

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE AMARANTO
(AMARANTHUS SPP.) COMO ADJUNTO Y DOS CEPAS DE
LEVADURA (SACCHAROMYCES CEREVISIAE) EN LA
FABRICACIÓN DE CERVEZA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

SANTIAGO RENÁN TERÁN FUENTES

santiago.teran@epn.edu.ec

DIRECTOR: MAURICIO MOSQUERA Ph.D.

mauricio.mosquera@epn.edu.ec

Quito, Agosto 2017

© Escuela Politécnica Nacional (2017)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Santiago Renán Terán Fuentes, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Santiago Renán Terán Fuentes

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Santiago Renán Terán Fuentes, bajo mi supervisión.

Mauricio Mosquera, Ph.D.
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco de forma especial a mis padres Fabián y Alicia por siempre haber creído en mí y por nunca dejarme solo en esta increíble lucha de superación, a todos mis hermanos por siempre recordarme el valor de la familia en las buenos y en los malos momentos, pero mención aparte quiero hacerle a mi hermano Kléber que fue un ejemplo al trazar el camino en el cual me veía reflejado a seguir y sin el cual no sé qué hubiese sido mí.

A mis amigos que fueron los que más disfrutaron de los frutos de estos años de estudio siendo ellos los primeros conejillos de indias a los que les hacía probar cada producto que elabore en este tiempo.

Sobre todo, quiero agradecer a Dios que nunca me abandonó por más oscura que se vea la noche. El siempre me tenía un nuevo amanecer y nunca dejó de responder mis peticiones.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado para mis padres Fabián y Alicia, mis hermanos Kléber, Fernando y Paulina que siempre estuvieron ahí aun cuando la meta se veía imposible ellos tenían las palabras de aliento que me daban energías y reanimaban mi alma.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	viii
INTRODUCCIÓN	x
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Producción y elaboración de la cerveza	1
1.1.1 Producción de malta a partir de amaranto	1
1.1.1.1 Selección y limpieza del grano	2
1.1.1.2 Remojo	2
1.1.1.3 Germinación	3
1.1.1.4 Secado	3
1.1.1.5 Tostado	4
1.1.1.6 Desbrotado	4
1.1.2 Proceso de elaboración de cerveza	5
1.1.2.1 Molienda	5
1.1.2.2 Maceración	6
1.1.2.3 Drenado del Mosto	7
1.1.2.4 Cocción	8
1.1.2.5 Enfriado	9
1.1.2.6 Fermentación	10
1.1.2.7 Envasado	13
1.2 Empleo de adjuntos para la elaboración de cerveza	14
1.2.1 Generalidades y características	14
1.2.2 Tipos de adjuntos	15
1.2.2.1 Cereales sin maltar	15
1.2.2.2 Cereales malteados	16
1.2.2.3 Adjuntos líquidos	16
2 PARTE EXPERIMENTAL	18
2.1 Obtención de malta de amaranto y malta tostada tipo caramelo 30	18
2.1.1 Malteado y tostado del amaranto	18
2.1.1.1 Recepción y Limpieza	19
2.1.1.2 Remojo	19
2.1.1.3 Germinación	19
2.1.1.4 Secado	19
2.1.1.5 Desbrotado	20
2.1.2 Malta tostada tipo caramelo 30	20
2.2 Determinación del mejor tratamiento para la obtención de la cerveza	20
2.2.1 Diseño experimental	20
2.2.2 Proceso de elaboración de cerveza	22

2.2.2.1	Pesaje de ingredientes	23
2.2.2.2	Molienda	23
2.2.2.3	Macerado de los Granos	23
2.2.2.4	Filtrado	24
2.2.2.5	Cocción del mosto	24
2.2.2.6	Enfriamiento del Mosto	24
2.2.2.7	Fermentación del mosto	24
2.2.2.8	Trasvase	25
2.2.2.9	Maduración de la cerveza	25
2.3	Control del proceso fermentativo	26
2.3.1	pH	26
2.3.2	Acidez	26
2.3.3	Solidos solubles totales	27
2.3.4	Grado alcohólico	27
2.3.5	Cinética de crecimiento de la levadura	28
2.4	Evaluación del producto final	29
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1	Análisis de la influencia del amaranto como adjunto sobre el ph final	31
3.2	Análisis de la influencia del amaranto como adjunto sobre la acidez final	36
3.3	Análisis de la influencia del amaranto como adjunto sobre el grado alcohólico final	40
3.4	Análisis de la influencia del amaranto como adjunto sobre los valores finales de solidos solubles totales	45
3.5	Análisis de la influencia del amaranto como adjunto en distintas concentraciones sobre crecimiento de la levadura	49
3.5.1	Efecto de la incorporación de amaranto sin maltear en el crecimiento de la levadura	49
3.5.2	Efecto de la incorporación de amaranto malteado en el crecimiento de la levadura	50
3.5.3	Efecto de la incorporación de amaranto malteado tostado en el crecimiento de la levadura	51
3.5.4	Análisis de varianza (anova) del tipo de adjunto utilizado sobre el crecimiento de la levadura	53
3.6	Análisis resultados de la prueba sensorial	54
3.6.1	Análisis de la variable aroma	54
3.6.2	Análisis de la variable espuma	55
3.6.3	Análisis de la variable sabor	56
3.6.4	Análisis de la variable color	57
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
4.1	Conclusiones	59

4.2 Recomendaciones	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1.1 Factores que afectan el proceso de floculación de las levaduras	13
Tabla 1.2 Rango de temperatura de gelatinización de adjuntos	16
Tabla 2.1 Diseño experimental del porcentaje de adición de adjuntos para cada tipo de fermentación	21

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1	Planta (a) y Grano de amaranto (b)	1
Figura 1.2	Diferencia entre levadura largers y ales	11
Figura 2.1	Diagrama general del proceso de elaboración de malta base y malta tostada	18
Figura 2.2	Diagrama general del proceso de producción de cerveza con la adición de adjuntos	22
Figura 3.1	Gráfico de los pH finales de las muestras con amaranto sin maltear comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013	31
Figura 3.2	Gráfico de los pH finales de las muestras con amaranto malteado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013	32
Figura 3.3	Gráfico de pH finales de las muestras con amaranto malteado tostado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013	33
Figura 3.4	Efecto del porcentaje de adjunto empleado sobre el valor de pH final en la fermentación (Medias y 95,5% de Fisher LSD)	35
Figura 3.5	Gráfico de acidez total de las muestras con amaranto sin maltear comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013	36
Figura 3.6	Gráfico de acidez total de las muestras con amaranto malteado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013	37
Figura 3.7	Gráfico de acidez total de las muestras con amaranto malteado tostado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013	38
Figura 3.8	Efecto del porcentaje de adjunto empleado sobre el valor de acidez total al final de la fermentación (Medias y 95,5% de Fisher LSD)	39
Figura 3.9	Gráfico de grado alcohólico al final de la fermentación de las muestras con amaranto sin maltear comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013	40
Figura 3.10	Gráfico de grado alcohólico al final de la fermentación de las muestras con amaranto malteado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013	41
Figura 3.11	Gráfico de grado alcohólico al final de la fermentación de las muestras con amaranto malteado tostado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013	42
Figura 3.12	Efecto del porcentaje de adjunto empleado sobre el grado alcohólico total al final de la fermentación (Medias y 95,5% de Fisher LSD)	44
Figura 3.13	Valores de solidos solubles totales al final de la fermentación de las muestras de cerveza con amaranto sin maltear	45

Figura 3.14	Valores de solidos solubles totales al final de la fermentación de las muestras con amaranto malteado	46
Figura 3.15	Valores de solidos solubles totales al final de la fermentación de las muestras con amaranto malteado tostado	47
Figura 3.16	Efecto del porcentaje de adjunto empleado sobre el valor final de solidos solubles totales en la fermentación (Medias y 95,5% de Fisher LSD)	48
Figura 3.17	Curva de crecimiento de levaduras ALE y LAGER en muestras con 30, 40, 50% de concentración de amaranto sin maltear	50
Figura 3.18	Curva de crecimiento de levaduras ALE y LAGER en muestras con 30, 40, 50% de concentración de amaranto malteado	51
Figura 3.19	Curva de crecimiento de levaduras ALE y LAGER en muestras con 30, 40, 50% de concentración de amaranto malteado tostado	52
Figura 3.20	Influencia del tipo de adjunto utilizado en la concentración máxima de levadura durante la fermentación (Medias y 95,5% de Fisher LSD)	53
Figura 3.21	Valores estadísticos de la variable aroma con respecto a las muestras Juzgadas	55
Figura 3.22	Valores estadísticos de la variable espuma con respecto a las muestras juzgadas	56
Figura 3.23	Valores estadísticos de la variable sabor con respecto a las muestras juzgadas	57
Figura 3.24	Valores estadísticos de la variable color con respecto a las muestras juzgadas	58

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I Esquema del proceso de malteado	68
ANEXO II Tabla de conversión de unidades de medida para refractómetros propuesta por la instrumentación científica técnica	69
ANEXO III Formato del análisis sensorial para las muestras de cerveza con amaranto como adjunto	72
ANEXO IV Normativa técnica ecuatoriana para la fabricación de bebidas alcohólicas – cerveza (NTE INEN 2262: 2013)	73
ANEXO V Datos del potencial de hidrogeno (ph) para los tratamientos de acuerdo el adjunto Utilizado	74
ANEXO VI Datos de acidez total para los tratamientos de acuerdo el adjunto utilizado	76
ANEXO VII Datos del contenido de alcohol generado para los tratamientos de acuerdo al adjunto Utilizado	78
ANEXO VIII Valores de solidos solubles totales de acuerdo al tipo de adjunto utilizado	80
ANEXO IX Efecto del tipo de adjunto en el crecimiento de la levadura	82

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la utilización de diferentes concentraciones de amaranto sin maltear, amaranto malteado y amaranto malteado tostado como adjunto en la producción de cerveza tipo ALE y LAGER. Se estableció las mejores muestras según los requisitos planteados por la norma INEN NTE2262:2013.

Para determinar la influencia del amaranto como adjunto se realizaron muestras por duplicado con concentraciones de 30, 40 y 50 % de amaranto sin maltear, amaranto malteado y amaranto malteado tostado, las mismas que fueron sometidas a dos tipos de fermentación (ALE y LAGER). En cada tratamiento se realizaron análisis diarios de pH, grados de alcohol, acidez, sólidos solubles totales y crecimiento microbiano.

Para la fabricación de las preparaciones lo primero que se realizó fue el malteo del amaranto, para lo cual se tomó como referencia el método descrito por Eblinger (2009), primero se llevó el amaranto a remojo en proporciones 1:5 con agua a 15° C, cambiando cada hora el agua hasta llegar a una humedad de 40 %, se dejó germinar hasta que el acrospire alcanzó dos tercios el tamaño del grano y se secó hasta llegar a una humedad de 4,5 % (pp. 147 - 163).

Para la obtención de por lo menos 2 L de mosto se agregó 1 kg de mezcla de malta de cebada con adjunto, el cual se molió y se maceró mediante método de infusión simple con 4 L de agua a 70 °C durante 1 h, para luego filtrar y llevar a cocción a temperatura de ebullición durante 90 min, añadir 1 g el lúpulo a los 30 min de iniciada la cocción, una vez terminada la cocción se enfrió el mosto y se llevó a fermentación.

Las muestras que mejores valores físico-químicos presentaron (grado alcohólico, pH y acidez total) fueron aquellas que contenían amaranto malteado y amaranto malteado tostado en concentraciones de 30%, indistintamente de la levadura utilizada para su fermentación, obtuvieron valores de grado alcohólico superiores a

3 %v/v, pH dentro del rango ideal de 4,2 a 4,5 y acidez total menor a 0,3 %m/m, que son requisitos establecidos por la norma INEN NTE2262:2013.

El análisis sensorial realizado dio como resultado una preferencia marcada hacia las muestras que contenían amaranto malteado tostado en concentraciones de 30% y fermentación ALE y LAGER, diferenciándose estas muestras por su color rojizo, una espuma cremosa que perduraba en el vaso y su agradable olor.

INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida de moderación de gran aceptación, pero sus orígenes se remontan hacia el año 8 000 A. C. en la región de Sumeria y del imperio Egipto según algunos historiadores, incluso utilizada como moneda de pago para los trabajadores en las construcciones de las pirámides de Egipto. Su fabricación en aquellas épocas tan solo consistía en la cocción de los cereales a cierta temperatura con agua y la almacenaban para su fermentación (Rhodes, 1997, p. 9). En el florecimiento del imperio romano se produjo un avance muy importante al comenzar a utilizar la cebada malteada obteniendo como resultado una bebida lo más parecida a la cerveza actual, la utilización de materias primas locales dio como resultado la gran variedad de cervezas que hay en la actualidad (Nelson, 2005, p. 164).

El consumo de cerveza en el Ecuador representa el mayor porcentaje de bebidas alcohólicas ingeridas por los ciudadanos. De acuerdo con estadísticas proporcionadas por el INEC, en el Ecuador 912 575 personas consumen bebidas alcohólicas habitualmente, el gasto mensual destinado a estas bebidas es 3 486 731 dólares, la bebida alcohólica más consumida es la cerveza con un 79,2 %, determinando que anualmente una persona consumo 27 L de esta bebida, la cerveza tipo pilsen es más producida y consumida en el país (INEC, 2013).

La base para la producción de nuevas variedades de cerveza se da por la incorporación de nuevos ingredientes y la variación de los procesos establecidos. La utilización de otros materiales (adjuntos) además de la cebada malteada ayuda a reducir los costos de producción mediante el aprovechamiento de productos locales, aparte que confieren diferentes características a las cervezas. Entre los cereales normalmente utilizados como adjuntos están el trigo, el mijo, el sorgo, la avena, el arroz y el maíz (Eblinger, 2009, pp. 58, 59).

En nuestro país se está promoviendo el uso de los pseudo cereales mediante el desarrollo de nuevas formas de consumir estos productos, por lo que el cultivo de

amaranto se está desarrollando a lo largo de toda la región interandina del país. Por lo antes señalado la elaboración de una cerveza artesanal con la utilización de amaranto como adjunto vendría a proporcionar un producto único al mercado de las bebidas fermentadas (Horton, 2014).

Este proyecto busca determinar las condiciones adecuadas para elaborar una cerveza con amaranto como adjunto, una bebida que presente propiedades organolépticas innovadoras que sean del agrado de los consumidores habituales.

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 PRODUCCIÓN Y ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

1.1.1 PRODUCCIÓN DE MALTA A PARTIR DE AMARANTO

El amaranto es una semilla que posee la capacidad de proporcionar el alimento necesario para su propia germinación. Para cual se activan enzimas que son capaces de convertir el alimento almacenado (almidón) en alimentos utilizados para su crecimiento (azúcares) (Das, 2016, pp. 153-154). El aprovechamiento de este alimento almacenado es el objetivo principal de realizar el proceso de malteado en la producción de cerveza (Papazian, 2014, p. 47).

La Figura 1.1 muestra la planta de amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) (a) y el grano de amaranto (b), respectivamente.



Figura 1.1. Planta (a) y Grano de amaranto (b) (Iniap, 2012, pp. 45, 51)

El proceso de malteado de los cereales o pseudo cereales empleados en la fabricación de cerveza es indispensable, debido a que, en su estado natural los cereales o pseudo cereales no tienen el sistema enzimático encargado de transformar el almidón en azúcares. Las levaduras encargadas de la fermentación necesitan estos azúcares para su crecimiento y no son capaces

de digerir directamente el almidón (Wolfgang, 2003, p. 21).

Para el malteado de los cereales o pseudo cereales, es fundamental mantener las condiciones adecuadas de humedad, oxigenación y temperatura durante las diferentes etapas del proceso. La transformación de cereales o pseudo cereales en malta se desarrolla en cinco etapas principales: selección y limpieza, remojo, germinación, secado, tostado y el desbrotado (Sánchez, 2006, p. 3).

1.1.1.1 Selección y limpieza del grano

Antes de iniciar la producción de malta de cereales o pseudo cereales se realiza una limpieza con el fin de eliminar granos dañados, inmaduros, quebrados, otras semillas, polvo o cualquier otra materia inerte o extraña que pueda contener (Gigliarelli, 2013, p. 23).

1.1.1.2 Remojo

El proceso de remojo tiene como objetivo terminar el estado latente en el grano y activar las enzimas que se encargan de hidrolizar el almidón; además, al realizar el remojo de los granos se eliminan sustancias inhibitoras de la germinación (Noonan, 1996, p. 113; Wolfgang, 2003, p. 126; Eblinger, 2009, p. 150).

Según Preedy (2011), para iniciar el proceso de germinación los cereales son sometidos a remojo mediante inmersión en agua a 15 °C aproximadamente, hasta alcanzar una humedad de 45%. En esta etapa son retirados todos los granos que se encuentren flotando debido a que estos no germinarán. Cuando el grano ha alcanzado la humedad adecuada se debe drenar toda el agua y comenzar la etapa de descanso o aireado, evitando la acumulación de CO₂ mediante una adecuada ventilación (p. 8).

1.1.1.3 Germinación

El objetivo del proceso de germinación es la activación de las enzimas, que son las responsables de hidrolizar las paredes celulares, generar azúcares y degradar aminoácidos, que servirán durante el proceso de elaboración de la cerveza (Olmedo, 1995, pp. 17-19; Sánchez, 2006, pp. 23-25; Wolfgang, 2003, p. 21).

Durante la germinación se deben cuidar parámetros como la temperatura y la humedad, además de proporcionar una ventilación adecuadas con el fin de evitar el apareamiento de moho y asegurar la germinación normal de los granos (Wolfgang, 2003, p. 21; Priest y Stewart, 2006, p. 152).

Un indicador visual para juzgar el grado de modificación de la semilla es la longitud del acrospire que crece por debajo de la cáscara. La longitud del acrospire en una malta base debe ser de dos tercios de la longitud de la semilla. Si la germinación continuaría, una planta crecería y todos los almidones serían usados por la planta. Por lo tanto, cuando el acrospire llegue a la longitud deseada se debe detener el proceso de germinación, mediante el proceso de secado (Sánchez, 2006, pp. 23-25; Priest y Stewart, 2006, p. 152).

1.1.1.4 Secado

Cuando la etapa de germinación ha concluido, se debe detener el proceso de modificación y crecimiento del grano, reduciendo la humedad a niveles adecuados para el almacenamiento (5 %) y así conservar los complejos enzimáticos necesarios para la elaboración de la cerveza en etapas posteriores (Sánchez, 2006, p. 26).

El proceso de secado de la malta en horno inicia a una temperatura baja (50 °C) por un periodo de 16 h, luego la temperatura puede ser elevada por 1 h a 60 °C, 1 h más a 70 °C y 5 h a 80 °C para finalizar el secado (Eblinger, 2009,

pp. 56-57).

1.1.1.5 Tostado

El proceso de tostado depende del tipo de malta que se desee obtener. Las maltas oscuras se obtienen a temperaturas mayores a 80 °C, a la cual se producen las reacciones de Maillard, a partir de azúcares y aminoácidos del grano (Olmedo, 1995, pp. 26-27; Sánchez, 2006, pp. 26-28).

Existen varios tipos de maltas especiales, diferenciadas de acuerdo con el proceso de tostado empleado. Según Eblinger (2009, pp. 163-164), se tiene:

- Malta oscura tipo alemana: Se usa grano o adjunto alto en proteína (11 % al 13 %) y se trabaja el proceso de tostado a 105 °C.
- Malta tipo caramelo: Se utiliza malta base a la cual se la remoja y se somete a temperaturas entre 80 °C y 180 °C, hasta alcanzar los 5 EBC (European Brewery Convention) de color.
- Malta tostada: se utiliza una malta pálida y se aumenta entre un 5 % y 10 % en contenido de agua para posteriormente usar temperaturas entre 180 y 220 °C para alcanzar el color deseado.

El tipo de malta generada otorgará características de sabor en cada una de las cervezas elaboradas (Walton y Golver, 1998, p. 193).

1.1.1.6 Desbrotado

Una vez obtenida la malta base o malta tostada, es necesario separar el acrospire del resto del grano, esto se realiza mediante fricción y venteado. La no realización de este proceso podría ocasionar que la cerveza presente sustancias amargas provenientes del acrospire (Eblinger, 2009, p. 156)

En el Anexo I se presenta un esquema del proceso de malteado.

1.1.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA

El proceso de elaboración de cerveza, descrito de una manera general, consiste en la conversión por acción enzimática del almidón de un cereal en azúcares fermentables y la adición de levaduras para la posterior fermentación alcohólica. El proceso sigue la metodología descrita a continuación:

1.1.2.1 Molienda

El proceso de molienda es realizado por métodos mecánicos mediante el uso de molinos. Dependiendo del sistema de molienda y la variedad de malta empleada, se obtendrán mostos con cualidades específicas (Eblinger, 2009, p. 165).

El objetivo del proceso de molienda es facilitar la extracción de azúcares de la parte interior de la malta. La molienda rompe el grano tratando de que la cáscara se conserve mayormente intacta para que cumpla una función de filtro en el proceso de recirculación que realizan algunos cerveceros. Se debe considerar una granulometría adecuada para evitar bajos rendimientos en el proceso, como almidón retenido en el grano (Mosher, 2015, p. 253). No existe un tamaño específico de las partículas debido a que depende del molino usado en el proceso (Sánchez, 2006, p. 28).

Según Sánchez (2006), existen dos tipos de molienda (p. 28):

- Molienda seca: se usa para maltas desagregadas en la elaboración de cervezas mayormente de variedad lager.
- Molienda húmeda: el grano debe tener una humedad de 30 %, con lo que se mantiene intacta la cáscara del grano luego del proceso.

En la actualidad, los molinos de martillos y de rodillos son los más utilizados por los cerveceros para realizar este proceso, dependiendo de la cantidad de malta a procesar (Eblinger, 2009, p.167).

1.1.2.2 Maceración

Consiste principalmente en la hidrólisis enzimática del almidón, dando como resultado un mosto que será el futuro sustrato de las levaduras en la elaboración de la cerveza (Sánchez, 2006, p. 33).

Según Eblinger (2009), un mosto que garantice una cerveza de alta calidad, proviene de una adecuada elección del proceso de maceración, durante el proceso de maceración se da una serie de reacciones enzimáticas (p. 168), entre las cuales están:

- Degradación del almidón: La hidrólisis del almidón se produce por la acción de α y β -amilasas.
- Fosforólisis: Proceso que genera fosfatos primarios a partir de fosfato orgánico que modifica el pH durante el proceso de fermentación.
- Auto oxidación y descomposición enzimática de lípidos.
- Oxidación y polimerización de polifenoles que disminuyen la presencia de varios antioxidantes que dan estabilidad al sabor.

Según Sánchez (2006) y Eblinger (2009), los rendimientos en el proceso de maceración dependen de:

- Calidad de la malta utilizada en el proceso,
- Composición del agua utilizada,
- Relación de mezcla malta/agua,
- El pH del proceso de macerado,
- Temperatura del proceso,
- Velocidad de agitación y calentamiento de la mezcla.

Existen dos métodos de maceración: por infusión y por decocción (Eblinger, 2009, p. 398).

- Maceración por infusión: es el más sencillo, la mezcla de malta con agua debe tener una temperatura de maceración de entre 65 y 70 °C por aproximadamente 1 h (Palmer, 2006, p. 149).
- Maceración por decocción: se realiza mediante el incremento escalonado de la temperatura hasta llegar a la temperatura final de maceración. Según Palmer (2006), este método garantiza tres cosas: primero la elevación de la temperatura del mosto sin la adición de agua extra; segundo, la mezcla puede llegar a ebullición, donde se logra una mayor extracción de almidón asimilable; y tercero, se obtienen sabores y aromas característicos de cervezas especializadas (p. 152).

1.1.2.3 Drenado del Mosto

El proceso de drenado consiste, básicamente, en la extracción de los azúcares del grano de malta (Spellmeyer, 2014, p. 78).

Según Preedy (2011), en el proceso de drenado se debe considerar la temperatura como factor principal, debido a que a una mayor temperatura existirá una menor viscosidad del mosto y una mayor fluidez en el proceso de drenado (p.12).

Según Palmer (2006), el drenado consta de tres etapas:

- Mashout: Consiste en elevar la temperatura de la mezcla hasta los 76 °C, para detener la actividad enzimática y hacer que el mosto sea más fluido. En mezclas con porcentajes mayores al 25 % de adjuntos es recomendable este proceso debido a que el lecho del grano es demasiado denso y el líquido no fluirá con facilidad (p. 154).
- Recirculación: Cuando el lecho del grano se ha sedimentado, se extrae el

líquido desde la base del macerador y se lo vierte de nuevo en la parte superior de la mezcla, se realiza varias recirculaciones hasta obtener un líquido libre de cáscaras y residuos de proteínas que no son de interés (p. 154).

- Lavado del grano: Consiste en el enjuague de la cama de filtración mediante la adición de agua, posterior a la extracción del mosto resultante de la recirculación, el lavado tiene como finalidad la máxima extracción de azúcares del grano. Este método trabaja a una temperatura máxima de 76 °C debido a que, en temperaturas superiores, los taninos de la cáscara se solubilizan y provocan una astringencia en la cerveza. El proceso de lavado depende de la cantidad de granos de la mezcla, puede durar entre 0,5 a 2,5 h (pp. 154-155).

1.1.2.4 Cocción

El mosto es llevado a equipos que permitan hervirlo. En este proceso se pueden añadir de acuerdo con la normativa de cada país, los aditivos complementarios para la elaboración de cerveza; tales como jarabe de maíz, dextrosa y azúcares invertidos. El proceso puede demorar entre 1 y 3 h, según del tipo de cerveza que se desee elaborar (Bamforth, 2003, p. 123; Preedy, 2011, pp. 12-13; Spellmeyer, 2014, p. 83).

Según Preedy (2011, p. 12), el proceso de cocción del mosto tiene varios objetivos:

- Evaporación del agua en exceso: para llegar a una densidad específica.
- Eliminación de compuestos no deseados: Con la evaporación se eliminan compuestos como el dimetil sulfito (DMS) que son responsables de sabores a verduras en el mosto y cuya concentración deben estar por debajo de 100 µg/L.
- Formación de sustancias de aroma: El propósito es desarrollar melanoidinas que poseen efectos antioxidantes y evitar la aparición de aldehídos que

otorgan un sabor rancio a la cerveza.

- Isomerización de sustancias: El lúpulo se añade en la ebullición del mosto para que por acción de temperatura los α -ácidos se conviertan en iso- α -ácidos.
- Precipitación de proteínas: El exceso de proteína confiere turbidez a la cerveza; mientras que, la baja cantidad de proteínas presentes no dan espuma en el momento del proceso de llenado. La concentración de nitrógeno floculado debe estar entre los 15 y 25 mg /L.
- Esterilización del mosto: Para obtener un producto inocuo, apto para el consumo humano.
- Inactivación de enzimas: La desnaturalización enzimática se da normalmente en el momento que el mosto alcanza el punto de ebullición.

1.1.2.5 Enfriado

Según Palmer (2006), el proceso de enfriado tiene como objetivo la precipitación de proteínas, polifenoles y β -glucanos que contribuyen a la aparición de sabores indeseables durante el almacenamiento de la cerveza. Las proteínas son retiradas por filtración, flotación o centrifugación. Un adecuado enfriamiento evita, además el riesgo de contaminación microbiana del mosto (p. 21).

La temperatura final en el proceso de enfriamiento ayuda a la adaptación de las levaduras que serán utilizadas en el proceso de fermentación (Palmer, 2006, pp. 15-72; Sánchez, 2006, p. 34; Spellmeyer, 2014, p. 84).

Según Preedy (2011), la temperatura final de enfriamiento depende del tipo de fermentación que se realice, ya sea esta baja o alta, según la variedad de levadura utilizada (p. 13):

- Fermentación baja: entre 5 a 10 °C con un tamaño de partícula de sedimentación de proteínas entre 0,5 a 1,0 μ m.
- Fermentación alta: entre 15 y 25 °C con un tamaño de partícula de

sedimentación de proteínas entre 0,5 a 500,0 μm .

1.1.2.6 Fermentación

El proceso de fermentación consiste en la conversión de azúcares en etanol y dióxido de carbono, mediante la acción de las levaduras. En la fermentación, el control de parámetros como pH y temperatura es de vital importancia para el desarrollo adecuado del proceso (Mesones, 2001, p. 15; Palmer, 2006, p. 79; Sánchez, 2006, p. 34).

Según Palmer (2006), en el proceso fermentativo se conoce como tiempo de adaptación al tiempo de referencia, desde que se coloca la levadura en el mosto hasta la aparición de la espuma en el fermentador. El tiempo de adaptación representa los diferentes procesos de la pre-fermentación y es un indicativo de la calidad de la fermentación total (p. 79).

Según Sánchez (2006), existen dos tipos de fermentaciones en el proceso de elaboración de cerveza (p. 34):

- Fermentación primaria: comienza con la incorporación de levaduras al mosto y termina cuando se ha atenuado la actividad de la mayoría de levaduras. En esta fase se produce la mayor cantidad de alcohol y la cerveza adquiere la textura y su sabor característico (Mesones, 2001, p. 38).
- Fermentación secundaria o maduración: se realiza luego de haber terminado la fermentación primaria y tiene como objetivo clarificar la cerveza mediante la decantación de taninos, proteínas y levaduras. En esta etapa el aroma y sabor se desarrollan de acuerdo con la cerveza deseada (Mesones, 2001, p. 42).

Existen dos tipos de levaduras principales en el proceso de elaboración de cerveza, las levaduras ALES, provenientes de cepas de *Saccharomyces cerevisiae*

(fermentación alta) y las levaduras LAGERS, provenientes de cepas *Saccharomyces pastorianus* (fermentación baja), diferenciadas por el nivel donde se depositan al final de la fermentación; como se indica en la Figura 1.2 (Hutkins, 2006, p. 320).

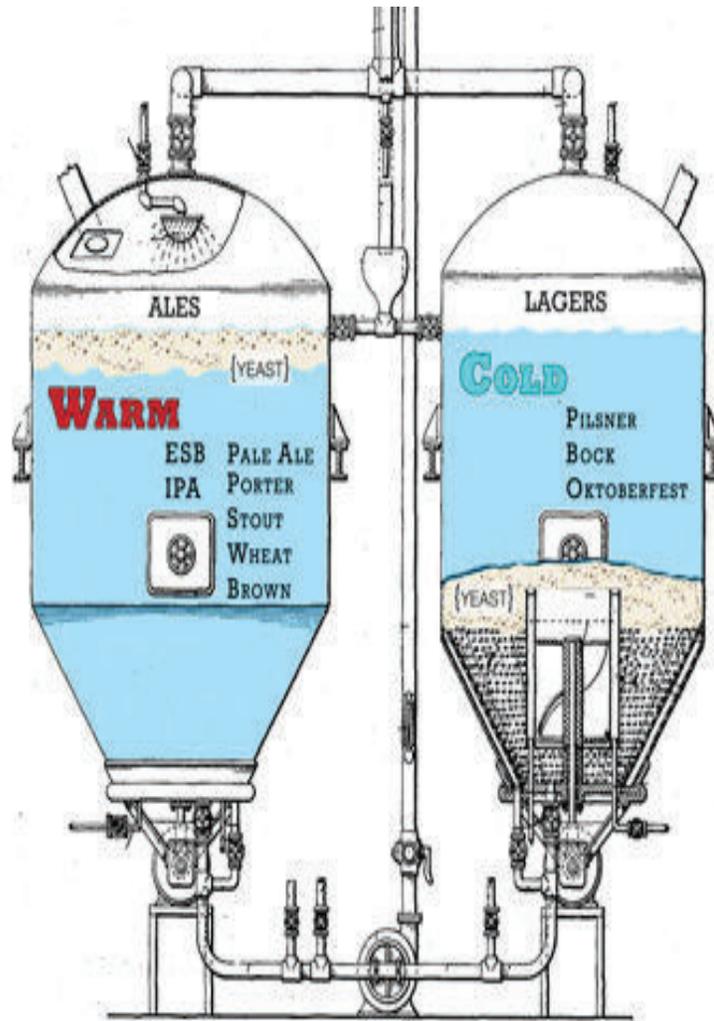


Figura 1.2. Diferencia entre levaduras lager y ale
(Harbinson, 2013, p. 1)

Según Hutkins (2006, p. 320) y Mosher (2015, pp. 312-313), la temperatura ideal de crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* para la producción de cervezas tipo ALE se encuentra entre los 18 y 22 °C; en países de clima cálido tropical es común este tipo de cervezas. Mientras que, para producir cervezas tipo LAGER la temperatura ideal para la *Saccharomyces pastorianus* está entre los 8 y 15 °C, este tipo de cerveza es propia de los países del norte de Europa.

Desde el punto de vista genómico las levaduras ALE son microorganismos diploides; mientras que, las levaduras LAGER son microorganismos alotetraploides; es decir, poseen cuatro copias de su genoma de dos especies diferentes (Harbison, 2013, p. 1).

Metabolismo de las levaduras en el proceso de fermentación

Según Hutkins (2006), la cantidad de inóculo inicial de levaduras, independientemente del tipo de cerveza a elaborar, depende de las características del mosto. Se tiene la referencia de 5×10^6 células de levadura por mL de mosto. El periodo de latencia, es de 6 a 18 h, esto depende de la actividad de las levaduras. Se debe considerar un ambiente adecuado para el crecimiento óptimo de las levaduras (p. 323).

Posteriormente a la fase de latencia, se da el crecimiento logarítmico que va acompañado de la fermentación alcohólica primaria, a través de la vía glucolítica. Se debe considerar que el proceso comienza con la hidrólisis de la glucosa presente en el mosto y luego continua con azúcares como la fructosa, maltosa y maltotriosa (Hutkins, 2006, p. 324).

El proceso de fermentación se puede controlar observando la formación de CO_2 , pero se prefiere el método de medición de la gravedad específica. Una gravedad específica constante indica que la fermentación está completa porque la mayoría de los azúcares fermentables se han consumido (Hutkins, 2006, p. 325; Preedy, 2011, p. 13).

El proceso de floculación se da al final del proceso de fermentación y se deben retirar los gránulos formados para clarificar la cerveza y no permitir reacciones posteriores que alteren el aroma de la cerveza (Preedy, 2011, pp.13-14). La Tabla 1.1 muestra los factores que afectan la floculación.

Tabla 1.1. Factores que afectan el proceso de floculación de las levaduras

Factor	Efecto
Azúcares fermentables	Inhibitorio
Nitrógeno, otros nutrientes	Poco efecto
Temperatura	Depende de la cepa
pH	Óptimo entre 3,5 y 5,8
Oxígeno	Sin efectos directos
Etanol	Dependiente de la cepa, afecta a la superficie celular
Edad de la célula	Las células viejas floculan más que las células jóvenes
Manejo del inóculo	Aumentos de temperatura ambiente incrementan el proceso de floculación

Adaptación de: Hutkins, 2006, p. 327

1.1.2.7 Envasado

La cerveza una vez clarificada continua al proceso de envasado, en donde se utilizan envases de vidrio o lata. Se debe considerar que el envasado se debe realizar bajo normas de higiene; que eviten la contaminación de la cerveza. Un excelente proceso de envasado garantiza a los consumidores una cerveza estable en sus propiedades en al menos 6 meses (Preedy, 2011, p. 14).

Previo al proceso de envasado; se realiza la pasteurización de la cerveza con la finalidad de inactivar enzimas y detener el proceso de fermentación de las levaduras que se mantienen activas. La pasteurización se consigue mediante dos métodos: (Sánchez, 2006, p. 34):

- Por filtro esterilizado
- Por intercambiador de placas a temperaturas entre los 71 y 75 °C por 30 s.

El proceso de llenado no es diferente al usado en otras bebidas procesadas, se puede realizar el llenado por gravedad o semiautomático, a través del uso de aire comprimido.

Según Hutkins (2006), se puede realizar un proceso de pausterización posterior al proceso de llenado, esto es, sumergir los envases llenos en agua hasta alcanzar los 62 °C, por 20 min (p. 333).

1.2 EMPLEO DE ADJUNTOS PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA

1.2.1 GENERALIDADES Y CARACTERÍSTICAS

Los adjuntos son una fuente alternativa de almidón, en reemplazo de malta de cebada. En la actualidad, la utilización de adjuntos está ampliamente difundida, los materiales más utilizados en sustitución de la malta de cebada son otros cereales, pseudo cereales y azúcares. Su uso está determinado por la facilidad de acceso que se tenga de acuerdo con la región donde se fabrique la cerveza (Garrett y Colicchio, 2011, p. 70).

El uso de los adjuntos está reglamentado dependiendo de cada país. Por ejemplo, en Estados Unidos su utilización está limitada a un máximo de 34% del total de la mezcla; mientras que, en Alemania su uso está completamente prohibido de acuerdo con la ley de pureza, con que ellos se manejan (Preedy, 2011, p. 11).

En Ecuador, la norma INEN NTE2262:2013 para la fabricación de cerveza, menciona que los adjuntos pueden ser ingredientes malteados o no malteados que puede llegar a reemplazar a la malta de cebada hasta un 80% y cuya función es aportar extracto en el proceso sin que con esto se afecte la calidad de la cerveza (INEN, 2013, p. 4).

Según Hutkins (2006), los adjuntos tienen cuatro funciones principales (p. 314):

- Diluir los fuertes sabores y opacos colores característicos de la malta de cebada.

- Aumentar la cantidad de carbohidratos en el sustrato.
- Reducir la cantidad de proteínas que son las que producen turbidez en la cerveza.
- Disminuir los costos de elaboración de la cerveza.

1.2.2 TIPOS DE ADJUNTOS

Los adjuntos son cualquier fuente de carbohidratos que no sea la cebada malteada y que aporten azúcares al mosto. Priest y Stewart (2006) mencionan que dentro de esa definición entran una gran variedad de materiales, a los que se los puede separar en tres grandes grupos: cereales sin maltear, cereales malteados y adjuntos líquidos (pp. 161-162).

1.2.2.1 Cereales sin maltear

Los cereales sin maltear son los adjuntos más utilizados en la elaboración de cerveza, ya que además de reducir costos de producción, confieren características de sabor diferentes a los de la malta de cebada, por lo que constituyen un ingrediente fundamental a la hora de conferir cualidades específicas en una cerveza (Mosher, 2015, p. 97).

Según Briggs et al, (2004), la transformación del almidón en azúcares fermentables utilizando cereales sin maltear está a cargo de las enzimas de la malta de cebada ya que este tipo de adjuntos no posee sus propias enzimas para realizar este trabajo. Para utilizar este tipo de adjunto es necesario someter a un tratamiento previo de gelatinización a una temperatura específica dependiendo del adjunto utilizado (p. 34). En la Tabla 1.2 se muestran las diferentes temperaturas de gelatinización de algunos adjuntos.

Entre los adjuntos sin maltear más utilizados están el maíz, arroz, trigo, avena,

sorgo y en la actualidad se viene investigando la utilización de pseudo cereales como quínoa o amaranto (Garrett y Colicchio, 2011, p. 70).

Tabla 1.2. Rango de temperatura de gelatinización de los adjuntos

	Rango de temperatura de gelatinización
Adjuntos	°C
Maíz	62 – 77
Cebada	60 – 62
Cebada gránulos grandes	51 – 92
Malta de cebada	64 – 67
Trigo	52 – 66
Centeno	49 – 61
Arroz *	61 – 82
Arroz, grano corto *	65 – 68
Arroz, grano largo *	71 – 74
Papa	56 – 71
Tapioca	63 – 80

* Los almidones o adjuntos de estas materias primas siempre deben cocinarse antes de la maceración. (Adaptación de: Briggs et al, 2004, p.34)

1.2.2.2 Cereales malteados

Son adjuntos utilizados conjuntamente con malta de cebada y que normalmente se los incorpora para encasillar el producto en un tipo específico de variedad de cerveza, como por ejemplo las cervezas de trigo, las de sorgo, etc. Este tipo de adjunto al ser un producto ya malteado contienen sus propias enzimas que ayudan a la conversión del almidón en azúcares fermentables. Los adjuntos malteados pueden ser: maíz, trigo, soya, amaranto, quinua (Eblinger, 2009, pp. 55-56).

1.2.2.3 Adjuntos líquidos

Los adjuntos líquidos son normalmente jarabes preparados a partir de glucosa, azúcar de caña o de azúcar invertido, cuya función es la de aportar azúcares

fermentables adicionales para la fermentación. Los jarabes de glucosa, generalmente, se fabrican a partir de almidón derivado de maíz o de trigo, los jarabes de azúcar de caña contienen sacarosa y a veces pequeñas cantidades de azúcar invertido, el azúcar invertido se produce por la hidrólisis de la sacarosa a una alta temperatura (Priest y Stewart, 2006, pp. 169-172).

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 OBTENCIÓN DE MALTA DE AMARANTO Y MALTA TOSTADA TIPO CAMELO 30

2.1.1 MALTEADO Y TOSTADO DEL AMARANTO

Para la elaboración de malta de amaranto se utilizó una semilla de variedad INIAP Alegría, procedente de la granja experimental de la Pontificia Universidad Católica Sede Ibarra en la provincia de Imbabura. El proceso de elaboración de la malta de amaranto y la malta tostada tipo caramelo se realizó de acuerdo con el siguiente procedimiento, descrito en la Figura 2.1.

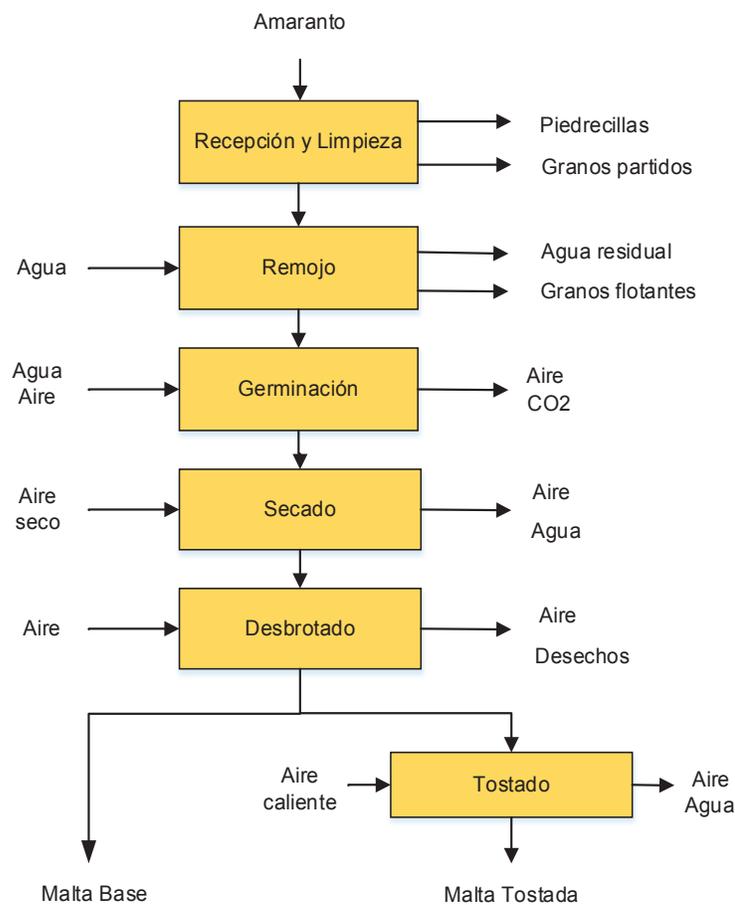


Figura 2.1. Diagrama general del proceso de elaboración de malta base y malta tostada de amaranto

2.1.1.1 Recepción y Limpieza

El proceso de elaboración de malta de amaranto comenzó con la recepción y posterior limpieza del grano con el objetivo de separar piedrecillas, granos partidos, otras semillas y demás impurezas que contenga y que podrían afectar la calidad del producto final (Wolfgang, 2003, p. 99).

2.1.1.2 Remojo

Para el proceso de remojo, el amaranto fue sumergido en agua, la cual estuvo a una temperatura de entre 12 y 18 °C, hasta llegar a una humedad de 40% (Eblinger, 2009, p. 150). La determinación de la humedad se realizó mediante cuantificación de 2 g de muestra cada hora, en el Analizador de humedad OHAUS MB25.

2.1.1.3 Germinación

El grano escurrido fue colocado en bandejas plásticas acanaladas formando una capa uniforme, para conservar la humedad se tapó la bandeja con una tela húmeda de algodón y se realizaron humectaciones con agua, cada 8 h mediante un atomizador, a la vez que se removían los granos con rastrillo para eliminar el dióxido de carbono, airearlos y evitar el enraizamiento (Rodríguez, 2015, p. 25). Cuando el acrospire alcanzó una longitud de dos tercios del tamaño del grano, el proceso de germinación se dio por terminado (Meo et al., 2011, p. 542).

2.1.1.4 Secado

Cuando la germinación concluyó, el amaranto fue llevado a una estufa marca Heraeus modelo 6 000 con la finalidad de secarla hasta llegar a una humedad de 4,5 % (Eblinger, 2009, p. 156). El ciclo de horneado utilizado para el secado del

amaranto fue el descrito por Meo et al. (2011), que inició con una temperatura de 50 °C por 16 h, luego se aumentó a 60 °C, por 1 h y se finalizó con 65 °C, por 5 h (p. 542). Se comprobó que la humedad fue la deseada mediante el Analizador de humedad OHAUS MB25 con 2 g de muestra.

2.1.1.5 Desbrotado

Cuando el amaranto malteado alcanzó la humedad deseada, fue sometido a una fricción manual para separar las raicillas producidas durante la etapa de germinación, ya que contienen sustancias amargas y modifican el color de la malta. El producto resultante es la malta base, que puede ser utilizada en la producción de cerveza (Wolfgang, 2003, p. 172).

2.1.2 MALTA TOSTADA TIPO CAMELO 30

Para la obtención de la malta tostada se utilizó el método descrito por Wolfgang (2004), así la malta base fue remojada hasta llegar a una humedad de entre 45 y 48%. Para el proceso de tostado, la malta húmeda se colocó en un recipiente de vidrio tipo Pyrex y se llevó a una estufa Heraeus Series 6000 que se encontraba precalentada a una temperatura de 65 °C. Se dejó por un periodo de 1 h a esta temperatura, con la finalidad de que las enzimas transformen el almidón del endospermo en azúcares (p. 180). Para la cristalización de los azúcares se elevó la temperatura hasta los 150 °C por 1 h, una vez obtenido el producto deseado se dejó enfriar y quedó listo para su uso (p. 181).

2.2 DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LA CERVEZA

2.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para determinar la influencia del amaranto como adjunto en sus diferentes preparaciones (grano sin maltear, grano malteado o grano malteado y tostado) y el tipo de levadura (cepa Ale o cepa Lager) en una cerveza preparada a partir de malta de cebada, se trabajó con un diseño experimental factorial 3 x 3 x 2 cuyas variables experimentales fueron: tipo de adjunto (3), porcentaje de adjunto (3) y tipo de levadura (2), como se indica en la Tabla 2.1. Cada ensayo se realizó por duplicado y las variables de respuesta fueron: grado de alcohol, pH, acidez, sólidos solubles totales y crecimiento microbiano.

Tabla 2.1. Diseño experimental de la adición del adjunto (amaranto) para cada tipo de fermentación (Ale o Lager).

		Amaranto sin maltear (ASM)		
		30%	40%	50%
Levadura Ale (A)		ASM30A	ASM40A	ASM50A
Levadura Lager (L)		ASM30L	ASM40L	ASM50L
		Amaranto malteado (AM)		
		30%	40%	50%
Levadura Ale (A)		AM30A	AM40A	AM50A
Levadura Lager (L)		AM30L	AM40L	AM50L
		Amaranto malteado tostado (AMT)		
		30%	40%	50%
Levadura Ale (A)		AMT30A	AMT40A	AMT50A
Levadura Lager (L)		AMT30L	AMT40L	AMT50L

La determinación de los mejores tratamientos se realizó mediante el análisis de las variables de respuesta de cada muestra y su cumplimiento de acuerdo con los requisitos establecidos por la norma INEN NTE2262:2013 para la cerveza en el Ecuador (INEN, 2013, p. 5).

2.2.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA

La producción de la cerveza siguió el proceso propuesto por Eblinger (2009, pp. 165-215). Para la elaboración de la cerveza los ingredientes utilizados fueron calculados en cantidades que permitieron obtener por lo menos 2 L de mosto antes de la fermentación, como se aprecia en la Figura 2.2.

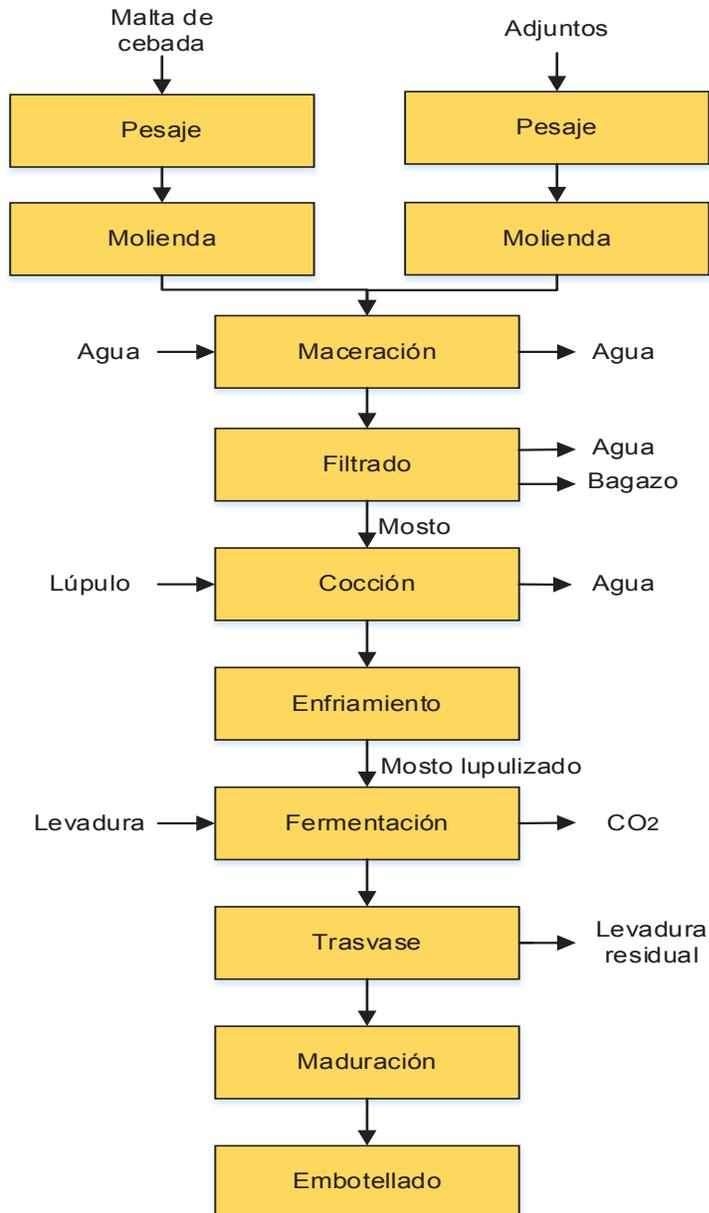


Figura 2.2. Diagrama general del proceso de producción de cerveza con la adición de adjuntos

2.2.2.1 Pesaje de ingredientes

Se pesó 1 kg de mezcla de malta y adjunto (malta de cebada y amaranto sin maltear, amaranto malteado o amaranto malteado tostado), en una balanza A&D SK-30K class III, según el requerimiento del diseño experimental; mientras que, el pesaje de 1 g de lúpulo por cada L de mosto y 1 g de levadura seca por cada 2 L de mosto lupulizado se hizo en la balanza analítica Boeco BBL31.

2.2.2.2 Molienda

Los granos de cebada malteada y del amaranto como adjunto se molieron en un molino manual Corona de tornillo sin fin. Para la malta de cebada se ajustó el molino de tal forma que se obtuviera una molienda gruesa del grano, exponiendo al máximo el endospermo, pero evitando el excesivo rasgado de la cáscara para que esta no confiera gustos desagradables al producto final. Para moler el amaranto, el molino se ajustó de tal forma que se obtuvo una molienda lo más fina posible.

2.2.2.3 Macerado de los Granos

Para el proceso de maceración se empleó el método de infusión simple. Para comenzar se calentaron 4 L de agua en una olla metálica, con capacidad de 5 L, en una cocina Durex CDE24CBX, hasta llegar a una temperatura alrededor de 70 °C. Para la medición de la temperatura se utilizó un termómetro digital TP3001. Alcanzada la temperatura, se disminuyó la llama al mínimo y se incorporaron los granos molidos, poco a poco, agitando la mezcla con una cuchara, lo que permitió la disminución de la temperatura hasta el rango adecuado (60 a 64 °C) en el que trabajan las beta amilasas, que son las responsables de convertir el almidón en maltosa. La mezcla permaneció durante una hora a la temperatura requerida.

2.2.2.4 Filtrado

Una vez que concluyó la maceración, se separó el líquido resultante llamado mosto de los restos de la malta como cáscaras y fibras. Para realizar el proceso de filtrado se empleó un cedazo fino que separó la parte líquida de la sólida de la mezcla.

2.2.2.5 Cocción del mosto

El mosto resultante se depositó en una olla de 5 L de capacidad para someterlo a temperatura de ebullición, con el objetivo de esterilizarlo y concentrarlo. A los 30 min de haber iniciado la ebullición se añadió el lúpulo de variedad Cascade, en proporciones de 1 g por cada L de mosto resultante. La cocción del mosto tuvo una duración de 90 min aproximadamente, hasta obtener una densidad de 1,040 g/mL, la cual fue medida mediante la utilización de un refractómetro Pocket rango 0-50 %. El valor obtenido en unidades de °Brix fue convertido a unidades de densidad mediante la Tabla A1.1 de conversión de unidades de medida de la I.C.T. (Instrumentación Científica Técnica).

2.2.2.6 Enfriamiento del Mosto

El mosto lupulizado y concentrado fue enfriado lo más rápido posible, para lo cual se utilizó una cuba metálica, con agua a temperatura ambiente, en la que se depositó la olla tapada con el mosto caliente. El agua fría fue renovada cada minuto hasta llegar a la temperatura deseada, que se midió mediante un termómetro de inmersión BOEKEL 1151.

2.2.2.7 Fermentación del mosto

Para iniciar el proceso fermentativo del mosto se activó previamente la levadura,

para lo cual se colocó 1 g de levadura en un vaso de precipitación con 50 mL de agua, a 25 °C para la levadura de fermentación alta o ALE (marca Nottingham); mientras que, para la levadura de fermentación baja o LAGER (marca Saflager W-34/70), el agua estuvo a una temperatura de 20 °C. El periodo de activación fue de 45 min y los vasos de precipitación durante ese tiempo fueron tapados con papel aluminio para evitar que la mezcla se contamine.

La levadura activada y 950 mL de mosto lupulizado se depositaron en erlenmeyers de 1 L, adaptados para controlar el proceso fermentativo. La muestra con la levadura tipo ALE se fermentó a temperatura ambiente (18 a 21 °C); mientras que, la fermentación tipo LAGER se realizó a una temperatura de entre 9 a 12 °C, en una refrigeradora de marca General Electric modelo TBS19ZC.

La fermentación inicial se dio por terminada cuando se estabilizó la densidad; es decir, cuando las levaduras consumieron la mayor cantidad de azúcares fermentables. Para la obtención de la densidad utilizaremos un refractómetro Pocket rango 0-50 % que proporciona una medida en unidades °Brix, medida que fue transformadas a unidades de densidad mediante la Tabla A1.1 de conversión de unidades de medida de la I.C.T. (Instrumentación Científica Técnica).

2.2.2.8 Traspase

Al finalizar la fermentación inicial, se separó la cerveza verde de los sólidos y levaduras sedimentados, para lo cual se realizó el traspase de la cerveza hacia otro erlenmeyer adaptado para controlar el proceso fermentativo.

2.2.2.9 Maduración de la cerveza

La maduración de la cerveza verde se realizó por un periodo de 1 semana, que es el tiempo estimado en el que se logra una disminución en la concentración de

compuestos indeseables, producto del metabolismo de la levadura.

2.3 CONTROL DEL PROCESO FERMENTATIVO

Las variables de respuesta del proceso fermentativo de las muestras fueron determinadas diariamente, por un periodo de 11 días. La metodología empleada para cada análisis se describe a continuación.

2.3.1 pH

Para la determinación del pH de la cerveza durante el proceso fermentativo se utilizó la metodología establecida por la norma NTE INEN 2325:2002 (INEN, 2002, p. 2). Primero, se calibró el potenciómetro Hanna HI 98127 sumergiéndolo en una solución Buffer de pH 7,0. En un Erlenmeyer desinfectado se tomó una muestra de 30 mL de cerveza y se agitó manualmente para desgasificarla. La muestra se trasladó a un vaso de precipitación procurando que esta se encuentre a una temperatura de entre 20 a 25 °C, para la determinación del pH, se introdujeron los electrodos del potenciómetro en la muestra, cuidando que no toquen las paredes del recipiente para obtener una medida confiable.

2.3.2 Acidez

Para la determinación de la acidez en la cerveza se utilizó la metodología por titulación con fenolftaleína descrita en la norma NTE INEN 2323:2002 (INEN, 2002, p. 4). Primero, se llevaron a ebullición 250 mL de agua destilada en un Erlenmeyer de 500 mL durante 2 min. Pasado ese tiempo, se agregaron 25 mL de cerveza desgasificada y se dejó en ebullición por 30 s, se enfrió la mezcla, se añadieron 0,5 mL de solución indicadora de fenolftaleína y se valoró mediante titulación con una solución de NaOH 0,1 N hasta la aparición de un color rosado pálido, determinando

así el volumen gastado de la solución.

Para el cálculo de la acidez expresada como % de ácido láctico se empleó la ecuación [2.1]:

$$\text{Acidez total (\% ácido láctico)} = \frac{V_1 \times 10 \times 0,09}{V_2 \times d} \quad [2.1]$$

En donde:

V₁: volumen de hidróxido de sodio empleado en la valoración, en mL

V₂: volumen tomado de cerveza, en mL

0,09: valor de 1 mili-equivalente de ácido láctico

d: densidad de la cerveza en g/mL

2.3.3 Sólidos solubles totales (SST)

Para la determinación de los sólidos solubles totales se utilizó un refractómetro Pocket rango 0-50%, el cual se calibró inicialmente utilizando las indicaciones proporcionadas por el fabricante, se limpió y secó la tapa y el prisma del aparato, después se pusieron 1 ó 2 gotas de agua destilada y se observó si la línea se encuentra en el límite claro / oscuro ó 0 %. Para la determinación de los sólidos solubles totales de la cerveza se verificó que la tapa y el prisma se encuentren secos y limpios, con una pipeta se colocaron 1 ó 2 gotas de cerveza en el prisma y se cerró la tapa para que se reparta homogéneamente, la verificación de la medida resultante se dio manteniendo el refractómetro bajo la luz solar y mirando a través del ocular.

2.3.4 Grado alcohólico

Para el cálculo del grado alcohólico, se utilizó la metodología descrita por García (2013), para lo cual se utilizó la densidad original y densidad final de la muestra,

dichos datos se obtuvieron mediante la toma de muestras de los sólidos solubles totales desde el inicio de la fermentación y convertidas a unidades de densidad mediante la Tabla All.1 de conversión de unidades de la I.C.T. (Instrumentación Científica Técnica).

El porcentaje de alcohol en volumen (%ABV) se calculó con la ecuación [2.2]:

$$\%ABV = (OG - FG) * 131 \quad [2.2]$$

$$131 = \frac{1,05}{0,8} * 100$$

En donde:

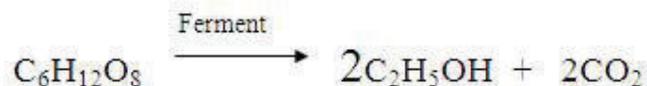
OG: densidad inicial

FG: densidad final

0,8: densidad del etanol

1,05: gramos de etanol generados por gramo de dióxido de carbono liberado

El valor de 1,05 es el resultado del análisis de la reacción que ocurre por acción de las levaduras con la glucosa formando alcohol etílico y dióxido de carbono.



Cuando se produce la fermentación, por cada molécula de glucosa se forman dos moléculas de alcohol etílico y dos de dióxido de carbono. Por lo tanto, por cada molécula de dióxido de carbono que escapa, una molécula de alcohol se queda en la cerveza. El peso molecular del CO₂ es 44,0098 g y el del alcohol etílico es 46,0684 g. Por lo que por cada gramo de dióxido de carbono que se escapa quedan 1,05 g de alcohol etílico en la cerveza.

2.3.5 Cinética de crecimiento de la levadura

Para determinar la cinética de crecimiento de la levadura se empleó el método de

contaje directo al microscopio, planteado por Libkind, Tognetti y Moliné (2014, pp. 25-28). Con una pipeta graduada se tomó 1 mL de muestra, se la transfirió a un tubo de ensayo de 10 mL y se añadieron 9 mL de agua destilada. Se agitó la mezcla para homogenizar y obtener una dilución 10^{-1} de la muestra de cerveza. Con la ayuda de una pipeta se tomó una muestra de la mezcla diluida y se colocó sobre el hematocitómetro o cámara de Neubauer. Luego se colocó la cámara en un microscopio óptico y se procedió al conteo; para ello, se eligieron 5 cuadrantes formando una cruz. Si la densidad de células seguía elevado para contarlas, se debe realizar una dilución 1:10 hasta que se posibilite el conteo.

El cálculo de la concentración de células en la muestra original se realizó sumando los valores obtenidos en los 5 cuadrantes contados. El resultado obtenido se multiplico por las 5 cámaras de la placa y por 10 000 para obtener el número de células que hay en 1 mL de dilución. Este valor se multiplicó por el factor de dilución y se obtuvo el número de células por mL de muestra.

2.4 EVALUACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

Para determinar la aceptabilidad que tendría una cerveza elaborada con amaranto como adjunto, se sometió a una prueba de análisis sensorial a las dos mejores muestras fermentadas con levadura LAGER y las dos mejores muestras fermentadas con levadura ALE.

Para cuantificar los resultados del análisis sensorial se empleó la escala hedónica de 5 puntos (1: Me disgusta mucho, 2: No me gusta, 3: No me gusta ni me disgusta, 4: Me gusta, 5: Me gusta mucho) propuesta por Watts, Ylimaki, Jeffery y Elias (1992, pp. 73-78), juzgando cuán agradable o no son los atributos de sabor, color, aroma y espuma en las cervezas evaluadas.

Para realizar dicho análisis, se empleó un panel de 20 personas consumidoras habituales de cerveza. Las muestras juzgadas fueron codificadas y servidas en

vasos plásticos transparentes a una temperatura de entre 8 a 10 °C y en volúmenes de 30 mL por vaso. A cada panelista se entregó cuatro vasos correspondientes a cada cerveza a evaluar, además de un vaso de agua para limpiar el paladar. Los panelistas marcaron sus respuestas en la hoja proporcionada con el formato establecido, como se muestra en el Anexo III.

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos se utilizó el método de análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ mediante el programa Statgraphics Centurion, determinando si existieron diferencias significativas entre los atributos de las muestras.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AMARANTO COMO ADJUNTO SOBRE EL PH FINAL

En las Figuras 3.1, 3.2 y 3.3 se presentan los resultados del pH final que obtuvieron las muestras de cerveza elaboradas con amaranto sin maltear, amaranto malteado y amaranto malteado tostado en distintas concentraciones, comparados con los valores de pH estipulados por la norma INEN NTE 2262:2013, que se encuentran en el Tabla AIV.1. Los datos con los cuales se obtuvieron estas gráficas se encuentran en el Anexo V.

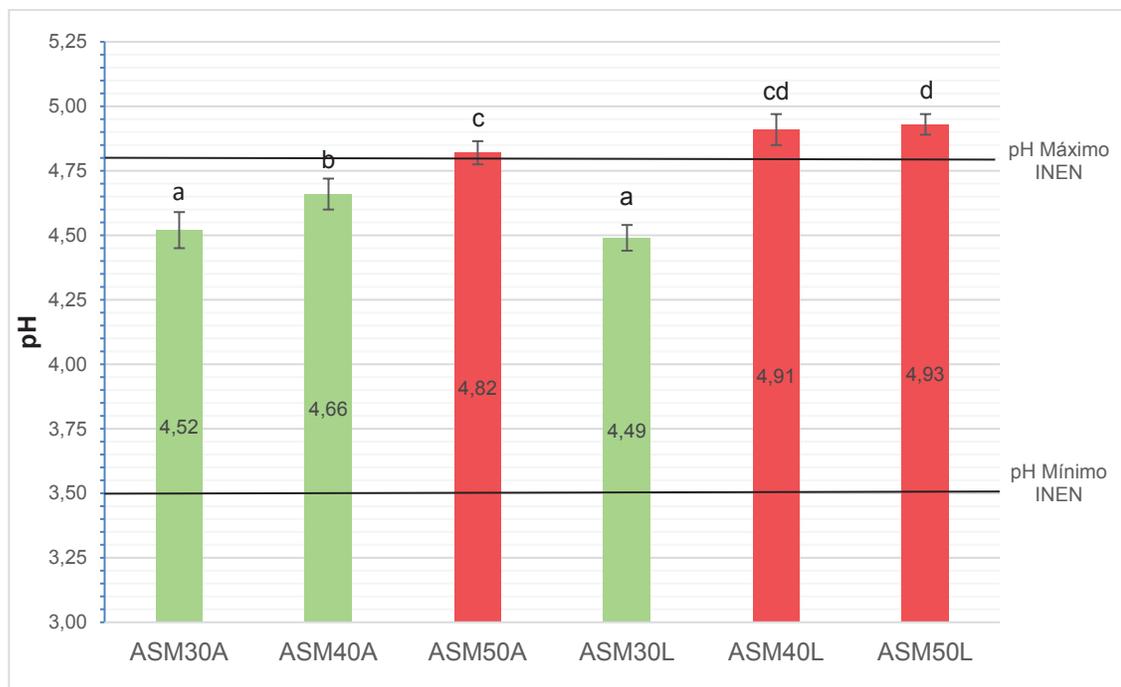


Figura 3.1. Valores de pH finales de las muestras de cerveza con amaranto sin maltear comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013

Las muestras que presentaron valores de pH final más bajos al final de la fermentación fueron las que contenían el menor porcentaje de amaranto sin maltear. Se obtuvieron valores de 4,49 para la muestra ASM30L y 4,52 para

ASM30A. Mientras que las muestras ASM50A, ASM40L y ASM50L presentaron valores de pH superiores a 4,80, por lo que estas muestras no pueden ser consideradas cervezas según la norma INEN NTE2262:2013, como se encuentra graficado en la Figura 3.1.

Los resultados demuestran que mientras mayor es la concentración de amaranto sin maltear, menor es la disminución de pH durante la fermentación de la cerveza, independientemente del tipo de levadura utilizada para dicho procesó.

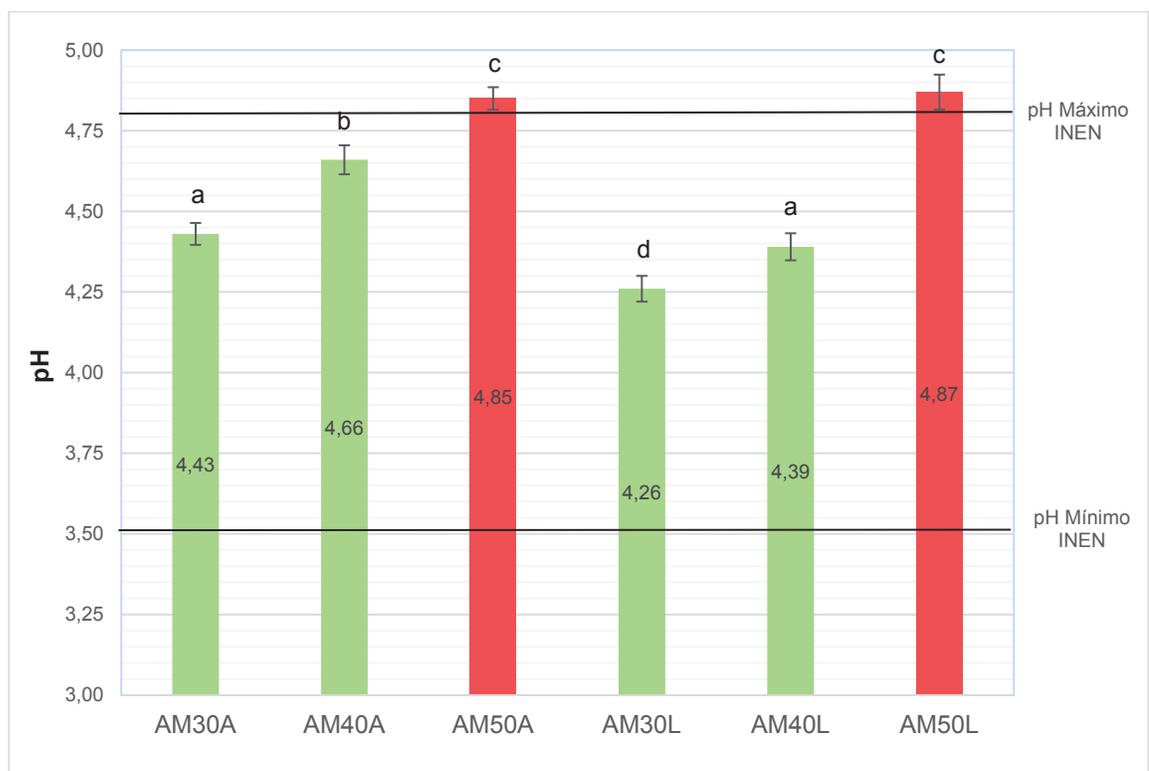


Figura 3.2. Valores de pH finales de las muestras de cerveza con amaranto malteado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013

Cuando se utilizó amaranto malteado como adjunto se encontró que las muestras con un contenido de 30 y 40% de amaranto malteado y una fermentación con levadura LAGER obtuvieron los valores de pH más bajos, de 4,26 (AM30L) y 4,39 (AM40L) como se muestra en la Figura 3.2. Mientras que las muestras que contenían un porcentaje de 50% presentaron los valores de pH más altos,

independientemente del tipo de levadura empleada, además que sobrepasaron el rango máximo permitido por la norma INEN NTE2262:2013, por lo que no pueden ser consideradas como cervezas.

La utilización de amaranto malteado en concentraciones menores al 50% en la elaboración de cerveza tuvo una influencia significativa en el pH final de las muestras fermentadas con levadura ALE y en menor grado en las muestras fermentadas con levadura LAGER, como se indica en la Figura 3.2.

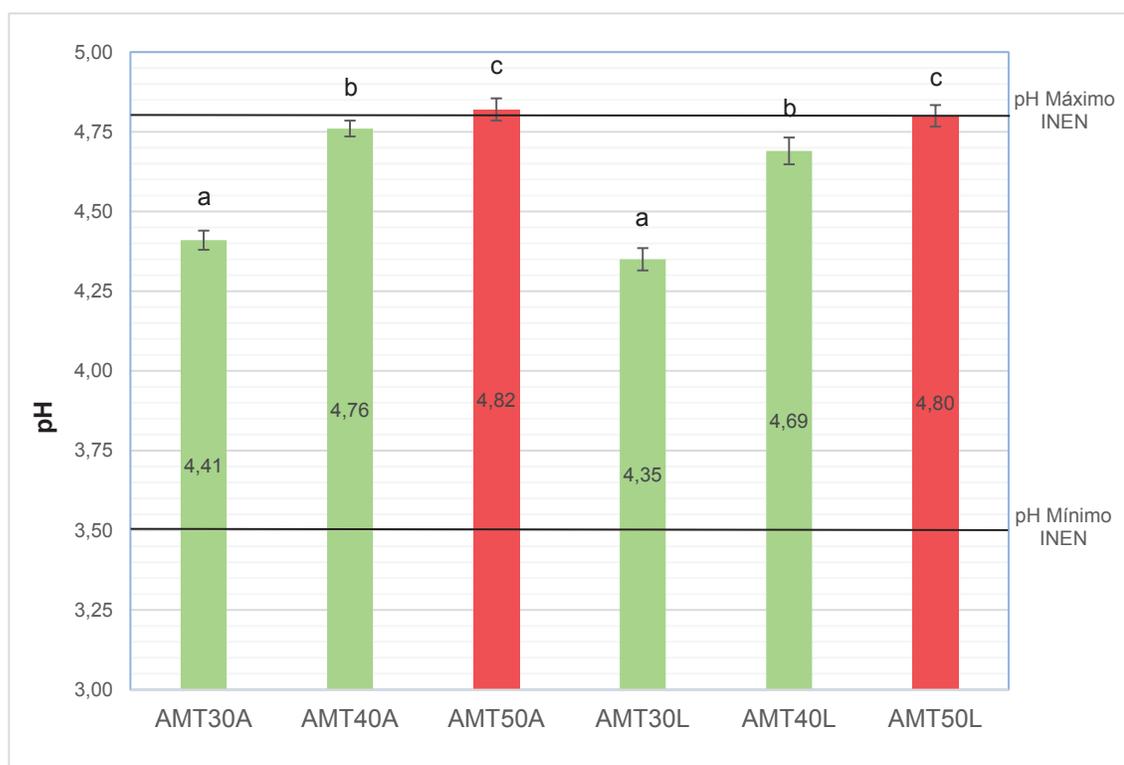


Figura 3.3. Valores de pH finales de las muestras de cerveza con amaranto malteado tostado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013

En las muestras que contenían amaranto malteado tostado (AMT) se comprobó que el porcentaje de incorporación del adjunto tuvo un efecto significativo sobre el pH final de las muestras indistintamente de la levadura utilizada para su fermentación. Las muestras con concentración de 50% presentaron valores de pH que difieren entre sí en $\pm 0,02$ como se muestra en la Figura 3.3; mientras que, en

concentraciones menores de adjunto (40 y 30%) los valores de pH final siguen la tendencia descendente observada en las muestras que contenían amaranto sin maltear y amaranto malteado.

Suárez (2013) señala que al partir la fermentación con un mosto cuyo pH se encuentre en un rango de 5,1–5,5 es ideal para conseguir la máxima efectividad de las levaduras y obtener una cerveza con valores de pH final (4,1 – 4,5) óptimos (p. 18). Tomando en cuenta estos rangos de valores de pH finales óptimos de cerveza, se determinó que una muestra con amaranto sin maltear ASM30L (4,49), tres muestras con amaranto malteado AM30A (4,43), AM30L (4,26) y AM40L (4,39) y dos muestras con amaranto malteado tostado AMT30A (4,41) y AMT30L (4,35) presentaron valores de pH finales óptimos, a pesar que solo la muestra ASM30L comenzó la fermentación a partir de un pH ideal (5,43); al contrario de las otras muestras que obtuvieron pH final óptimos, pero partieron de pH superiores a 5,5, como se muestra en las tablas del Anexo V.

Rodríguez (2015) señaló que al sustituir quinua malteada en proporciones de 25 y 50% por malta de cebada, se obtuvieron valores de pH final en la fermentación de 4,66 en las muestras con menor porcentaje de sustitución y 4,82 en las muestras con mayor proporción de adjunto (p. 56). Al comparar estos valores de pH final con los obtenidos en este estudio para las muestras que utilizaron amaranto malteado con concentración de 50% se evidencia la similitud de resultados, tan solo se difiere en $\pm 0,05$ de pH; mientras que, las muestras con menor porcentaje de amaranto malteado difirieron en $\pm 0,4$ del pH señalado por Rodríguez (2015) para la muestra con 25% de quínoa. Esto prueba que al utilizar quinua o amaranto como adjunto en la fabricación de cerveza, los valores de pH final presentan una tendencia descendente, relacionada directamente con el porcentaje de concentración del adjunto incorporado a la mezcla.

De igual manera, los resultados obtenidos concordaron con los tabulados por Valenzuela (2007), donde los resultados de pH de las muestras fermentadas con la adición de quinua malteada como adjunto en concentraciones de 35%, obtuvieron

un valor promedio de $4,4 \pm 0,1$ de pH al final de la fermentación, la similitud de resultados de pH final podría deberse a que, la concentración de adjunto empleada tiene un efecto significativo sobre los valores de pH final independientemente del tipo de adjunto utilizado.

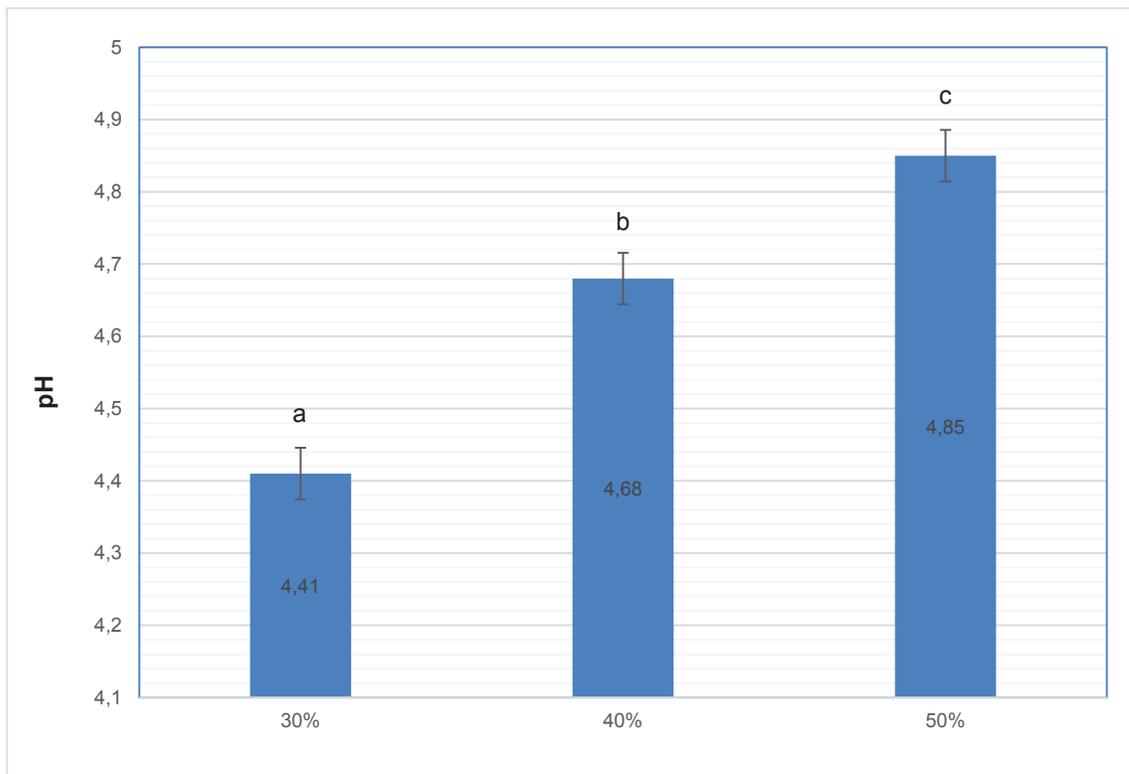


Figura 3.4. Efecto del porcentaje de adjunto empleado sobre el valor de pH final en la fermentación (Medias y 95,5% de Fisher LSD)

Al realizar el análisis estadístico ANOVA de los datos obtenidos de pH al final de la fermentación, se determinó que, la concentración de adjunto tiene un efecto estadísticamente significativo ($P < 0,05$) sobre el pH de la cerveza. Se obtuvieron valores de pH promedio de $4,41 \pm 0,03$, $4,68 \pm 0,03$ y $4,85 \pm 0,03$ para las muestras que contenían 30, 40 y 50% respectivamente, como se muestra en la Figura 3.4. Se puede concluir que en muestras con contenidos menores al 50% de adjunto se obtienen valores de pH que se encuentran dentro del rango permitido por la norma INEN NTE2262:2013, que establece un rango de pH (3,5-4,8) para que una bebida sea considerada cerveza.

El análisis ANOVA para el tipo de adjunto empleado, determinó que no existe efecto estadísticamente significativo ($P > 0,05$) del tipo de amaranto empleado ya sea este, amaranto sin maltear, amaranto malteado o amaranto malteado tostado sobre el valor de pH final.

3.2 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AMARANTO COMO ADJUNTO SOBRE LA ACIDEZ FINAL

En la Figura 3.5 se presentan los resultados de la acidez total alcanzada al final de la fermentación, comparados con los rangos que establece la norma INEN NTE2262:2013. Estas muestras contenían amaranto sin maltear como adjunto, en distintas concentraciones. Los datos con los cuales se obtuvieron las gráficas de acidez total se encuentran en las tablas del Anexo VI.

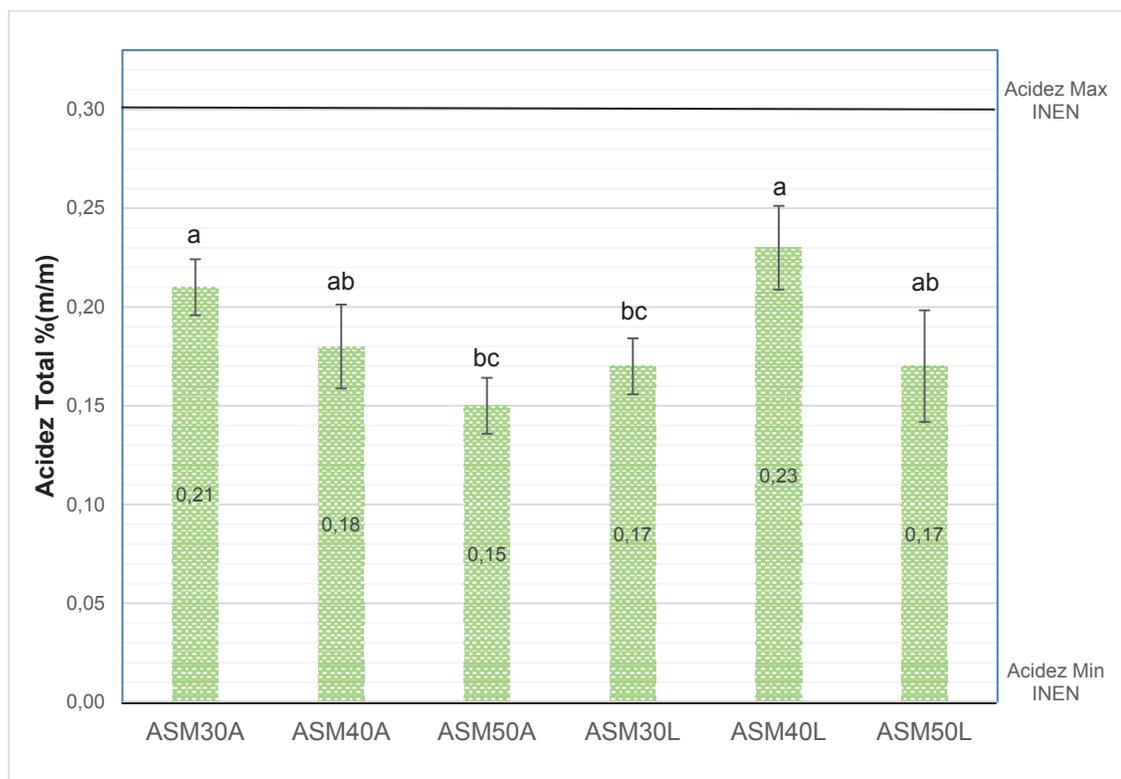


Figura 3.5. Valores de acidez total de las muestras de cerveza con amaranto sin maltear comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013

El cálculo de acidez total, expresada en porcentaje de ácido láctico, dio como resultado que todas las muestras registraron un valor de acidez menor al límite máximo (0,3 %m/m) exigido por la norma INEN NTE2262:2013. La muestra que contenía amaranto sin maltear en concentración de 50% y una fermentación ALE (ASM50A) si bien presentó el menor valor de acidez total (0,15 %m/m), no presentó una diferencia estadísticamente significativa con respecto al resto de muestras, a excepción de las muestras ASM30A y ASM40L que sí presentó una mayor acidez ($P < 0,05$). El análisis de los datos concluye que no existe una relación directa entre el porcentaje de concentración del adjunto con el valor de acidez total, ya que no se evidenció una tendencia clara en los valores.

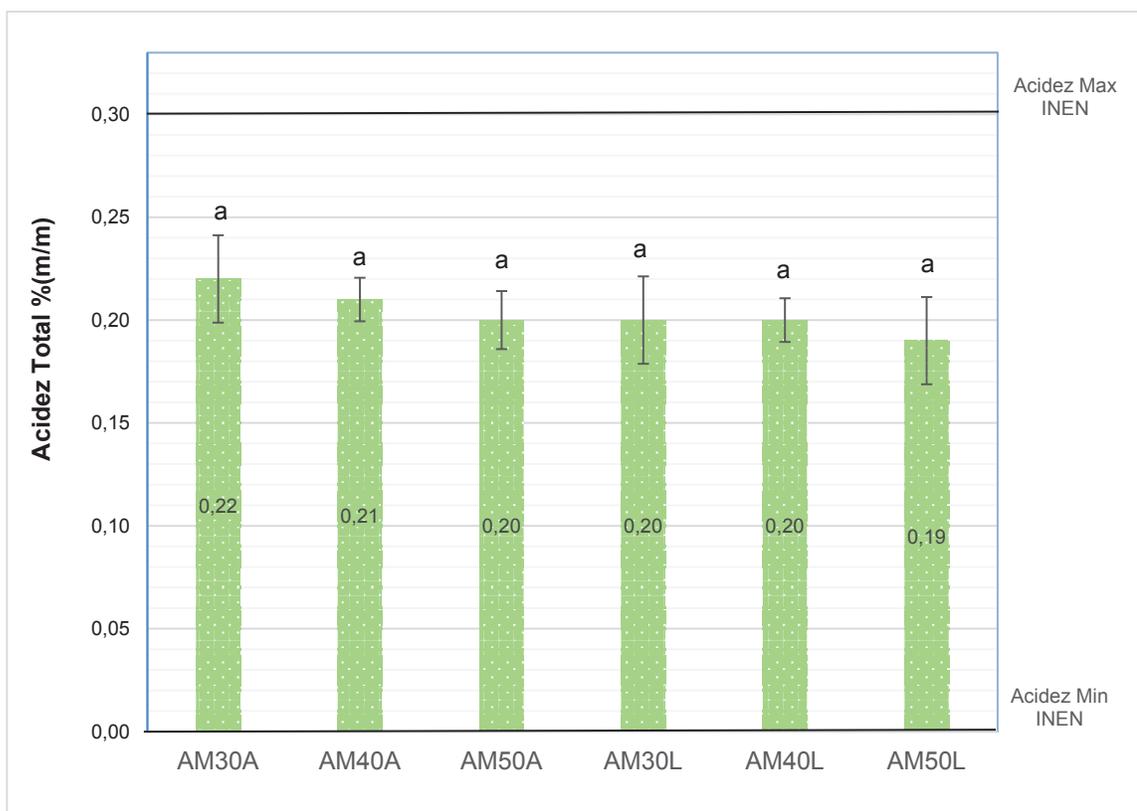


Figura 3.6. Valores de acidez total de las muestras de cerveza con amaranto malteado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013

Como se muestra en la Figura 3.6, los valores de acidez total en las muestras que contenían amaranto malteado como adjunto presentaron valores estadísticamente iguales, indistintamente del porcentaje de adjunto o la levadura utilizada para la

fermentación. Los valores obtenidos de acidez entran en el rango establecido por la norma INEN (0 – 0,3 %m/m) por lo que todas las muestras pueden ser consideradas cervezas de acuerdo con su valor de acidez total.

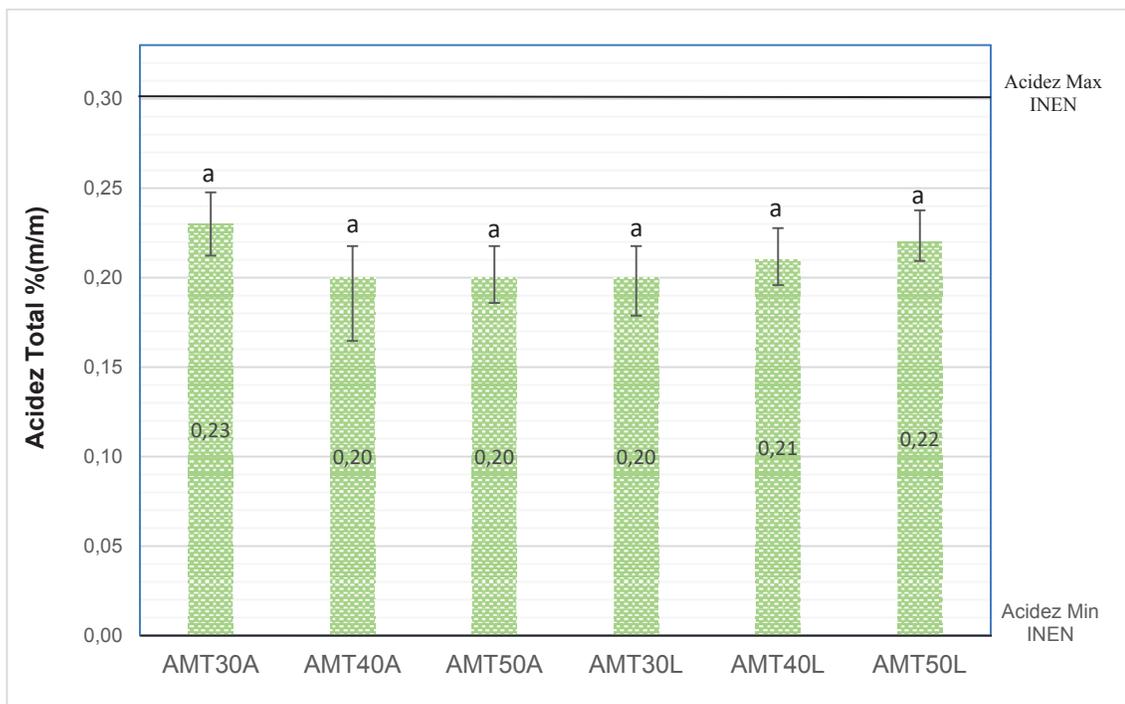


Figura 3.7. Valores de acidez total de las muestras de cerveza con amaranto malteado tostado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013.

Como se muestra en la Figura 3.6, cuando se utilizó amaranto malteado tostado como adjunto en distintos porcentajes, los valores de acidez final tuvieron la misma tendencia que con amaranto malteado, presentando un mismo valor de 0,20 %m/m para tres muestras diferentes (AMT40A, AMT50A y AMT30L), mientras que las restantes muestras tuvieron valores superiores a estas, siendo la muestras AMT30A la que obtuvo el valor más alto (0,23 %m/m), aunque estadísticamente no existe una diferencia significativa ($P > 0,05$). Todas las muestras cumplieron el rango exigido por la norma INEN.

Cuando se analizó la acidez total al final de la fermentación, no se encontró o evidenció relación directa que pudieran tener el tipo de amaranto empleado o la

concentración del mismo en la formulación, ni tampoco la levadura utilizada para su fermentación sobre el valor de acidez total de la cerveza.

Bandonill y Sánchez (2004) investigaron el efecto de sustituir arroz sin maltear y arroz malteado por malta de cebada. Encontrando valores finales de acidez total de 0,22 y 0,24 %m/m respectivamente (p. 8), valores que concuerdan con los obtenidos en esta investigación, esto indistintamente del tipo de amaranto utilizado, esto podría deberse a que los valores de acidez total no se ven influenciados al utilizar 100% arroz para elaborar cerveza.

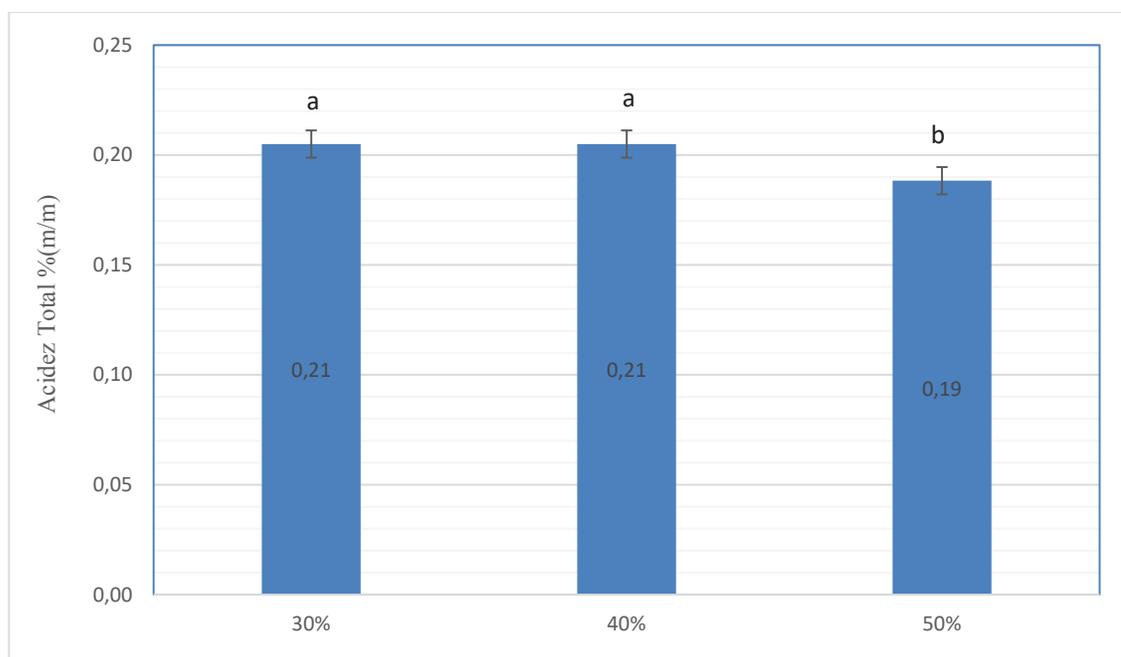


Figura 3.8. Efecto del porcentaje de adjunto empleado sobre el valor de acidez total al final de la fermentación (Medias y 95,5% de Fisher LSD)

Al estudiar los datos de acidez total final de todas las muestras mediante análisis estadístico ANOVA se determinó que, no existe influencia estadísticamente significativa entre las muestras cuyo contenido fue de 30 y 40% de adjunto en la elaboración de cerveza sobre el valor de acidez total al final de la fermentación ($P > 0,05$), ya que presentaron el mismo valor promedio de acidez total (0,21 %m/m), sin embargo si se evidenció diferencias entre las muestras con menor concentración con respecto a las muestras con 50% de adjunto ya que presento un

menor valor promedio de acidez total (0,19 %m/m), como se muestra en la Figura 3.8. Tampoco existió efecto significativo del tipo de adjunto empleado ni la variedad de levadura utilizada para la fermentación sobre la acidez total de la cerveza.

Todos los valores de acidez de las muestras se encuentran dentro de la norma INEN, que establece que los valores de acidez total como requisito para ser considerado cerveza deben estar dentro de un rango de 0-0,3 %(m/m) (INEN NTE2262:2013, 2013).

3.3 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AMARANTO COMO ADJUNTO SOBRE EL GRADO ALCOHÓLICO FINAL

El análisis del grado alcohólico generado, dependiendo del tipo de amaranto empleado, su concentración en la mezcla o la levadura utilizada para la fermentación, se presenta de acuerdo con los datos descritos en las tablas del Anexo VII.

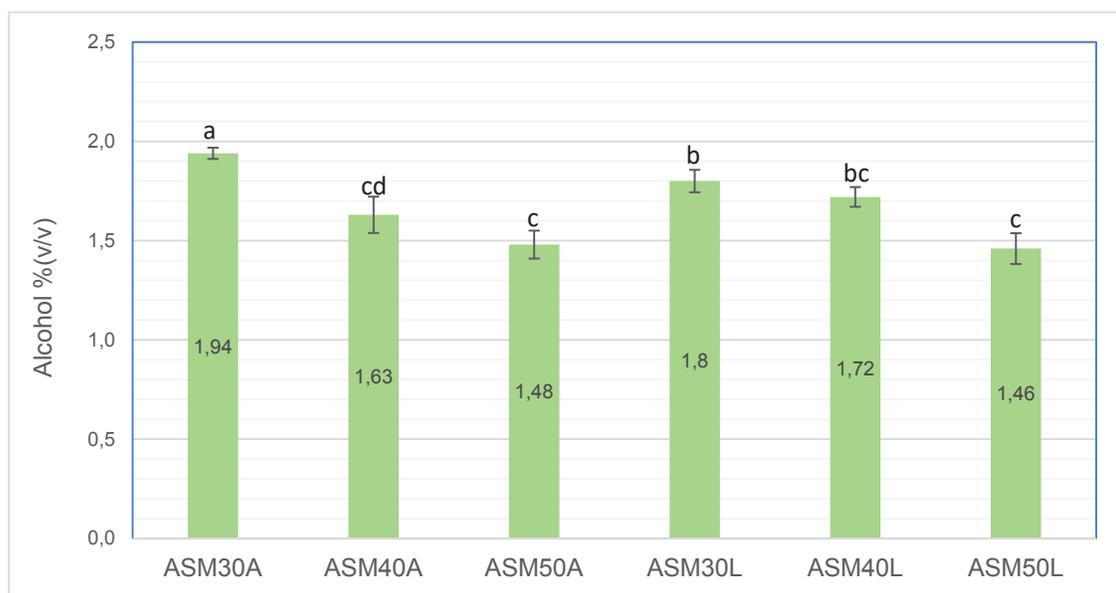


Figura 3.9. Valores de grado alcohólico al final de la fermentación de las muestras de cerveza con amaranto sin maltear comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013.

En la Figura 3.9 se presentan los valores de grado alcohólico final en las muestras con contenido de amaranto sin maltear, obteniendo los mayores valores de grado alcohólico (1,94 %v/v y 1,80 %v/v) en las muestras con la menor concentración del adjunto en fermentación ALE y LAGER. Mientras que las muestras con 50% de concentración presentaron los menores niveles de alcohol, la muestra ASM50L obtuvo el menor valor (1,46 %v/v), como se muestra en la Figura 3.9. La norma INEN NTE2262:2013 establece que una bebida puede ser considerada cerveza cuando su grado alcohólico se encuentra dentro de un rango de 1,0-10,0 %v/v, por lo que todas las muestras cumplen con este requisito establecido por la norma a pesar que sus niveles de alcohol pueden ser considerados bajos.

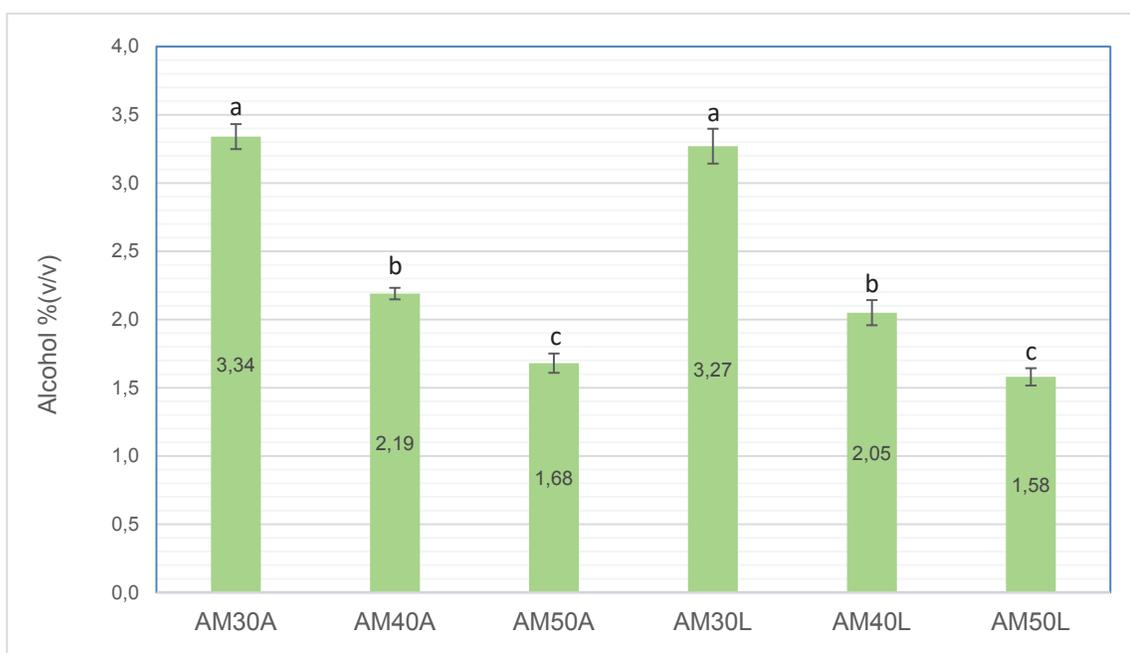


Figura 3.10. Valores de grado alcohólico al final de la fermentación de las muestras de cerveza con amaranto malteado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013.

Cuando se añadió amaranto malteado como adjunto, la muestra AM30A obtuvo el mayor grado de alcohol con un valor de 3,34 %v/v, seguida por la muestra AM30L con un 0,07 %v/v menor que la otra. Las muestras con la menor concentración de adjunto presentan un valor de grado alcohólico final de alrededor de la mitad que las que contiene una concentración de 50%, como se puede verificar en la Figura

3.10. Por lo que se evidencia la influencia que ejerce la concentración del adjunto en la generación de alcohol en la producción de cerveza, independientemente del tipo de levadura utilizada para su fermentación. Las muestras presentan valores finales de alcohol generado que se encuentra dentro de las exigencias de la norma INEN.

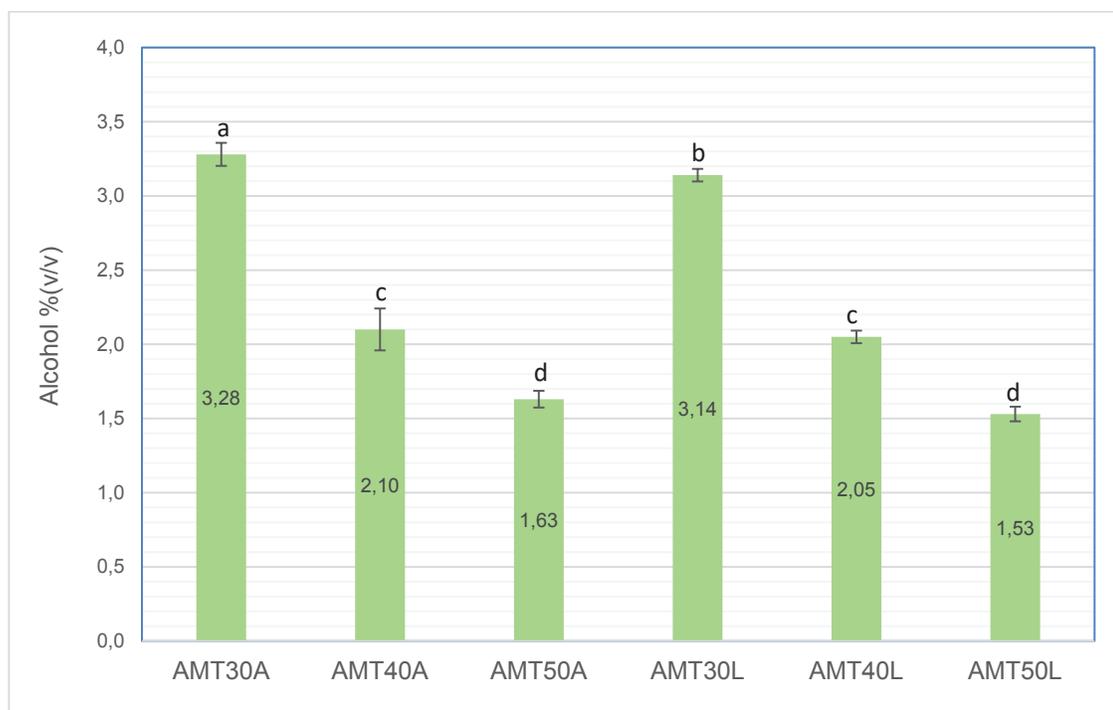


Figura 3.11. Valores de grado alcohólico al final de la fermentación de las muestras de cerveza con amaranto malteado tostado comparado con los requisitos de la norma INEN NTE2262:2013.

Los resultados obtenidos por las muestras cuyo contenido fue amaranto malteado tostado como adjunto fueron semejantes que las muestras con amaranto malteado, mostrando los mayores volúmenes de alcohol generado en las muestras con concentración de 30% y los menores valores en las muestras con la mayor concentración del adjunto, esto se evidencia en la Figura 3.11. Pero distinto que las muestras con amaranto sin maltear, ya que estas presentan los menores valores de alcohol comparadas con el resto de muestras.

La influencia del tipo de adjunto empleado sobre el grado alcohólico final está dada

principalmente por las muestras que contienen amaranto sin maltear, ya que al utilizar este tipo de adjunto se evidenciaron los menores niveles de alcohol en la cerveza resultante, comparados con las muestras que contienen los otros tipos de adjunto, esto se debe a, como lo explica Priest y Stewart (2006) cuando investigaron el uso de sorgo sin maltear como adjunto para la producción de cerveza, observaron que el contenido alcohólico generado fue bajo, esto debido principalmente a que durante la etapa de maceración existió una hidrólisis incompleta de los carbohidratos (p. 173), por lo que los azúcares necesarios para la fermentación fueron menores a los esperados, esto en comparación si el adjunto fuera sorgo malteado. Se puede decir que al utilizar un cereal o pseudo cereal sin maltear en la elaboración de cerveza, se obtendrá contenidos de alcohol bajos debido al menor grado de transformación de almidones en azúcares durante la maceración.

La utilización de amaranto como adjunto fue investigada por Gonzales et al (2013) establecieron que al utilizar en concentración de 25% el amaranto para la elaboración de una cerveza tipo Blonde Ale, se obtuvo un valor de alcohol al final de la fermentación de 2,29 %v/v, resultado que es similar al de este estudio, donde al emplear amaranto sin maltear en concentración de 30% (ASM30A y ASM30L) se obtuvieron valores de 1,94 y 1,80 %v/v respectivamente. Lo que sugiere que mientras menor es la concentración del adjunto, mayor es el grado alcohólico de la cerveza.

Rodríguez (2015) señaló que al sustituir quinua en porcentajes de 25 y 50%, se obtienen valores de alcohol finales de 4,08 y 3,61 %v/v, respectivamente, esto podría deberse a que mientras mayor es la concentración de quinua incorporada a la mezcla menor es la cantidad de carbohidratos disponibles para el hidrólisis, por lo tanto, menor es el número de azúcares producidas durante la maceración, lo que influye directamente en el contenido alcohólico generado en la fermentación (p. 37), lo que explicaría los resultados obtenidos en las muestras de cerveza con amaranto como adjunto.

Suárez (2013) establece que, la sustitución de cebada malteada por otros cereales,

sean estos malteados o no malteados, conlleva a la obtención de fermentaciones menos alcohólicas que las producidas sin adjuntos, ya que disminuye el poder diastático del mosto en la fermentación primaria, por lo que su adición es solamente para obtener estabilidad, reduciendo el exceso de compuestos nitrogenados en cervezas 100% malta cervecera (pp. 8-10).

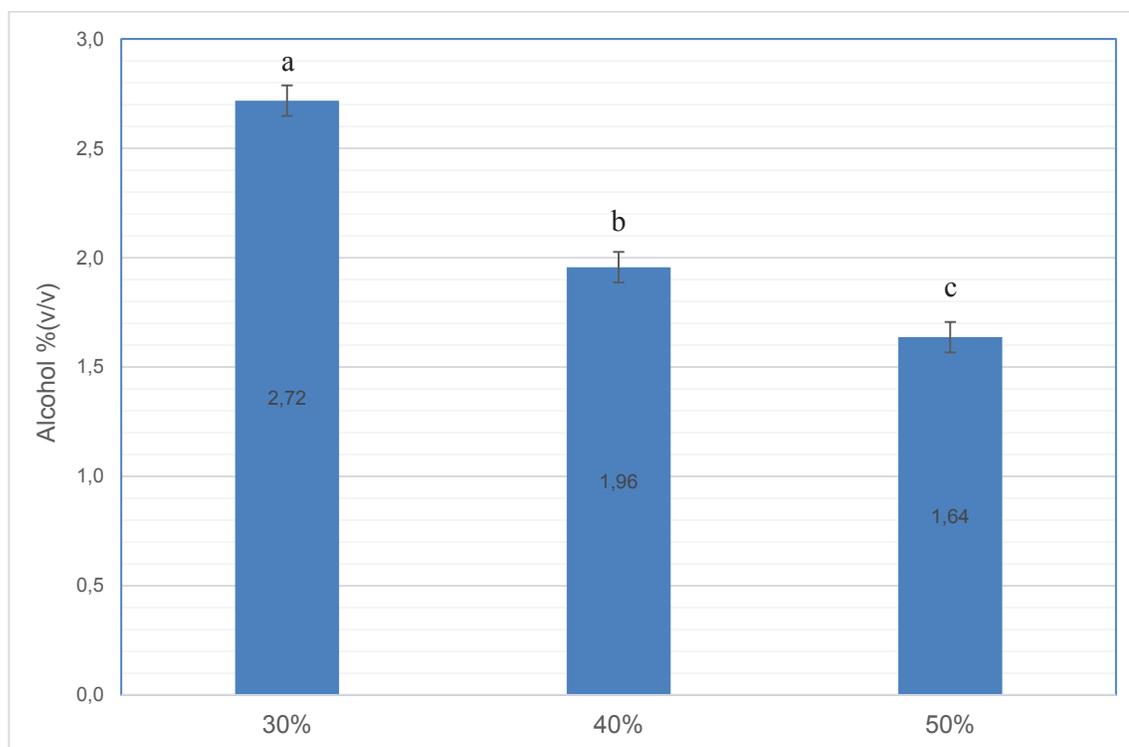


Figura 3.12. Efecto del porcentaje de adjunto empleado sobre el grado alcohólico total al final de la fermentación (Medias y 95,5% de Fisher LSD)

Al realizar el análisis estadístico ANOVA de los datos de grado alcohólico en las muestras, se concluyó que existe diferencia estadísticamente significativa entre la media de grado alcohólico y el porcentaje de amaranto incorporado en la mezcla ($P < 0,05$), como se detalla en la Figura 3.12, esto indistintamente del tipo de fermentación empleada. Pudiendo establecer una relación de que a medida que la concentración de amaranto se reduce el grado alcohólico se eleva en la cerveza. De igual forma, al analizar la influencia del tipo de adjunto se encontró que existe efecto significativo sobre el grado de alcohol ($P < 0,05$), ya que las muestras de amaranto sin maltear presentan valores de alcohol generado menores en alrededor

de un 40% comparado con las muestras que contenían los otros tipos de amaranto.

Todos los valores finales de grado alcohólico de las muestras se encuentran dentro del rango determinado por la norma INEN, que establece el contenido alcohólico como requisito para ser cerveza en un rango de 1,0 - 10,0 %v/v (INEN NTE2262:2013, 2013).

3.4 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AMARANTO COMO ADJUNTO SOBRE LOS VALORES FINALES DE SOLIDOS SOLUBLES TOTALES

En la Figura 3.13 se presentan los resultados de solidos solubles totales alcanzada al final de la fermentación. Los datos con los cuales se obtuvieron las gráficas se encuentran en las tablas del Anexo VIII.

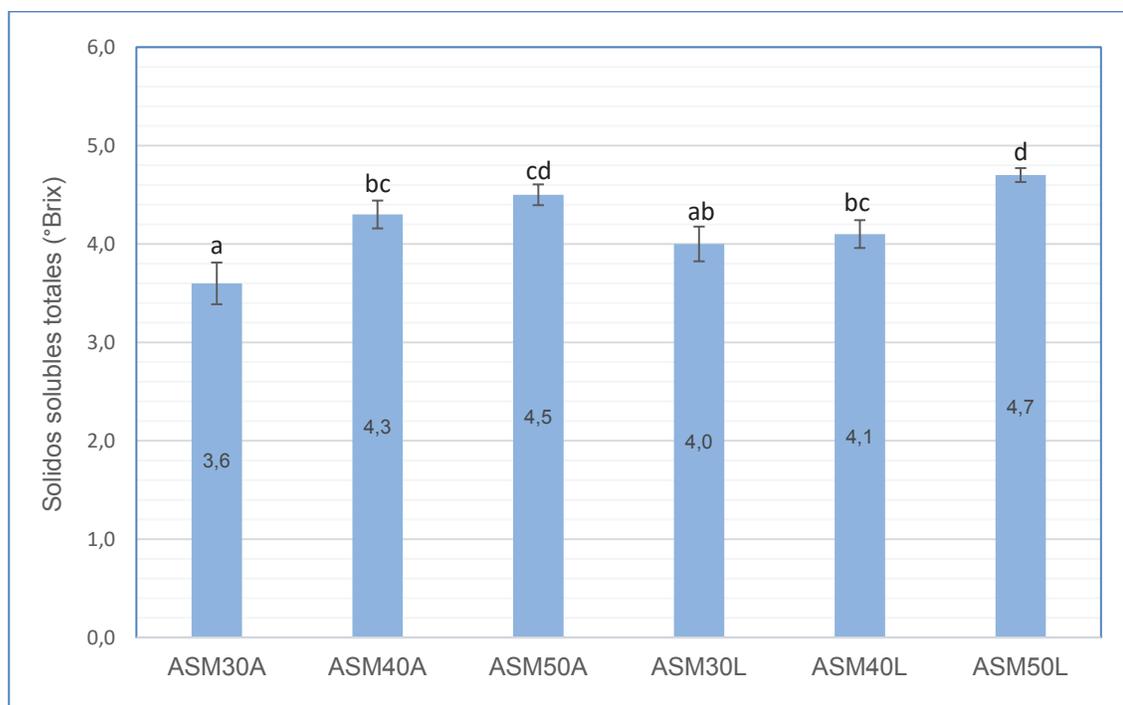


Figura 3.13. Valores de solidos solubles totales (°Brix) al final de la fermentación de las muestras de cerveza con amaranto sin maltear.

Cuando se empleó amaranto sin maltear en distintas concentraciones para la elaboración de cerveza, las muestras con concentraciones de 50% presentaron los valores más altos de sólidos solubles totales al final de la fermentación, la muestra ASM50L presentó el mayor valor de sólidos solubles totales (4,7 °Brix), mientras que la muestra ASM30A presentó el valor más bajo al final de la fermentación como se muestra en la Figura 3.13, demostrando así la influencia que tiene el porcentaje de adición del amaranto sin maltear sobre el valor final de sólidos solubles totales. Todas las muestras evidencian un bajo nivel de disminución de sólidos solubles totales tomando en cuenta que el valor de partida fue 7,6 °Brix para todas las muestras.

La Figura 3.14 presenta los resultados de sólidos solubles totales de las muestras con amaranto malteado al final de la fermentación.

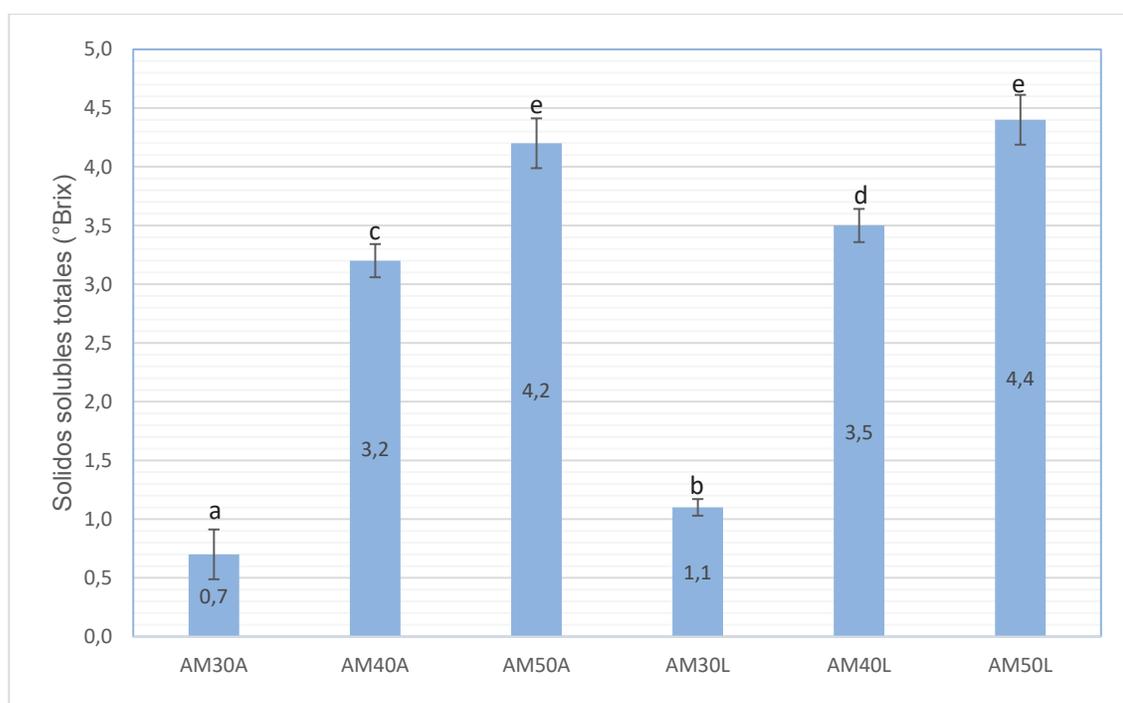


Figura 3.14. Valores de sólidos solubles totales (°Brix) al final de la fermentación de las muestras de cerveza con amaranto malteado.

La muestra AM30A marcó el menor valor de sólidos solubles totales (0,7 °Brix) de entre todas, mientras que el mayor valor (4,4 °Brix) presentó la muestra AM50L. El

análisis de todos los valores permite concluir que la utilización de amaranto malteado en menores concentraciones, produce una mayor conversión de azúcares a etanol.

Las muestras fermentadas con levadura ALE presentan valores menores de sólidos solubles totales, en comparación con las fermentadas con levadura LAGER, esto podría deberse a que las levaduras tipo ALE tienen porcentajes de conversión de azúcares mayores a los presentados en las fermentaciones con levadura tipo LAGER.

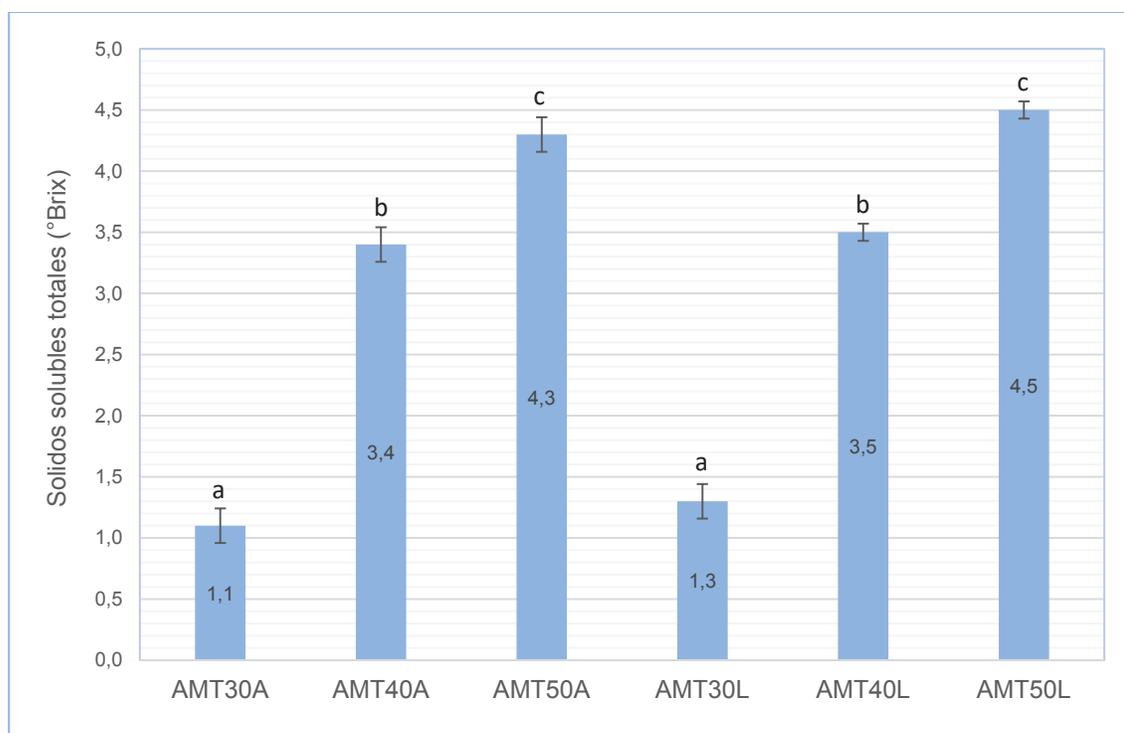


Figura 3.15. Valores de sólidos solubles totales (°Brix) al final de la fermentación de las muestras de cerveza con amaranto malteado tostado.

Los valores de sólidos solubles totales finales para las muestras con amaranto malteado tostado, siguen la misma tendencia evidenciada en las muestras con amaranto malteado, registrando los menores valor en las muestras con concentraciones de 30% del adjunto. Sin embargo, los valores con amaranto malteado tostado de la Figura 3.15 son ligeramente mayores a los señalados en las

muestras con amaranto malteado de la Figura 3.14, pero a la vez son mucho menores que las muestras con amaranto sin maltear de la Figura 3.14. Determinando así el efecto que tiene el grano de amaranto malteado en la fabricación de cerveza, aparte del porcentaje en que se lo adiciona.

González et al (2013) estudiaron el efecto que tenía en la elaboración de cerveza el utilizar amaranto como adjunto en una concentración de 25% y la compararon con una muestra de control que contenía 100% malta de cebada. Llegaron a la conclusión que existía una diferencia en la disminución de sólidos solubles totales, la muestra de control evidenció una mayor disminución comparada con la muestra que contenía amaranto como adjunto (p. 14). Esto demuestra que al incorporar este tipo de adjunto en la elaboración de cerveza existe una influencia directa en el valor final de sólidos solubles totales luego de la fermentación, tal como se evidencia en los datos antes mencionados en el análisis.

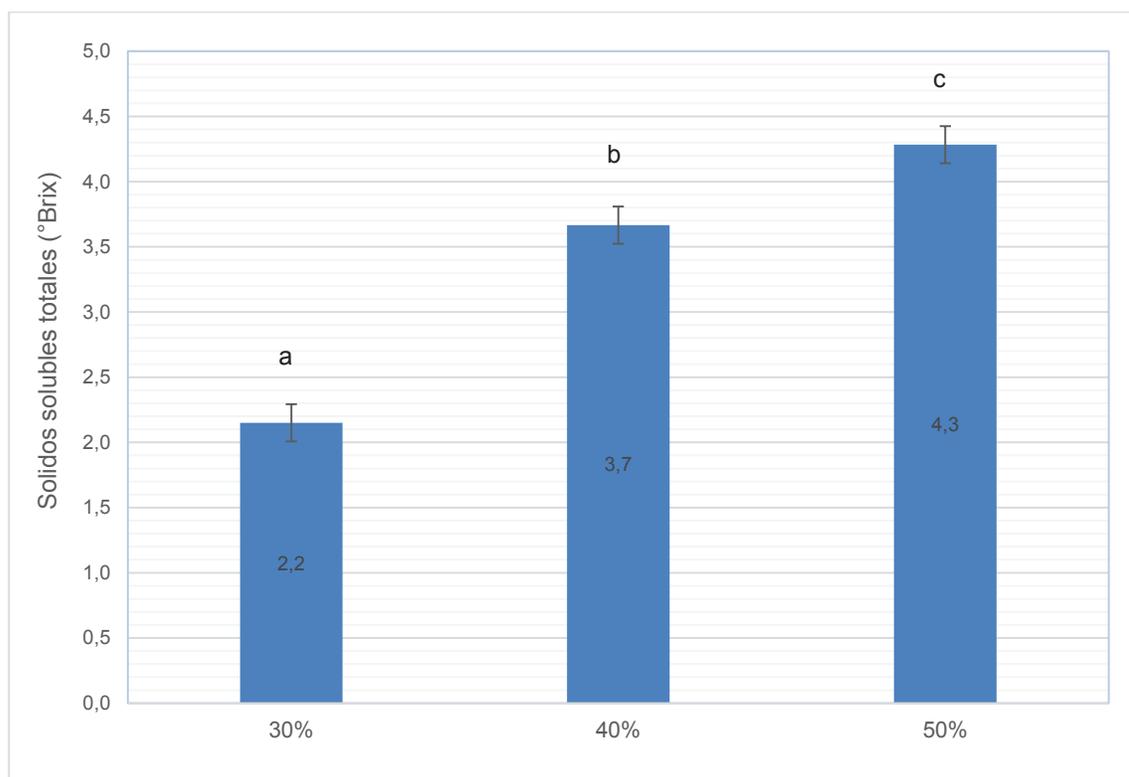


Figura 3.16. Efecto del porcentaje de adjunto empleado sobre el valor final de sólidos solubles totales (°Brix) en la fermentación (Medias y 95,5% de Fisher LSD)

Al realizar el análisis estadístico ANOVA de los datos obtenidos de sólidos solubles totales al final de la fermentación, se determinó que, la concentración de adjunto tiene un efecto estadísticamente significativo ($P < 0,05$) sobre la disminución del valor de sólidos solubles totales. Presentando valores promedio de 2,2, 3,7 y 4,3 °Brix para las muestras con contenido de 30, 40 y 50% respectivamente, como se muestra en la Figura 3.16. El análisis ANOVA para el tipo de adjunto empleado, determinó que, si existe un efecto estadísticamente significativo del adjunto empleado sobre el valor de sólidos solubles totales ($P < 0,05$).

3.5 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AMARANTO COMO ADJUNTO EN DISTINTAS CONCENTRACIONES SOBRE CRECIMIENTO DE LA LEVADURA

3.5.1 EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE AMARANTO SIN MALTEAR EN EL CRECIMIENTO DE LA LEVADURA

En la Figura 3.17 se presentan los resultados del número de levaduras en suspensión de las muestras de cerveza que contienen amaranto sin maltear. Los datos con los que se obtuvo la gráfica se encuentran en la Tabla AIX.1.

El crecimiento de la levadura es distinto en cada una de las muestras; en las muestras ASM30A y ASM30L se observa el mayor crecimiento de levadura al tercer y cuarto día, llegando a una concentración de $2,20$ y $2,10 \times 10^7$ (cell/mL) respectivamente; mientras que, las muestras que evidenciaron un menor crecimiento de levadura fueron las que contenían un 50% de amaranto sin maltear con valores máximos de $1,56$ y $1,47 \times 10^7$ (cell/mL) para la fermentación ALE y LAGER, respectivamente.

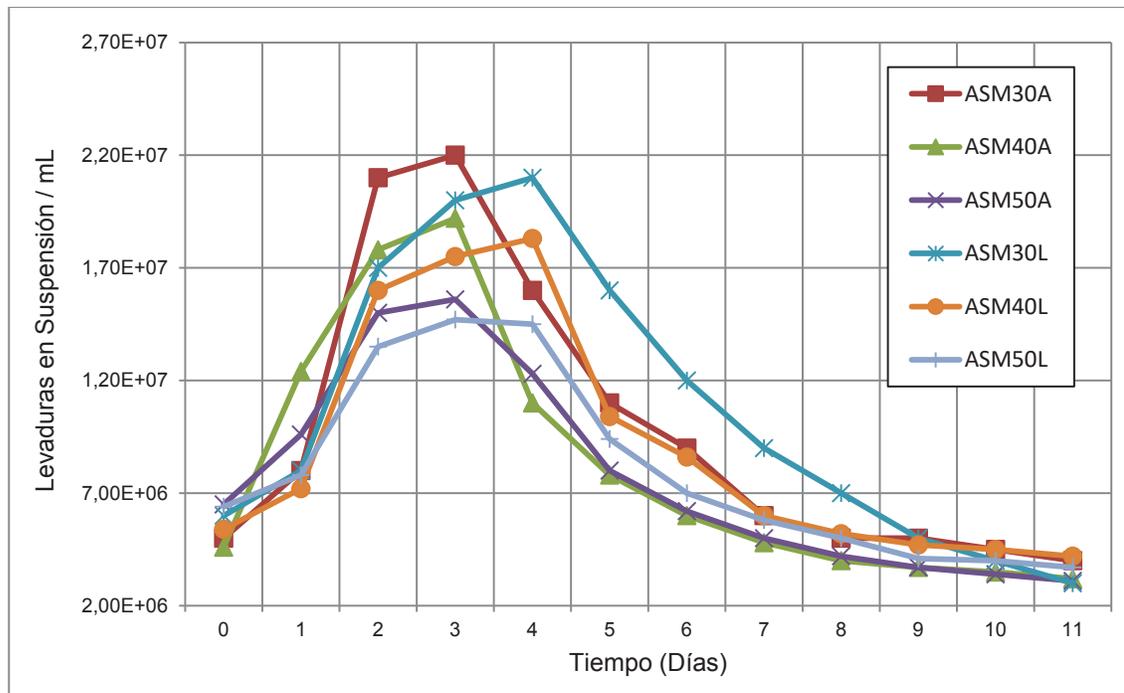


Figura 3.17. Curva de crecimiento de levaduras ALE y LAGER en muestras de cerveza con 30, 40, 50% de concentración de amaranto sin maltear

En el proceso de fermentación las muestras que contenían levadura ALE llegaron al máximo de producción de biomasa al cabo del tercer día, mientras que las muestras con levadura LAGER evidenciaron una menor velocidad de crecimiento, llegaron al máximo de concentración de levaduras un día después que las muestras ALE. La concentración del amaranto sin maltear tiene una influencia estadística indirecta en la producción máxima de biomasa en la fermentación, debido a que mientras menor es la concentración del adjunto mayor es el número de azúcares fermentables presentes en el mosto.

3.5.2 EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE AMARANTO MALTEADO EN EL CRECIMIENTO DE LA LEVADURA

En la Figura 3.18 se presentan los resultados de la curva de crecimiento de levaduras en suspensión, las muestras contienen amaranto malteado en concentraciones de 30, 40 y 50%. Los datos con los que se obtuvo la gráfica se

encuentran en la Tabla AIX.2.

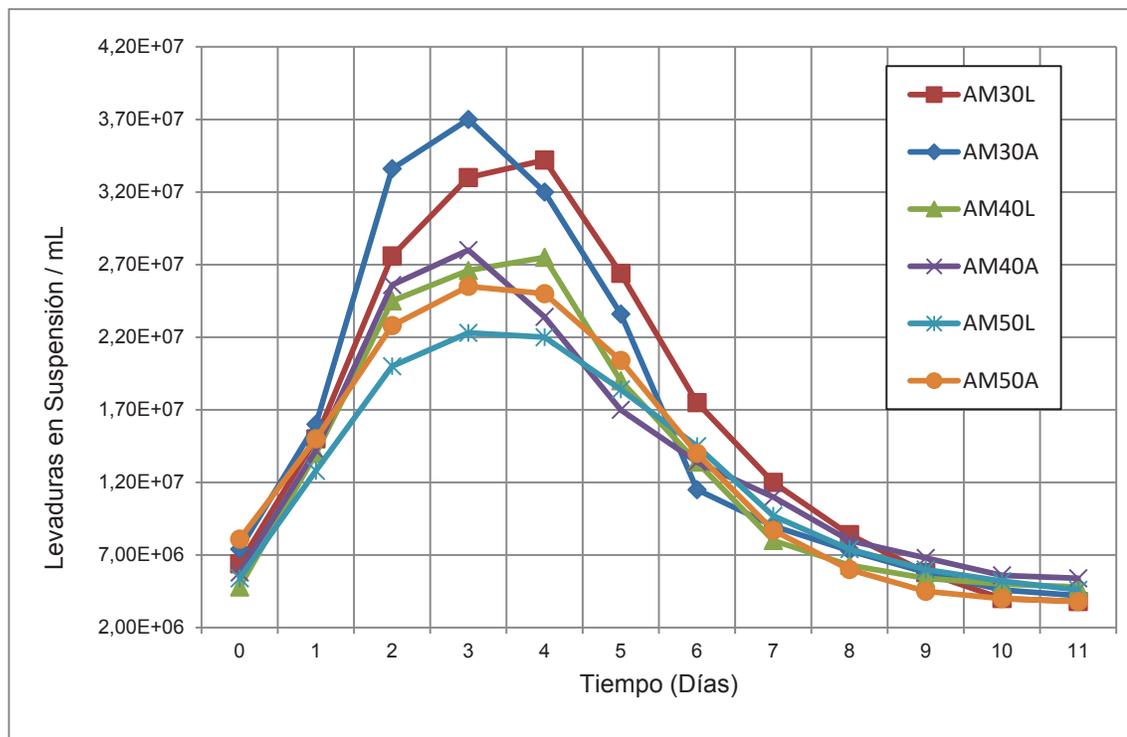


Figura 3.18. Curva de crecimiento de levaduras ALE y LAGER en muestras con 30, 40, 50% de concentración de amaranto malteado

Las muestras que presentaron los máximos niveles de concentración de levaduras fueron las que contenían un 30% de amaranto malteado, independientemente del tipo de levadura utilizada para su fermentación, registrando valores máximos de $3,70 \times 10^7$ (cell/mL) para la muestra AM30A y $3,42 \times 10^7$ (cell/mL) para la muestra AM30L, al tercer y cuarto día respectivamente. Mientras que la muestra AM50L evidenció el menor valor de crecimiento máximo con una concentración de $2,23 \times 10^7$ (cell/mL), determinando que, a medida que la concentración del adjunto aumenta, disminuye la capacidad de crecimiento de las levaduras.

3.5.3 EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE AMARANTO MALTEADO TOSTADO EN EL CRECIMIENTO DE LA LEVADURA

Los datos de la concentración de levadura en fermentaciones ALE y LAGER se

presentan en la Figura 3.19 para las muestras que contienen amaranto malteado tostado en concentraciones de 30, 40 y 50%. Los datos con los que se obtuvo la gráfica se encuentran en la Tabla AIX.3.

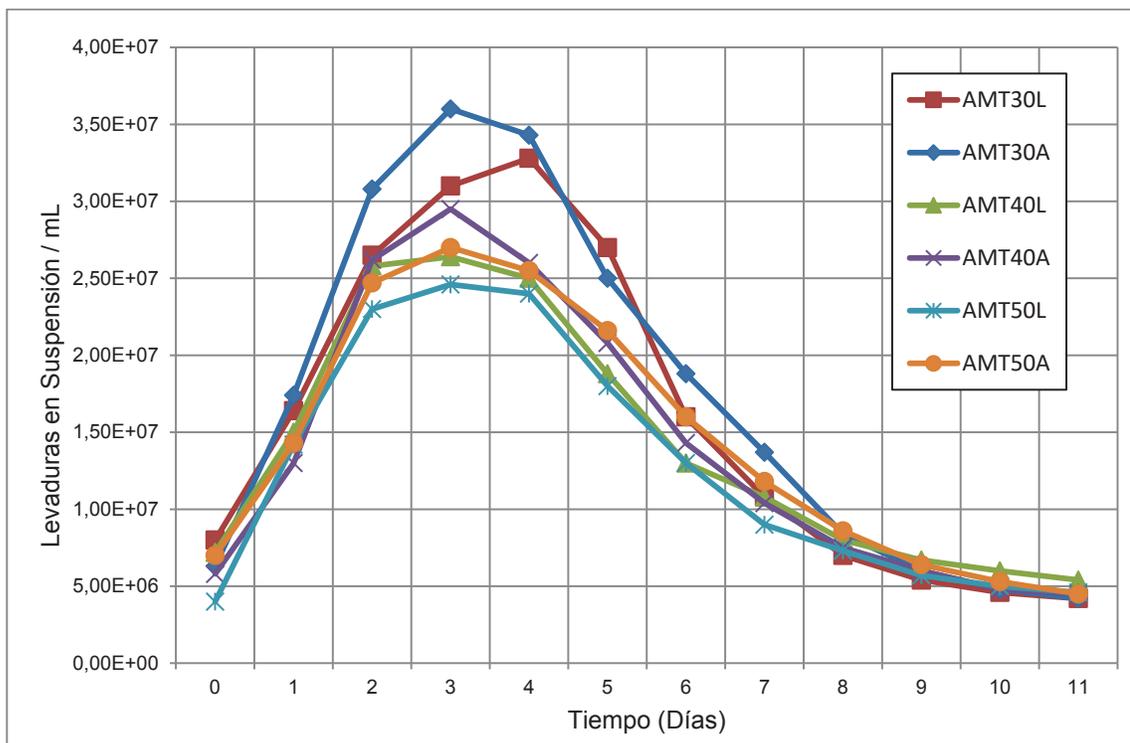


Figura 3.19. Curva de crecimiento de levaduras ALE y LAGER en muestras con 30, 40, 50% de concentración de amaranto malteado tostado

Las muestras con amaranto malteado tostado evidenciaron la misma tendencia observada en los resultados de concentración máxima de levaduras obtenidos por las muestras con amaranto sin maltear y amaranto malteado. Presentaron el mayor valor de concentración de levaduras en las muestras AMT30A y AMT30L, con valores máximos de $3,60$ y $3,28 \times 10^7$ (cell/mL). El tiempo necesario para llegar a la concentración máxima de biomasa fue de tres días para las muestras que fermentaron con levadura ALE. En las fermentaciones con levadura LAGER se encontró que, la muestra con mayor concentración de levaduras por mililitro llegó a su valor máximo al cuarto día, mientras que el resto de muestras solo necesitaron de tres días para alcanzar la mayor concentración de levaduras.

Han et al (2016) determinaron que al utilizar arroz, trigo, maíz y papa en concentraciones de 10 y 20% para la fabricación de cerveza, obtenían un valor máximo de biomasa al cuarto día. En las muestras que contenían arroz se evidenció que mientras menor es la concentración del adjunto mayor es el valor de biomasa generada, resultados contrarios se obtuvieron en las muestras de maíz, trigo y papa, donde mayor generación de biomasa se observó en las muestras con el mayor contenido de adjunto (p. 503). Resultados que difieren a los obtenidos en esta investigación, donde mientras menor es la cantidad de adjunto mayor es la producción de biomasa (levaduras), esto pudiera deberse a que durante la maceración se presentó una hidrólisis incompleta de los carbohidratos del amaranto y su posterior repercusión durante la fermentación.

3.5.4 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DEL TIPO DE ADJUNTO UTILIZADO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA LEVADURA

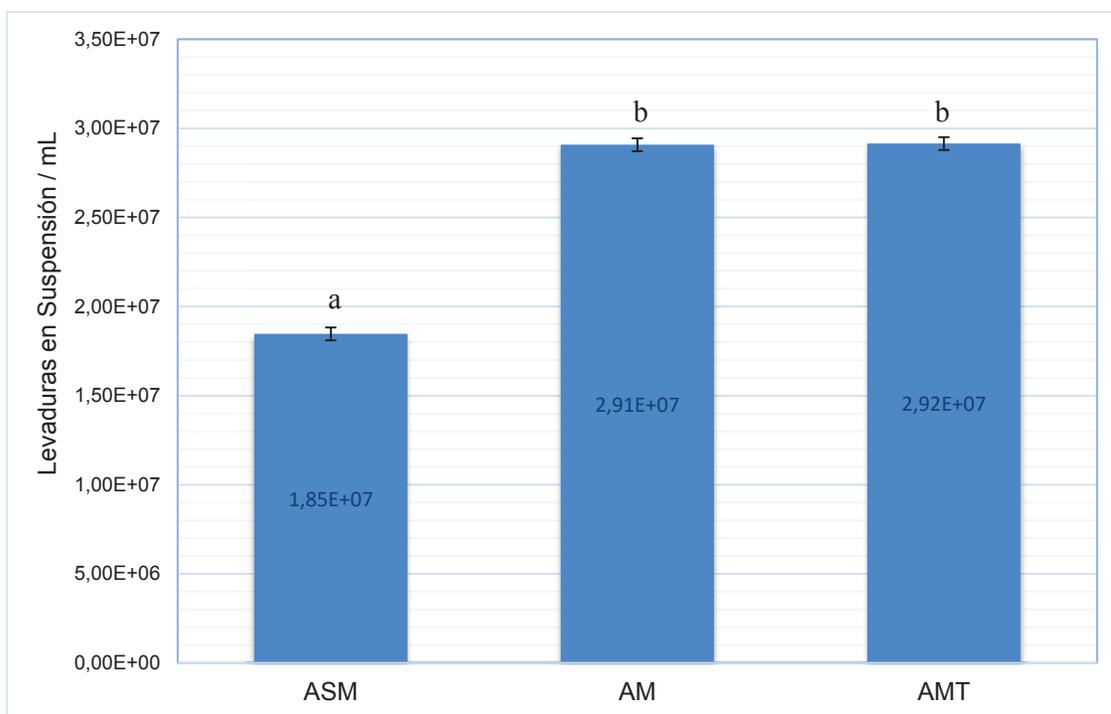


Figura 3.20. Influencia del tipo de adjunto utilizado en la concentración máxima de levadura durante la fermentación (Medias y 95,5% de Fisher LSD)

En el análisis de varianza ANOVA presentado en la Figura 3.20 establece que el tipo de amaranto utilizado tuvo un efecto estadístico significativo ($P < 0,05$) sobre la concentración máxima de levadura durante la fermentación del mosto, se evidenció un menor crecimiento de levadura en las muestras con amaranto sin maltear, comparado con las muestras que contienen los otros tipos de amaranto, independientemente del tipo de levadura utilizada.

3.6 ANÁLISIS RESULTADOS DE LA PRUEBA SENSORIAL

Los datos obtenidos en la prueba sensorial a consumidores habituales de cerveza fueron tabulados y sometidos a evaluación mediante análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ en el software estadístico Statgraphics Centurion para cada una de las variables sujetas a análisis.

Las muestras seleccionadas para el análisis sensorial y que fueron codificadas para los panelistas fueron: AM30A (821), AM30L (394), AMT30A (143) y AMT30L (057). Estas muestras fueron seleccionadas de acuerdo con el cumplimiento de los parámetros establecidos por la norma INEN, se encontró que todas las muestras cumplían los requisitos estipulados para la acidez total, pero solo 11 de las 18 muestras se encuentran dentro del rango de pH establecido y de las 11 muestras solo cuatro obtuvieron un grado alcohólico mayor a 3 %v/v, que es el valor necesario para que una cerveza sea considerada como tal, ya que en valores menores de alcohol la norma establece que son cervezas de bajo grado alcohólico.

3.6.1 ANÁLISIS DE LA VARIABLE AROMA

El análisis de varianza ANOVA graficado en la Figura 3.21 que se realizó para la prueba sensorial, dio como resultado que al juzgar el aroma como medida de aceptación de las muestras, existió un efecto estadísticamente significativo del aroma sobre la preferencia de ciertas muestras en contra de otras con un 95.0% de

nivel de confianza.

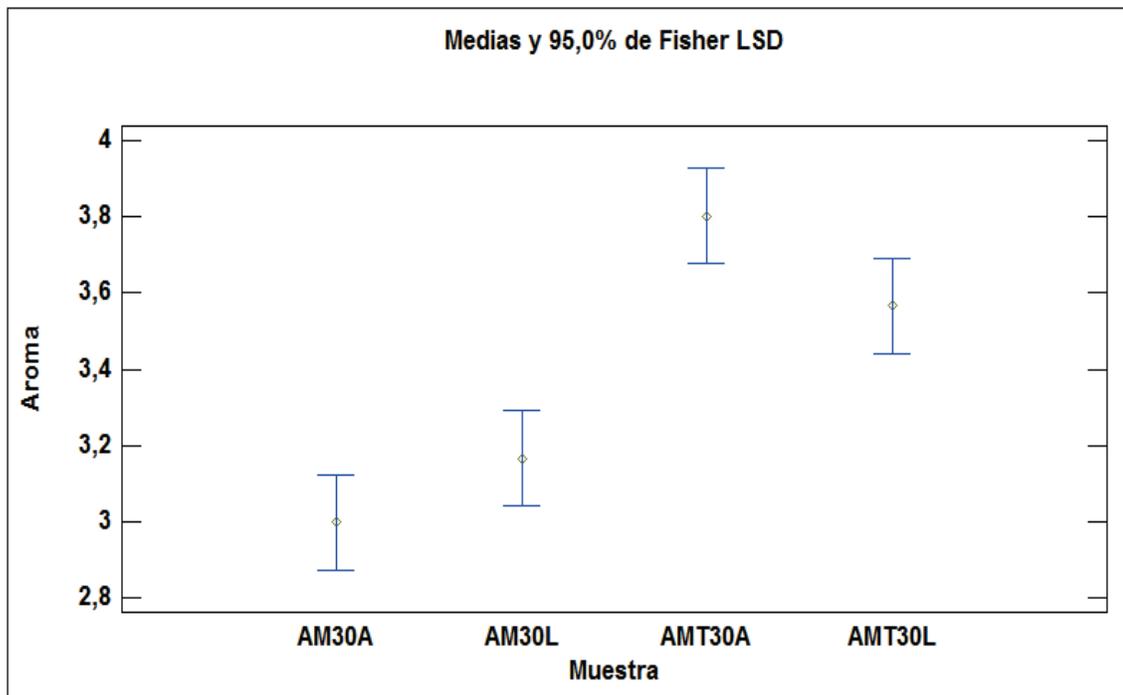


Figura 3.21. Valores estadísticos de la variable aroma con respecto a las muestras juzgadas (Medias y 95,5% de Fisher LSD)

Se determinó que existe un mayor nivel de agrado para las muestras AMT30L (057) y AMT30A (143) al obtener valores promedio de aceptación altos encasillándolas dentro de la escala hedónica en la calificación de " Me Gusta", mientras que las muestras AM30L (394) y AM30A (821) resultaron de menor agrado para los panelistas.

3.6.2 ANÁLISIS DE LA VARIABLE ESPUMA

El análisis de varianza ANOVA de los datos obtenido para la variable espuma y expresados en el gráfico de la Figura 3.22, indican una diferencia marcada de aceptación, las muestras AMT30L (057) y AMT30A (143) obtuvieron un nivel de aceptación mayor en comparación de las muestras AM30L (394) y AM30A (821). Las respuestas indican un resultado esperado ya que las muestras preferidas

contienen malta de amaranto tostada. Según Mesones (2001), este tipo de malta contiene azúcares no fermentables que ayudan a la formación de una espuma cremosa (p. 30).

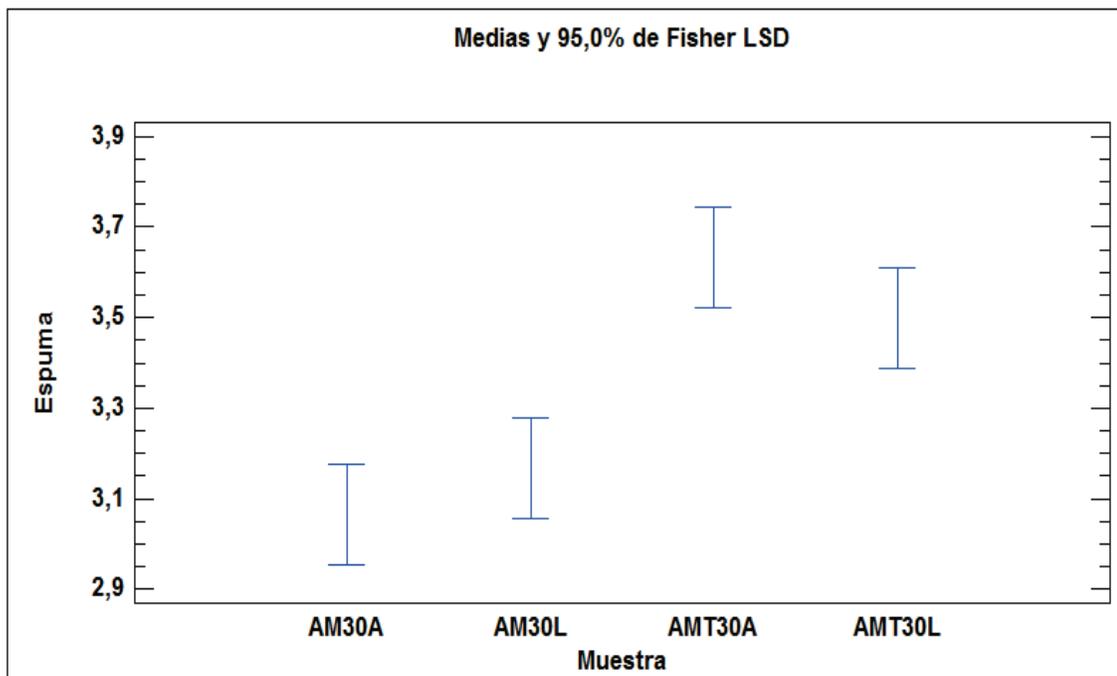


Figura 3.22. Valores estadísticos de la variable espuma con respecto a las muestras juzgadas (Medias y 95,5% de Fisher LSD)

En las muestras analizadas, que contenían este tipo de malta, se puede apreciar a simple vista la formación de un tamaño de burbuja muy pequeño que ayuda a que la espuma perdure durante un mayor tiempo en el vaso a comparación con la espuma de una cerveza industrial.

3.6.3 ANÁLISIS DE LA VARIABLE SABOR

Los datos obtenidos para el atributo sabor y su análisis de varianza ANOVA, realizado como se indica en el gráfico de la Figura 3.23, demostraron un nivel de aceptación superior a 4 en las muestras AMT30L (057) y AMT30A (143) de acuerdo con la escala hedónica de 5 puntos planteada, calificación que muestra la

satisfacción positiva en comparación con las muestras AM30L (394) y AM30A (821) que tienen una media de 3, concluyendo que estas muestras ni les gusta ni les disgusta a los panelistas.

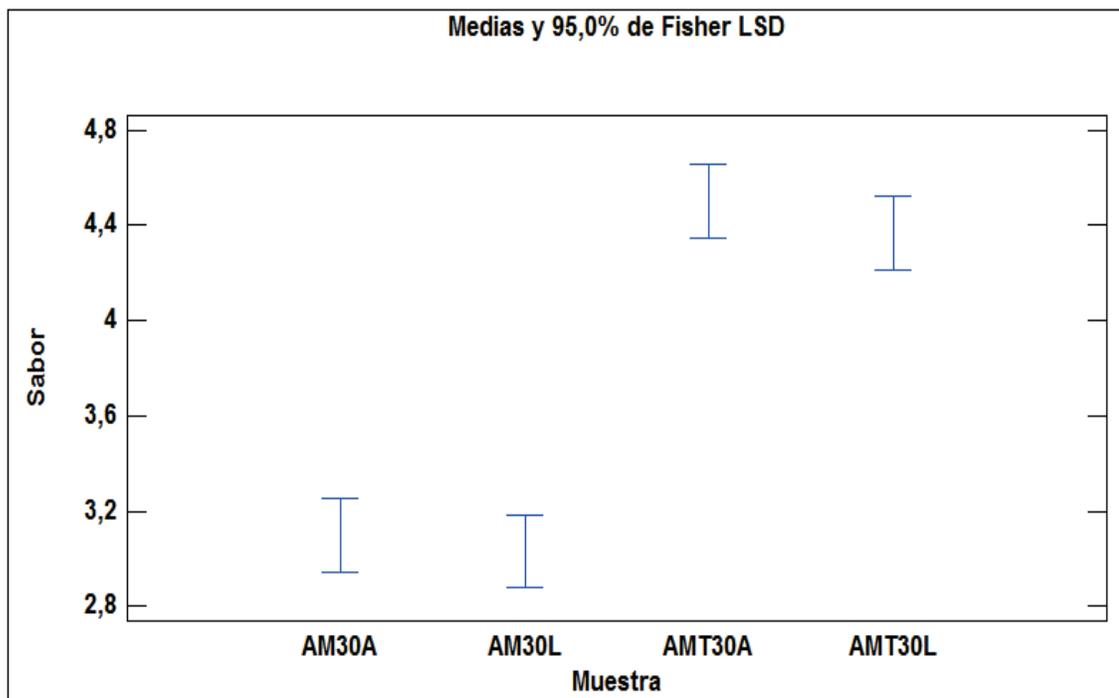


Figura 3.23. Valores estadísticos de la variable sabor con respecto a las muestras juzgadas (Medias y 95,5% de Fisher LSD)

Los resultados obtenidos son los esperados ya que estas muestras de cerveza contienen amaranto malteado tostado, este tipo de malta contiene mayor cantidad de azúcares no fermentables por lo que confieren un gusto dulce a las bebidas, lo que representa un atributo muy aceptable para los consumidores habituales.

3.6.4 ANÁLISIS DE LA VARIABLE COLOR

El análisis de varianza ANOVA, expresado en la Figura 3.24, muestra la influencia significativa existente al juzgar el grado de aceptación de las muestras mediante el color que presenta cada una, se confirma así la tendencia mostrada en el análisis de los atributos espuma, sabor y aroma. Dando como resultado que las muestras

que contienen amaranto malteado tostado (AMT30A y AMT30L) son las de mayor aceptación.

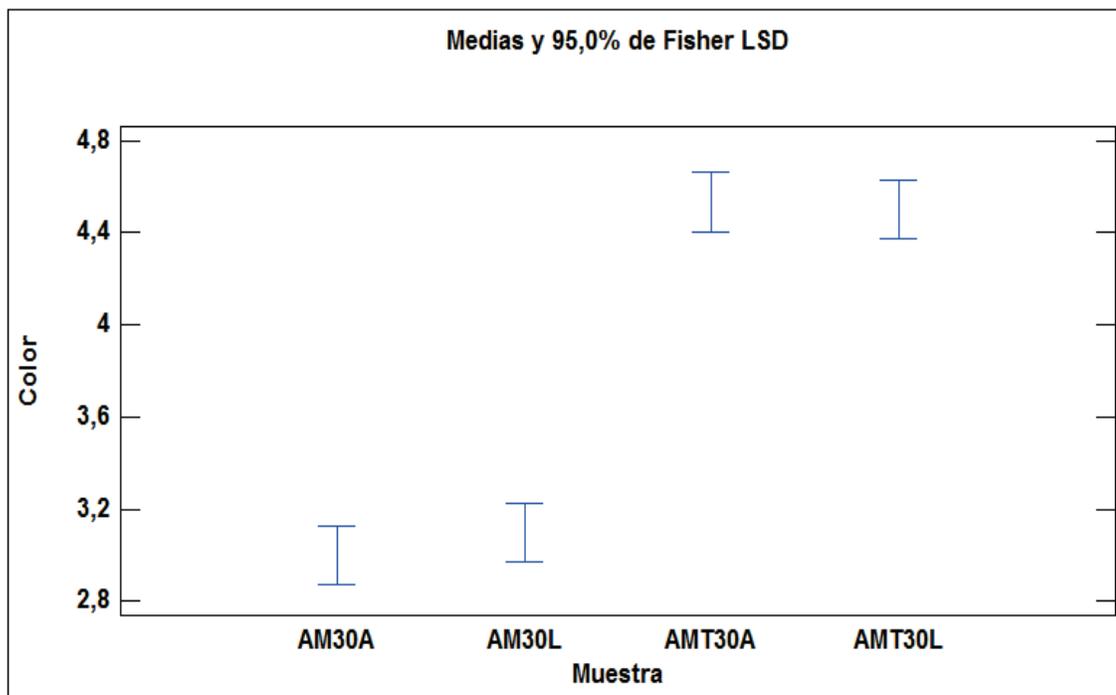


Figura 3.24. Valores estadísticos de la variable color con respecto a las muestras juzgadas (Medias y 95,5% de Fisher LSD)

El color producido por la malta tostada da una tonalidad rojiza que difiere en mucho a la coloración de las otras muestras (AM30A y AM30L) sometidas a degustación, las muestras de cerveza con amaranto malteado tienen una tonalidad amarilla semejante a las cervezas tipo pilsen de origen industrial.

El análisis de los cuatro atributos evaluados permitieron establecer una tendencia, la preferencia marcada hacia dos muestra; la AMT30L y la AMT30A. Las cuales, entre sus ingredientes, contienen amaranto malteado tostado, lo que lleva a pensar que las variaciones de percepción favorables están otorgadas debido a este ingrediente.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. Al evaluar el comportamiento del amaranto como adjunto en la fabricación de cerveza, sobre los requisitos finales establecidos en la norma INEN NTE2262:2013. Se concluyó que el amaranto malteado y el amaranto malteado tostado presentaron las mejores características para la producción de cerveza en comparación con las muestras con amaranto sin maltear.
2. Las muestras de cerveza con concentraciones de 30% de amaranto malteado presentaron los mejores valores físico-químico al final de la fermentación, obtuvieron valores de grado alcohólico final de 3.34 y 3.27 %v/v para las fermentaciones ALE y LAGER, pH finales adecuados (4.43 y 4.26) y valores menores a 0.3 %m/m de acidez total, todos encasillados en los requerimientos especificados por la norma INEN 2262-2013, sin embargo, el análisis sensorial determinó que las muestras con amaranto malteado tostado tienen mayor aceptación para consumidores habituales de la bebida.
3. El tipo de levadura utilizada para la fermentación (ALE o LAGER) no incide significativamente en el proceso fermentativo ni en sus cualidades físico-químicas finales de la bebida.
4. Las muestras de cerveza que mejores características finales tuvieron comparado con las especificaciones requeridas por la norma INEN NTE2262:2013 y que fueron sometidas a análisis sensorial, fueron las que presentaron el menor porcentaje de amaranto mateado y amaranto malteado tostado tanto en fermentación tipo ALE como en LAGER.
5. Las muestras con 30% de amaranto malteado tostado en fermentación ALE y LAGER tuvieron los mayores índices de agrado en la prueba sensorial,

determinando así la influencia positiva que ejerce este adjunto en las características finales de la cerveza.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Investigar las condiciones adecuadas de malteado del amaranto que favorezcan su utilización como adjunto buscando obtener los mejores rendimientos en la producción de cerveza.
2. Estudiar el método de maceración más eficiente para la producción de cerveza utilizando amaranto como adjunto para maximizar la hidrólisis de los carbohidratos en azúcares.
3. Realizar análisis de concentración de saponinas en cada etapa de la producción de cerveza y determinar si tiene influencia sobre el proceso de producción comparando con una muestra estándar de cerveza.
4. Determinar el periodo de vida útil de la cerveza elaborada con amaranto como adjunto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bamforth, C. (2003). *Beer, tap into the art and science of brewing*. (2da ed.). New York. USA: Oxford University Press.
2. Bandonill, E. y Sanchez, P. (2004). Optimization of process parameters for rice (*Oryza sativa* L.) beer production in the Philippines. 31. *Philippine Society for Microbiology, Inc. (PSM) Annual Convention, Tagaytay City (Philippines)*, 9-11 May 2002, PSM.
3. Briggs, D., Boulton, C., Brookes, P. y Stevens, R. (2004), *Brewing Science and practice*. Cambridge, Inglaterra: Editorial Woodhead Publishing Limited.
4. Das, S. (2016). *Amaranthus: A Promising Crop of Future*. Nueva York, Estados Unidos: Springer.
5. Eblinger, H. (2009). *Handbook of brewing: processes, technology, markets*. (2da ed.). Freiberg. Alemania: Wiley-VCH.
6. García, J. (2013). *Como Medir el Contenido de Alcohol en la Cerveza*. Recuperado de <http://brewmasters.com.mx/como-medir-el-contenido-de-alcohol-en-la-cerveza/> (Agosto, 2016)
7. Garrett, O. y Colicchio, T. (2011). *The Oxford companion to beer*. Oxford, Inglaterra: Oxford University Press.
8. Gigliarelli, P. (2013). *Teoría de la maceración*. Recuperado de: http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/teoria_maceracion.html (Septiembre, 2016).
9. González, J., de Lira, R., Martínez, C., y Salgado, L. (2013). *Perspectivas de nuevos productos a base de amaranto: cerveza artesanal de amaranto*.

Tlatemoani, (14), 1-23. Recuperado de <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/14/cerveza-artesanal-amaranto.pdf> (Febrero, 2017)

10. Han, H., Kim, J., Choi, E., Ahn, H., y Kim, W. (2016). Characteristics of beer produced from Korean six row barley with the addition of adjuncts. *Journal of the Institute of Brewing*, 122(3), 500-507. doi: 10.1002/jib.350
11. Harbison, M. (2013). *What is the difference between lager and ale?*. Recuperado de: <http://www.popsci.com/science/article/2013-01/beersci-what-difference-between-lager-and-ale> (septiembre, 2016).
12. Horton, D. (2014). *Investigación colaborativa de granos andinos en Ecuador*. Recuperado de: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/102/1/iniapsc315.pdf> (Abril, 2016)
13. Hutkins, R. (2006). *Microbiology and Technology of fermented Foods*. (1ra ed.). Iowa. USA: Blackwell Publishing Professional.
14. INEN. (2002). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Catálogo de Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 2325, Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación del pH.
15. INEN. (2002). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Catálogo de Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 2323, Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de la acidez total.
16. INEN. (2013). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Catálogo de Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 2262, Bebidas alcohólicas. Cerveza. Requisitos.

17. INIAP. (2012). Manual Agrícola de granos andinos: Chocho, quina, amaranto y ataco. (3ra ed.). Quito. Ecuador. Recuperado de: <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/MANUAL%20AGRICOLA%20GRANOS%20ANDINOS%202012.pdf> (septiembre, 2016).
18. La Villa, J. (2010). The Wine, Beer, & Spirits Handbook. New Jersey. USA: Education Management Corporation.
19. Libkind, D., Tognetti, C. y Moliné, M. (2014). Curso teorico-práctico sobre microscopia y recuento de levaduras para productores de cerveza. Recuperado de <http://www.somoscervecedores.com/wpcontent/uploads/2014/11/Teorica-Curso-Microscopio-La-Plata-2014-V5.pdf> (Agosto, 2016)
20. Meo, B., Freeman, G., Marconi, O., Booer, C., Perretti, G., y Fantozzi, P. (2011). Behaviour of malted cereals and pseudo-cereals for gluten-free beer production. *Journal of the Institute of Brewing*, 117(4), 541-546. doi:10.1002/j.2050-0416.2011.tb00502.x
21. Mesones, B. (2001). Manual práctico del cervecero. Madrid. España. Recuperado de: <http://birrapedia.com/img/source/bier/Manual%20de%20elaboracion%20para%20maestros%20cervecedores.pdf> (Julio, 2016).
22. Mosher, R. (2015). Complete guide to brewing delicious beer. San Francisco. USA: Chronicle Books.
23. Nelson, M. (2005). The Barbarians Beverage: A History of Beer Ancient Europe. Oxfordshire, Inglaterra: Routledge.
24. Noonan, G. (1996). New Brewing Lager Beer: The Most Comprehensive Book for Home and Microbrewers. Colorado, USA: Brewers Association Boulder.

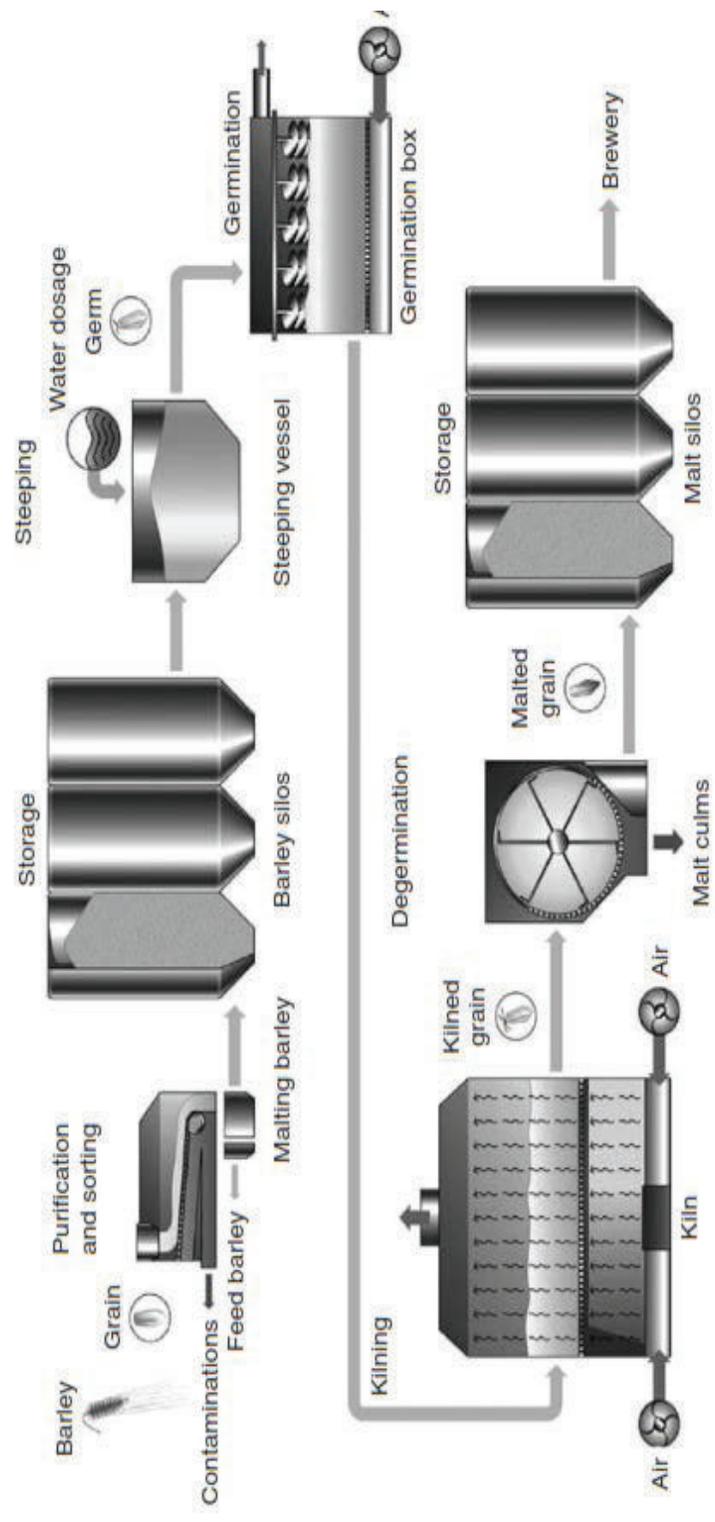
25. Obregón, J. (2010). Efecto de la concentración de alfa – amilasa en las características fisicoquímicas y evaluación sensorial de cerveza de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad morado mejorado PMV-581. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Industrias Alimentarias). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
26. Okafor, N. y Iwouno, J. (1990). Malting and brewing qualities of some Nigerian rice (*Oryza sativa* L.) varieties and some thoughts on the assessment of malts from tropical cereals. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 6(2), 187-194. doi: 10.1007/BF01200940
27. Olmedo, G. (1995). El malteo de la cebada. Madrid, España: Vidarreta.
28. Ortega, T. and Saldivar, S. (2004). Production of lager beer from sorghum malt and waxy grits. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* 62(4): 140-146. doi: 10.1094/ASBCJ-62-0140
29. Palmer, J. (2006). How to brew. (3ra ed.). Midlan. USA: Brewers publication.
30. Papazian, Ch. (2014). The Complete Joy of Homebrewing: Fully revised and update. (4ta ed.). Nueva York, USA: HarperCollins Publisher.
31. Pires, E. y Brányik, T. (2015). Biochemistry of Beer Fermentation. New York, USA: Springer International Publishing.
32. Poreda, A., Czarnik, A., Zdaniewicz, M., Jakubowski, M., Y Antkiewicz, P. (2014). Corn grist adjunct application and influence on the brewing process and beer quality. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(1), 77-81. doi: 10.1002/jib.115
33. Preedy, V. (2011). Beer in health and disease prevention. Londres, Inglaterra: Academic Press.

34. Priest, F., y Stewart, G. (2006). Handbook of Brewing. (2da ed.). Boca Raton, USA: CRC Press.
35. Rhodes, Ch. (1997). The encyclopedia of beer. New York, USA: Henry Holt & Co.
36. Rodríguez, H. (2003). Determinación de parámetros fisicoquímicos para la caracterización de cerveza tipo Lager elaborada por compañía cervecera Kunstmann S.A. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Licenciado en Ingeniería en Alimentos). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
37. Rodríguez, W. (2015). Efecto de la sustitución de cebada (*Hordeum vulgare*) por quinua (*Chenopodium quinoa*) y del pH inicial de maceración en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una cerveza tipo ale. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Industrias Alimentarias). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
38. Sánchez, R. (2006). Elaboración y evaluación de maltas cerveceras de diferentes variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) producidas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (Proyecto previo a la obtención del título de Químico en alimentos). Hidalgo, México.
39. Spellmeyer, E. (2014). Brew it yourself. (1 era ed.) Portland. USA: Microcosm Publishing.
40. Suárez, M. (2013). Cerveza. Componentes y propiedades. (Proyecto previo a la obtención del título de Magister en Biotecnología Alimentaria). Universidad de Oviedo. Oviedo, España.

41. Tapia, M. (2000). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago, Chile: FAO.
42. Valenzuela, R. (2007). Elaboración artesanal de cerveza orgánica de quínoa. (Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
43. Veith, K. (2009). Evaluation of four sorghum hybrids through the development of gluten free beer. Kansas State University.
44. Veljović, M., Despotović, S., Stojanović, M., Pecić, S., Vukosavljević, P., Belović, M., y Leskošek-Čukalović, I. (2015). The fermentation kinetics and physicochemical properties of special beer with addition of Prokupac grape variety. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* 21(3), 391-397. doi: 10.2298/CICEQ140415041V
45. Walton, S., y Glover. B. (1998). The ultimate encyclopedia of wine beer spirits & liqueurs. Oregon. USA: Hermes House.
46. Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., y Elías, L. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. CIID, Ottawa, ON, CA.
47. Wolfgang, K. (2003). Technology and brewing and malting. (2da ed.). Berlin, Alemania: VLB.
48. Zarnkow, M., Faltermaier, A., Back, W., Gastl, M., y Arendt, E. (2010). Evaluation of different yeast strains on the quality of beer produced from malted proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *European Food Research and Technology* 231(2): 287-295

ANEXOS

ANEXO I ESQUEMA DEL PROCESO DE MALTEADO



ANEXO II

TABLA DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE MEDIDA PARA REFRACTÓMETROS PROPUESTA POR LA INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

Tabla AII.1. Conversión de unidades de medidas obtenidas a partir de refractómetros

REFRACTOMETROS



Tablas de conversión de unidades de medida

Densidad	Grado Baumé	Grado Brix	Alcohol probable
1000	0		
1001	0.14		
1002	0.28		
1003	0.43		
1004	0.57		
1005	0.71		
1006	0.85		
1007	1.00		
1008	1.14		
1009	1.28		
1010	1.42		
1011	1.56		
1012	1.70	0.20	0.11
1013	1.84	0.47	0.23
1014	1.98	0.73	0.43
1015	2.12	1.10	0.59
1016	2.27	1.26	0.70
1017	2.41	1.53	0.88
1018	2.55	1.80	1.06
1019	2.68	2.06	1.18
1020	2.82	2.33	1.35
1021	2.91	2.59	1.47
1022	3.10	2.86	1.65
1023	3.24	3.13	1.82
1024	3.37	3.39	1.94
1025	3.51	3.66	2.21
1026	3.65	3.92	2.30
1027	3.79	4.19	2.41
1028	3.92	4.46	2.69
1029	4.06	4.72	2.77
1030	4.20	5.00	2.95
1031	4.33	5.27	3.06
1032	4.47	5.54	3.24
1033	4.60	5.80	3.42
1034	4.74	6.07	3.54
1035	4.88	63.3	3.71
1036	5.01	6.6	3.7
1037	5.15	6.9	4.0
1038	5.28	7.2	4.2
1039	5.41	7.4	4.4

Densidad	Grado Baumé	Grado Brix	Alcohol probable
1101	13.23	23.9	14.1
1102	13.34	24.2	14.3
1103	13.46	24.4	14.4
1104	13.58	24.7	14.6
1105	13.69	25.0	14.7
1106	13.81	25.2	14.9
1107	13.93	25.5	15.0
1108	14.05	25.8	15.2
1109	14.16	26.0	15.3
1110	14.28	26.3	15.5
1111	14.40	26.6	15.7
1112	14.52	26.8	15.9
1113	14.64	27.1	16.0
1114	14.75	27.4	16.2
1115	14.87	27.6	16.3
1116	14.99	27.9	16.4
1117	15.11	28.2	16.6
1118	15.23	28.4	16.7
1119	15.34	28.7	16.9
1120	15.46	29.0	17.1
1121	15.57	29.2	17.3
1122	15.68	29.5	17.4
1123	15.80	29.8	17.6
1124	15.91	30.1	17.7
1125	16.03	30.3	17.9
1126	16.14	30.6	18.0
1127	16.26	30.9	18.2
1128	16.37	31.1	18.3
1129	16.48	31.4	18.5
1130	16.60	31.6	18.7
1131	16.71	31.9	18.8
1132	16.82	32.2	19.0
1133	16.93	32.5	19.1
1134	17.05	32.7	19.3
1135	17.16	33.0	19.5
1136	17.27	33.2	19.6
1137	17.39	33.5	19.8
1138	17.50	33.8	19.9
1139	17.61	34.1	20.1
1140	17.76	34.3	20.2

Tabla AII.1. Conversión de unidades de medidas obtenidas a partir de refractómetros
(Continuación...)

1040	5.50	7.6	4.5
1041	5.68	8.0	4.7
1042	5.81	8.2	4.8
1043	5.95	8.4	5.0
1044	6.08	8.7	5.1
1045	6.21	9.0	5.3
1046	6.34	9.2	5.4
1047	6.48	9.5	5.6
1048	6.61	9.8	5.7
1049	6.74	10.0	5.9
1050	6.87	10.3	6.0
1051	7.00	10.6	6.2
1052	7.13	10.8	6.3
1053	7.26	11.1	6.5
1054	7.39	11.4	6.7
1055	7.52	11.6	6.8
1056	7.65	11.9	7.0
1057	7.78	12.2	7.2
1058	7.91	12.4	7.3
1059	8.03	12.7	7.5
1060	8.16	13.0	7.6
1061	8.29	13.2	7.8
1062	8.42	13.5	7.9
1063	8.55	13.8	8.1
1064	8.67	14.0	8.2
1065	8.80	14.3	8.4
1066	8.93	14.6	8.6
1067	9.06	14.8	8.7
1068	9.18	15.1	8.9
1069	9.31	15.4	9.0
1070	9.43	15.6	9.2
1071	9.56	15.9	9.3
1072	9.68	16.2	9.5
1073	9.81	16.4	9.6
1074	9.93	16.7	9.8
1075	10.06	17.0	10.0
1076	10.18	17.2	10.1
1077	10.31	17.5	10.3
1078	10.43	17.8	10.5
1079	10.56	18.0	10.6
1080	10.68	18.3	10.8
1081	10.80	18.6	10.9
1082	10.93	18.8	11.0
1083	11.05	19.1	11.2
1084	11.18	19.4	11.4
1085	11.30	19.6	11.5
1086	11.42	19.9	11.7
1087	11.55	20.2	11.9
1141	17.83	34.6	20.4
1142	17.94	34.9	20.5
1143	18.05	35.1	20.7
1144	18.16	35.4	20.9
1145	18.28	35.7	21.1
1146	18.39	35.9	21.2
1147	18.48	36.2	21.3
1148	18.59	36.5	21.5
1148	18.70	36.7	21.7
1150	18.81	37.0	21.8
1151	18.92	37.3	22.0
1152	19.03	37.5	22.2
1153	19.14	37.8	22.3
1154	19.25	38.1	22.4
1155	19.36	38.3	22.6
1156	19.47	38.6	22.8
1157	19.58	38.9	23.0
1158	19.69	39.1	23.1
1159	19.79	39.4	23.2
1160	19.90	39.7	23.4
1161	20.01	39.87	23.5
1162	20.11	40.1	23.6
1163	20.22	40.4	23.8
1164	20.33	40.7	24.1
1165	20.44	41.0	24.2
1166	20.54	41.2	24.3
1167	20.65	41.5	24.5
1168	20.75	41.8	24.6
1169	20.86	42.1	24.8
1170	20.96	42.3	25.0
1171	21.05	42.6	25.1
1172	21.16	42.9	25.3
1173	21.26	43.1	25.5
1174	21.37	43.4	25.6
1175	21.47	43.7	25.8
1176	21.58	43.9	26.0
1177	21.68	44.2	26.1
1178	21.79	44.5	26.3
1179	21.89	44.7	26.4
1180	22.05	45.0	26.5
1181	22.15	45.3	26.8
1182	22.25	45.5	26.8
1183	22.35	45.8	27.0
1184	22.45	46.1	27.2
1185	22.55	46.3	27.3
1186	22.65	46.6	27.4
1187	22.75	46.8	27.6
1188	22.85	47.1	27.8

Tabla AII.1. Conversión de unidades de medidas obtenidas a partir de refractómetros
(Continuación...)

1088	11.67	20.4	12.0
1089	11.79	20.7	12.2
1090	11.91	21.0	12.3
1091	12.03	21.2	12.5
1092	12.15	21.5	12.6
1093	12.27	21.8	12.8
1094	12.39	22.0	12.9
1095	12.52	22.3	13.1
1096	12.64	22.6	13.3
1097	12.76	22.8	13.4
1098	12.87	23.1	13.6
1099	12.99	23.4	13.8
1100	13.11	23.6	13.9

1189	22.95	47.4	27.9
1190	23.05	47.6	28.1
1191	23.15	47.9	28.2
1192	23.25	48.2	28.4
1193	23.35	48.5	28.6
1194	23.45	48.7	28.7
1195	23.55	49.0	28.9
1196	23.65	49.3	29.1
1197	23.75	49.5	29.2
1198	23.85	49.9	29.4
1199	23.95	50.1	29.5
1200	24.05	50.3	29.7

ANEXO III

FORMATO DEL ANÁLISIS SENSORIAL PARA LAS MUESTRAS DE CERVEZA CON AMARANTO COMO ADJUNTO

EVALUACIÓN SENSORIAL DE CERVEZA

Instrucciones:

A continuación se les presentan cuatro muestras de cerveza para ser evaluados el nivel de agrado o desagrado de las siguientes características organolépticas: Color, Espuma, Aroma y Sabor. Por favor pruebe las muestras en el orden establecido y marque con una (X) según la escala propuesta de acuerdo al nivel de agrado percibido. Gracias.

Muestra 394

Puntaje	Nivel de Agrado	Color	Aroma	Espuma	Sabor
1	Me disgusta mucho				
2	No me gusta				
3	No me gusta ni me disgusta				
4	Me gusta				
5	Me gusta mucho				

Muestra 821

Puntaje	Nivel de Agrado	Color	Aroma	Espuma	Sabor
1	Me disgusta mucho				
2	No me gusta				
3	No me gusta ni me disgusta				
4	Me gusta				
5	Me gusta mucho				

Muestra 057

Puntaje	Nivel de Agrado	Color	Aroma	Espuma	Sabor
1	Me disgusta mucho				
2	No me gusta				
3	No me gusta ni me disgusta				
4	Me gusta				
5	Me gusta mucho				

Muestra 143

Puntaje	Nivel de Agrado	Color	Aroma	Espuma	Sabor
1	Me disgusta mucho				
2	No me gusta				
3	No me gusta ni me disgusta				
4	Me gusta				
5	Me gusta mucho				

Observaciones _____

ANEXO IV

**NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA PARA LA FABRICACIÓN
DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS – CERVEZA (NTE INEN 2262: 2013)**

Tabla AIV.1. Requisitos estipulados para la fabricación de cerveza según la norma NTE INEN 2262:2013

REQUISITOS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO
Contenido alcohólico a 20° C	% (v/v)	1,0	10,0
Acidez total, expresado como ácido láctico	% (m/m)	-	0,3
Carbonatación	Volúmenes de CO ₂	2,2	3,5
pH	-	3,5	4,8
Contenido de hierro	mg/dm ³	-	0,2
Contenido de cobre	mg/dm ³	-	1,0
Contenido de zinc	mg/dm ³	-	1,0
Contenido de arsénico	mg/dm ³	-	0,1
Contenido de plomo	mg/dm ³	-	0,1

ANEXO V
DATOS DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH) PARA LOS
TRATAMIENTOS DE ACUERDO EL ADJUNTO UTILIZADO

Tabla AV.1. Valores de pH obtenido para las muestras de cerveza con amaranto sin malteado

Día	ASM30A	ASM40A	ASM50A	ASM30L	ASM40L	ASM50L
0	5,67	5,55	5,57	5,43	5,68	5,64
1	5,16	4,93	5,28	4,97	5,37	5,38
2	4,72	4,78	5,12	4,80	5,23	5,23
3	4,60	4,75	5,02	4,71	5,15	5,14
4	4,58	4,74	4,96	4,65	5,09	5,11
5	4,56	4,74	4,88	4,59	5,03	5,05
6	4,52	4,71	4,85	4,53	4,98	4,99
7	4,52	4,67	4,84	4,50	4,94	4,96
8	4,51	4,64	4,83	4,50	4,92	4,94
9	4,51	4,65	4,83	4,50	4,92	4,93
10	4,51	4,65	4,83	4,49	4,91	4,93
11	4,52	4,66	4,82	4,49	4,91	4,93

Tabla AV.2. Valores de pH obtenido para las muestras de cerveza con amaranto malteado

Día	AM30A	AM40A	AM50A	AM30L	AM40L	AM50L
0	5,59	5,57	5,63	5,63	5,61	5,67
1	5,14	5,26	5,38	5,24	5,31	5,41
2	4,98	4,97	5,16	4,96	4,83	5,19
3	4,82	4,86	5,00	4,60	4,67	5,10
4	4,75	4,80	4,94	4,49	4,54	5,02
5	4,69	4,74	4,91	4,38	4,51	4,97
6	4,57	4,71	4,87	4,33	4,49	4,94
7	4,53	4,69	4,86	4,29	4,45	4,91
8	4,48	4,67	4,86	4,27	4,42	4,89
9	4,46	4,67	4,86	4,27	4,40	4,88
10	4,45	4,67	4,85	4,26	4,40	4,87
11	4,43	4,66	4,85	4,26	4,39	4,87

Tabla AV.3. Valores de pH obtenido para las muestras de cerveza con amaranto malteado tostado

Día	AMT30A	AMT40A	AMT50A	AMT30L	AMT40L	AMT50L
0	5,50	5,48	5,68	5,68	5,53	5,64
1	5,12	5,14	5,41	5,23	5,31	5,37
2	4,92	4,98	5,17	4,95	5,18	5,21
3	4,81	4,84	5,04	4,72	5,03	5,08
4	4,67	4,79	4,96	4,57	4,91	4,99
5	4,55	4,78	4,91	4,49	4,86	4,95
6	4,49	4,77	4,87	4,44	4,82	4,90
7	4,46	4,77	4,83	4,41	4,79	4,86
8	4,44	4,77	4,83	4,38	4,75	4,83
9	4,42	4,76	4,83	4,36	4,72	4,81
10	4,42	4,76	4,82	4,36	4,69	4,81
11	4,41	4,76	4,82	4,35	4,69	4,80

ANEXO VI
DATOS DE ACIDEZ TOTAL PARA LOS TRATAMIENTOS DE
ACUERDO EL ADJUNTO UTILIZADO

Tabla AVI.1. Valores de acidez total (% m/m) obtenido para las muestras de cerveza con amaranto sin malteado

Día	ASM30A	ASM40A	ASM50A	ASM30L	ASM40L	ASM50L
0	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	0,10
1	0,15	0,14	0,12	0,12	0,12	0,12
2	0,17	0,15	0,13	0,14	0,13	0,13
3	0,19	0,15	0,13	0,15	0,15	0,15
4	0,20	0,17	0,13	0,15	0,17	0,15
5	0,21	0,17	0,13	0,16	0,18	0,15
6	0,21	0,18	0,15	0,16	0,21	0,16
7	0,21	0,18	0,15	0,16	0,23	0,16
8	0,21	0,18	0,15	0,16	0,23	0,16
9	0,21	0,18	0,15	0,17	0,23	0,16
10	0,21	0,18	0,15	0,17	0,23	0,17
11	0,21	0,18	0,15	0,17	0,23	0,17

Tabla AVI.2. Valores de acidez total (% m/m) obtenido para las muestras de cerveza con amaranto malteado

Día	AM30A	AM40A	AM50A	AM30L	AM40L	AM50L
0	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09
1	0,17	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15
2	0,20	0,18	0,19	0,18	0,18	0,17
3	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18
4	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18
5	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18
6	0,22	0,21	0,19	0,19	0,20	0,19
7	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19
8	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19
9	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19
10	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19
11	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19

Tabla AVI.3. Valores de acidez total (% m/m) obtenido para las muestras de cerveza con amaranto malteado tostado.

Día	AMT30A	AMT40A	AMT50A	AMT30L	AMT40L	AMT50L
0	0,10	0,08	0,11	0,10	0,08	0,11
1	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,16
2	0,20	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
3	0,21	0,19	0,19	0,18	0,20	0,20
4	0,22	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20
5	0,22	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20
6	0,22	0,19	0,20	0,19	0,21	0,21
7	0,22	0,20	0,20	0,19	0,21	0,21
8	0,23	0,20	0,20	0,19	0,21	0,21
9	0,23	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21
10	0,23	0,20	0,20	0,20	0,21	0,22
11	0,23	0,20	0,20	0,20	0,21	0,22

ANEXO VII
DATOS DEL CONTENIDO DE ALCOHOL GENERADO PARA LOS
TRATAMIENTOS DE ACUERDO CON EL ADJUNTO UTILIZADO

Tabla AVII.1. Valores de alcohol para las muestras de cerveza con amaranto sin maltear

Día	ASM30A	ASM40A	ASM50A	ASM30L	ASM40L	ASM50L
0	0	0	0	0	0	0
1	0,41	0,50	0,64	0,38	0,51	0,38
2	1,42	1,29	1,33	1,29	1,16	0,77
3	1,68	1,42	1,46	1,55	1,48	1,03
4	1,81	1,48	1,46	1,68	1,68	1,30
5	1,94	1,57	1,46	1,80	1,68	1,37
6	1,94	1,57	1,48	1,80	1,68	1,46
7	1,94	1,57	1,48	1,80	1,68	1,46
8	1,94	1,57	1,48	1,80	1,68	1,46
9	1,94	1,63	1,48	1,80	1,72	1,46
10	1,94	1,63	1,48	1,80	1,72	1,46
11	1,94	1,63	1,48	1,80	1,72	1,46

Tabla AVII.2. Valores de alcohol para las muestras de cerveza con amaranto malteado

Día	AM30A	AM40A	AM50A	AM30L	AM40L	AM50L
0	0	0	0	0	0	0
1	1,29	0,97	0,75	1,03	0,77	0,51
2	2,11	1,55	1,41	2,17	1,40	1,12
3	2,47	1,89	1,53	2,73	1,65	1,53
4	2,72	2,10	1,63	3,00	1,83	1,53
5	2,97	2,14	1,63	3,18	1,94	1,53
6	3,07	2,14	1,63	3,18	1,94	1,53
7	3,27	2,19	1,63	3,18	2,05	1,58
8	3,30	2,19	1,68	3,18	2,05	1,58
9	3,30	2,19	1,68	3,27	2,05	1,58
10	3,34	2,19	1,68	3,27	2,05	1,58
11	3,34	2,19	1,68	3,27	2,05	1,58

Tabla AVII.3. Valores de alcohol para las muestras de cerveza con amaranto malteado tostado

Día	AMT30A	AMT40A	AMT50A	AMT30L	AMT40L	AMT50L
0	0	0	0	0	0	0
1	1,17	0,87	0,72	1,02	0,64	0,56
2	2,27	1,40	1,26	2,05	1,44	1,04
3	2,67	1,84	1,48	2,84	1,67	1,33
4	2,87	2,00	1,58	3,00	1,88	1,43
5	3,07	2,00	1,58	3,01	1,96	1,48
6	3,07	2,05	1,63	3,01	1,96	1,48
7	3,18	2,05	1,63	3,08	2,00	1,48
8	3,18	2,05	1,63	3,08	2,00	1,53
9	3,28	2,05	1,63	3,08	2,00	1,53
10	3,28	2,10	1,63	3,14	2,05	1,53
11	3,28	2,10	1,63	3,14	2,05	1,53

ANEXO VIII
VALORES DE SOLIDOS SOLUBLES TOTALES DE ACUERDO AL
TIPO DE ADJUNTO UTILIZADO

Tabla AVIII.1. Valores de solidos solubles totales consumidos para las muestras de cerveza con amaranto sin maltear.

Día	ASM30A	ASM40A	ASM50A	ASM30L	ASM40L	ASM50L
0	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
1	6,8	6,6	6,3	7,0	6,6	7,0
2	4,7	5,0	4,9	5,0	5,2	6,0
3	4,1	4,7	4,6	4,5	4,5	5,5
4	3,9	4,5	4,6	4,2	4,2	5,0
5	3,6	4,4	4,6	4,0	4,2	4,8
6	3,6	4,4	4,5	4,0	4,2	4,7
7	3,6	4,4	4,5	4,0	4,2	4,7
8	3,6	4,4	4,5	4,0	4,2	4,7
9	3,6	4,3	4,5	4,0	4,1	4,7
10	3,6	4,3	4,5	4,0	4,1	4,7
11	3,6	4,3	4,5	4,0	4,1	4,7

Tabla AVIII.2. Valores de solidos solubles totales brix consumidos para las muestras de cerveza con amaranto malteado

Día	AM30A	AM40A	AM50A	AM30L	AM40L	AM50L
0	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
1	5,0	5,7	6,1	5,5	6,1	6,6
2	3,3	4,5	4,7	3,2	4,8	5,2
3	2,6	3,8	4,5	2,0	4,3	4,5
4	2,1	3,4	4,3	1,5	3,9	4,5
5	1,6	3,3	4,3	1,2	3,6	4,5
6	1,4	3,3	4,3	1,2	3,6	4,5
7	1,1	3,2	4,3	1,2	3,5	4,4
8	1,0	3,2	4,2	1,2	3,5	4,4
9	0,9	3,2	4,2	1,1	3,5	4,4
10	0,8	3,2	4,2	1,1	3,5	4,4
11	0,7	3,2	4,2	1,1	3,5	4,4

Tabla AVIII.3. Valores de solidos solubles totales consumidos para las muestras de cerveza con amaranto malteado tostado.

Día	AMT30A	AMT40A	AMT50A	AMT30L	AMT40L	AMT50L
0	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
1	5,3	5,9	6,2	5,6	6,3	6,5
2	3,0	4,8	5,1	3,5	4,7	5,5
3	2,2	3,9	4,6	1,9	4,1	4,9
4	1,8	3,6	4,4	1,6	3,8	4,7
5	1,4	3,6	4,4	1,5	3,7	4,6
6	1,4	3,5	4,3	1,5	3,7	4,6
7	1,2	3,5	4,3	1,4	3,6	4,6
8	1,2	3,5	4,3	1,4	3,6	4,5
9	1,1	3,5	4,3	1,4	3,6	4,5
10	1,1	3,4	4,3	1,3	3,5	4,5
11	1,1	3,4	4,3	1,3	3,5	4,5

ANEXO IX

EFECTO DEL TIPO DE ADJUNTO EN EL CRECIMIENTO DE LA LEVADURA

Tabla AIX.1. Concentración de levadura en función del tiempo para muestras con amaranto sin maltear en proporciones de 30, 40, 50%

Día	ASM30A	ASM40A	ASM50A	ASM30L	ASM40L	ASM50L
0	5.00E+06	4.60E+06	6.50E+06	6.00E+06	5.40E+06	6.40E+06
1	8.00E+06	1.24E+07	9.60E+06	8.00E+06	7.20E+06	7.80E+06
2	2.10E+07	1.78E+07	1.50E+07	1.70E+07	1.60E+07	1.35E+07
3	2.20E+07	1.92E+07	1.56E+07	2.00E+07	1.75E+07	1.47E+07
4	1.60E+07	1.10E+07	1.23E+07	2.10E+07	1.83E+07	1.45E+07
5	1.10E+07	7.80E+06	8.00E+06	1.60E+07	1.04E+07	9.40E+06
6	9.00E+06	6.00E+06	6.20E+06	1.20E+07	8.60E+06	7.00E+06
7	6.00E+06	4.80E+06	5.00E+06	9.00E+06	6.00E+06	5.80E+06
8	5.00E+06	4.00E+06	4.20E+06	7.00E+06	5.20E+06	5.00E+06
9	5.00E+06	3.70E+06	3.70E+06	5.00E+06	4.70E+06	4.10E+06
10	4.50E+06	3.50E+06	3.40E+06	4.00E+06	4.50E+06	4.00E+06
11	4.00E+06	3.20E+06	3.10E+06	3.00E+06	4.20E+06	3.70E+06

Tabla AIX.2. Concentración de levadura en función del tiempo para muestras con amaranto malteado en proporciones de 30, 40, 50%

Día	AM30A	AM40A	AM50A	AM30L	AM40L	AM50L
0	7.40E+06	5.80E+06	8.10E+06	6.40E+06	4.80E+06	5.40E+06
1	1.60E+07	1.42E+07	1.50E+07	1.50E+07	1.40E+07	1.28E+07
2	3.36E+07	2.56E+07	2.28E+07	2.76E+07	2.45E+07	2.00E+07
3	3.70E+07	2.80E+07	2.55E+07	3.30E+07	2.66E+07	2.23E+07
4	3.20E+07	2.34E+07	2.50E+07	3.42E+07	2.75E+07	2.20E+07
5	2.36E+07	1.70E+07	2.04E+07	2.64E+07	1.90E+07	1.84E+07
6	1.15E+07	1.34E+07	1.40E+07	1.75E+07	1.34E+07	1.45E+07
7	9.00E+06	1.10E+07	8.70E+06	1.20E+07	8.00E+06	9.70E+06
8	7.30E+06	8.00E+06	6.00E+06	8.40E+06	6.30E+06	7.40E+06
9	5.80E+06	6.80E+06	4.50E+06	5.80E+06	5.40E+06	6.00E+06
10	4.60E+06	5.60E+06	4.00E+06	4.00E+06	5.00E+06	5.20E+06
11	4.20E+06	5.40E+06	3.80E+06	3.80E+06	4.80E+06	4.60E+06

Tabla AIX.3. Concentración de levadura en función del tiempo para muestras con amaranto malteado tostado en proporciones de 30, 40, 50%

Día	AMT30A	AMT40A	AMT50A	AMT30L	AMT40L	AMT50L
0	6.30E+06	5.80E+06	7.00E+06	8.00E+06	7.20E+06	4.00E+06
1	1.74E+07	1.30E+07	1.43E+07	1.64E+07	1.50E+07	1.42E+07
2	3.08E+07	2.62E+07	2.47E+07	2.65E+07	2.58E+07	2.30E+07
3	3.60E+07	2.95E+07	2.70E+07	3.10E+07	2.64E+07	2.46E+07
4	3.43E+07	2.60E+07	2.55E+07	3.28E+07	2.50E+07	2.40E+07
5	2.50E+07	2.08E+07	2.16E+07	2.70E+07	1.88E+07	1.80E+07
6	1.88E+07	1.43E+07	1.60E+07	1.60E+07	1.30E+07	1.30E+07
7	1.37E+07	1.04E+07	1.18E+07	1.08E+07	1.08E+07	9.00E+06
8	8.40E+06	7.50E+06	8.60E+06	7.00E+06	8.00E+06	7.30E+06
9	6.00E+06	6.00E+06	6.40E+06	5.40E+06	6.70E+06	5.70E+06
10	4.80E+06	4.80E+06	5.30E+06	4.60E+06	6.00E+06	5.00E+06
11	4.20E+06	4.50E+06	4.50E+06	4.20E+06	5.40E+06	4.60E+06