

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



Elaboración de Whisky artesanal con maíz morado registro UAAAN

Por:

MARÍA ROSIBETH LÓPEZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA Y

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Elaboración de Whisky artesanal con maíz morado registro UAAAN

Por:

MARÍA ROSIBETH LÓPEZ PÉREZ

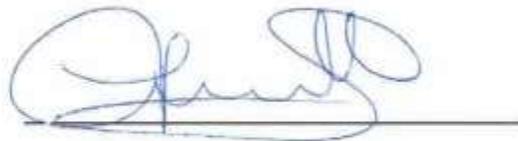
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón



Dr. Antonio Flores Naveda



Dr. Neymar Camposeco Montejo

Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA Y

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Elaboración de Whisky artesanal con maíz morado registro UAAAN

Por:

MARÍA ROSIBETH LÓPEZ PÉREZ

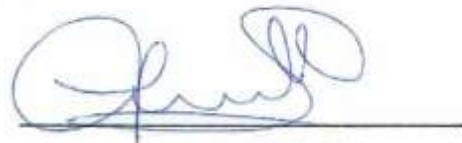
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO CALIFICADOR

Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente



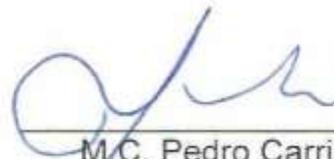
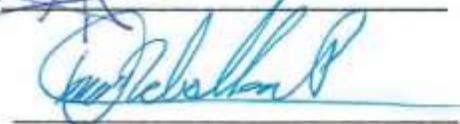
Dr. Antonio Flores Naveda
Vocal



Dr. Neymar Camposeco Montejo
Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Vocal



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de
Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2025

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citar; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



María Rosibeth López Pérez

AGRADECIMIENTOS

A mi honorable Alma Terra Mater por permitirme formarme en ella y por todo el apoyo de sus instalaciones que me ha brindado para hacer posible culminar esta tesis le agradezco infinitamente.

A la Dra. Xochitl Ruelas Chacón formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que la caracterizan, su paciencia y consejos fueron siempre útiles para mí, las ideas que me aportó para escribir lo que hoy he logrado, muchas gracias por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por sus orientaciones.

Al Dr. Antonio Flores Naveda, Dr. Neymar Camposeco Montejo y al M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla por su apoyo y colaboración en la realización y finalización del presente trabajo de investigación.

A mis padres Bertha Y Eleuterio. Ustedes han sido siempre el motivo que impulsa mis sueños y objetivos, quienes estuvieron siempre a mi lado en los momentos más difíciles durante estos años de estudio, siempre han sido mis mejores guías en mi trayecto de vida, les agradezco y siempre estaré agradecida infinitamente con ustedes, gracias por creer y confiar en mí.

A mis hermanos Adelfo, Orlando, Francisco y Marín, no existen suficientes palabras para decirles “gracias” por todo el apoyo incondicional que me han dado a lo largo de mis estudios, por estar ahí siempre cuando los necesito por respaldarme, les agradezco con creces.

A mi amiga Ana Luisa Torres Ruiz por apoyarme en el proceso de la elaboración del whisky y por ser la mejor amiga en esta carrera universitaria.

A Juan Carlos, por acompañarme y apoyarme en esta etapa de mi vida te lo agradezco de corazón.

A todos ustedes, y a los que me faltó nombrar, les digo ¡gracias!

DEDICATORIA

A mi señora madre, que me ha forjado con buenos valores y disciplina y que me ha enseñado luchar día a día. Las fuerzas y el aliento que ella me transmite a la distancia es la razón que me impulsa para salir adelante y hacer realidad este sueño.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIA.....	VI
Índice de cuadros	XI
Índice de figuras	XII
RESUMEN	1
CAPITULO I. INTRODUCCION.....	2
1.1 Justificación	3
1.2 Hipótesis.....	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
CAPITULO II. REVISION DE LITERATURA	5
2.3 Bebidas alcohólicas	5
2.4 Demanda de bebidas alcohólicas en el mercado internacional.....	6
2.5 Historia del Whisky.....	7
2.6 Origen del maíz	8
2.7 Clasificación taxonómica del maíz.....	8
2.8 Morfología de la planta	9
Tallo:.....	9
Las hojas:	9
2.9 Producción de maíz en México y en el mundo	10
2.10 Variedad del maíz morado	12
2.11 Características genéticas del maíz morado.....	13
2.12 Estructura y composición	13
2.13 Compuestos bioactivos en maíz.....	14
2.13.1 Polifenoles	15
2.13.2 Flavonoides	16
2.13.3 Antocianinas.....	17
2.13.4 Antioxidantes	18

2.14	Clasificación de los antioxidantes	18
2.14.1	Antioxidantes exógenos	18
2.14.2	Antioxidantes endógenos.....	18
2.14.3	Radicales libres.....	19
2.14.4	Especies reactivas del oxígeno (ERO).....	19
2.14.5	Estrés oxidativo	19
2.14.6	Cebada.....	19
2.15	Morfología de la cebada.....	20
2.15.1	Raíz	20
2.15.2	Tallos	20
2.15.3	Hojas.....	20
2.15.4	Inflorescencias.....	21
2.15.5	Fruto o grano.....	21
2.16	Levadura.....	21
2.17	Agua.....	22
2.18	Proceso de la elaboración de Whisky.....	22
2.18.1	Fermentación	22
2.18.2	Destilación.....	23
2.18.3	Maceración.....	23
2.18.4	Maduración	24
2.19	Añejamiento tradicional.....	24
2.20	Componentes del Whisky.....	25
2.21	Principales países productores de Whisky.....	26
2.21.1	Whisky Escoces.....	26
2.21.2	Whisky Irlandés	26
2.21.3	Whisky Canadiense	26
2.21.4	Whisky Estadounidense	27
2.22	Grado de alcohol	27
2.23	Tipos de licores.....	27
2.24	Requisitos de bebida alcohólica.....	28
2.25	Análisis sensorial del Whisky.....	29
2.26	Evaluación sensorial	29
2.26.1	Pruebas afectivas	31

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	33
3.1 Equipo	33
3.2 Materiales y reactivos	33
3.3 Materia prima.	34
3.3.1 Proceso de la elaboración de Whisky a base de maíz morado	34
3.3.2 Cocción	35
3.3.3 Enfriamiento.....	36
3.3.4 Maceración.....	36
3.3.5 Filtración.....	36
3.3.6 Activación de levadura	36
3.3.7 Inoculación	37
3.3.8 Mosto envasado en fermentadores.....	37
3.3.9 Fermentación	37
3.3.10 Segunda filtración.....	37
3.4 Destilación del Whisky a base de maíz morado	38
3.5 Caracterización físico- química del producto	40
3.5.1 Pérdida de peso.....	40
3.5.2 Determinación de pH	40
3.5.3 Análisis de grados Brix.....	40
3.5.4 Grado alcohólico	40
3.5.5 Acidez titulable	40
3.5.6 Medición de color.....	41
3.5.7 Evaluación sensorial	41
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	43
4.1 Análisis estadístico	43
4.2 Caracterización fisicoquímica del Whisky	43
4.2.1 Pérdida de masa.....	43
4.3 Potencia de Hidrogeno (pH).....	44
4.4 Grado alcohólico °GL (Gay Lussac).....	45
4.5 Acidez titulable (AT)	46
4.6 Solidos solubles totales del Whisky.....	47
4.7 Parámetro de color L, a* y b*	49
4.8 Evaluación sensorial	52

4.8.1	Apariencia global.....	52
4.8.2	Olor.....	53
4.8.3	Sabor	54
CAPITULO V. CONCLUSIONES		55
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA		56

Índice de cuadros

Cuadro 1. Principales países exportadores de Whisky en el 2021	7
Cuadro 2. Clasificación taxonómica del maíz	8
Cuadro 3. Compuestos fitoquímicos en genotipos de maíz blanco y azul.....	16
Cuadro 4. Componentes de Whisky	25
Cuadro 5. Requisitos físicos-químicos	29
Cuadro 6. Atributos que evaluaron los consumidores habituales de Whisky de acuerdo a los descriptores de categorización de apariencia, olfato y gusto.....	41

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación de bebidas alcohólicas.	6
Figura 2. Producción mundial del maíz año 2021.....	11
Figura 3. Principales partes del grano de maíz	14
Figura 4. Estructura básica de los flavonoides	17
Figura 5. Estructura general de la antocianina	18
Figura 6. Clasificación de los licores artesanales	28
Figura 7. Maíz morado lavado, desinfectado y seco en charolas de plástico.	34
Figura 8. Maíz morado y cebada malteada molido.....	35
Figura 9. Obtención del puré de maíz morado	35
Figura 10. Activación de levadura	36
Figura 11. Mosto envasado en fermentadores.	37
Figura 12. Equipo de destilación de Whisky	38
Figura 13. Diagrama de proceso de la elaboración de Whisky a base de maíz morado registro UAAAN.	39
Figura 14. Pérdida de peso del mosto.....	44
Figura 15. pH de tres tipos de whiskies.....	45
Figura 16. Grado alcohólico del Whisky a base de maíz morado.....	46
Figura 17. Acidez titulable de tres tipos de whiskies	47
Figura 18. Grados Brix del mosto durante la fermentación	49
Figura 19. Parámetro L* (luminosidad) en las muestras de whiskies	50
Figura 20. Parámetro a* (rojo/verde) en las muestras de whiskies	51
Figura 21. Parámetro b* (amarillo/ azul) en las muestras de whiskies	51
Figura 22. Aceptación de apariencia del Whisky	53
Figura 23. Olor en diferentes componentes del Whisky a base de maíz morado.	54

Figura 24. Perfil de sabor del Whisky a base de maíz morado..... 54

RESUMEN

El maíz morado (*Zea mays* L.), caracterizado por su tonalidad morada debido a su gran cantidad de antocianina, el cual es un alimento rico en antioxidantes y de gran valor nutritivo.

El objetivo de la presente investigación fue desarrollar un Whisky artesanal a base de maíz morado registro UAAAN. El maíz morado se mantuvo en su estado natural (no germinado) y la fermentación se desarrolló en fermentadores de vidrio el cual fueron aislados en una sala de evaluación sensorial bajo oscuridad para mantener una temperatura de 25-29 °C, el proceso de fermentación duro una semana.

Se determinó la composición fisicoquímica de la materia prima (pérdida de peso, pH, grado de alcohol, grados Brix, acidez titulable y colorímetro). Del producto obtenido, se realizó un análisis sensorial de aceptabilidad de una escala hedónica de dos puntos para atributos de color, sabor y olor.

Los resultados indican que efectivamente hay diferencias estadísticamente significativas entre dos whiskies comercial y el Whisky artesanal a base de maíz morado. Se obtuvo un grado de alcohol de 11.5% y los whiskies industriales contienen el 40%, en cuanto a pH contiene el 3.45 y Whisky comercial 1 y 2 es de 3.97 y 3.57, acidez titulable fue de 0.0056% whisky comercial 1 y 2 es de 0.00067% y 0.00134%, grado brix del Whisky a base de maíz morado entre 4.5 y 3 y color: el Whisky a base de maíz morado registro UAAAN es incoloro con una menor luminosidad y los dos whiskies comerciales tienden al color amarillo con una mayor luminosidad. respectivamente, la aceptación de los atributos del Whisky artesanal y comercial son en general similares.

Palabras clave: maíz morado, sensorial, características físicas química.

Correos electrónicos autores: María Rosibeth López Pérez rosyopez10@gmail.com (tesista), Dra. Xochitl Ruelas Chacón xruelas@yahoo.com, xochitl_ruelas@uaaan.edu.mx (asesora principal o directora de tesis)

CAPITULO I. INTRODUCCION

El maíz morado (*Zea mays* L.) es una gramínea anual que pertenece a la familia de las *Poaceae* nativo de América, cuyo centro de domesticación parece corresponder a Mesoamérica, desde donde se habría difundido hacia todo el continente, un fruto utilizado como alimento en el Perú prehispánico (González et al., 2016; Lee, 2023; Palomino et al., 2017).

México es uno de los principales países consumidores de maíz a nivel mundial, ya que éste es la base de su alimentación, además de ser el cultivo más producido en el país y de ocupar el cuarto lugar como productor en el mundo. A pesar de ello, importa 10 millones de toneladas de este grano anualmente (Gonzales, 2014).

Hoy en día el maíz morado es utilizado ampliamente en la industria alimentaria debido a que es rico en fitoquímicos, principalmente compuestos fenólicos y antocianinas, las 6 antocianinas principales del maíz morado incluyen cianidina-3-glucósido (Cy-3-glu), pelargonidina-3-glucósido (pg-3-glu), peonidina-3-glucósido (Pn-3-glu) y sus derivados del ácido malónico unido a la posición C-6 del resto de glucosa (Ramos et al., 2012).

Se puede distinguir cinco tipos naturales de maíces morados, el cuzqueño, el canteño, el morado de Caraz, el arequipeño, el negro de Junín y también existen dos variedades mejoradas PNV-581 y 582 (programa de mejoramiento de maíz UNALM). Siendo el maíz canteño el más consumido en el mercado nacional (Linares & Miche, 2016).

Las bebidas alcohólicas destiladas como el Brandy, Ron y el Whisky son producidas directamente por destilación de materias primas fermentadas. Los cereales utilizados en producción de whisky son: cebada, centeno, trigo y maíz. Sin embargo, el cereal más utilizado es la cebada, la cual se somete a un proceso de malteado (germinación controlada) (Rodríguez, 2018).

El Whisky es originado en Escocia que se obtiene a partir de la destilación del alcohol, producida durante la fermentación de un mosto de cereales y su posterior

maduración en barricas de roble, la bebida precursora del Whisky tuvo origen en Irlanda en el siglo VII, donde los monjes destilaban el alcohol de fruta fermentada y era utilizada sólo con fines medicinales (Lohrmann, 2021).

En general, un Whisky puede ser caracterizado por tres propiedades: el contenido de etanol (de acuerdo a las normas vigentes, debe adherirse a un contenido mínimo de 40% (v/v)); el congénere (contiene una serie de congéneres durante los procesos de fermentación y maduración), y la consistencia del color (puede ser alterado con el uso de colorantes específicos) (Alba, 2013).

1.1 Justificación

Considero que esta investigación es importante ya que el Whisky es una bebida alcohólica muy reconocida a nivel internacional, que se ha ido transformando a través de diferentes ingredientes así como el proceso, en este caso se elaboró un Whisky a base de maíz morado, para esto se realizó cálculos con respecto a los ingredientes que se utilizó, para la obtención de un buen Whisky se pudo observar un alto grado de aceptabilidad del producto en cuanto a su sabor, aroma, turbidez, olfato y presentación.

El Maíz morado (*Zea mays*. L) tiene un valor y aporte cultural que se ha venido perdiendo por el pasar del tiempo, desconocimiento, desinterés y la falta de consumo de este alimento sin embargo aún quedan pequeñas regiones rurales que cultiva el maíz morado para la elaboración de ponche, tortillas, atoles debido a que, es uno de los principales alimentos que más se consume día a día.

Estadísticamente la producción de maíz (*Zea mays* L.) en México es deficitaria a pesar de producir 27 millones de toneladas, en los últimos cuatro años se ha incrementado la producción de maíz en Sonora, produciendo de 544 a 680 mil toneladas. En el 2018 y 2021 respectivamente, el 97% de la producción corresponde a maíces de color blanco, 3% a maíces amarillos; sin embargo, en maíces de color no hay registros de siembras (Rodríguez, 2023).

Siendo que es un cereal con grandes propiedades que puede contener: Antocianinas, Flavonoides, Fitoquímicos, Propiedades funcionales, Compuestos

Bioactivos; que en la industria alimentaria actualmente es muy utilizado para la elaboración de distintos productos.

1.2 Hipótesis

Ho: El maíz morado de registro UAAAN puede ser utilizado para la obtención de Whisky.

Ha: El maíz morado de registro UAAAN no puede ser utilizado para la obtención de Whisky.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Definir el procedimiento y las condiciones para la obtención de Whisky empleando maíz morado de registro UAAAN.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir el método de obtención del mosto empleando maíz morado de registro UAAAN.
- Analizar los parámetros de color, pH, y grados Brix del mosto obtenido.
- Determinar el tiempo de fermentación del mosto evaluando el peso de los fermentadores cada tercer día.
- Establecer el procedimiento de destilación del mosto fermentado.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos del Whisky obtenido.
- Realizar una evaluación sensorial mediante una prueba de aceptación.

CAPITULO II. REVISION DE LITERATURA

2.3 Bebidas alcohólicas

Según la normativa NTE INEN 338 (1992) se define a las bebidas alcohólicas como productos líquidos que contienen alcohol (etanol) y que son aptos para el consumo humano que provienen de la fermentación, destilación, preparaciones o mezclas.

Se puede distinguir entre las bebidas producidas simplemente por fermentación alcohólica (vino, cerveza, sidra, hidromiel, sake) en la que el contenido de alcohol no suele superar los 15°, y las producidas por destilación, generalmente a partir de un producto de fermentación previo (Alcivar, 2020).

El sentido biológico de la fermentación es un proceso de obtención de energía en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno) que genera como producto final ácido láctico (fermentación láctica, por las bacterias ácido-lácticas) o etanol fermentación alcohólica por levadura.

Las bebidas alcohólicas se dividen en dos grupos: fermentadas no destiladas y fermentadas destiladas (Figura 1). Las bebidas destiladas tienen raíces genéricas similares, dependiendo de la materia prima, ya sea de uva, cereales o azúcar. Las bebidas destiladas también pueden ser agrupadas de acuerdo con la naturaleza de los azúcares contenido de las materias primas, es decir, monosacáridos (como las uvas, que contienen glucosa y fructosa), disacáridos (como la caña de azúcar, que contiene sacarosa), o polisacáridos (como la cebada, que contiene almidón) (Rodríguez, 2018).

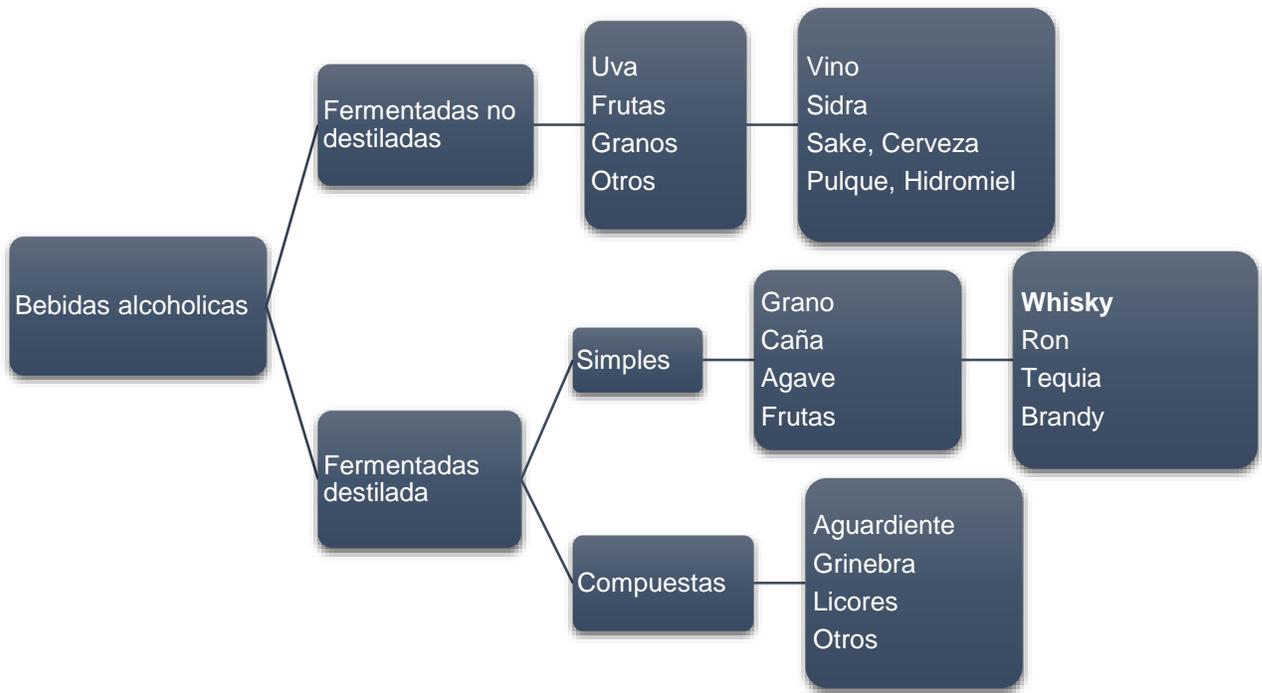


Figura 1. Clasificación de bebidas alcohólicas. Fuente: Rodríguez, 2018.

2.4 Demanda de bebidas alcohólicas en el mercado internacional.

Debido a la gran demanda que tiene este tipo de producto son bastantes consumidos en la población. La elaboración de bebidas alcohólicas en el año 2019 aportó un total de 1,004 millones de dólares al producto interno bruto (PIB) en el país mismo que representó el 6% del producto interno bruto (PIB) no petrolero en el año mencionado anteriormente (Moyolema, 2023).

Uno de los principales licores que tiene más demanda es el Whisky, una bebida destilada del fermentado del cereal. Es interesante ya que según la Asociación de Whisky Escocesa (AWE) en el 2018, Escocia exportaba 34 botellas de Whisky por segundo, mientras que para inicios del 2020 se exportaba 42 botellas por segundo, por lo tanto, al año son más de 1,280 millones de botella de Whisky que se exporta

a 175 países diferentes partes del mundo. En el cuadro 1 se presentan los países con mayor exportación de whiskies en el 2021, Escocia exporto 69.89% equivalente a \$ 5,200,000,00, seguido por estados unidos con el 26.15% equivalente a \$1,945,522,871, mientras que Canadá exporto 3.96% equivalente a \$ 294, 983, 344 (Moyolema, 2023)

Cuadro 1. Principales países exportadores de Whisky en el 2021. Fuente: Moyolema, 2023.

	EXPORTACION DE WHISKYS	
Escocia	69.89% →	\$ 5,200,000,000
Estados Unidos	26.15% →	\$1,945,522,871
Canadá	3.96% →	\$294,983,344

2.5 Historia del Whisky

El término Whisky o Whiskey deriva del gaélico escocés (*uisge beatha*) y del gaélico irlandés (*uisce beathadh*), que significa, en ambos casos, “agua de vida” (Ablin, 2012; Ponzzone, 2023).

Se dice que el origen del Whisky se dio en China a finales del siglo XIII, lo que ellos buscaban con esta invención era un medicamento para la cura de la peste bubónica pero después fue exportada por todo el mundo y donde los escoceses mejoraron el proceso. En el año 1494 se conoció un escrito hecho en la antigüedad en donde se describe el proceso de destilación del licor en escocia cuando fraile Juan Cor obtuvo aproximadamente 6 botellas de Whisky, se introdujo a la población en general como una medicina, también se consideraba como el único antídoto contra la pena por lo que se consumía en grandes cantidades en los funerales (Boschin et al., 2018).

El Whisky es una bebida alcohólica obtenida por la destilación de la malta fermentada de cereales como cebada, trigo, centeno o maíz su posterior envejecimiento en barriles de madera tradicionalmente de roble blanco. Dentro de la categoría de Whisky existen muchas subcategorías incluyendo los whiskies tipo

Bourbon, escoces, irlandés y canadiense, pero cada uno de ellos son diferentes debido a que es guiada y regulada con el gobierno respectivo del país (Ponzzone,2023).

2.6 Origen del maíz

El maíz morado (*Zea mays* L.) una variedad de maíz que es originaria de América es un fruto muy utilizado como alimento para la humanidad desde los tiempos pre incas (Perú) y otras culturas americanas como la Maya en Guatemala y los Aztecas en México. Son muchas diferencias que hay de “maíz” por eso existe una gran variedad que se encuentra de todos los colores, blanco, negro, amarillo, morado, colorado claro, oscuro y mezclado de varios colores (Leiva, et al., 2016; Bautista, 2019).

El maíz morado es una planta oriunda de América, que tiene el epispermo de las semillas (granos) y la tusa (coronta) de color morado lo que le otorga característica especial a los pigmentos que poseen (entre 1.5 y 6 %), llamados antocianinas los cuales son poderosos antioxidantes naturales, que pertenecen al grupo de los flavonoides (Palomino, 2018).

2.7 Clasificación taxonómica del maíz

El maíz se encuentra clasificado de acuerdo con el siguiente perfil taxonómico como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica del maíz. Fuente: Flores, 2022

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Lilipsodia
Subclase:	Commeliniade
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Especie:	<i>Zea mays</i> L.
Subespecie:	<i>Zea mays</i> L. <i>Subsp, mays</i>

El maíz morado como materia prima se ha obtenido varios productos como la harina morada, Además un Whisky negro denominado Black Whiskey. Es muy importante reconocer las técnicas de fermentación empírica, aplicada por los pueblos indígenas siendo ellos los pioneros en el consumo de este tipo de bebidas fermentadas en los diferentes rituales religioso como también de su cultura (Bautista y Hernández, 2019).

2.8 Morfología de la planta

Sistema radicular fibrosa: se distinguen 3 tipos de raíces: temporales, permanentes y adventicias. Las temporales aparecen cuando germina el grano, por consiguiente, son remplazadas por las raíces permanentes. Las permanentes pueden llegar a profundizar hasta 2 m, en condiciones favorables y se dividen en principales, laterales y capilares. Las raíces adventicias, brotan en los 2 o 3 primeros nudos del tallo, por encima del suelo (Ventura, 2023).

Tallo: Es una planta con tallo cilíndrico, simple, recto, robusto y nudoso, según la variedad puede presentar un color verde, verde claro, morado. Alcanza una altura de 1 m o más. El tallo se estructura en epidermis, la pared y la medula. Además de cumplir la función de soporte de hojas, flores, frutos y semillas, transporta sales minerales y agua desde la raíz hasta la parte aérea de la planta, así como alimentos elaborados (Ventura, 2023; Rodríguez, 2021).

Las hojas: las hojas por lo general son lanceoladas, anchas y largas con bordes lisos, en la mitad, superior de la planta brota una o dos yemas laterales ubicadas en la zona axilar de las hojas, donde se desarrolla la inflorescencia femenina, para finalmente convertirse en mazorca, en esta parte la planta guarda las reservas. Dependiendo de cómo se cultiva, una planta de maíz puede tener de 12 a 24 hojas (Ventura, 2023; Rodríguez, 2021).

Sistema floral: Es una planta monoica de flores unisexuales (flores masculinas y femeninas bien diferenciadas en el mismo pie). La inflorescencia masculina es terminal, denominada como panícula o espiga. La panícula puede presentarse de

coloración verde, amarilla, rojiza o morada, debido a que está relacionada con la tonalidad de las glumas y anteras. Las inflorescencias femeninas (mazorcas) se desarrollan en las yemas axilares de las hojas, son espigas formadas por un raquis central de forma cilíndrica donde emergen las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, un largo estilo con propiedades estigmáticas donde germina el polen (Ventura, 2023).

Fruto: La mazorca está constituida por un raquis engrosado sobre el que se insertan dos espiguillas bifloras por nudo, de las cuales sólo la superior es fértil. Los estambres de esta flor han abortado y su ovario porta un largo estilo, denominado seda. Estas flores no tienen glumas ni glumillas. La mazorca o inflorescencia femenina tiene la capacidad de producir hasta 1000 granos, distribuidos entre 6 a 12 pares de hileras por mazorca. Cada grano o semilla es un fruto individual conocido como cariósipide, insertados en el raquis u olote (Ventura, 2023; Rodríguez, 2021).

2.9 Producción de maíz en México y en el mundo

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante del mundo y en México, desde el punto de vista alimentario, económico, político y social. Este grano se produce en dos ciclos agrícolas: primavera- verano y otoño-invierno, bajo diversas condiciones agroclimáticas de humedad: seco (temporal) punto de riego (Luna et al., 2012).

En México, existen más de 59 variedades criollas mexicanas únicas de maíz con diferentes colores entre las que se encuentran: blanco, amarillo, azul y otras tonalidades. Las dos primeras son las más consumidas en México, actualmente el maíz se cultiva y consume en muchas regiones del mundo para diferentes propósitos, tanto para consumo humano, como para la industria pecuaria e industrial (Vargas, 2024).

El maíz (*Zea mays* L.) en México, participa con el 18% del valor de producción del sector agrícola (88 mil mdp en 2012 y 78 mil mdp en 2013) y concentra el 33% de la superficie sembrada en el territorio nacional (7.5 millones de hectáreas) (Rodríguez, 2018).

En el año 2021 represento el 40% de la producción mundial de cereales, debido a que es considerado como el cultivo más importante en términos de volumen de producción y consumo humano.

En el mismo año la superficie cultivada en el mundo fue mayor a 1 600 millones de hectáreas, de las cuales el 50.9% se destinó a la siembra de cereales. El maíz y el trigo son los dos cereales más importantes con el 29.7% y 29.1% respectivamente. México ocupó el séptimo lugar en los mayores productores de maíz (Figura 2) (Cruz et al., 2024).

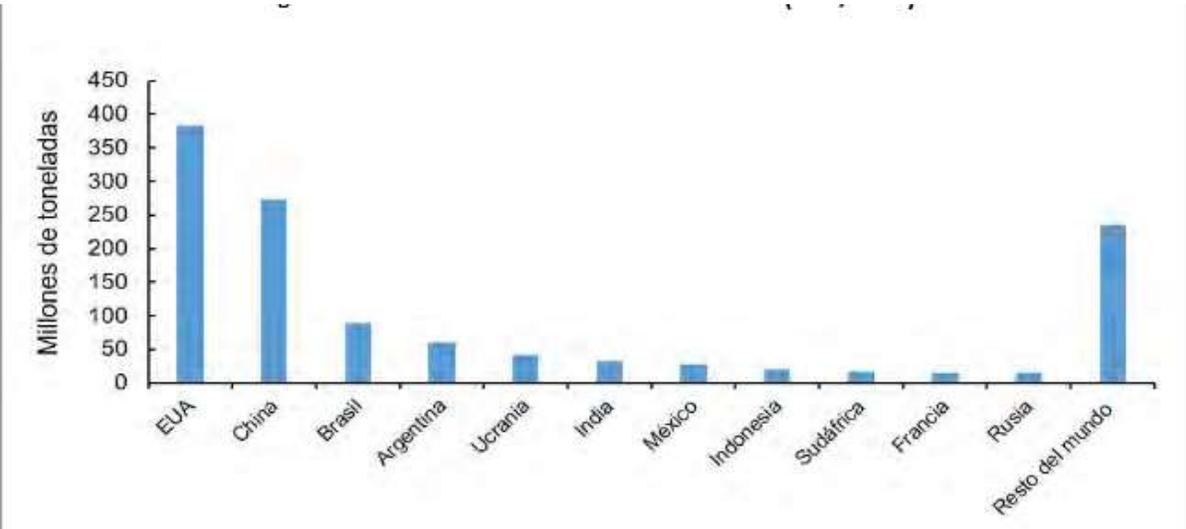


Figura 2. Producción mundial del maíz año 2021. Fuente: Cruz et al., 2024

Los registros estadísticos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) indican que en el año 2020 en México alcanzó una producción de 21,885,170 toneladas de maíz grano con una superficie sembrada de 7,481,137 ha.

Los principales estados productores son: Sinaloa (28.6%), Jalisco (9.7%), Guanajuato (7.1%), Michoacán (6.6%) y el estado de México (5.6%) (Cruz et al., 2024).

2.10 Variedad del maíz morado

La raza es un agregado de poblaciones de una especie que tienen en común caracteres morfológicos, fisiológicos y usos específicos (Pinedo, 2015). Existen diferentes razas de maíz morado en el Perú las cuales derivan de la raza ancestral denominada "Kculli", que aún se cultiva en el Perú (Rabanal, 2021).

a) Cuzco morado

Maíz tipo tardío, presenta granos grandes dispuestos en mazorcas de hieleras bien definidas. Su rendimiento promedio es de 2 a 4 toneladas por hectárea (De la Cruz, 2020; Rabanal 2021).

b) Morado canteño

Derivada de la raza Cuzco y tienen las características muy similares debido a que es una variedad nativa de 1.80 a 2.50 m de altura, con una precocidad de 110 a 120 días a la floración. Presenta plantas con tallo, hojas, panojas y barbas de color púrpura o morado, se caracteriza porque en las mazorcas, las tuzas o marías presentan una fuerte concentración de pigmentos de color morado, tanto en el exterior como en su interior, al igual que el pericarpio de los granos (De la Cruz, 2020; Pinedo, 2015).

c) Morado de Caraz

Variedad derivada de las razas Ancashino y Alazán, recibe este nombre porque es cultivado en extensiones muy grandes en localidad de Caraz en el callejón de Huaylas. Es más pequeño que las variedades de origen cuzqueño, es de precocidad intermedio y tiende a adaptarse en la costa.

Su rendimiento promedio de 1.8 a 3.5 toneladas por hectárea (De la Cruz, 2020; Pinedo, 2015).

d) Arequipeño

El color de tusa no es intenso, presenta mucha variabilidad el cual puede ser mejorado, es más precoz que los anteriores. La forma de las mazorcas es similar al cuzco, pero más pequeño, su rendimiento promedio es de 2.4 a 3.9 toneladas por hectáreas (De la Cruz, 2020; Pinedo, 2015)

e) Negro de Junín

Se denomina una variedad precoz y de granos negros y grandes con mazorcas corta y redonda. Se siembra en la sierra centro y Sur del Perú y puede llegar hasta la región de Arequipa. Su rendimiento promedio es de 2 a 3.9 toneladas por hectárea (De la Cruz, 2020; Pinedo, 2015).

2.11 Características genéticas del maíz morado

Existe una numerosa variedad de maíz morado que diferencian por la forma y tamaño de las mazorcas, por el número de hieleras por mazorcas, por el tamaño, forma y color del pericarpio de los granos y por otras características morfológicas (Pinedo, 2015).

El maíz morado es una mazorca (tusa y grano) el cual contiene gran cantidad de antioxidante debido a su alto contenido de antocianinas (cianin-3- glucosa C3G que es su principal colorante) y compuestos fenólicos, además tiene grandes propiedades funcionales y bioactivas (Pinedo, 2015; Palomino, 2018).

Las dimensiones de las mazorcas y granos del maíz morado son: promedio de largo de mazorca 15 cm, promedio de ancho de la mazorca 5 cm, promedio de numero de hielera 10 unidades, promedio de numero de granos por hielera 25 unidades entre otros (Palomino, 2018)

2.12 Estructura y composición

Los granos de maíz están compuestos de aproximadamente de 73% de almidón, 10% de proteína, 5% de lípidos y el resto de fibra, vitaminas y minerales. Las principales partes estructurales del grano del maíz son: endospermo, pericarpio, germen y pedicelo (Figura 3). El almidón es el principal componente del maíz, está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina, moléculas organizadas en anillos, los cuales constituyen la estructura del grano. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta 25 - 30 % del almidón. La amilopectina también consiste en unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta 70 - 75 % de almidón. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en

cantidades que varían de 1 a 3 % del peso del grano (figura 3) (Rodríguez, 2018; Martell, 2021).

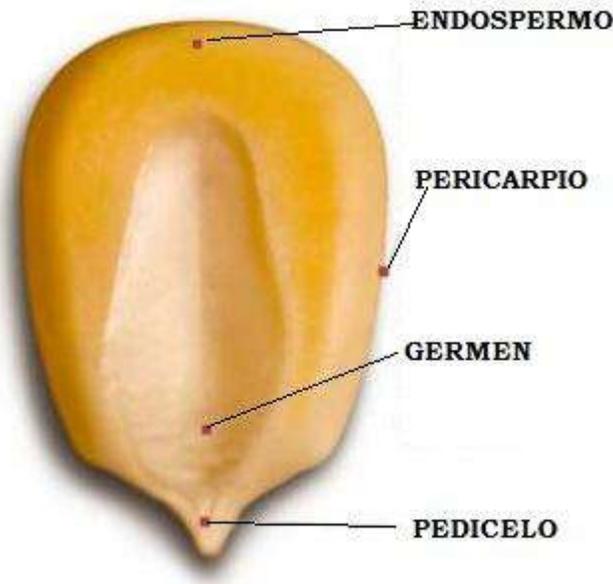


Figura 3. Principales partes del grano de maíz. Fuente: Rodríguez, 2018.

El pericarpio es el revestimiento protector externo del núcleo compuesto principalmente de celulosa y hemicelulosa, que resiste en la absorción del agua por el núcleo, además de servir como protección contra la infección microbiana la infestación de insectos. La siguiente capa denominada aleurona es una capa muy delgada que junto con el pericarpio determinan el color de grano. El pedicelo es una parte distinta del pericarpio que desempeña un papel importante en la germinación de las semillas y el procesamiento del grano. Cada una de las partes del grano de maíz difiere considerablemente en su composición química, que a su vez varía ampliamente por causas tanto genéticas como ambientales (Rodríguez, 2018; Martell, 2021).

2.13 Compuestos bioactivos en maíz

El maíz contiene compuestos bioactivos o fotoquímicos también conocido como nutraceutico sintetizados en la planta por el metabolismo secundario. Estos compuestos no se consideran como nutrientes, sin embargo, poseen actividad

biológica dentro del organismo se acumulan en los tejidos dérmicos del cuerpo de la planta.

Se pueden clasificar en tres grupos: terpenoides (carotenoides y esteroides); compuestos fenólicos (flavonoides como las antocianinas) y compuestos azufrados (aliciina, alicina, y dialilsulfuro). Una de las principales funciones es que son protectoras contra patógenos (Rodríguez, 2021; Ccaccya, 2020).

2.13.1 Polifenoles

Los polifenoles son compuestos bioactivos abundantes que se encuentran en los vegetales y han demostrado tener beneficiosas propiedades para la salud humana. En el cuadro 3 se presenta compuestos fitoquímicos en genotipos de maíz blanco y azul. Además de estas funciones los polifenoles son reconocidos por su remarcada capacidad antioxidante debido a que son los antioxidantes más reconocidos en frutas, verduras y bebidas derivadas de algunas plantas (Lizárraga, 2018).

Su ingesta es en promedio 1g, lo que es 10 veces mayor que la de vitamina C y 100 veces mayor que la de vitamina E. Más allá de sus propiedades para captar especies reactivas de oxígeno y nitrógeno de importancia en la patogénesis de enfermedades, los compuestos fenólicos (CF) pueden actuar en numerosas vías de señalización intracelulares como mediadores, lo que los convierte en moléculas muy interesantes para el desarrollo de nuevos productos (Valencia et al., 2017).

Cuadro 3. Compuestos fitoquímicos en genotipos de maíz blanco y azul. Fuente: Rodríguez, 2021.

Compuestos Bioactivos (mg 100g ⁻¹)	Maíz Blanco	Maíz Azul	Referencias
Fenólicos Fenoles libres	30-40	27-45.5	Aguayo-Rojas y col 2012; Mora-Rochín y col 2010; De la Parra y col 2007; Del Pozo-Insfran y col 2006
Fenoles ligados	110-228	115-221	
Fenoles totales	170-450	40-343	
Ácidos fenólicos Ácido ferúlico	120-474	130-338	Mora-Rochín y col 2010; De la Parra y col 2007; Del Pozo-Insfran y col 2006
Ácido p-cumárico	0.66	0.13	
Ácido gálico	0.39	No detectado	
Antocianinas totales	0.27-1.60	27-63	López-Martínez y col 2012; Mora-Rochín y col 2010; De la Parra y col 2007; Del Pozo-Insfran y col 2006
Cianidina-3-glucósido; pelargonidina-3-glucósido, peonidina-3-glucósido	_____	0.23-11.20	Mora-Rochín y col 2016; Jing y col 2008; Abdel-Aal y col 2006
Cianidina-3-(6''- malonil-glucósido); cianidina-3-(6''- succinil-glucósido); pelargonidina-3-(6''- malonil-glucósido)	_____	2.3-5.92	Mora-Rochín y col 2016

2.13.2 Flavonoides

Los flavonoides son compuestos fenólicos, son pigmentos naturales que se encuentran los vegetales, estos compuestos se encuentran ampliamente distribuidas en semillas, plantas, frutas, verduras y en bebidas como vino y cerveza.

Uno de los principales beneficios protege el organismo del daño producido por los agentes oxidantes, como rayos ultravioletas, la contaminación ambiental y las sustancias químicas de los alimentos (Castillo, 2021). Se caracterizan por poseer dos anillos aromáticos bencénicos unidos por un puente de tres átomos de carbono, con la estructura general C₆-C₃-C₆, los cuales pueden formar o no un tercer anillo (Figura 4) (Cartaya y Reynaldo 2021).

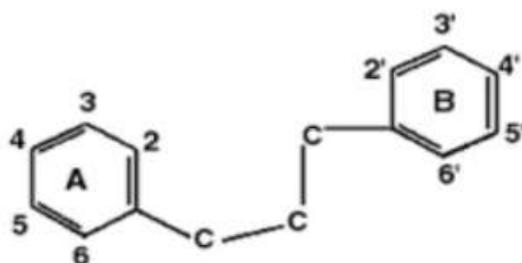


Figura 4. Estructura básica de los flavonoides. Fuente: Ccaccya, 2020.

2.13.3 Antocianinas

La antocianina es un pigmento hidrosoluble que se encuentra en las vacuolas de las células vegetales y es la que provoca el color rojo, púrpura a las hojas, flores y frutos. Los compuestos de antocianina identificados a partir de los colores del maíz morado, como la cianidina3 glucósido y el pelargonidin3 glucósido, inhibieron la proliferación de las células LNCa (Lee et al. 2023; Rabanal, 2021).

A diferencia de otros flavonoides, la síntesis química de los metabolitos de antocianinas es limitada debido a su baja estabilidad en su síntesis bajo condiciones (pH y temperatura) (Guillén et al., 2014).

Pertenece al grupo de los flavonoides y son glucósidos de las antocianidinas, es decir, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que está unida un azúcar a través de un enlace β -glucosídico. La estructura básica contiene un núcleo de flavona que consta de dos anillos aromáticos: un benzopirilio (A) y un grupo fenólico (B), ambos unidos por una unidad de tres carbonos, tal como se muestra en la (figura 5) (Rabanal, 2021).

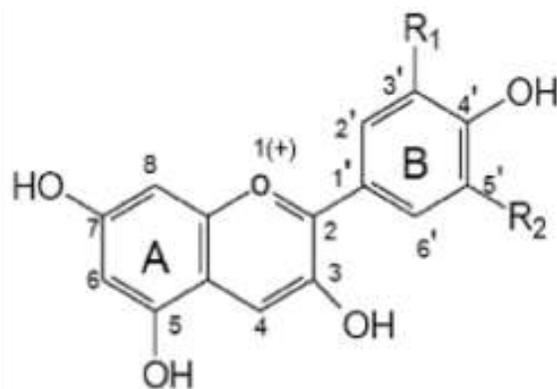


Figura 5. Estructura general de la antocianina. Fuente: Ccaccya, 2020.

2.13.4 Antioxidantes

Una de las principales propiedades del maíz morado son los antioxidantes principalmente los componentes fenólicos, son considerados por su potencial para reducir el riesgo de diversas dolencias, estos compuestos antioxidantes se han demostrado que son muy importantes en el desarrollo de productos alimenticios funcionales a nivel industrial (Lee, et al., 2023; Rabanal, 20121).

En la composición química del grano del maíz morado, destaca el contenido de carbohidratos y proteínas, la coronta tiene una importante fracción de fibra, carbohidratos y minerales. El grano de maíz morado contiene 80% de almidón que aporta energía, 11% de proteínas, 2% de minerales y vitaminas de complejo B. Además de nutrientes (Hidalgo, 2015; Ccaccya, 2020).

2.14 Clasificación de los antioxidantes

2.14.1 Antioxidantes exógenos

Se obtiene mediante el consumo de alimentos como vitamina E, C, carotenoides, flavonoides y otros (Ccaccya, 2020).

2.14.2 Antioxidantes endógenos

Son biosintetizados por el organismo como las enzimas: catalasa, superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa; y también como biomoléculas: glutatión, ácido úrico, bilirrubina y carnosina (Ccaccya, 2020).

2.14.3 Radicales libres

Los radicales libres son especies químicas que poseen electrones desaparecidos, en su capa de valencia, en los sistemas biológicos son muy reactivos capaces de formar otros RL en cadena es inestables con tiempo de vida muy corto (Ccaccya, 2020).

2.14.4 Especies reactivas del oxígeno (ERO)

Dentro de este grupo se incluye a los radicales libres como: radical hidroxilo (HO•) y el anión superóxido (O₂⁻). Entre las EROS no radicales tenemos al peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y el ácido hipocloroso (HOCl) (Ccaccya, 2020).

2.14.5 Estrés oxidativo

El estrés oxidativo es causado por el desequilibrio entre la producción, de radicales libres u otras especies reactivas con los mecanismos antioxidantes (exógeno y endógeno). Este desbalance está vinculado a una serie de patologías como cáncer, hipertensión, diabetes, hipertensión arterial y enfermedades neurodegenerativas (Ccaccya, 2020).

2.14.6 Cebada

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es originaria en Asia, Europa, América y el norte de África, es una planta gramínea perteneciente al grupo de los cereales, comprende aproximadamente dieciséis especies.

En los países templados se han encontrado muchas variedades de cebada: la mondada o desnuda (sin cascara), la perla (refinada, pulida y blanqueada) y la maltería (con el grano deshidratado y tostado, que son las que se utilizan para hacer malta) (Salvador, 2015).

La cebada se cultiva para muchos propósitos, pero en su mayoría se la utiliza para pienso y malteado; y en menores cantidades como alimento humano y semilla. Las cebadas de alto valor proteico son generalmente utilizadas en alimentación, y la cebada con alto contenido de almidón y bajo contenido proteico para maltería. Las variedades y prácticas culturales utilizadas en la producción de cebada a menudo difieren según el uso final del grano de cebada. Otro de los usos más importante de

la cebada es para malta ya que la malta es utilizada para producir cerveza, agua destilada, alcohol, jarabe de malta, leche malteada, saborizantes y alimentos para el desayuno (Ponce et al., 2020).

2.15 Morfología de la cebada

La cebada es una planta de hojas estrechas de color verde claro. Se estima que un 60% del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo. El tallo es de porte bajo. Las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas. Es planta autógama. El fruto es una carióspside, con las glumillas adheridas, salvo en el caso de la cebada desnuda. El grado de ramificación y la profundidad que tendrá el sistema radicular va a depender mucho de la profundidad de siembra, tipo de suelo, la humedad, temperatura y fertilidad del suelo (Baldoceca, 2015; Ponce et al., 2020).

2.15.1 Raíz

La cebada produce raíces seminales y raíces de la corona y se caracterizan por ser fibrosa y cubierta por pelos absorbentes. Las primeras son típicamente cinco raíces; la radícula y dos pares laterales. En condiciones de secano son indispensables para el establecimiento de las plántulas. Las raíces de la corona son del tipo fasciculado, se extienden oblicuamente en todas las direcciones, variando su profundidad e importancia con la especie (Baldoceca, 2015; Cuenca, 2022).

2.15.2 Tallos

Se caracteriza por ser de estructura erecta, cilíndrica nudosa y generalmente suave. Los nudos son sólidos y los entrenudos huecos; los entre nudos pueden ser 7 u 8 y suelen ser más largos a medida que el tallo crece desde la región basal. Esta planta desarrolla macollos o hijuelas que también producen espigas (Baldoceca, 2015; Cuenca, 2022).

2.15.3 Hojas

Las hojas están formadas por la vaina basal y la lámina, unidas por la lígula que en la cebada es truncada y corta además presenta prolongaciones membranosas largas, y envoltentes llamadas aurículas, las hojas están insertadas a los nudos del

tallo por un collar o pulvinus que es un abultamiento en la base de la hoja, posee entre 7 y 8 entrenudos (Baldoxeda, 2015; Cuenca, 2022)

2.15.4 Inflorescencias

Las flores son en forma de espigas, ya que la espiga consta de un eje central a raquis compuesto de nudos y entrenudos y las espiguillas, que son tres por nudo de raquis, Las espiguillas son la unidad morfológica básica y van dispuestas de forma alterna a ambos lados del raquis, son sentadas y están compuestas de dos brácteas o glumas y de flores, cuyo número depende del genotipo (Baldoxeda, 2015; Cuenca, 2022)

2.15.5 Fruto o grano

Los granos o cariósipos están formados por el fruto con la semilla, son secos, indehiscentes, caracterizados porque el pericarpio o envoltura del fruto está fuertemente adherido a la envoltura de la semilla (Baldoxeda, 2015; Cuenca, 2022)

2.16 Levadura

Las levaduras son hongos unicelulares microscópicos sencillos que se reproducen por gemación o fisión, cumple un rol muy importante en la industria alimentaria, biotecnología y farmacéutica.

Se estima que 300 especies tienen la capacidad de fermentar, pero, en la elaboración de productos alcohólicos predominan especies del género *Saccharomyces* debido a que presentan alta capacidad de producción de alcohol y toleran, elevadas concentraciones de estos compuestos.

Las levaduras tienen necesidades con respecto a lo nutricional y temperatura; nutrición del ambiente en el que viven, tiene ciclos reproductivos cortos, lo que hace que el inicio de la fermentación sea rápido, pero de la manera que se multiplica rápidamente también se mueren fácilmente debido a la carencia de algunas de sus necesidades fisiológico vital (Flores, 2022).

La levadura es un microorganismo el cual permite la fermentación, se encarga a la biotransformación del mosto que se compone de glucosa y fructosa en alcohol y

dióxido de carbono, el cual se clasifican en levaduras activas (utilizadas para fermentación) e inactivas (Vergara, 2022).

La levadura *S. Cerevisiae* es probablemente el microorganismo más ampliamente utilizado por el hombre a través del tiempo, ya que desde hoy en día se sigue utilizando para la elaboración de diversos alimentos, así como el pan, chocolate, vino, y en las bebidas alcohólicas, pero los fundamentos científicos de su cultivo y uso en grandes cantidades fueron descubiertos por el microbiólogo francés Louis Pasteur en el siglo XIX. Las levaduras son organismos eucariotas con gran diversidad respecto a su tamaño, forma y color (Suarez et al., 2016; Lohrmann, 2021).

2.17 Agua

El agua es un compuesto con características únicas y está constituido por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno además es de gran importancia para la vida humana al ser un determinante en procesos físicos, químicos y Biológicos (Palomino, 2018).

2.18 Proceso de la elaboración de Whisky

2.18.1 Fermentación

Los procesos de fermentación son caracterizados por el crecimiento de una población de microorganismos, que degradan el sustrato formando productos de fermentación. La fermentación del Whisky inicia introduciendo el mosto con un cultivo de levadura conocido, normalmente una cepa específica de levadura de destilación de alto rendimiento. Hasta cierto punto, las cepas pueden seleccionarse para proporcionar la composición requerida y las características de sabor en el destilado, particularmente el contenido de éster (Rodríguez, 2018).

Las levaduras no solo producen etanol y dióxido de carbono durante la fermentación, sino que generan una gran cantidad de metabolitos secundarios (alcoholes superiores, ácido orgánicos, ésteres, fenoles) que contribuyen al carácter del Whisky y que varían en relación a la cepa y los parámetros fermentativos elegidos (Lohrmann, 2021).

Es importante destacar que las reacciones químicas (desarrollada en condiciones anaeróbicas) que conlleva este proceso es violenta, razón por la cual la temperatura de la mezcla se eleva, al tiempo que crece su concentración de alcohol, disminuye su pH y se libera una espuma que queda a la superficie de la mezcla (Lizaso, 2012).

2.18.2 Destilación

La destilación es un método de separación de mezclas líquidas binarias y multicomponentes en componentes puros, consiste en la evaporación de una mezcla líquida y una condensación sucesiva con una composición que difiere de la evaporación. La palabra destilación deriva del verbo latino *destillare*, que significa desplegar o gotear hacia abajo (Lizaso, 2012).

La destilación de Whisky se puede desarrollarse de dos formas:

a) **Batch (Pot still):** Se usa para la destilación de whiskies de Malta

b) **Continua (Coffey still):** Se usa para la destilación de whiskies de Grano

En ambos casos, el resultado será la destilación y posterior condensación de los alcoholes obtenidos en el proceso de fermentación (Rodríguez, 2018).

Se realiza dos veces en alambiques discontinuos de cobre o pot stills. Se calienta el líquido, el alcohol se convierte en vapor y luego se condensa, la primera destilación separa el alcohol del líquido fermentado y elimina los residuos de la levadura y las materias no fermentables. En unas pocas destilerías se requieren tres destilaciones (principalmente en Irlanda) (Gonzales et al., 2011).

2.18.3 Maceración

La maceración es un proceso clave para la producción de bebidas alcohólicas, en donde se forma un extracto fermentable. Durante la maceración se lleva a cabo la degradación enzimática de los polisacáridos presentes en la malta (Rodríguez, 2018).

2.18.4 Maduración

El alcohol finalmente se retira de alambique es de color claro y cristalino. No se le puede llamar Whisky bajo la ley hasta que no haya madurado dentro de toneles de roble durante al menos 3 años (Gonzales et al.,2011).

Es una de las etapas más importantes de la elaboración debido a que en esta parte se desarrollan las características finales (color, carácter, sabor, pH, sólidos totales, ácidos, ésteres y azúcares). Los cambios esta frecuentemente relacionado con el tipo de barril, pocos compuestos volátiles como 2-feniletanol, trans Whisky-lactonacis Whisky lactona, cambian significativamente durante la maduración (Rodríguez, 2018).

2.19 Añejamiento tradicional

El añejamiento tradicional, se basa en el almacenamiento de destilados y vinos en barriles de roble por un determinado tiempo, con el objetivo de alcanzar las características físico-químico y organolépticas otorgadas por la madera. Las barricas son almacenadas en lugares oscuros y frescos en donde el oxígeno pasa por los poros de la barrica esto permite oxidar los alcoholes a aldehídos y estos en ácidos (Quevedo, 2020).

El Whisky que esta embotellado por muchos años suele ser mucho más costoso y no es que sea mejor que un Whisky recién madurado en el barril por un tiempo similar. Según el tiempo de añejamiento su clasificación es la siguiente:

- Secundario B: a partir de los 3 años
- Secundario A: a partir de los 4 años y medio
- Estándar: a partir de los 6 años
- Premium: a partir de los 12 años
- Súper Premium: a partir de los 18 años

(Maestre, 2012).

2.20 Componentes del Whisky

Existen dos grandes grupos, el primero es el Whisky sin mezcla el cual se produce a partir de un único grano o de una combinación de granos, siempre y cuando que uno de ellos sea mayor cantidad que el otro al menos el 51% del total cuadro 4.

Cuadro 4. Componentes de Whisky. Fuente: Maestre, 2012.

Whisky de malta	Elaborado completamente de cebada malteada y destilado en "pot still", alambique utilizado para la destilación de este tipo de whisky, con forma de cebolla. Antes de ser embotellado, se deja envejecer normalmente durante un periodo de entre 8 y 15 años. Es un whisky con sabor, potente y de mucho carácter.
Whisky de grano	Hecho a partir de cebada sin maltear, maíz y otro tipo de cereales, siendo también posible el malteado. Se suele destilar en "Coffey stills", alambique de destilación continua.
Mezcla de maltas (Vatted Malt)	Mezcla de whiskies de malta de diferentes destilerías, lo que se conoce como "pure malt". Actualmente este tipo de whiskies se denominan "Blended Malt".
Whisky proveniente de una única destilería (Single malt)	Whisky elaborado en una única destilería pero que contiene mezcla de whiskies de varios barriles, a no ser que esté descrito como "single-cask"
Pure pot still whisky	Whisky destilado en un alambique "pot still" (como single malt) hecho de cebada malteada y no malteada. Es exclusivo de Irlanda.
Whisky mezclado (Blended)	Mezcla de whiskies de grano y de malta (Entre el 10% y el 15%), siendo todos ellos procedentes de varias destilerías. Son whiskies más baratos y los más populares en todo el mundo.
Cask strength	Literalmente "fuerza de la barrica", es un whisky que no recibe ninguna dilución antes de su embotellamiento, directamente de la/s barrica/s seleccionadas, conservando así su graduación.

2.21 Principales países productores de Whisky

Los whiskies son producidos en diferentes países, existe diferencias en cuanto a los métodos de producción, tipo y características de los cereales y además al tipo de agua empleada para su elaboración.

Los principales productores de Whisky por países son:

2.21.1 Whisky Escoces

Son destilados de dos veces incluso hasta tres veces generalmente ya que es una bebida destilada y añejada exclusivamente en Escocia que debe ser elaborada conforme a los estándares de la orden de Whisky Escoces debido a que es el Whisky de mayor renombre mundial. Es ampliamente exportados y reconocidos a más de 200 países, haciendo al Scotch Whisky el estándar global para Whisky. La regulación de Scotch Whisky del 2009 identifica 5 categorías de Whisky: hay dos tipos de whiskies (whiskies originales); Single Malt Whisky y Single Grain Whisky, y 3 tipos de blends (mezclas); Blended Malt, Blended Grain y Blended Scotch Whisky (Maestre, 2012; Milón,2019).

2.21.2 Whisky Irlandés

los irlandeses llaman a su Whisky, Whiskey con “e” (como los estadounidenses). Es elaborado a base de cebada se caracteriza por su triple destilación lo que lo hace suave y delicado. Los productos irlandeses no emplean turba por lo que el Whisky carece del aroma a humo del escoces. El Whisky irlandés es tradicionalmente producido de mezclas de cebada malteada y sin maltear (Maestre, 2012; Milón,2019).

2.21.3 Whisky Canadiense

Es un Whisky más suave y ligero que otros, el motivo que el Whisky sea más ligero es que es elaborada con centeno malteado esto proporciona más sabor y suavidad. Por ley, este Whisky debe ser producido en Canadá, está fabricado con maíz y centeno, y se destila en alambiques que permiten un gran control del producto además debe ser envejecido en barriles de roble rostizado nuevas o usadas (Maestre, 2012; Milón,2019).

2.21.4 Whisky Estadounidense

Según la legislación estadounidense, el Whisky americano debe ser elaborado a base de maíz por lo menos en una concentración de entre el 51% y generalmente al 70%, aunque en algunas destilerías llegan a utilizar un 80-85% de maíz en la mezcla. Otros ingredientes típicamente añadidos son: el trigo, centeno o cebada, malteada (Maestre, 2012).

Los whiskies más comunes son:

- Bourbon Whisky: debe tener un mínimo de 51% de maíz y ser destilado y envejecido en Kentucky para que la denominación “Bourbon” aparezca en la etiqueta
- Rye Whisky: debe tener un mínimo de 51% de centeno.
- Corn Whisky: debe tener un mínimo de 80% de maíz.

Estos tipos de Whisky no deben ser destilados a más de 80% de alcohol por volumen y deben envejecer en barriles nuevos de roble carbonizados, excepto el corn Whisky, el envejecimiento de corn Whisky suele ser breve, por ejemplo 6 meses (Maestre, 2012; Milón,2019).

2.22 Grado de alcohol

Los licores como el Whisky, el Brandy, el Gin y otros productos. Estas bebidas contienen término medio 45% de alcohol. Los licores se clasifican en extra seco (12% de endulzante), seco (20-25% de alcohol y 12- 20% de azúcar), dulces (25-30% de alcohol y 22-30% de azúcar), fino (30-35% de alcohol y 40- 60% de azúcar, cremas (35-40% de alcohol y 40-60% de azúcar). Esta práctica se enfocó en estudiar los licores de cremas y licores de infusiones con hierbas y plantas (Tenorio, 2020).

2.23 Tipos de licores

Los licores son bebidas alcohólicas obtenidas a partir de la destilación y posteriormente se le da aroma y un sabor dulce. Desde la antigüedad clásica apareciendo las primeras referencias en los escritos de Hipócrates, este decía que los ancianos destilaban las hierbas y plantas para curar enfermedades o actuasen

como tónicos. Existen diferentes formas de clasificar los licores; estas pueden ser por los ingredientes que se utilizan como base para darle el sabor particular, o por su grado de alcohol y dulce. En la clasificación según ingrediente base encontramos licores de frutas, licores de chocolate o café, cremas, licores de flores, licores de hierbas, licores de miel, licores de nueces o frutos secos Figura 5. Se entiende por licores artesanales o ancestrales, aquellos que hasta el presente continúan utilizando para su elaboración procesos y técnicas que se transmiten por medio de la tradición oral y el quehacer de los pueblos (Tenorio, 2020).

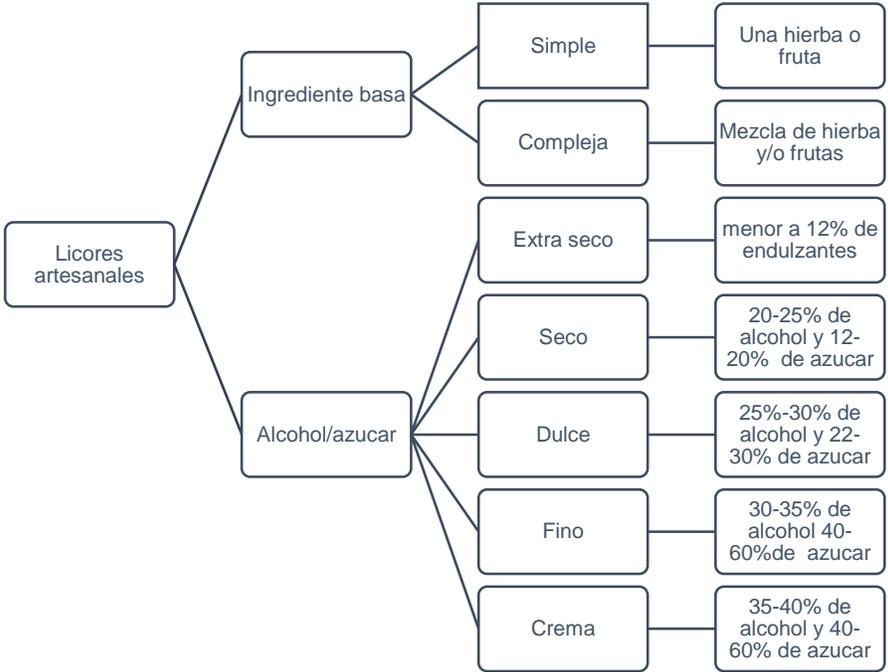


Figura 6. Clasificación de los licores artesanales. Fuente: Tenorio, 2020.

2.24 Requisitos de bebida alcohólica

De acuerdo con la NTE INEN 1837, los requisitos deben ser los siguientes:

- El agua utilizada para la hidratación debe ser potable conforme a NTE INEN 1108, la misma que puede ser sometida a un proceso de tratamiento posterior.

- Los licores deben tener un color, olor y sabor característicos de las materias primas utilizadas.
- Los licores deben contener los niveles máximos permitidos de aditivos alimentarios conforme con NTE INEN-CODEX 192.

Los licores deben cumplir los requisitos físicos y químicos que se mencionan en el cuadro 5.

Cuadro 5. *Requisitos físicos-químicos. Fuente: Alcívar, 2020.*

Requisito	Unidad	Mínimo	Máxima	Método de ensayo
Alcohol, fracción volumétrica	%	15	50	NTE INEN 340
Furfural	mg/100cm ³ *	-	10	NTE INEN 2014
Metanol	mg/100cm ³ *	-	10	NTE INEN 2014
Alcoholes superiores**	mg/100cm ³ *	-	150	NTE INEN 2014

* *El volumen de 100 cm³ corresponde al alcohol absoluto.*

** *Alcoholes superiores comprenden: isopropanol, propanol, isobutanol, isoamílico, amílico.*

2.25 Análisis sensorial del Whisky

La ciencia sensorial abarca un conjunto de metodologías que aplicadas de manera rigurosa permiten obtener resultados fiables sobre las respuestas, y a través de nuestros cinco sentidos, ayuda a determinar la estandarización de la calidad del producto percibida por el consumidor.

La condimentación del Whisky es determinada parcialmente por la presencia de congéneres y aceite de fusel. Los aceites de fusel son alcoholes más altos que el etanol, suavemente tóxicos y tienen un olor y un gusto fuerte y desagradable (Silva, 2014).

2.26 Evaluación sensorial

La palabra sensorial se deriva del latín (*sensus*), que significa sentido. El instituto de alimentos de EEUU (IFT), define la evaluación sensorial como la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias que se perciben mediante los sentidos: vista, olfato, gusto, tacto y oído. Esta disciplina comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos e intenta aislar las propiedades sensoriales y aportar información útil para el desarrollo de productos (Hernández, 2005; Ramírez, 2012).

Las utilidades de análisis sensorial son numerosas y dentro de ellas es posible mencionar lo siguiente:

- ✓ Control y aseguramiento de la calidad en entrada, proceso y salida de productos y de materias primas.
- ✓ Vigilancia del producto y del almacenamiento; vida útil y estabilidad.
- ✓ Creación de estándares de calidad.
- ✓ Diseño de nuevos productos, reformulación, etc.
- ✓ Evaluación del impacto de diferentes procesos de elaboración, cambio de parámetros, condiciones ambientales, sustancias de ingredientes, etc.
- ✓ Preferencias del consumidor.
- ✓ Implantación de marketig.

Los atributos que se evalúan habitualmente del Whisky son los siguientes:

Aroma

El aroma es uno de los principales atributos de calidad del Whisky debido a que debe ser intenso pero delicado bien balanceado, ya que es importante para la preferencia de los consumidores, el aroma depende mucho de las materias primas, así como también el proceso de fermentación y envejecimiento (Wiśniewska et al, 2015).

Sabor

Método cuantitativo y semi cuantitativo que influyen para originar distintos sabores apreciables al distinguir un Whisky (intensidad, dulzor, acidez, frescura). El Whisky es característico y complejo con refinamiento refrescante y agradable. Pero también depende mucho del tipo de cereal variedad de la cebada, conservación, grado de alcohol etc. (Silva, 2014)

Color

El color del Whisky puede variar a amarillos, cobrizos, marrones esto depende mucho a los años de añejamiento. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el Whisky en sus inicios es transparente como el agua (Wiśniewska et al, 2015).

2.26.1 Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas, son pruebas en donde el panelista expresa el nivel de agrado, aceptación y preferencia de un producto, puede ser frente a otro. Permite establecer si hay diferencia entre las muestras y esto permite modificar o mantener las características diferenciales.

Dentro de las pruebas afectivas están las siguientes:

Prueba de aceptación: La aceptabilidad es difícil de medir debido a que depende de diversos factores además es dinámico y variable. Se realiza a través del uso de escalas hedónica, permitiendo la evaluación de hasta 6 muestra dependiendo de la naturaleza del producto. El consumidor debe evaluar cada muestra sobre una escala que puede ser de tipo estructurada semiestructura o no estructurada (Carrera, 2015; Niño y Ordaz, 2017).

Prueba de preferencia: se emplean para definir el grado de aceptación y preferencia de un producto determinado por parte del consumidor. Para estas pruebas se requiere de un grupo bastante numeroso de panelistas los cuales no necesariamente tienen que ser entrenados (Hernández, 2005).

Prueba de satisfacción: hedónica verbal o hedónica facial (grafica), brinda información sobre el grado de satisfacción de un producto empleado escalas desde

me disgusta mucho hasta me gusta mucho. Puede aplicarse incluso en niños como en caso de la escala hedónica facial (Hernández, 2005).

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de Alimentos 1 del Departamento Ciencia y Tecnología de Alimentos de la División de Ciencia Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Saltillo, ubicada en la ex hacienda de Buenavista, Municipio de Saltillo, Coahuila México.

3.1 Equipo

- Balanza marca: Torrey EQB-100
- Balanza electrónica portátil marca: Scout Pro
- Balanza analítica marca: Adventurer AR2140
- pH-metro marca: HI98129-HANNA
- Refractómetro digital marca: EMSZ- J
- Un alcoholímetro calibrado a 15°C
- Colorímetro digital marca: Minolta Modelo: CR-400
- Estufa marca: Mabe

3.2 Materiales y reactivos

- Fenolftaleína
- Hidrato de Na solución al 0.1 N
- Hipoclorito diluido al 13%
- Vaso de precipitado de 80 mL, marca PYREX
- Termómetro
- Pipeta de 100 mL, 50 mL, marca PYREX
- Matraz Erlenmeyer de 500 ml. Modelo. 4980-500
- Rollo Papel secante
- Charolas de plástico
- Licuadora marca OSTERIZER
- Ollas de aluminio
- Cuchara de aluminio
- Rollo de Gasa
- Fermentadores de vidrio marca: Brew Ohi, Embudo
- Jarras de plástico

- Destilador VEVOR
- Maíz morado registro UAAAN.
- Cebada malteada
- Azúcar
- Agua tibia
- Litros de agua
- Levadura

3.3 Materia prima.

3.3.1 Proceso de la elaboración de Whisky a base de maíz morado

Para la elaboración del Whisky, los granos de maíz morado se seleccionaron los que estaban en buen estado y se eliminaron los que estaban dañados o no completos, luego se procedió a lavar con hipoclorito diluido al 13%, dejándolo a remojar por un minuto para luego lavar con abundante agua.

A continuación, los granos de maíz se dejaron secar a temperatura ambiente en charolas de plástico con papel secante (Fig. 7). Para 79.71% de volumen de fermentación se pesaron, 16.22% de maíz morado, 2.93% de cebada malteada, 0.58% de levadura y 0.029% de azúcar. Posteriormente se molió el maíz morado y la cebada malteada utilizando una licuadora marca: Osterizer (Fig. 8).



Figura 7. Maíz morado lavado, desinfectado y seco en charolas de plástico.



Figura 8. Maíz morado y cebada malteada molido

3.3.2 Cocción

A continuación, se sometió a calentar 79.71% de agua hasta alcanzar 70°C, una vez alcanzada la temperatura se apagó el fuego, continuamente se agregó 16.22% de maíz morado molido, se mezcló constantemente durante 3-5 minutos. Se continuó mezclando brevemente con el propósito de inactivar las enzimas presentes, esterilizar el mosto y formar sustancias responsables del aroma y sabor al producto final (Fig. 9).



Figura 9. Obtención del puré de maíz morado

3.3.3 Enfriamiento

Con el fin de poder crear las condiciones necesarias para la levadura, en un recipiente se agregó agua fría y se colocaron las ollas que contienen el pure de maíz, esto es para ayudar a bajar la temperatura a 37°C. Este proceso tuvo una duración de 40 minutos.

3.3.4 Maceración

Una vez alcanzada la temperatura de 37°C se agregó un 2.93% de cebada malteada. Se removió constantemente durante 1-2 minutos para después de reposar durante 90 minutos.

3.3.5 Filtración

Posterior al calentamiento del agua con el maíz molido se dejó a una temperatura de 18 °C y se filtró a través de gasa para utilizar únicamente la porción líquida.

3.3.6 Activación de levadura

Para la activación de la levadura que se emplea para iniciar la fermentación del mosto de maíz, se agregó 0.50% de agua a una temperatura de 35°C y 0.029% de azúcar, se mezclaron hasta disolverse completamente. A continuación, se le añadió 0.58% de levadura y se mezcló hasta completa disolución. Se dejó reposar 6 minutos para poder activarse la levadura (Fig.10).



Figura 10. Activación de levadura

3.3.7 Inoculación

A continuación, se procedió a agregar la levadura comercial al mosto, se mezcló perfectamente para dar inicio a la fermentación.

3.3.8 Mosto envasado en fermentadores

Se utilizó cuatro fermentadores de vidrio esterilizados de una capacidad de 4 galones para el envasado del mosto, posteriormente se llenó la esclusa de aire hasta la mitad con agua y se procedió a sellar para evitar la contaminación y mantener las condiciones ideales para la fermentación como se muestra en la (Fig.11).



Figura 11. Mosto envasado en fermentadores.

3.3.9 Fermentación

La fermentación del mosto de maíz morado se realizó en fermentadores de vidrio de una capacidad de 4 galones. Los fermentadores estuvieron a una temperatura de 25-29°C en un espacio oscuro y controlado, durante 7 días.

3.3.10 Segunda filtración

Después de la fermentación anaeróbica del mosto, se realizó la separación de la porción líquida al sedimento, para evitar el paso de algún cuerpo no deseado.

3.4 Destilación del Whisky a base de maíz morado

La destilación se realizó en un alambique marca VEVOR, se sometió el fermentado a una temperatura medio alto hasta alcanzar el punto de ebullición, el cual tuvo una duración de 30-60 minutos.

Se prosiguió a encender el condensador en cuanto el lavado alcanzo una temperatura de 50 y 60°C. En la primera destilación se desecharon 60mL del destilado inicial correspondiente a la cabeza del Whisky así mismo se desechó los últimos 60mL del destilado, conservando la destilación intermedia que corresponde el cuerpo del destilado (Fig.12).



Figura 12. *Equipo de destilacion de Whisky*

Se diluyo el Whisky con agua corriente tomando en cuenta que cada 240mL de Whisky se le agrego 60mL de agua corriente, esto reduce su contenido de alcohol, lo que lo hace más fácil de beber y menos fuerte al paladar. El Whisky de maíz no necesita añejarse antes de consumirlo.

Esquema del proceso para la elaboración de Whisky

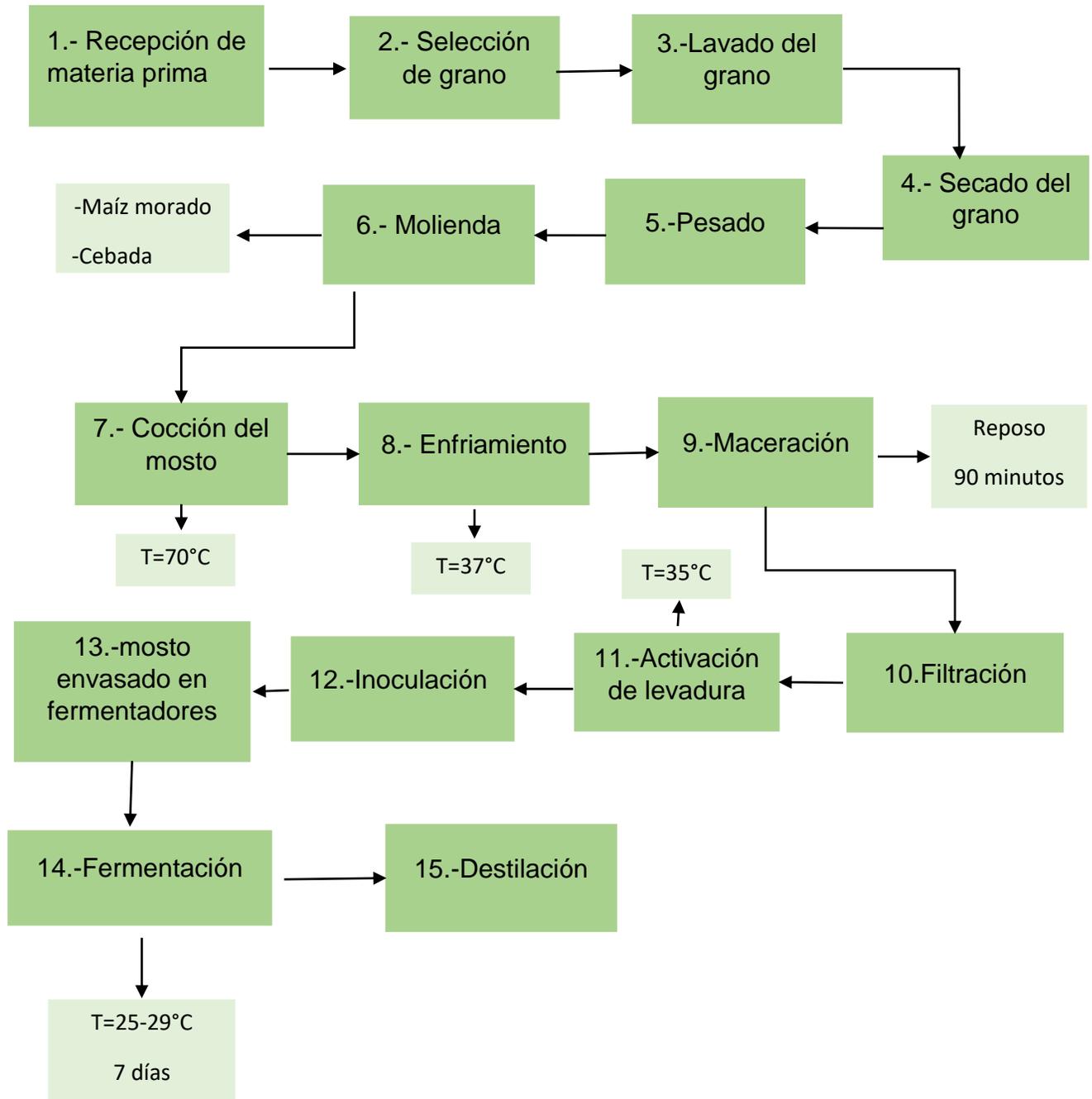


Figura 13. Diagrama de proceso de la elaboración de Whisky a base de maíz morado registro UAAAN.

3.5 Caracterización físico- química del producto

Para la determinación de las características físico-químicas del Whisky a base de maíz morado registro UAAAN, los análisis se realizaron por triplicado. Los cuales se analizó la pérdida de peso, determinación de pH, acidez titulable, análisis de grados Brix, grado alcohólico, medición de color y una evaluación sensorial. Para conocer mejor la calidad del producto se comparó con dos whiskies comerciales: comercial 1 (William Lawson) y comercial 2 (Whisky Bell's Blend).

3.5.1 Pérdida de peso

La fermentación se estuvo analizando por medio de la pérdida de peso del mosto. Con la ayuda de una balanza Torrey EQB-100 se pesaron los fermentadores por separado cada tercer día durante un período de 7 días.

3.5.2 Determinación de pH

Para la determinación de pH se utilizó un pH-metro I98129-HANNA. En vaso de precipitado se tomó 50 mL de muestra de cada Whisky, luego se sumergió el pH-metro por unos segundos para obtener los resultados.

3.5.3 Análisis de grados Brix

Para el análisis de los grados Brix se utilizó un refractómetro digital EMSZ-J. Se tomó la muestra de cada Whisky y se colocó en el área de medición en el refractómetro para obtener resultados.

3.5.4 Grado alcohólico

Para la determinación de la graduación alcohólica, se tomó muestra de cada Whisky se utilizó una probeta de 200 mL y se introdujo el alcoholímetro (Gay-Lussac) calibrado a 15°C dejando que este flote en el centro sin tocar las paredes de la probeta, obteniendo así los grados alcohólicos de cada muestra.

3.5.5 Acidez titulable

Para la medición de acidez titulable se tomó muestra de cada Whisky en matraces, se adiciono 4 gotas fenolftaleína como indicador, se llena la bureta con hidróxido de sodio al 0.1 normal y se procede a la titulación hasta el cambio de color.

3.5.6 Medición de color

Con un colorímetro digital Minolta CR-400 se midió el color a una escala CIE L*a*b*. Donde el parámetro “L” mide la luminosidad de la superficie, “a” representa la escala de color rojo/verde y “b” amarillo/azul. Con la finalidad identificar el color de cada una de las muestras.

3.5.7 Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial del Whisky se utilizó una prueba de aceptación con la participación de 107. Los consumidores participantes eran personas mayores de edad, consumidores y conocedores de Whisky.

Se proporcionó una muestra de Whisky experimental (30 mL) en vasos lisos de vidrio con una capacidad de 50 mL, y a una temperatura entre 20-25°C. Las variables que se consideraron fueron: color, olor y sabor. En el siguiente cuadro (Cuadro 7) se mencionan los atributos evaluados de acuerdo con descriptores de categorización.

Cuadro 6. *Atributos que evaluaron los consumidores habituales de Whisky de acuerdo a los descriptores de categorización de apariencia, olfato y gusto.*

Descriptores de categorización		
Apariencia	Olfato	Gusto
Color	Olor a alcohol	Sabor a especiado
Brillantes	Olor a madera	Sabor afrutado
Densidad	Olor a malta	Sabor ajerezado
	Olor a tabaco	Sabor a anís
	Olor a especiado	Sabor a vainilla
	Olor a vainilla	Regusto (resabio)

Para limpiar el paladar a los panelistas se les proporcionó agua purificada, galletas habaneras y trozos de queso manchego.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Análisis estadístico

El diseño experimental que se siguió fue completamente al azar, considerando como variable de estudio los siguientes parámetros: pérdida de peso, determinación de pH, análisis de grados Brix, grado alcohólico, acidez titulable, medición de color. Los datos se analizaron con un ANOVA a una $p \leq 0.05$ y en caso de haber diferencia significativa se realizó un estudio de medias de Fisher.

También se realizó una evaluación sensorial analizando los atributos de color, olor y sabor, utilizando una prueba de aceptación.

4.2 Caracterización fisicoquímica del Whisky

Para caracterizar el Whisky obtenido se evaluaron los siguientes parámetros:

4.2.1 Pérdida de masa

En la figura 14, se muestran los resultados de la pérdida de masa durante la fermentación del maíz morado registro UAAAN, obteniendo un resultado con diferencia significativa ya que al inicio de la fermentación el mosto peso 0.06kg y al finalizar la fermentación peso 0.01kg.

Esto se debe a que el proceso de la fermentación alcohólica es un proceso bioquímico por la acción de los microorganismos sobre los azúcares, ya que es transformado en alcohol y dióxido de carbono (CO_2).

Milón (2019) indico que con la salida del gas del fermentador se produce una disminución de peso del mosto que solo cesa cuando el azúcar es consumido en la fermentación. Mientras los días fueron pasando es evidente la pérdida de peso del mosto, ya que cada tercer día se pesaron durante una semana.

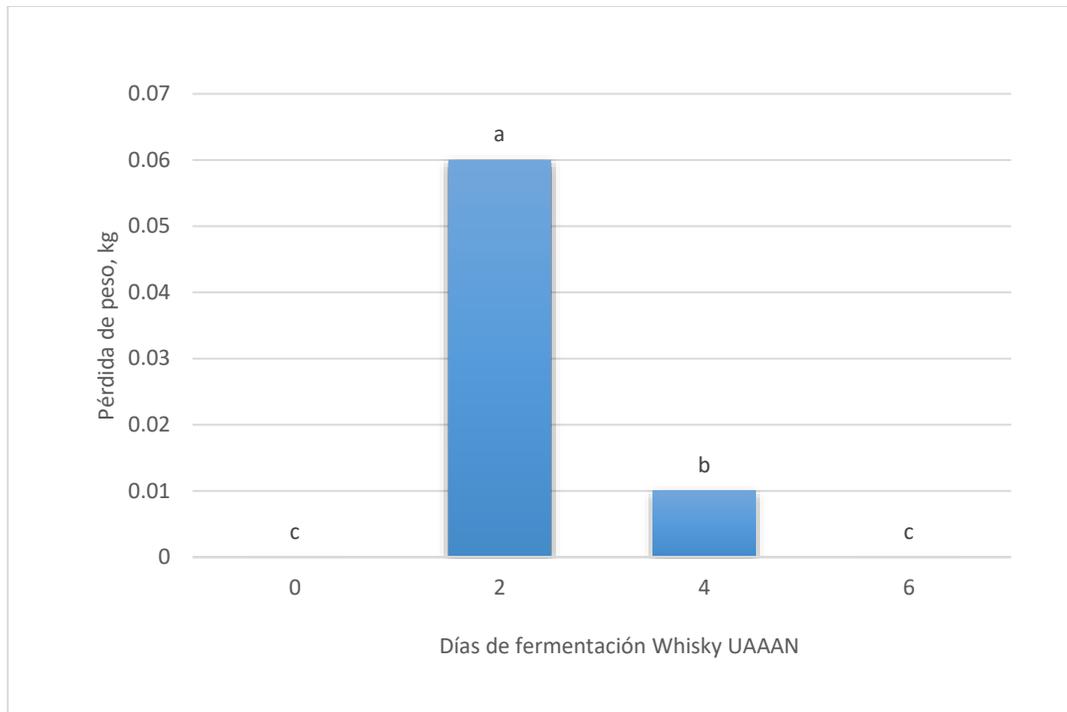


Figura 14. Pérdida de peso del mosto

4.3 Potencia de Hidrogeno (pH)

En la figura 15, se presenta los resultados del pH del Whisky UAAAN y dos whiskies comerciales. Al respecto se destaca que hubo diferencia significativa ya que el Whisky comercial 1 mostro un pH de 3.97, el Whisky comercia 2, un pH de 3.5 y el Whisky de maíz morado registro UAAAN, un pH de 3.45.

Zambrano (2013) indicó que los valores bajos de entre 3.0 y 3.5 aseguran menor oxidación, mayor color y cuerpo, y valores altos de entre 3.6 y 4.0 dan un color y aroma más suave. Estos valores son muy similares a los resultados obtenidos, ya que el Whisky a base maíz morado se encuentra en el rango de 3.0 y 3.5 considerando como un Whisky ácido.

Durante el proceso de la fermentación de las bebidas alcohólicas, es indispensable controlar los valores de pH en el mosto, debido a que durante la fermentación se pueden formar pequeñas cantidades de sustancias ácidas, creando un ambiente hostil para el desarrollo microbiano (Recalde Rodas, 2010).

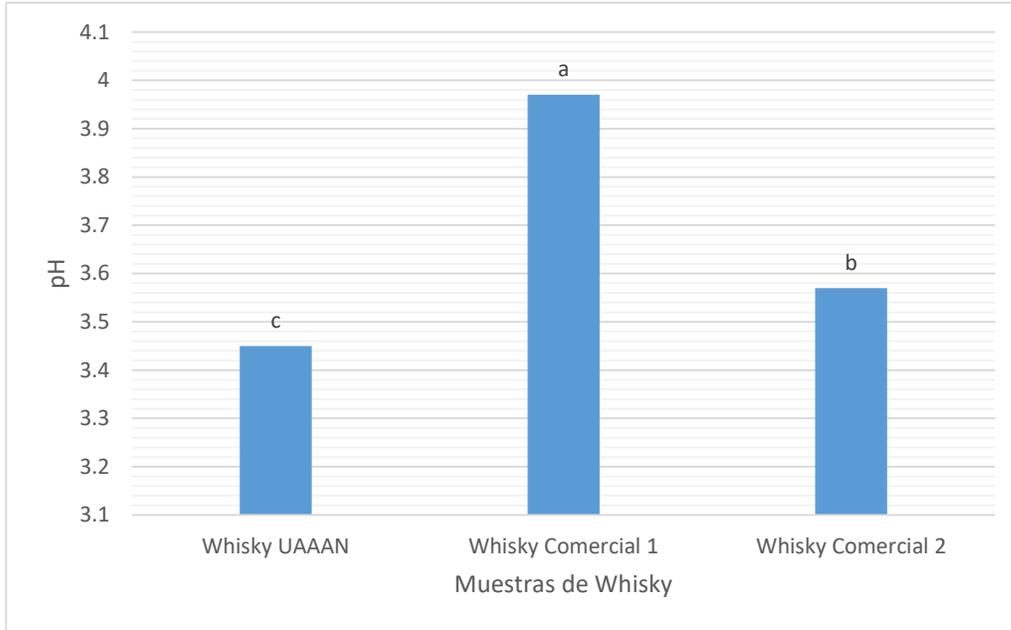


Figura 15. *pH de tres tipos de whiskies*

4.4 Grado alcohólico °GL (Gay Lussac)

En la figura 16, presenta los resultados del grado alcohólico de los whiskies, indicando que si existen diferencias significativas. Los whiskies comerciales contienen un 40% de alcohol sin embargo el Whisky registro UAAAN obtuvo un 11.5% de alcohol. El grado alcohólico de los whiskies puede variar según su proceso de elaboración.

Alcívar (2020) indica que en el análisis de una bebida alcohólica a base de maíz morado con adición de aguardiente rectificado obtuvo un 9.34 grados de alcohol, similar al de Whisky a base de maíz morado registro UAAAN ya que obtuvo un 11.5% de grado alcohólico considerado como un Whisky suave ante los whiskies comerciales. Teniendo en cuenta que los whiskies pueden variar su grado de alcohol según su proceso de elaboración ya que se obtiene mediante la fermentación de azúcares simples.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que cuanto mayor sea la graduación alcohólica, mayor será su intensidad y, por lo tanto, su sabor y aromas también serán más fuertes.



Figura 16. Grado alcohólico del Whisky a base de maíz morado

4.5 Acidez titulable (AT)

En la figura 17, se muestra los resultados de acidez obtenidos en los tres tipos de whiskies, indicando que si hay diferencias significativas. El Whisky a base de maíz morado registro UAAAN, contiene un nivel alto de acidez con un 0.0056%, observándose que la acidez más baja la presentaron los whiskies comerciales 1 y 2 con promedios de 0.00067% y 0.00134%, respectivamente.

Alcívar (2020) indico que el porcentaje de acidez en general se encuentra por encima del intervalo de 0,5 % a 0,98 %. El Whisky a base de maíz morado es el que más se acerca del intervalo general ya que es el que tuvo mayor porcentaje de acidez en caso de los whiskies comerciales son los que contienen menor porcentaje. La acidez del whisky varia ya que proviene principalmente de dos fuentes: el proceso de fermentación y el envejecimiento en barrica.

Montoya, et al. (2005) indico que el licor elaborado a base de mora fluctúa su acidez entre 0.94 y 1.71 según su porcentaje, encontrando un ligero incremento debido a los ácidos orgánicos de cadena corta que se forman durante la fermentación. Los valores obtenidos de los whiskies se asemejan al intervalo indicado, considerando que el Whisky registro UAAAN tuvo un mayor porcentaje de acidez que los whiskies comerciales, esto se debe a que el maíz morado también contiene cantidades significativas de ácido orgánico.

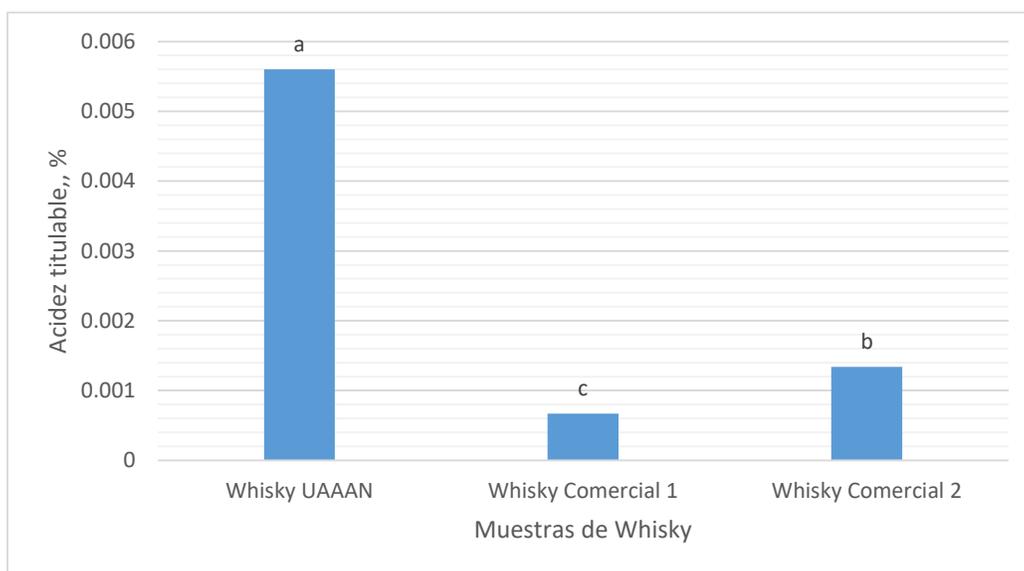


Figura 17. Acidez titulable de tres tipos de whiskies.

4.6 Solidos solubles totales del Whisky

En la figura 18, se presenta los resultados de los Solidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) del Whisky a base de maíz morado registro UAAAN. El cual si diferencias significativas entre las muestras. La muestra de fermentación inicial (Fi) obtuvo un resultado de 4.5 grados brix, las muestras de fermentación final (Ff) y Fermentación filtrado (Ffiltrado) obtuvieron 3 grados brix.

Montoya et al., (2005) dijo que se considera normal la reducción de los grados brix de los licores frente a los mostos, ya que parte de ellos sirvieron de sustrato para las levaduras en el proceso fermentativo. Después de la fermentación de mosto del

maíz morado registro UAAAN disminuyo un 1.5 grados brix, indicando que si hubo una buena actividad en la población de levaduras y una producción de etanol.

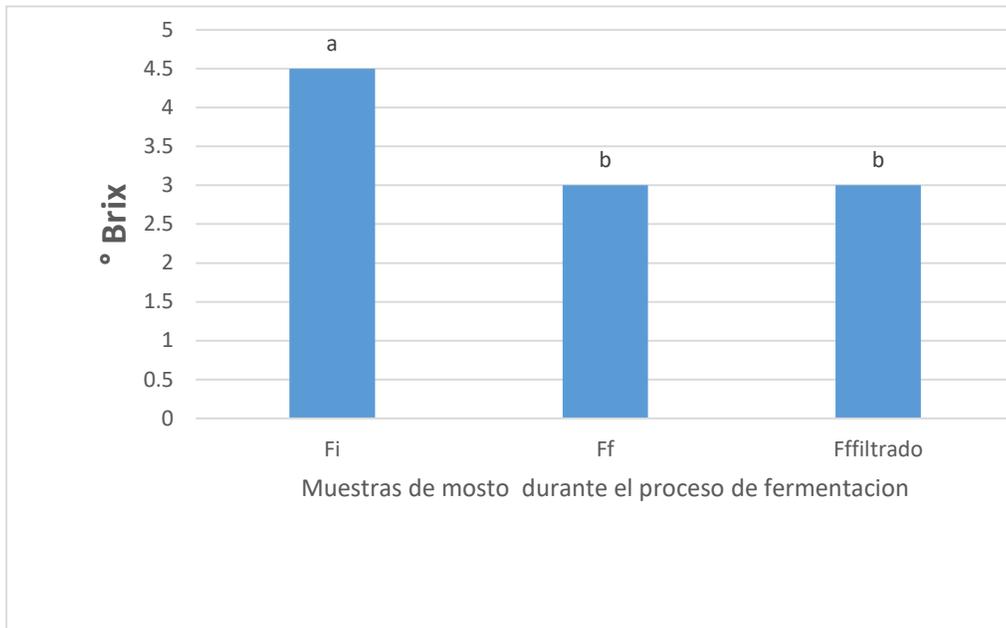


Figura 18. Grados Brix del mosto durante la fermentación

4.7 Parámetro de color L, a* y b*.

En las figuras 19, se representa los resultados del parámetro L* que corresponde a la luminosidad. Se observa que la muestra Fi obtuvo una menor luminosidad con un rango de 15.37, las muestras Ff y ffiltrado obtuvieron el mismo valor de luminosidad con un resultado de 20.18, y los dos whiskies comerciales son los más luminosos con un rango de 85.53 y 70.97.

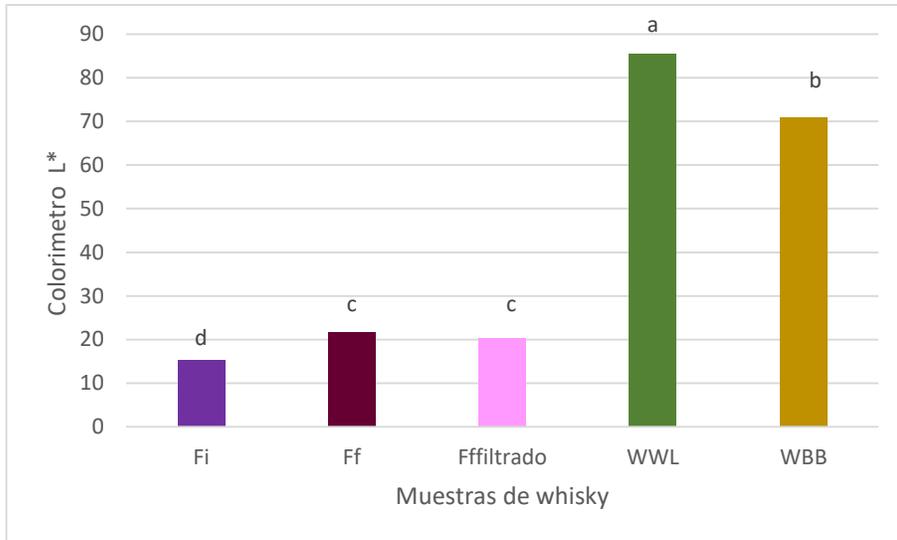


Figura 19. *Parámetro L* (luminosidad) en las muestras de whiskies*

En figura 20 y 21, se presenta los resultados del parámetro a* y b*, todos los resultados son positivos. La muestra Fi mostro una intensidad de color rojo y amarillo, con una desviación estándar de 24.83 y 5.99, la muestra Ff obtuvo una más alta intensidad de color rojo y amarillo con estándar de 28.96 y 6.93, sin embargo, la muestra Ffiltrado obtuvo una intensidad rojo y amarillo con valor de 17.06 y 4.39, y las muestras de Whisky comercial 1 y Whisky comercial 2 (WWL, WBB) tienden al color amarillo con un valor de 2.32 y 1.9.

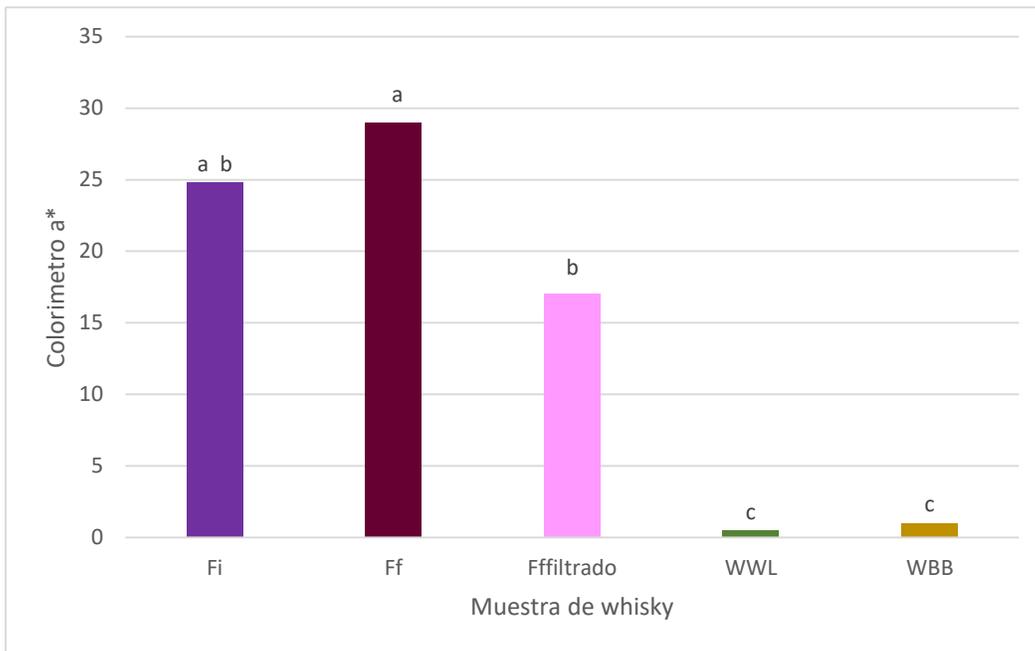


Figura 20. Parámetro a* (rojo/verde) en las muestras de whiskies

Cabezas (2021) indico que la luminosidad y color de una bebida alcohólica de pitahaya con maíz morado y flor de Jamaica, obtuvo una luminosidad de 35.83 y una tonalidad de 19.59 inclinándose a una tonalidad púrpura - rojo.

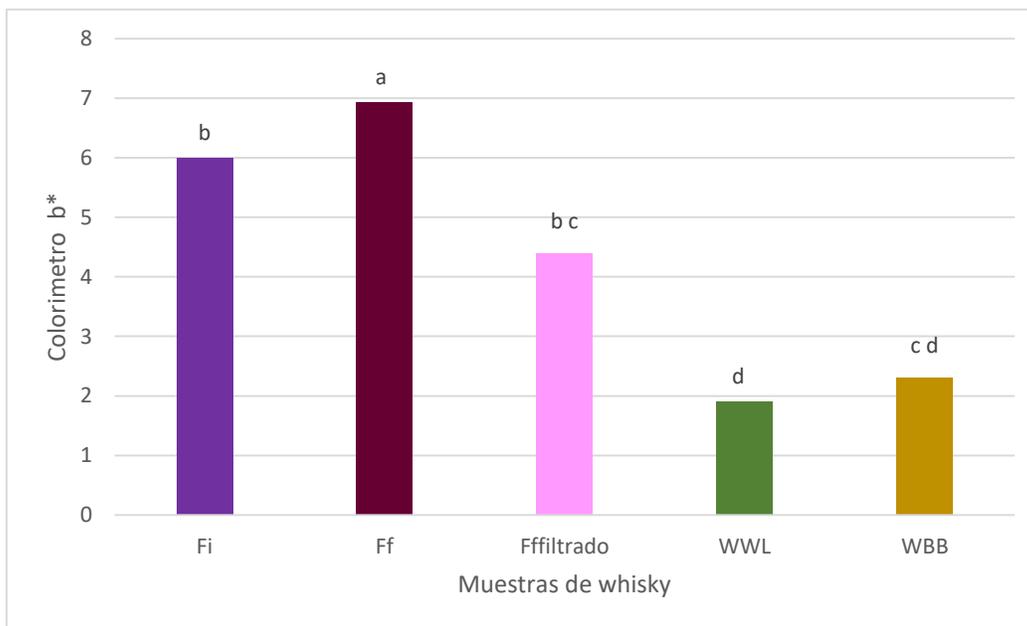


Figura 21. Parámetro b* (amarillo/ azul) en las muestras de whiskies

De acuerdo con las comparaciones de cada una de las muestras de whiskies se observa que las muestras del mosto a base de maíz morado registro UAAAN obtuvo una alta intensidad de color rojo debido a las antocianinas que se encuentran presentes en el mosto. Después de la fermentación y filtración el resultado de luminosidad aumento a 20.18, sin embargo, los dos whiskies comerciales tienden al color amarillo/azul, aunque en simple vista son de color verde y amarillo, representando una mayor intensidad.

4.8 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó con el apoyo de 107 panelista entre los cuales hubo personas mayores de edad, consumidores y conocedores de Whisky. Los resultados fueron promediados, evaluando la apariencia global, olor y sabor, se proporcionó la muestra de Whisky a base de maíz morado registro UAAAN.

Se aplicó la escala de dos puntos: 1= no aceptable, y 2= aceptable, con una prueba de aceptación.

4.8.1 Apariencia global

La apariencia global es el primer atributo que se debe evaluar en una muestra, ya que el término “apariencia” se refiere al aspecto visual por la que se perciben atributos de un producto, como su tamaño, forma, color, textura, brillo, transparencia, opacidad, etc.

En la figura 22 señala los resultados de la apariencia global del Whisky a base de maíz morado registro UAAAN. La brillantes y densidad del Whisky el 100% de los participantes consumidores calificaron como un producto aceptable y con respecto al color un 50% de los consumidores calificaron como aceptable ya que el Whisky es incoloro ya que la mayoría de los whiskies se envejece tradicionalmente en barricas de roble, un proceso que lo transforma de un tono claro a dorado o marrón. Como regla general, cuanto más tiempo se envejece el Whisky, más oscuro se vuelve.

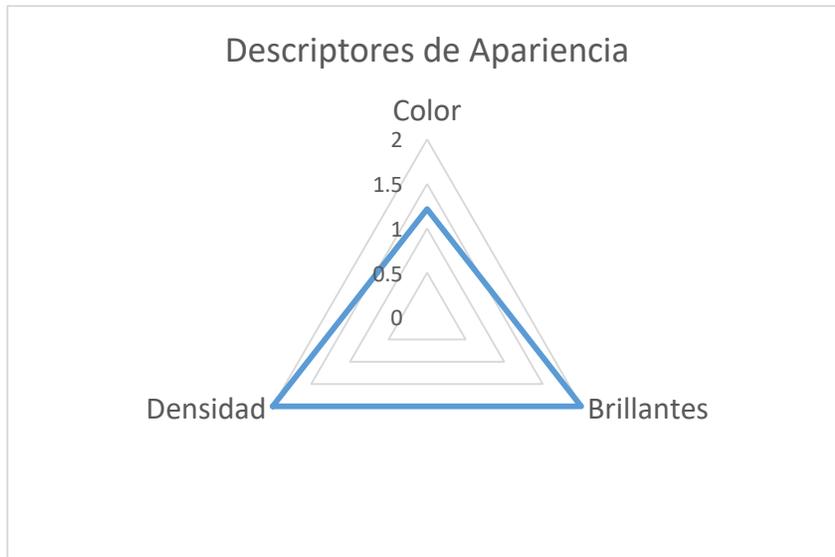


Figura 22. Aceptación de apariencia del Whisky

4.8.2 Olor

El olor es uno de los atributos en los alimentos que pueden conquistar a los consumidores es un componente fundamental en la percepción de su valor, ya que puede influir en la aceptación del producto.

En la figura 23, indica los resultados del olor del Whisky a base de maíz morado, lo cual los 107 participantes consumidores calificaron como aceptable los olores como: a alcohol ligero, a vainilla, a malta y un olor especiado. Considerando que el Whisky no fue almacenado en barrica o en recipiente de madera para poder adquirir el olor a madera y/o a tabaco, es coherente que los consumidores no la hayan percibido.

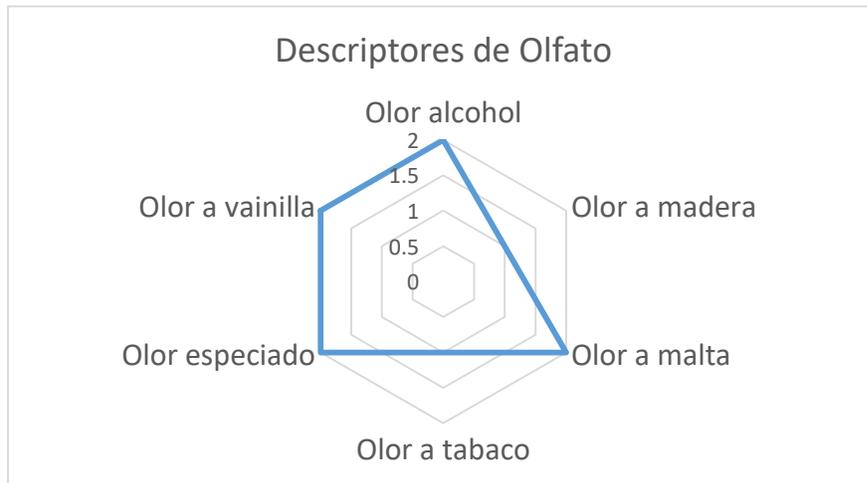


Figura 23. Olor en diferentes componentes del Whisky a base de maíz morado

4.8.3 Sabor

En la figura 24, se muestra los resultados del sabor del Whisky a base de maíz morado. El 100% de los consumidores calificaron que posee un sabor especiado, sabor anís, sabor a vainilla además les agrado la sensación en boca ya que es un Whisky suave amigable con el paladar. Un el 50% de los consumidores percibieron el sabor afrutado y sabor a jerez. Los aromas y sabores de un Whisky son dados por diferentes fenómenos fisicoquímicos que se producen durante todo el proceso.

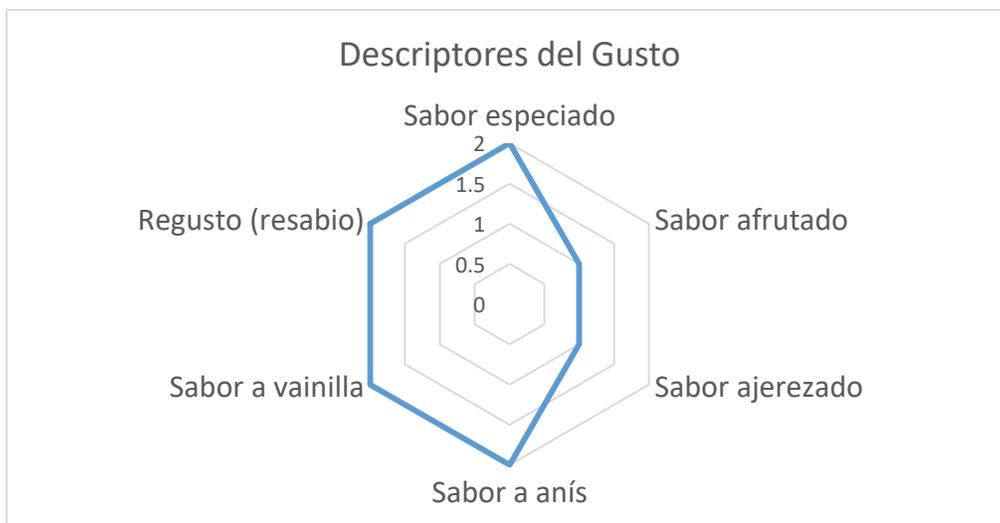


Figura 24. Perfil de sabor del Whisky a base de maíz morado.

CAPITULO V. CONCLUSIONES

En este proyecto se puede concluir que la obtención de una bebida alcohólica derivado al maíz morado registro UAAAN, representa una alternativa en cuanto al desarrollo e innovación de diferentes productos. Reconociendo que el maíz morado contiene grandes propiedades nutrimentales que le beneficia al consumidor.

Los parámetros evaluados del Whisky fueron: la pérdida de masa de las muestras evaluadas fluctúa entre 0.01 y 0.06kg, el pH entre 3.45 y 3.97, el grado alcohólico 11% y 40%, la acidez entre 0.0056% y 0.00067%, grado brix entre 4.5 y 3. El color del Whisky a base de maíz morado registro UAAAN es incoloro con una menor luminosidad y los dos whiskies comerciales tienden al color amarillo con una mayor luminosidad.

En cuanto a las propiedades sensoriales tuvo un alto grado de aceptación, casi en su totalidad los consumidores calificaron como excelente a la mayoría de las características organolépticas. Sin embargo, la apariencia del producto puede ser mejorada en cuanto a su color, debido a que es incoloro a diferencia con los whiskies comerciales.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- Ablin A. (2012). Whisky: Sin techo para crecer. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 32-40. Disponible en: https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/revista/pdfs/57/57_06_WHISKY.pdf
- Agüero, Boschín, C., Franco, L. (2018). Producción de Whisky de malta. Proyecto Final: Estudio de Prefactibilidad. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael. Disponible en: <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/3549/PROYECTO%20FINAL%20PRODUCCION%20DE%20WHISKY%20FINAL%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alcívar, J. (2020). Evaluación sensorial de una bebida alcohólica a base de maíz morado (*Zea mays L.*) con adición de aguardiente rectificado. proyecto de investigación. (UTEQ). Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/78925aa6-80af-4d80-b779-18b5c893ab71>
- Baldoceda, A. (2015). Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*hordeum vulgare L.*) obtenidas con irradiación gamma". Tesis de licenciatura. (UNAM). Lima Perú. Pp:8-11. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a8a0b95f-5ccd-4adf-a4c0-6bbbc1f10e37/content>
- Bautista, L. y Hernández, R. (2019). Respuesta a la aplicación foliar de tres dosis de bioestimulante y de transportadores de glúcidos en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad Canteño, en la zona baja del valle de Ica. Tesis de licenciatura. (UNSLG). Disponible en: <https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/324c7f70-ace1-4ea4-bbb9-ad7e5ce8424a/content>

- Bravo, H. (2021). Evaluación del contenido de polifenoles totales y características sensoriales de una bebida alcohólica tipo vino tinto a base de maíz (*Zea mays L.*), morado y rojo.
- Cabezas, M., & Uribe, R. (2021). Evaluación de la tonalidad y pureza de color cie l*a*b de una bebida alcohólica de pitahaya (*hylocereus undatus*) con maíz morado (*Zea mays L.*) y flor de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*). Proyecto de investigación. (UTEQ). Ecuador. disponible en: PDF.
- Cartaya, O., Reynaldo, I. (2021). Flavonoides: Características químicas y aplicaciones Cultivos Tropicales. Revista del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215009001.pdf>
- Castillo, L. (2021). Relación entre la estructura química y propiedades luminiscentes de algunos flavonoides. Tesis de posgrado. (BUAP). México. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/cab34af1-3623-4fd6-9468-24dec150675b>
- Ccaccya, A. (2020). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante del maíz morado (*Zea mays L.*), procedente de tres regiones del Perú. Tesis de posgrado. Universidad Nacional Mayor de San Marco. Perú. Disponible en PDF.
- Cruz, A., Arteaga, R., Sánchez, I., Soria, J., & Monterroso, A. (2024). Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(1), e3327-e3327. Disponible en: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3327>

- Cuenca, R. (2022). Identificación de las variables de proceso para la síntesis de plástico biodegradable del almidón del arroz de cebada (*hordeum vulgare*) para el uso en el embalaje de alimentos. Proyecto de Investigación de licenciatura. (ESPC). Pp:6. Disponible en:<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17715/1/96T00782.pdf>
- De la Cruz, E. (2020). Respuesta de Maíz Morado (*Zea mays L.*) Y Frijol Negro (*Phaseolus vulgares L.*), A dos Formas y Tres Sistemas de Siembra – Lircay. Tesis de licenciatura. (UDEA). Disponible en: <https://repositorio.udea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5f0bcd88-4b5d-423d-b0a2-72ae784d1f60/content>
- Flores, J. (2022). Elaboración de cerveza artesanal a base de maíz morado del tipo (*Zea mays L.*) para su revalorización. Tesis de licenciatura. (UTN). Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12989/2/02%20LGAS%200066%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Guillén, J., Mori, S., & Paucar, M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var. Subnigroviolaceo. 211-217. Disponibl en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S207799172014000400005&script=sci_arttext
- Hernández, A. 2005. Evaluación sensorial. Primera edición. Bogotá, Colombia. UNAD-Facultad de ciencias básicas e ingeniería. Disponible en PDF
- Hidalgo, M. (2015). Desarrollo de cerveza a base de maíz morado. Tesis de licenciatura. Ecuador. Disponible en PDF
- Jaime, J. (2024). El maíz amarillo como eje de la seguridad y soberanía alimentaria en México. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. Disponible en:

https://scholar.google.es/scholar?as_ylo=2024&q=produccion+de+maiz+en+mexico+y+en+el+mundo&hl=es&as_sdt=0,5

Lee, K.(2023). Revisión de las Propiedades Biológicas del Maíz. Servicio de Descubrimiento para UAAAN (ebshost.com)

Leiva, S., Gayoso, G. y Chávez, C. (2016). *Zea mays* L. "maíz morado"(Poaceae), un cereal utilizado como alimento en el Perú prehispánico. *Arnaldoa*, 23(1). Disponible en PDF

Lizárraga, C., Hernández, C., González, G., y Basilio, J. (2018). Propiedades antioxidantes e inmunoestimulantes de polifenoles en peces carnívoros de cultivo. *Ciencia UAT*, 12(2), 127-136. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200778582018000100127&script=sci_arttext

Lizaso, S. (2012). Producción de whisky en argentina. Tesis de licenciatura. (ITBA). Disponible en: <https://ri.itba.edu.ar/server/api/core/bitstreams/382d1d5e-f711-4c67-997a-61529add5c58/content>

Lohrmann, J. (2021). Caracterización de levaduras no convencionales de la Patagonia para la producción de whisky con características sensoriales distintivas. Proyecto final de Licenciatura. Universidad Nacional Del Comahue. Disponible en PDF

Luna, B., Hinojosa, M., Ayala, Ó., Castillo, F., & Mejía, J. (2012). Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1),1-7. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v35n1/v35n1a3.pdf>

Maestre, I. (2012). Importación de whisky desde escocia hasta la ciudad de montería, Colombia. Trabajo de investigación de licenciatura. (UDM). Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/198274731.pdf>

- Martell, G. (2021). Composición nutrimental de la tortilla de maíz. Monografía de licenciatura. (UAAAN). México. Disponible en PDF
- Milón, D. (2019). Elaboración de whiskey de maíz morado denominado Black Whiskey. Trabajo Suficiencia de licenciatura. (USIL). Lima- Perú. Disponible en:

<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/16a44ad8-d5da-4e33-a9f5-6f98430adcd8/contentnt>
- Montoya, Á., Londoño, J., & Márquez, C. (2005). Licor de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) con diferentes porcentajes de pulpa. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 58(2), 2963-2974.
- Moyolema, V. (2023). Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa productora de un destilado tipo whisky Bourbon a partir de la materia prima local maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Ambato provincia de Tungurahua. (UTA). Tesis de Licenciatura. Ecuador. Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/bitstream/123456789/39234/1/AL%20882.pdf>
- Niño, A. y Ordaz, J. (2017). Aceptabilidad de bebidas fermentadas no alcohólicas preparadas a base de cereales-revisión. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 4(8). Disponible en:
<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n8/a10.html>
- Palomino, C. (2018). Aplicación Web y Móvil para mejorar el monitoreo de las Etapas Fenológicas del Maíz Morado, 2017. (URP). Perú. Disponible en:
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/1510/CYPA_LOMINON.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pinedo, R. (2015). Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Canaán-Ayacucho. Tesis de posgrado. (UNAM). Perú. Disponible en:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/952/T007370.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ponce, L., Noroña, P., Campaña D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., & Cruz L. (2020). La cebada (*Hordeum vulgare L.*): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. (INIAP). Primera edición. Manual No. 116. Quito-Ecuador. Disponible en PDF.
- Ponzzone, F. (2023). Caldén: pampa whiskey. Tesis de posgrado. (USA). Buenos Aires. Disponible en: <https://dspaceapi.live.udesa.edu.ar/server/api/core/bitstreams/9e58a347-dbd6-4427-9397-d5c805434a0d/content>
- Quevedo, A. (2020). Optimización del proceso de añejamiento acelerado de aguardiente de la provincia de Pastaza. proyecto de investigación de licenciatura. (UEA). Ecuador. Disponible en: [https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/898/1/T.%20AGROI N.%20B.%20UEA.%20%202135.pdf](https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/898/1/T.%20AGROI%20N.%20B.%20UEA.%20%202135.pdf)
- Rabanal, M., & Medina, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays L.*) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*, 39. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792021000100201
- Ramírez, J. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. Revista ReCiTeIA. Disponible en PDF
- Recalde, D. (2010). Elaboración de una bebida alcohólica fermentada de jícama (*Smallanthus sonchifolius*) y manzana (*Pyrus malus L.*). Proyecto de licenciatura. (EPN). Ecuador. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2465/1/CD-3171.pdf>
- Rodríguez, J. (2018). Malteado y fermentación de maíz para la obtención de whisky artesanal. Tesis de posgrado. (INP). Santiago Querétaro. Disponible en:

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/26541/Julio%20C%C3%A9sar%20Rodr%C3%ADguez%20Espinoza.pdf?sequence=2>

Rodríguez, J. (2021). Análisis de la capacidad antioxidante y componentes bioactivos de tortilla elaborada con maíz morado (*Zea mays* L.). UAAAN. Tesis de licenciatura. (UAAAN). México. Disponible en: <https://repositorio.uaaan.mx/handle/123456789/48026>

Salvador, C. (2015). Cuéntame Cebada. Fundación Empresas Polar. Editorial Arte. Venezuela. Disponible en: <https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/media/1280184/cebada.pdf>

Silva, L. (2014). Instalación de una mini-planta de producción de whisky tipo Bourbon a partir de maíz (*Zea mays*). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Perú. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/116/BC-TES-3841.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Suárez, C., Garrido, A., Guevara, C. (2016). Levadura *saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Instituto Cubano de Investigaciones sobre los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Cuba. Disponible en PDF.

Tenorio, F. (2020). Determinación de las condiciones básicas de estandarización del proceso de producción de un licor tradicional para Raigambre Gota del Pacífico. Informe de practica social de licenciatura. (UA). Colombia. Disponible en: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/16979/1/TenorioFrancisco_2020_DeterminacionCondicionesBasicas.pdf

Valencia, E., Figueroa, I., Sosa, E., Bartolomé, M., Martínez, H. & García, M. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, (16), 15-29. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1583>

- Ventura, A. (2023). Distribución de la materia seca de maíz (*Zea mays L.*) a diferentes edades de la planta. Tesis de licenciatura. (UAAAN). México. Disponible en: <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/49235/K%2068597%20Ventura%20Ramos%2C%20Abraham.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vergara, A. (2022). Efecto del tiempo de fermentación y dos tipos de levaduras en bebida alcohólica de la placenta de cacao (*theobroma cacao*). Tesis de licenciatura. (UAE) .82p. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VERGARA%20VERA%20ANGELINE%20KATHERINE.pdf>
- Wiśniewska, P., Dymerski, T., Wardencki, W. y Namieśnik, J. (2015). Análisis de composición química y autenticación del whisky. *Diario de la ciencia de la alimentación y la agricultura*, 95 (11), 2159-2166. Disponible en PDF
- Zambrano, J. (2013). Obtención de vino de grosella, (*Ribes grosseulacia*) mediante fermentación anaerobia. cantón Mocache, Ecuador 2013. Quevedo.

ANEXOS

Anexo 1. Potencia de hidrogeno (pH) del mosto después de la fermentación

New table : 02/06/2024 - 09:35:50 p. m. - [Version : 30/04/2020]

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
pH	9	1.00	1.00	5.8E-08

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.44	2	0.22	49790817278296900.00	<0.0001
Muestras	0.44	2	0.22		nd nd
Error	0.00	6	0.00		
Total	0.44	8			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.00000

Error: 0.0000 df: 6

Muestras	Means	n	S.E.
Whisky Comercial 1	3.97	3	0.00 A
Whisky Comercial 2	3.57	3	0.00 B
Whisky UAAAN	3.45	3	0.00 C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Anexo 2. Grado alcohólico °GL (Gay Lussac)

New table : 02/06/2024 - 09:31:49 p. m. - [Version : 30/04/2020]

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Grado alcohólico Grados Ga..	9	1.00	1.00	0.03

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	1624.50	2	812.25	8122500.00	<0.0001
Column1	1624.50	2	812.25	8122500.00	<0.0001
Error	6.0E-04	6	1.0E-04		
Total	1624.50	8			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.01998

Error: 0.0001 df: 6

Column1	Means	n	S.E.
Whisky Comercial 2	39.99	3	0.01 A
Whisky Comercial 1	39.99	3	0.01 A
Whisky UAAAN	11.49	3	0.01 B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Anexo 3. Acidez titulable

New table : 02/06/2024 - 09:43:39 p. m. - [Version : 30/04/2020]

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
AT	9	1.00	1.00	2.33

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	4.1E-05	2	2.1E-05	6041.68	<0.0001
Muestras	4.1E-05	2	2.1E-05	6041.68	<0.0001
Error	2.0E-08	6	3.4E-09		
Total	4.1E-05	8			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.00012

Error: 0.0000 df: 6

Muestras	Means	n	S.E.	
Whisky UAAAN	0.01	3	3.4E-05	A
Whisky Comercial 2	1.3E-03	3	3.4E-05	B
Whisky Comercial 1	6.7E-04	3	3.4E-05	C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Anexo 4. Grados brix (°Brix)

New table : 01/02/2025 - 08:07:09 p. m. - [Version : 30/04/2020]

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
°Brix	6	0.90	0.88	11.67

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	7.26	1	7.26	37.55	0.0036
Muestra	7.26	1	7.26	37.55	0.0036
Error	0.77	4	0.19		
Total	8.03	5			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.99677

Error: 0.1933 df: 4

Muestra	Means	n	S.E.	
Fi	4.87	3	0.25	A
Ffiltrado	2.67	3	0.25	B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

New table : 01/02/2025 - 08:04:54 p. m. - [Version : 30/04/2020]

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
°Brix	6	0.90	0.87	9.90

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	5.23	1	5.23	34.46	0.0042
Muestra	5.23	1	5.23	34.46	0.0042
Error	0.61	4	0.15		
Total	5.83	5			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.88285

Error: 0.1517 df: 4

Muestra	Means	n	S.E.	
Fi	4.87	3	0.22	A
Ff	3.00	3	0.22	B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

New table : 01/02/2025 - 08:08:38 p. m. - [Version : 30/04/2020]

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
°Brix	9	0.92	0.89	10.22

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	8.44	2	4.22	32.72	0.0006
Muestra	8.44	2	4.22	32.72	0.0006
Error	0.77	6	0.13		
Total	9.21	8			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=0.71727

Error: 0.1289 df: 6

Muestra	Means	n	S.E.	
Fi	4.87	3	0.21	A
Ff	3.00	3	0.21	B
Fffiltrado	2.67	3	0.21	B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Anexo 5. Colorímetro

New table : 01/02/2025 - 08:22:13 p. m. - [Version : 30/04/2020]

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
L	15	1.00	1.00	4.99

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	12996.54	4	3249.14	714.63	<0.0001
Muestras	12996.54	4	3249.14	714.63	<0.0001
Error	45.47	10	4.55		
Total	13042.01	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=3.87917

Error: 4.5466 df: 10

Muestras	Means	n	S.E.
WWL	85.53	3	1.23 A
WBB	70.97	3	1.23 B
Ff	21.62	3	1.23 C
Fffiltrado	20.18	3	1.23 C
Fi	15.97	3	1.23 D

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

New table : 01/02/2025 - 08:23:21 p. m. - [Version : 30/04/2020]

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
a	15	0.89	0.85	34.46

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	2104.40	4	526.10	21.18	0.0001
Muestras	2104.40	4	526.10	21.18	0.0001
Error	248.45	10	24.84		
Total	2352.85	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=9.06809

Error: 24.8450 df: 10

Muestras	Means	n	S.E.
Ff	28.96	3	2.88 A
Fi	24.83	3	2.88 A B
Fffiltrado	17.06	3	2.88 B
WBB	0.95	3	2.88 C
WWL	0.52	3	2.88 C

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

New table : 01/02/2025 - 08:24:48 p. m. - [Version : 30/04/2020]

Analysis of variance

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
b	15	0.78	0.69	29.98

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	58.56	4	14.64	8.79	0.0026
Muestras	58.56	4	14.64	8.79	0.0026
Error	16.65	10	1.67		
Total	75.21	14			

Test:Fisher LSD Alpha:=0.05 LSD:=2.34749

Error: 1.6650 df: 10

Muestras	Means	n	S.E.
Ff	6.93	3	0.74 A
Fi	5.99	3	0.74 A B
Fffiltrado	4.39	3	0.74 B C
WBB	2.31	3	0.74 C D
WWL	1.90	3	0.74 D

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)