

15. Serna-Saldivar, S. (2010). *Cereal Grains: properties, processing and nutritional attributes*. Monterrey, México: CRC Press.
16. Suárez, M. (2013). *Cerveza, componentes y propiedades*. (tesis maestría). Universidad de Obviedo, España.
17. Taniguchi, M., Takao, Y., Kawasaki, H., Yamada, T., y Fukusaki, E. (2020). Profiling of taste-related compounds during the fermentation of Japanese sake brewed with or without a traditional seed mash (*kimoto*). *Journal of Bioscience and Bioengineering*. doi: 10.1016/j.jbiosc.2020.02.017.
18. Tenorio, M., Mateos-Aparicio, I., Prádena, J., García, M., Pérez, M., Redondo, A., Villanueva, M. y Zapata, A. (2014). *El vino y su análisis*. Universidad Complutense de Madrid.
19. Tokuoka, M., Honda, C., Totsuka, A., Shindo, H., y Hosaka, M. (2017). Analysis of the oligosaccharides in Japanese rice wine, sake, by hydrophilic interaction liquid chromatography-time-of-flight/mass spectrometry. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 124 (2), 171-177. doi: 10.1016/j.jbiosc.2017.03.010.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Coherencia

Problema	Objetivos	Conclusiones	Recomendaciones
<p>Pregunta Principal ¿Se podrá elaborar una bebida fermentada a partir de arroz a nivel laboratorio, variando el tipo de grano?</p>	<p>Objetivo General Elaborar una bebida fermentada a partir de arroz a nivel laboratorio, variando el tipo de grano</p>		
<p>Preguntas auxiliares 1. ¿Cómo influirá el tipo de grano en las características organolépticas de la bebida?</p>	<p>Objetivos específicos Examinar la influencia del tipo de grano en las características organolépticas.</p>	<p>Se verificó la influencia del tipo de grano en las características organolépticas de la bebida, obteniendo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en cuanto al sabor y aroma, según ANOVA de 0.0018 y 0.027, respectivamente. No se descarta la posibilidad de realizar la bebida con un grano largo, sin embargo, pueden obtenerse distintas características organolépticas.</p>	<p>Debido a que se determinó que la bebida debe realizarse con un tipo de grano corto, realizar un estudio evaluando distintas variedades de grano corto, con distintos % de pulido, para evaluar la de mayor aceptabilidad.</p>

Continuación de anexo I.

Problema	Objetivos	Conclusiones	Recomendaciones
			Se recomienda contar con buenas prácticas durante todo el proceso de elaboración y desinfectar adecuadamente todos los utensilios y equipos para mantener la fermentación inocua y así evitar bacterias no deseadas como lactobacillus que puedan alterar las características organolépticas y fisicoquímicas del producto final.
			Utilizar la información presentada en este estudio para escalar a nivel industrial el proceso para realizar esta bebida, que permita definir la viabilidad de producción a mayor escala.

Continuación de anexo I.

Problema	Objetivos	Conclusiones
2. ¿Cuál será la caracterización fisicoquímica de los productos obtenidos?	Especificar la caracterización fisicoquímica de los productos obtenidos	Se definió la caracterización fisicoquímica de los productos obtenidos. La mayor diferencia fue en el % de alcohol, obteniendo 8.3 y 7.9% en las muestras con grano corto a comparación de 7.1 y 7.8% de alcohol en las muestras con grano largo, y en los grados brix de 6 y 6.1 en las muestras con grano corto y 4.3 y 4.1 en las de grano largo. Esto puede estar relacionado con una mejor fermentación por el pulido del grano.
3. ¿Cuál formulación obtendrá la mayor aceptabilidad?	Determinar, según las propiedades sensoriales, la formulación que obtenga la mayor aceptabilidad	Se determinó que la formulación con mayor aceptabilidad fue la realizada con grano corto y una fermentación de 25 días, con un promedio de 4.3 en la escala de 5 puntos, comparado con el promedio de 3.33 para la fórmula de grano largo con fermentación de 18 días. Evidenciando que sí influye tanto en sabor como en olor hacer una variación en el tipo de grano.

Fuente: elaboración propia, realizada en Microsoft Word.

Anexo 2. Fotografías Panel Sensorial



Fuente: Rayo (2022). Panel Sensorial.