

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS:

Efecto de la temperatura y tiempo de hidrólisis en el contenido de azúcares reductores y determinación del porcentaje de etanol del mosto de la malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado

Para optar el título profesional de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

Bach. Yennifer Katherine NOA MUNGUÍA

ASESOR:

Ing. Jesús Javier PANIAGUA SEGOVIA

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

Dedicado a las personas más importantes de mi vida: mis padres Amancio y Maximiliana, ellos que han estado siempre a mi lado, por todo su amor y sacrificio, que permitieron ser la persona quien soy ahora.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y por permitirme haber llegado hasta esta etapa de mi vida profesional.

A mis padres y mi hermano que han estado acompañándome durante todo este proceso, por su comprensión y amor.

A mi estimado asesor, Ing. Jesús Javier Paniagua Segovia, mi admiración y agradecimiento por su apoyo en el desarrollo del trabajo de investigación y por la confianza depositada en mí.

A los jurados de tesis, al Dr. Alberto Luis Huamani Huamani, al Dr. Wilfredo Trasmonte Pinday y al Mg. Julio Pablo Godenzi Vargas, por el apoyo y las recomendaciones para la finalización satisfactoria del trabajo de investigación.

A mi alma mater, mi Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a todos los docentes que han impartido sus conocimientos durante mi formación académica.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar los efectos de los parámetros de temperatura y tiempo de hidrólisis en la determinación de azúcares reductores del mosto de malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi, morado, así como evaluar el porcentaje de etanol de los mostos fermentados. Con esa finalidad se realizó la germinación de estos granos por cinco días, para luego pasar por los procesos de secado y molido, de esta manera se obtuvo la malta de maíz. La hidrólisis de los mostos a partir de la malta de maíz de las cuatro variedades se realizó a temperaturas de 60°C, 70°C y 80°C, por un periodo de 30 minutos y 60 minutos, por cada rango de temperatura, manteniendo una agitación constante.

Finalizado el proceso de hidrólisis las características fisicoquímicas de los mostos dulces tuvieron los siguientes promedios, en el mosto de malta de maíz de la variedad morocho presentó: 13,58 °Brix, densidad de 1,053 g/mL, una acidez total de 0,2313 % y un pH de 5,56; en la variedad chullpi: 12,33 °Brix, densidad de 1,050 g/mL, una acidez total de 0,1800 % y un pH de 5,62, en la variedad pillpe se obtuvo: 13,79 °Brix, densidad de 1,050 g/mL, una acidez total de 0,1500 % y un pH de 5,66; y finalmente en la variedad de maíz morado: 10,96 °Brix, densidad de 1,040 g/mL, una acidez total de 0,090 % y un pH de 5,51. Se determinó la cantidad de azúcares reductores por espectrofotometría de los mostos dulces de las cuatro variedades de maíz, obteniéndose concentraciones de azúcares reductores entre 52,16 g/L a 97,94 g/L, evidenciando que los factores de variedad de maíz, temperatura y tiempo de hidrólisis influyen en la concentración de azúcares reductores en los mostos dulces, donde los mayores contenidos de azúcares reductores fueron a una temperatura de hidrólisis y tiempo de hidrólisis de 70°C por 60 minutos. En la variedad morocho se obtuvo una concentración de $97,94 \pm 0,30$ g/L; chullpi fue de $81,92 \pm 3,91$ g/L; pillpe fue de $92,25 \pm 0,30$ g/L y en la variedad morado fue de $68,89 \pm 1,63$ g/L.

La bebida fermentada obtenida a partir de malta de maíz tuvo un contenido de alcohol promedio entre 2,5 % hasta 6,25 %. El porcentaje de etanol más alto de los mostos fermentados fue en la variedad pillpe con 6,25% de alcohol, a partir de 84,55g/L de azúcares reductores, trabajado a una temperatura de hidrólisis de 70°C por un tiempo de 30 minutos.

Palabras clave. Maíz, malteado, mosto, azúcares, °Brix, etanol.

ABSTRACT

The present investigation aimed to evaluate the effects of temperature and hydrolysis time parameters in the determination of reducing sugars in corn malt wort (*Zea mays* L.) of the morocho, pillpe, chullpi, and purple varieties, as well as evaluating the percentage of ethanol in the fermented musts. To this end, these grains were germinated for five days, and then went through the drying and grinding processes, thus obtaining corn malt. The hydrolysis of the musts from the corn malt of the four varieties was carried out at temperatures of 60°C, 70°C, and 80°C, for a period of 30 minutes and 60 minutes, for each temperature range, maintaining constant stirring. After the hydrolysis process, the physicochemical characteristics of the sweet musts had the following averages: in the corn malt must of the morocho variety it presented: 13.58 ° Brix , density of 1.053 g / mL , a total acidity of 0.2313 % and a pH of 5.56; in the chullpi variety : 12.33 ° Brix , density of 1.050 g / mL , a total acidity of 0.1800 % and a pH of 5.62, in the pillpe variety the following were obtained: 13.79 ° Brix , density of 1.050 g / mL , a total acidity of 0.1500 % and a pH of 5.66; and finally in the purple corn variety: 10.96 °Brix , density of 1.040 g/ mL , a total acidity of 0.090% and a pH of 5.51. The amount of reducing sugars was determined by spectrophotometry of the sweet musts of the four corn varieties, obtaining concentrations of reducing sugars between 52.16 g/L and 97.94 g/L, showing that the factors of corn variety, temperature and hydrolysis time influence the concentration of reducing sugars in sweet musts, where the highest contents of reducing sugars were at a hydrolysis temperature and hydrolysis time of 70 °C for 60 minutes. In the morocho variety, a concentration of 97.94 ± 0.30 g/L was obtained; chullpi was 81.92 ± 3.91 g/L; pillpe was 92.25 ± 0.30 g/L and in the purple variety it was 68.89 ± 1.63 g/L.

The fermented beverage obtained from corn malt had an average alcohol content between 2.5% and 6.25%. The highest ethanol percentage of the fermented musts was in the pillpe variety with 6.25% alcohol, from 84.55 g/L of reducing sugars, worked at a hydrolysis temperature of 70°C for a time of 30 minutes.

Keywords: Corn, malt, wort, sugars, °Brix, ethanol.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. HIPÓTESIS	4
1.4.1. Hipótesis General.....	4
1.4.2. Hipótesis Específicas	4
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	7
2.2. EL MAÍZ	8
2.2.1. Clasificación Botánica	8
2.2.2. Estructura del grano	8
2.2.3. Composición Química	8
2.2.4. Variedades de maíz.....	9
2.3. GENERALIDADES DEL ALMIDÓN	13
2.4. MALTEADO DE MAÍZ	15
2.5. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DURANTE EL MALTEADO	16
2.6. HIDRÓLISIS DEL ALMIDÓN DEL MAÍZ	18
2.6.1 Factores que influyen en la hidrólisis del almidón.....	19
2.7. AZÚCARES REDUCTORES	20
2.8. DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES POR EL MÉTODO DNS.....	21
2.9. FERMENTACIÓN.....	22

2.9.1. Factores que influyen en el proceso de fermentación.....	22
2.10. BEBIDA DE MALTA DE MAÍZ	24
2.10.1. Características fisicoquímicas de la Bebida Chicha de Jora	24
CAPÍTULO III.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	25
3.2. MATERIALES.....	25
3.2.1 Insumos.....	25
3.2.2 Materiales.....	25
3.2.3 Equipos	26
3.2.4 Reactivos.....	26
3.2.5 Programas.....	26
3.3. DISEÑO METODOLÓGICO	26
3.3.1 Tipo de Investigación.....	26
3.3.2 Nivel de Investigación.....	27
3.3.3 Tipo de análisis estadístico.....	27
3.4. MÉTODOLOGÍA EXPERIMENTAL	27
3.4.1 Malteado de maíz	27
3.4.2 Proceso de Hidrólisis.....	27
3.4.3 Pasteurización del mosto filtrado.....	30
3.4.4 Fermentación	30
3.4.5 Análisis fisicoquímicos.....	31
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	37
CAPÍTULO IV	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. EVALUACIÓN DEL MALTEADO DE MAÍZ.....	39
4.2. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DURANTE LA OBTENCIÓN DEL MOSTO DULCE DE MAÍZ MALTEADO.....	40
4.2.1. Análisis de densidad de los mostos dulces.....	40
4.2.2. Análisis de °Brix de los mostos dulces	47
4.2.3. Análisis de azúcares reductores de los mostos dulces.....	54
4.2.4. Análisis de pH de los mostos dulces	62
4.2.5. Análisis de acidez total de los mostos dulces	67

4.3. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DURANTE LA FERMENTACIÓN	72
4.3.1. Comportamiento de la densidad (g/mL).....	72
4.3.2. Comportamiento del pH.....	75
4.3.3. Comportamiento de la acidez total	79
4.4. EVALUACIÓN DEL ETANOL (%) Y ACIDEZ VOLÁTIL DE LA BEBIDA FERMENTADA	82
4.4.1. Evaluación del etanol (%) de la bebida fermentada.....	82
4.4.2. Evaluación acidez volátil de la bebida fermentada	90
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	108

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición química de las principales partes del grano del maíz (%)</i>	9
Tabla 2 <i>Grupos Comerciales de maíces en el Perú</i>	10
Tabla 3 <i>Composición química del Maíz Morocho (%)</i>	11
Tabla 4 <i>Composición química del Maíz Pilpe (%)</i>	11
Tabla 5 <i>Composición química del Maíz Chullpi (%)</i>	12
Tabla 6 <i>Composición química del Maíz Morado (%)</i>	12
Tabla 7 <i>Características de ciertos almidones</i>	14
Tabla 8 <i>Parámetros de malteado de diferentes variedades de maíz</i>	16
Tabla 9 <i>Producción de azúcares reductores (g/L) en el mosto de la cebada por enzimas amilasas</i>	21
Tabla 10 <i>Características fisicoquímicas de la chicha de Jora durante la fermentación</i>	22
Tabla 11 <i>Características fisicoquímicas de la Bebida Chicha de Jora</i>	24
Tabla 12 <i>Variables y niveles de la experimentación</i>	37
Tabla 13 <i>Diseño experimental para la determinación de Azúcares Reductores</i>	38
Tabla 14 <i>Densidad de los mostos dulces</i>	41
Tabla 15 <i>Contenido de etanol (%) teórico de la bebida fermentada de maíz malteado</i>	42
Tabla 16 <i>Análisis de varianza ANOVA de la Densidad</i>	45
Tabla 17 <i>Resultados de °Brix de los mostos dulces</i>	48
Tabla 18 <i>Análisis de varianza ANOVA de los °Brix</i>	51
Tabla 19 <i>Resultados de Azúcares Reductores (g/L) de los mostos dulces</i>	54
Tabla 20 <i>Análisis de varianza ANOVA de los Azúcares Reductores (g/L)</i>	59
Tabla 21 <i>pH de los mostos dulces</i>	62
Tabla 22 <i>Análisis de varianza ANOVA de pH</i>	65
Tabla 23 <i>Acidez Total (%) de los mostos dulces</i>	67
Tabla 24 <i>Análisis de varianza ANOVA de Acidez Total (%)</i>	70
Tabla 25 <i>Contenido de etanol (%) de la bebida fermentada a partir de maíz malteado</i>	84
Tabla 26 <i>Análisis de varianza ANOVA de etanol (%)</i>	85
Tabla 27 <i>Contenido de Acidez volátil (%) de la bebida fermentada a partir de maíz malteado</i>	91
Tabla 28 <i>Análisis de varianza ANOVA de Acidez volátil (%)</i>	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>Variedades de la experimentación</i>	13
Figura 2	<i>Actividad amilásica de diferentes cereales durante la germinación</i>	17
Figura 3	<i>Gelatinización del almidón</i>	18
Figura 4	<i>Reacción colorida entre el ácido 3,5 dinitrosalicílico y un azúcar reductor</i>	21
Figura 5	<i>Proceso de elaboración del mosto dulce a partir de maíz malteado molido</i>	28
Figura 6	<i>Reactivo DNS</i>	29
Figura 7	<i>Preparación y lectura de la curva patrón</i>	29
Figura 8	<i>Pie de cuba en proceso de fermentación</i>	30
Figura 9	<i>Fermentación alcohólica de los mostos dulces</i>	31
Figura 10	<i>Evaluación de °Brix</i>	32
Figura 11	<i>Evaluación de pH</i>	32
Figura 12	<i>Evaluación de la densidad</i>	33
Figura 13	<i>Evaluación de la Acidez Total</i>	34
Figura 14	<i>Evaluación de la Acidez volátil</i>	34
Figura 15	<i>Proceso de destilación de la Bebida Fermentada</i>	35
Figura 16	<i>Diagrama de flujo de proceso de elaboración de la bebida fermentada de maíz malteado</i>	36
Figura 17	<i>Resultados de la germinación de las diferentes variedades de maíz</i>	40
Figura 18	<i>Comportamiento de la densidad (g/mL) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 60°C</i>	43
Figura 19	<i>Comportamiento de la densidad (g/mL) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 70°C</i>	44
Figura 20	<i>Comportamiento de la densidad (g/mL) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 80°C</i>	45
Figura 21	<i>Diagrama de Pareto para la densidad de los mostos dulces</i>	46
Figura 22	<i>Gráfica de interacción para Densidad de los mostos dulces</i>	47
Figura 23	<i>Comportamiento de °Brix en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 60°C</i>	49
Figura 24	<i>Comportamiento de °Brix en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 70°C</i>	50
Figura 25	<i>Comportamiento de °Brix en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 80°C</i>	50

Figura 26	Diagrama de Pareto para °Brix de los mostos dulces	51
Figura 27	Gráfica de Efectos Principales para °Brix de los mostos dulces	52
Figura 28	Gráfica de interacción para °Brix de los mostos dulces	53
Figura 29	Comportamiento de los Azúcares Reductores (g/L) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 60°C	57
Figura 30	Comportamiento de los Azúcares Reductores (g/L) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 70°C	57
Figura 31	Comportamiento de los Azúcares Reductores (g/L) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 80°C	58
Figura 32	Diagrama de Pareto para Azúcares Reductores (g/L) de los mostos dulces	59
Figura 33	Gráfica de Efectos Principales para Azúcares Reductores (g/L) de los mostos dulce	60
Figura 34	Gráfica de interacción para Azúcares Reductores (g/L) de los mostos dulces	61
Figura 35	Comportamiento del pH en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 60°C	63
Figura 36	Comportamiento del pH en los mostos dulces a temperatura de hidrólisis de 70°C	64
Figura 37	Comportamiento del pH en los mostos dulces a temperatura de hidrólisis de 80°C	64
Figura 38	Diagrama de Pareto para el pH de los mostos dulces	65
Figura 39	Gráfica de interacción de factores para pH de los mostos dulces	66
Figura 40	Comportamiento de la acidez total (%) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 60°C	68
Figura 41	Comportamiento de la acidez total (%) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 70°C	69
Figura 42	Comportamiento de la acidez total (%) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 80°C	70
Figura 43	Diagrama de Pareto para la Acidez Total de los mostos dulces	71
Figura 44	Gráfica de interacción de factores para Acidez total (%) de los mostos dulces	71
Figura 45	Comportamiento de la densidad en los mostos de maíz morocho malteado	73

Figura 46 <i>Comportamiento de la densidad en los mostos de maíz chullpi malteado</i>	74
Figura 47 <i>Comportamiento de la densidad en los mostos de maíz pillpe malteado</i>	74
Figura 48 <i>Comportamiento de la densidad en los mostos de maíz morado malteado</i>	75
Figura 49 <i>Comportamiento del pH en los mostos de maíz morocho malteado</i>	76
Figura 50 <i>Comportamiento del pH en los mostos de maíz chullpi malteado</i>	77
Figura 51 <i>Comportamiento del pH en los mostos de maíz pillpe malteado</i>	78
Figura 52 <i>Comportamiento del pH en los mostos de maíz morado malteado</i>	79
Figura 53 <i>Comportamiento de la acidez total en los mostos de maíz morocho malteado</i>	80
Figura 54 <i>Comportamiento de la acidez total en los mostos de maíz chullpi malteado</i>	80
Figura 55 <i>Comportamiento de la acidez total en los mostos de maíz pillpe malteado</i>	81
Figura 56 <i>Comportamiento de la acidez total en los mostos de maíz morado malteado</i>	82
Figura 57 <i>Diagrama de Pareto para etanol (%)</i>	85
Figura 58 <i>Gráfica de interacción de los factores para etanol (%)</i>	87
Figura 59 <i>Contenido de etanol (%) de la bebida fermentada a partir de maíz morocho malteado</i>	88
Figura 60 <i>Contenido de etanol (%) de la bebida fermentada a partir de maíz chullpi malteado</i>	89
Figura 61 <i>Contenido de etanol (%) de la bebida fermentada a partir de maíz pillpe malteado</i>	89
Figura 62 <i>Contenido de etanol (%) de la bebida fermentada a partir de maíz morado malteado</i>	90
Figura 63 <i>Diagrama de Pareto para Acidez volátil de la bebida fermentada</i>	92
Figura 64 <i>Gráfica de interacción de factores para Acidez Volátil (%)</i>	93
Figura 65 <i>Contenido de acidez volátil (%) de la bebida fermentada a partir de maíz morocho malteado</i>	94
Figura 66 <i>Contenido de acidez volátil (%) de la bebida fermentada a partir de maíz chullpi malteado</i>	94

Figura 67 <i>Contenido de acidez volátil (%) de la bebida fermentada a partir de maíz pillpe malteado</i>	95
Figura 68 <i>Contenido de acidez volátil (%) de la bebida fermentada a partir de maíz morado malteado</i>	96

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el maíz es el alimento más producido y uno de los cereales más importantes junto con el trigo y arroz, que proporciona nutrientes al ser consumidos (FAO 1993), tuvo su origen en América, debido a la facilidad con la que se adapta y su alta productividad se pudo extender su cultivo por todo el mundo. El Perú posee una gran diversidad de maíces, las múltiples condiciones ecológicas que presenta nuestro país permiten que el maíz se pueda adaptar y por ende resulta la existencia de un número extenso de razas de maíz.

En los tiempos pre-incaicos el maíz era considerado como una planta sagrada y simbolizaba la riqueza agrícola en la sociedad inca. En la actualidad la importancia económica del maíz es crucial, ya que es materia prima para el desarrollo de derivados como harina, aceite, edulcorantes alimenticios, almidón, bebidas alcohólicas, entre otros.

La bebida alcohólica proveniente del maíz es la denominada bebida tradicional “Chicha de Jora” que también en tiempos incaicos era considerada como la bebida sagrada de los incas, y que a la fecha aún su elaboración es artesanal. Esta elaboración inicia con la germinación de los granos de maíz, luego son secados, lo que permite que obtengamos la harina para ser mezclado con el agua y luego ser llevado a cocción, donde la adición de azúcar es opcional, finalmente se lleva a un proceso de fermentación.

La malta de maíz en comparación con las maltas cerveceras tiene menor rendimiento para la generación de azúcares reductores, esto se refleja en la obtención mínima de grados alcohólicos de la bebida final fermentada del maíz germinado. El presente trabajo tiene por finalidad el estudio de la temperatura y tiempo de hidrólisis para la obtención del mayor contenido de azúcares reductores en los mostos de las maltas de maíces, debido a la escasez de información acerca de las condiciones adecuadas para la obtención de azúcares reductores de la malta de maíz, y de la misma manera también se realizó la evaluación del porcentaje de etanol presentes en las bebidas fermentadas. Para ello se tomó cuatro tipos de variedades de maíz (morocho, chullpi, pillpe y morado), las cuáles fueron objeto de estudio en el presente trabajo.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

América Latina desde hace cientos de años, ha sido consumidor de productos fermentados a base de maíz, dentro de estos productos encontramos a la chicha (cerveza de maíz), considerándose la bebida fermentada tradicional más importante. Esta bebida alcohólica clara, amarillenta y efervescente, preparada a base de maíz, tiene un contenido alcohólico que oscila entre 2 a 12 % (v/v) (FAO, 2005),

De Florio (2019), menciona que la bebida alcohólica denominada chicha de Jora, es un producto elaborado artesanalmente, a partir de la materia azucarada presente en el mosto de la malta del maíz germinado. Este proceso implica las siguientes etapas: materia prima, cocción, filtración y fermentación. No obstante, se ha identificado ciertas deficiencias en la obtención de este producto, debido a su bajo rendimiento y la baja capacidad de la malta de maíz, que hacen que no posean la misma capacidad de una malta de cebada; Diakabana et al. (2013), afirma que la cerveza de maíz tiene un bajo contenido de alcohol, un pH normal (aproximadamente 4,5) y un color más oscuro debido a la reacción de Maillard.

Kunze (2006), menciona que la actividad enzimática de las maltas de cebada depende de ciertos factores, como la temperatura, tiempo de acción y pH; las temperaturas en las que actúan las enzimas amilasas varían de 60 a 75 °C, destrozándose a temperaturas de 80°C, las actividades enzimáticas sometidas a bajas temperaturas son permanentes, sin embargo, a altas temperaturas esta actividad se disminuye con el tiempo, concluyendo que la influencia de las temperaturas están ligadas a la duración de la maceración. Por otro lado, Gutiérrez et al (2016), menciona que a temperaturas de 65-70°C por dos horas obtienen un

mosto de malta de cebada con un alto contenido de azúcares reductores, y que una malta con poder diastásico bajo producirá un mosto con escasa cantidad de azúcares fermentables, significando un mal rendimiento en la fermentación. La malta de cebada está ampliamente estudiada ya que es el componente principal en la elaboración de la cerveza, sin embargo, se tiene un vacío a cerca de las maltas de maíz, ya que no se cuenta con una información sobre cuáles son las condiciones adecuadas de la actividad enzimática, las que son encargadas de la hidrólisis del almidón contenidos en el maíz, sabiendo que estas condiciones tendrán efecto en la producción de azúcares reductores en el mosto final.

Las amilasas que se obtienen de los cereales malteados son las principales enzimas que se emplean en la hidrólisis enzimática del almidón, los cereales como el maíz, el sorgo y el mijo poseen una baja calidad de malteado, debido al poco rendimiento de las amilasas, lo que conlleva al bajo rendimiento de obtención de los azúcares fermentables. La cebada y el trigo son las fuentes principales de las enzimas amilasas de cereales las que se emplean en la industria alimentaria, Egwin y Oloyede (2006) realizaron un estudio donde se comparó el rendimiento, la actividad óptima y parámetros cinéticos de las amilasas del maíz, la acha, el arroz y el sorgo germinado, resultando que el acha posee mejor rendimiento de amilasas durante la germinación, seguido del sorgo y el maíz. Además, este estudio determinó que para la hidrólisis del almidón del maíz la temperatura óptima fue de 70°C, concluyendo que para realizar diferentes utilidades en la industria alimentaria es recomendable que las enzimas amilasas trabajen a temperaturas bajas.

Nuestro país posee múltiples variedades de maíz, siendo algunas de las variedades como: morocho, pillpe, chullpi y morado las que se cultivan en la región de Ayacucho. Este cereal considerado como una semilla sagrada para los incas, durante este tiempo ha ido perdiendo y olvidando su valor cultural, existen múltiples y variados usos que se le da a este grano dentro de ellos tenemos la producción de bebidas alcohólicas a partir del maíz malteado, que comúnmente se le conoce como “chicha de jora”, esta bebida alcohólica no supera los 4°GL de alcohol, además se necesita la adición de azúcar, enzimas o la ayuda de las maltas cerveceras, para incrementar la producción de azúcares reductores en el mosto. El proceso que se realiza para la obtención de la chicha de jora incluye las etapas de: Germinado, secado, cocción, filtración y fermentación. Desconociéndose los parámetros de temperatura y tiempo

de hidrólisis del almidón para la obtención de azúcares reductores que permitan tener una bebida con alto contenido de alcohol.

En tal sentido se ha visto por conveniente evaluar los efectos de los parámetros de temperatura y tiempo de hidrólisis en la concentración de azúcares reductores en el mosto de malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi, morado, y en el porcentaje de etanol de los mostos fermentados, para ello se efectuará diversos tratamientos interactuando la temperatura de hidrólisis, tiempo de hidrólisis y variedad de malta de maíz, dónde obtendremos el mejor tratamiento que permita obtener un mosto con mayor contenido de azúcares reductores, y estos a su vez ya como bebida fermentada pueda contener un alto contenido de alcohol. Por otro lado, este trabajo servirá de base para futuras investigaciones, ya que se contará con parámetros para la correcta hidrólisis del almidón y con ello la producción de azúcares reductores.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cómo influye los parámetros de temperatura y tiempo de hidrólisis en la concentración de azúcares reductores en el mosto de la malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi, morado, y en el porcentaje de etanol de los mostos fermentados?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del mosto de la malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado?
- ¿Cuál será la concentración de azúcares reductores en el mosto de malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado, sometidos a diferentes temperaturas y tiempos de hidrólisis?
- ¿Cuál será el porcentaje de etanol, previa fermentación del mosto de malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado, con mayores concentraciones de azúcares reductores?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Evaluar los efectos de los parámetros de temperatura y tiempo de hidrólisis en la concentración de azúcares reductores en el mosto de malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi, morado, y en el porcentaje de etanol de los mostos fermentados.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas (densidad, pH, °Brix, acidez total) del mosto de malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado.
- Determinar la concentración de azúcares reductores en el mosto de malta de las diferentes variedades de maíz (*Zea mays* L.) morocho, pillpe, chullpi y morado, a diferentes temperaturas y tiempos de hidrólisis.
- Determinar el porcentaje de etanol de los mostos fermentados de malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado, con mayores concentraciones de azúcares reductores, previa fermentación.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis General

Los tratamientos de temperatura y tiempo de hidrólisis afectan de manera significativa en la concentración de azúcares reductores del mosto de malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi, morado, y en el porcentaje de etanol de los mostos fermentados.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- **HE1:** Las características fisicoquímicas (densidad, pH, °Brix, acidez total) de los mostos de malta de maíz (*Zea mays* L.) no varían significativamente.
- **HE2:** La concentración de azúcares reductores en los mostos de malta de maíz (*Zea mays* L.) de las diferentes variedades, sometidos a temperaturas y tiempos de hidrólisis mínimos, serán menores a los mostos de malta de maíz (*Zea mays*

L.) de diferentes variedades sometidas a temperaturas y tiempos de hidrólisis mayores.

- **HE3:** El porcentaje de etanol de los mostos fermentados de malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado, con mayores concentraciones de azúcares reductores varían significativamente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Dziedzoave et al. (2010) evaluaron las actividades enzimáticas amilolíticas y celulolíticas en maltas de arroz, mijo, sorgo y maíz, estos estudios se realizaron en harinas de las diferentes maltas, encontrando mayor actividad enzimática amilolítica en la malta de arroz, y actividad de β -glucanasa en las maltas de mijo y sorgo, en el caso de la malta de maíz se encontró mayor presencia de la α -amilasa y mínima presencia de la β -amilasa. Finalmente se menciona que los distintos factores durante la obtención de la harina de malta de estos cereales podrían ser controlados para optimizar la actividad enzimática.

Diakabana et al. (2013), desarrollaron una cerveza a partir de la malta de maíz, lo que permitió conocer que durante el endurecimiento del almidón a una temperatura alrededor de 80°C, la actividad de amilasa endógena se destruye. Por otra parte, se adicionó una enzima exógena para producir un mosto dulce, promoviendo la amilólisis a una temperatura de 50°C, obteniendo una cerveza ligeramente alcohólica con 3,6% de etanol, pH 4,5 y con un color marrón.

Pinzon (2022), evaluó las diferentes transformaciones fisicoquímicas del almidón y el contenido de azúcares reductores en la harina durante el proceso del germinado de maíz de variedad criollo negro, logrando identificar que esta variedad de maíz cuenta con un 30-35% de amilosa. Además, de los análisis de la harina se permitió conocer que, durante el proceso de germinado, el contenido de azúcares reductores aumenta debido a la hidrólisis enzimática, lo que permite proponer a este tipo de variedad de

maíz como un potencial en la industria cervecera, esta cuantificación de azúcares reductores en la harina del maíz se realizó utilizando el Método DNS previa lectura en el espectrómetro UV/VIS, permitió demostrar que durante el proceso de germinación el almidón es hidrolizado por las enzimas amilasas, llegando hasta 300 mg/g de azúcares reductores en la harina de maíz malteada.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Bartolo et al. (2013) realizaron el estudio del efecto del vacío en la absorbancia y el grado alcohólico en dos tipos de chicha de jora, teniendo como objetivo obtener una bebida destilada mucho más comercial, así como el pisco, ron, vodka y entre otros, evaluando el efecto de la presión durante el proceso de destilación. Finalmente se obtuvo una bebida con un grado alcohólico inicial de 5 °GL en la chicha de jora blanca GL, y 3°GL en la chicha de jora oscura, luego de aplicar el proceso de destilación discontinúa, obtuvieron un mayor porcentaje de grados alcohólicos para la chicha blanca (30°GL), a una presión de 400 mmHg, y para la chicha oscura se alcanzó 17°GL a una presión de 400 mmHg.

Centeno (2016), evaluó el efecto de la hidrólisis enzimática sobre la calidad de una bebida fermentada a base de maíz morado (*Zea Mays*) variedad Kulli, utilizando complejos enzimáticos (pectinasa-celulasa-hemicelulasa) logrando resultados favorables en el incremento de sólidos solubles llegando hasta 14,3 °Brix por consecuencia de la actividad hidrolítica, también teniendo efectos en la reducción de la turbidez de la bebida final y alcanzando solo 11,2°Brix el testigo que no poseía ningún complejo enzimático. Sin embargo, el contenido de alcohol obtenido fue de 1,67 hasta 2,1%, estos valores mínimos de grado alcohólico fueron debido al tratamiento de pasteurización después del envasado de la bebida final, reduciendo el contenido de alcohol por acción del calor.

Cerro (2019), elaboró una bebida alcohólica tipo vino a partir del maíz morado, agregando jarabe de sacarosa a los mostos para elevar la cantidad de sólidos solubles de 5 a 22,5 °Brix, logrando obtener así una bebida alcohólica con 9° y 10 °GL, pH entre 3,1 y 3,3, y antocianinas entre 104 y 205 mg/L; concluyendo que el proceso de fermentación conserva los contenidos de antocianinas, fenoles y flavonoides.

2.2. EL MAÍZ

El maíz, *Zea mays* L., tiene sus orígenes en América Central, convirtiéndose en uno de los granos más antiguos. Es una planta monocotiledónea, forma parte de la familia de las Poáceas (Graamíneas), tribu Maydeas, y es la única cultivada de este género (Paliwal, 2001).

2.2.1. Clasificación Botánica

Saavedra (2014) clasifica botánicamente al maíz de la siguiente manera:

Reino	: Plantae.
División	: Tracheophytas (plantas con tejido vascular).
Subdivisión	: Pteropsidae (plantas con hojas grandes).
Clase	: Angiospermae.
Subclase	: Monocotiledoneae (semillas con un solo cotiledón).
Grupo	: Glumiflorae (plantas tipo pasto).
Orden	: Graminales.
Familia	: Gramineae.
Tribu	: Maydeae.
Género	: <i>Zea</i> .
Especie	: <i>Zea mays</i> .
Nombre científico	: <i>Zea mays</i> L.

2.2.2. Estructura del grano

La FAO (1993) señala que los granos de maíz acumulan los productos de la fotosíntesis, la distribución de las partes del grano es de la siguiente manera, al endospermo le corresponde un 80-85% (equivalente a la mayor parte del tamaño del grano), al germen un 11-12%, al pericarpio de 5-6% y a la aleurona 2-3%, lo restante le corresponde a la piloriza.

2.2.3. Composición Química

Se tiene reportes de Koheler (2013) de los nutrientes del maíz, donde se tiene valores de hasta 72% de almidón, 10 % de proteínas y 4% de lípidos, suministrando hasta aproximadamente 365 kcal/100g.

La composición del maíz varía según la madurez de la semilla, la fecha de cosecha, la variedad, condiciones de suelo, clima, manejo de cultivo, etc. Identificándose al almidón como componente mayoritario entre un 62 – 80%, y como segundo componente tenemos a las proteínas que varía entre 5,8 y 13,7%, la proteína con mayor contenido en el maíz es la zeína que representa el 60% del total de proteína, en cuanto el contenido de lípidos se encuentra entre 2,2 – 5,91%. (Dabija et al., 2021).

En la tabla 1 se observa la composición química de las partes del grano: el pericarpio, endospermo, germen y esculeto. Teniendo al almidón como componente químico principal y constituye un 72 a 73 % del total del peso del grano, compuesto por amilosa y amilopectina en un 25-30% y 70-75% respectivamente. Así mismo están presentes otros hidratos de carbono como glucosa, sacarosa y fructosa en un 1-3% (FAO, 1993).

Tabla 1

Composición química de las principales partes del grano del maíz (%)

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen	Esculeto
Proteínas	3,7	8,0	18,4	9,1
Extracto etéreo	1,0	0,8	33,2	3,8
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8	78,6
Cenizas	0,8	0,3	10,5	1,6
Almidón	7,3	87,6	8,3	5,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8	1,6

Fuente: FAO (1993).

2.2.4. Variedades de maíz

La diversidad genética del maíz de acuerdo al estudio realizado por el Ministerio del Ambiente (2018) clasifica al maíz por su diversidad. Así mismo se menciona que hace 4000 años las primeras variedades existentes fueron el Proto Confite Morocho, Confite Chavinenese y Kculli. Oscanoa y Sevilla (2009), de las investigaciones realizadas a mazorcas de 416 agricultores en Junín, Huancavelica y Ayacucho, llegaron a la conclusión de la existencia de 13 variedades de maíz: Granada, Huancavelicano, Confite Morocho, Morocho, Paro, San Gerónimo, Cuzco, Pisccorunto, Chullpi, San Gerónimo Huancavelicano, Kculli, Confite Puntiaquido y Chimlos.

Por otro lado, Cancino Chávez y Guevara Pérez (2015), clasifican a los maíces en 4 grupos comerciales: Cusco, Morocho, Chullpi y Canchero, en la tabla 2, se detalla sus características.

Tabla 2

Grupos Comerciales de maíces en el Perú

Clasificación	Descripción
Cuzco	Estos maíces se caracterizan por ser 100 % harinosos, el grano está formado por granos de almidón sueltos, son de color blanco, grandes y anchos. La más representativa es el denominado Cuzco.
Morocho	Está compuesto por granos de almidón harinoso sueltos que están cubiertos por una capa delgada del almidón corneo debajo del pericarpio. El almidón ocupa aproximadamente hasta el 80% del volumen del grano. Entre los que pertenecen a este grupo se tienen: Morocho, Cuzco, cristalino, Uchuquilla; entre otros.
Chullpi	Este grupo se caracteriza por presentar en sus granos un área relativamente grande que no se transforma en almidón cuando se seca, quedando en forma de azúcar, el grano en su composición tiene hasta un máximo de 65% de almidón; y se tiene al Chullpi y al Paccho.
Canchero	Este grupo comercial se caracteriza por tener el embrión grande y presentar una diversidad de colores, sus granos son suaves de forma alargada y 100% harinosos. Entre ellos tenemos: Huancavelicano, Ancashino, Huayleño, Piscorunto, Paro, San Gerónimo.

Fuente: Cancino Chávez y Guevara Pérez (2015).

A continuación, se describen las variedades a estudiar en el presente trabajo de investigación:

a. Morocho

El morocho es un maíz amiláceo que pertenece al tipo de maíz harinoso, blando y suave. La planta es de tamaño, llegando hasta 1.6 m de alto, color rojo claro. Las mazorcas son delgadas y cilindro cónicas de 15 cm, con 10 hileras aproximado. Por otra parte, presenta granos redondeados con endospermo amarillo cristalino (Salhuana, 2017).

Tabla 3*Composición química del Maíz Morocho (%)*

Componente químico	%
Carbohidratos	72,90
Proteínas	8,90
Grasas	4,70
Fibra	1,40
Minerales (Ca, Fe)	13,90 mg

Fuente:León Chica (2024).

b. Pillpe

Esta variedad pertenece a la raza Pisccorunto, es un tipo de grano amiláceo, suave, de color gris moteado con blanco y las mazorcas de forma cónica. El pillpe forma parte de la alimentación diaria de las familias, es un maíz de tostar o canchero (INIA, 2013).

Tabla 4*Composición química del Maíz Pilpe (%)*

Componente químico	%
Carbohidratos	77,20
Proteínas	8,20
Grasas	3,70
Cenizas	1,10

Fuente:Bello-Perez et al (2016).

c. Chullpi

Esta variedad de grano son de color ámbar y arrugados, se caracteriza por contener niveles elevados de azúcar en el grano, generando polisacáridos solubles en agua, lo que hace que el endospermo tenga una textura suave (INIA, 2020).

Tabla 5*Composición química del Maíz Chullpi (%)*

Componente químico	%
Carbohidratos	71,40
Proteínas	7,80
Grasas	7,00
Fibra	2,00
Minerales (Ca, Fe)	14,30 mg

Fuente: Cóndor Pillajo (2018).

d. Morado

Esta variedad presenta plantas pequeñas, con una mazorca corta y el endospermo blanco, harinoso, con el pericarpio y la coronta de color cereza-morado (Salhuana, 2017).

Tabla 6*Composición química del Maíz Morado (%)*

Componente químico	%
Carbohidratos	76,2
Proteínas	7,3
Grasas	3,4
Minerales (Ca, P, Fe)	340,20 mg
Azúcar	6,26

Fuente: Tabla de Composición de alimentos (1993).

Figura 1

Variedades de la experimentación



Nota: Maíz Morocho (A). Maíz Pillpe (B). Maíz chullpi (C). Maíz Morado (D).

2.3. GENERALIDADES DEL ALMIDÓN

El almidón es un polisacárido de reserva energética en los vegetales y animales, conformado por dos fracciones muy similares, la amilosa y la amilopectina, la amilosa representa un 15 a 30 % del almidón, poseen gránulos de 10 a 70 μm (micras) (Badui, 2006).

Badui (2012) menciona que la amilosa, es un polímero lineal que gracias a los enlaces glucosídicos α -(1,4) posee cadenas largas de 200-2500 unidades de glucosas, enlazadas por puentes de hidrógeno y alineadas paralelamente, además adquiere una forma helicoidal que cada vuelta de la hélice está conformada por 6

moléculas de almidón. La amilopectina, es una molécula ramificada, posee zonas amorfas, porosas, responsable de que el almidón sea pegajoso. Estas ramificaciones son similares a la de un árbol, están unidas por enlaces α -D-(1,6) cada 15-25 unidades lineales de glucosa.

En la tabla 7, se muestra ejemplos de las características de almidones en los alimentos.

Tabla 7

Características de ciertos almidones

Tipo	Amilopectina (%)	Amilosa (%)	Temperatura de gelatinización (°C)	Tamaño del gránulo (micras)
Maíz	69-74	26-31	62-72	5-25
Papa	73-77	18-27	58-67	5-100
Arroz	83	17	62-78	2-5
Trigo	76	24	58-64	11-41
Maíz céreo	99-100	0-1	63-72	5-25

Fuente: Badui (2004)

2.3.1. Almidón de maíz

El mayor contenido de almidón se encuentra en el maíz, entre 62 y 80%, concentrado en el endospermo, químicamente el almidón es un polímero de glucosas que están unidas a través de enlaces α -1-4 y α -1-6 (en los puntos de ramificación). El almidón está conformado por partículas denominadas gránulos, compuesto por la amilopectina (componente ramificado) y la amilosa (componente lineal), en el rango de 25 y 30% de amilosa y 70-75% de amilopectina (Dabija et al., 2021 y Agama-Acevedo et al, 2005).

Los almidones son conocidos como fécula, los gránulos presentan una forma esférica y poliédrica, conformada por macromoléculas poliméricas que son la amilosa y amilopectina, además contienen otras sustancias en mínimas cantidades como lípidos, fosfolípidos, agua libre y ligada, proteínas, aminoácidos, fibras solubles e insolubles, minerales y otros. El almidón del maíz se encuentra en el endospermo del grano y a su vez está cercado por una matriz de proteínas, esta matriz proteica funciona como barrera para la hidrólisis de los carbohidratos (Pinzon Cortes, 2022).

2.4. MALTEADO DE MAÍZ

Esta etapa del proceso genera una serie de cambios bioquímicos en el interior de los granos, proceso conocido como "amilólisis" o degradación de las moléculas de almidones por las enzimas α -amilasa, β -amilasa, proteasas, citasas y otras. Además, influyen en el proceso de fermentación de los azúcares (Cerro, 2019). Chacón y Chingal (2023) mencionan que el propósito principal del malteado o germinado es la producción de enzimas, y las que se consideran más importantes son las enzimas α - y β -amilasa. Las cuáles serán importantes para la degradación del almidón durante la maceración. De acuerdo a Espinoza (2016) la etapa de malteado presenta tres subprocesos y son:

a. Inhibición: Los cereales son sumergidos en agua, de esta manera ganan humedad y se inicia con la germinación. Según Eblinger (2009. citado por Espinoza. 2016), se debe alcanzar una humedad de 40%. Menezes et al (2009) describen el siguiente procedimiento, primero se seleccionan, pesan y lavan las semillas de maíz. Estas semillas tienen que absorber entre 40 y 45 % (p/p) de la humedad a temperatura y presión ambiental.

b. Germinación: Una vez alcanzada la humedad adecuada, los granos se llevan a germinar, donde las semillas producen raíces, de acuerdo a Badui (2004).

La germinación tiene por objetivo dar al grano la humedad apropiada bajo condiciones controladas de temperaturas y ventilación. Para que pueda germinar, el agua debe tener una temperatura de 21 °C y el tiempo de proceso es de 48 h; el tiempo requerido para alcanzar la humedad depende de la temperatura, tamaño de los granos, variedad de la cebada y contenido proteico (Reyna et al, 2004).

Para obtener la bebida fermentada de jora el tiempo adecuado de la germinación es entre 10 - 15 días, tiempo en que los granos obtienen raíces y tallos que oscila entre 5 a 10 cm de longitud. Normalmente la germinación dura hasta obtener 3 veces el tamaño de la semilla. Durante este proceso se realiza riegos constantes y prolongados (Bustamante, 2019). La interrupción de este proceso es para que la reserva energética no sea consumida completamente (Chacón y Chingal, 2023)

En la tabla 8, se observa la recopilación por Espinoza (2016) de diversos autores, donde se tiene los parámetros de inhibición y germinación para el maíz.

Tabla 8*Parámetros de malteado de diferentes variedades de maíz*

Parámetro	Tiempo	Variedad	Referencia Bibliográfica
Remojo	24 h	<i>Zea mays</i> L. var. Desconocida	Liu, Porterfield, Li y Klasse, 2012)
	42 h	<i>Zea mays</i> var. Nigerian yellow 27	Iwouno y Ojukwu, 2012
	48 h	<i>Zea mays</i> L. var. Negro "racimo de uva"	Galecio y Haro, 2012
T° de germinación	T. ambiente	<i>Zea mays</i> var. Desconocida	Olusanjo, Ngachi y Ihuma, 2006
Periodo de germinación	5 d	<i>Zea mays</i> Nigerian yellow maize var.27	Iwouno y Ojukwu, 2012

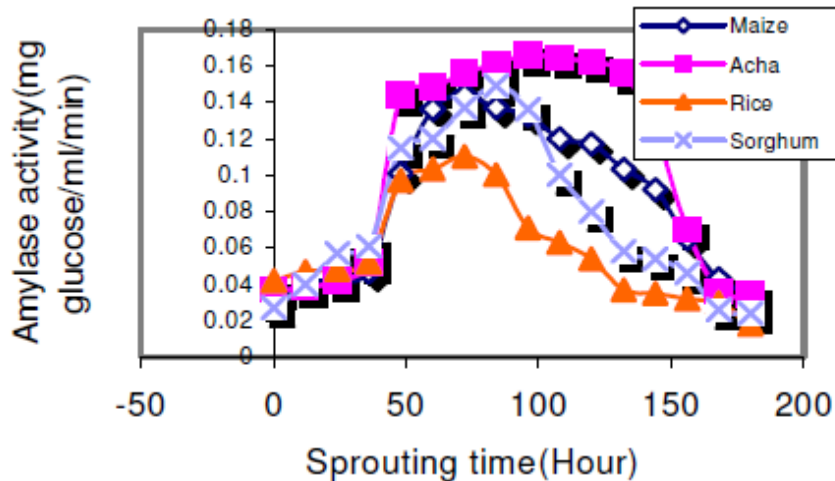
c. Secado: Para poder finalizar la germinación se lleva la malta a un proceso de secado, donde se busca disminuir la humedad hasta 4.5 % (Eblinger, 2009, citado por Espinoza, 2016). Las enzimas generadas en la germinación suelen conservarse a bajas temperaturas, y varios autores citados por Espinoza (2016), recomiendan secar el maíz a una temperatura de 55 °C por 24 h.

2.5. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DURANTE EL MALTEADO

Kunze (2006) indica que, una vez absorbida el agua por el grano, el embrión libera ácidos giberélicos que van hacia la capa aleurona para la formación de enzimas en el esculeto, en la figura 2 se presenta la gráfica del rendimiento de la amilasa de cuatro cereales: maíz, arroz, sorgo y acha; la actividad máxima durante la germinación de las enzimas amilasas del maíz se registró a las 72 horas, esta actividad amilásica va disminuyendo conforme pasa las horas de germinación.

Figura 2

Actividad amilásica de diferentes cereales durante la germinación



Fuente: Egwin y Oloyede (2006).

Las enzimas más importantes para la maltería son las alfa y beta amilasa, considerándose la etapa de la germinación como fundamental para poder incrementar la actividad enzimática en la malta.

2.5.1. Actividad de α -amilasa

El contenido de esta enzima está relacionado con la respiración del grano en los primeros días de germinación, para mayores concentraciones de esta enzima se debe dejar germinar por más días, cuánto más crecen las raicillas también incrementan las pérdidas. Las enzimas α -amilasa son las que están encargadas de la mayor parte de la actividad amilolítica durante la germinación del maíz (Dziedzoave et al., 2010). Existe un mayor incremento de la enzima alfa amilasa durante los primeros tres días de germinación, sin embargo, es importante señalar que la actividad enzimática disminuye conforme pase los días de almacenamiento del grano (Espinoza Zambrano, 2016). Drapala y Hernandez (2020), sostienen que estas enzimas trabajan a temperaturas mayores de 70°C, transformando el almidón en glucosa y dextrinas, estas dextrinas son cadenas de azúcares que pueden ser no digeribles por las levaduras.

2.5.2. Actividad de β -amilasa

Se incrementa en los primeros días de germinación, y durante los últimos días de la germinación su contenido no se modifica. Las maltas de maíz son deficientes en

comparación con las maltas de cebada (Hernández Carapo, 2021). Las enzimas β -amilasas trabajan a temperaturas menores de 70°C, esta enzima actúa en los extremos de la cadena del almidón, produciendo azúcares fermentables como la maltosa (Drapala y Hernandez, 2020).

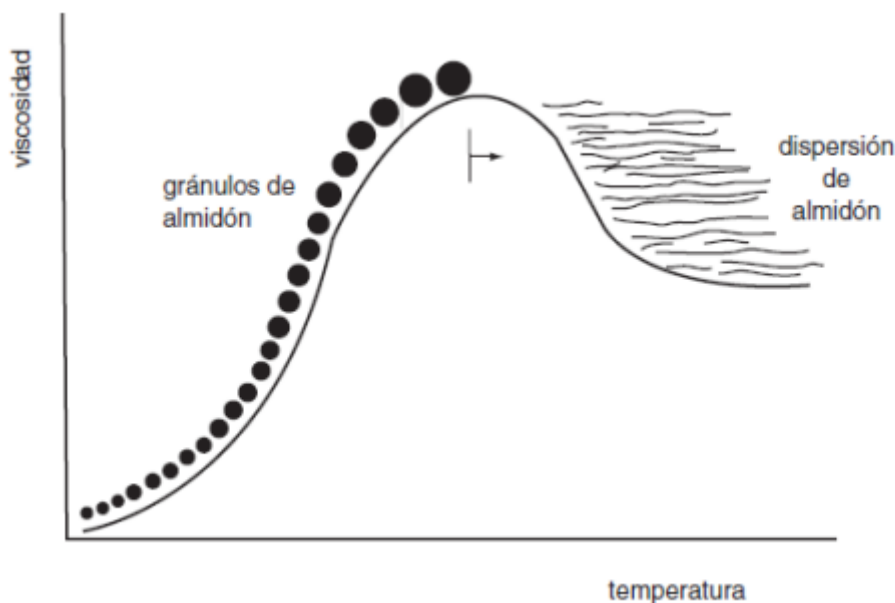
2.6. HIDRÓLISIS DEL ALMIDÓN DEL MAÍZ

Este proceso origina azúcares por acción de las enzimas alfa y beta amilasa, que atacan al almidón, para una hidrólisis enzimática eficiente es importante la cocción del almidón para su correcta gelatinización Reyna et al (2004).

Para la hidrólisis del almidón es necesario hidratarlos a temperaturas de 65,2°C a 66°C, autores como Singh y col (2006; como se cita en Tovar Benítez, 2008) reportan temperaturas de gelatinización entre 67,8 a 73,1 °C, ya que los gránulos del almidón son insolubles en agua fría. Originando la modificación o desintegración de las zonas cristalinas hasta formar estructuras amorfas (Tovar Benítez, 2008), en otras palabras, la gelatinización convierte estos gránulos de almidón insolubles en una dispersión de moléculas de amilosa y amilopectina. En la figura 3 se tiene una representación de como los gránulos de almidón se hidratan hasta retener un máximo de agua, y finalmente se rompen, obteniendo una solución.

Figura 3

Gelatinización del almidón



Fuente: Badui (2006).

Durante este proceso se produce la gelatinización del almidón presente en los granos y por ende se inicia con la activación de las enzimas presentes en las maltas (Miller, 2019, citado por Hernández, 2021), produciéndose la hidrólisis del almidón donde se origina y se extrae componentes indispensables como azúcares fermentables, dextrinas, aminoácidos, vitaminas, y entre otros, para que finalmente las levaduras puedan realizar la fermentación (Pino et al., 2018).

En la elaboración de la cerveza, la etapa de maceración es la más importante para obtener el mosto, debido a que la malta y el agua son mezclados, y con la acción de las enzimas se consiguen extractos, siendo así importante la degradación del almidón, el almidón sufre el proceso de engrudamiento, que consiste en incorporar agua caliente, de esta manera el almidón aumenta su volumen lo que causa que los granos del almidón se hinchen y revienten, una vez lograda esta etapa, las enzimas pueden actuar para formar azúcares.

2.6.1 Factores que influyen en la hidrólisis del almidón

Para la obtención de un mosto con los nutrientes adecuados para una fermentación total, es necesario el control de la temperatura, pH del medio, el tiempo de hidrólisis, y la relación de enzima/sustrato.

a. Temperatura y tiempo:

La temperatura no solo afecta a la velocidad de la hidrólisis enzimática, también afecta a la estabilidad de las enzimas. Las enzimas α y β amilasas encargadas de la degradación del almidón, trabajan a una temperatura de 75°C a 55°C (respectivamente) y a un pH de 4,8 y 5,4 (Biauzus et al. 2007). Mucha y Sedano (2022), mencionan que a medida que la temperatura y la velocidad de agitación aumenta, también aumenta la concentración de azúcares, sin embargo, el factor crucial para el incremento de azúcares es la temperatura, ya que la solubilidad de los azúcares es mejor y los procesos enzimáticos se dan a partir de temperaturas mayores a 60°C. Así mismo, Chacón y Chingal (2023) y Hernández et al. (2023), mencionan que se suscitan diversas reacciones a medida que se incrementa la temperatura, gracias a la acción de las enzimas, logran dividir cadenas de aminoácidos, azúcares fermentables como la glucosa, maltosa y maltotriosa, con el fin de contar con cadenas más simples, lo que permitirá a las levaduras trabajar adecuadamente.

Los parámetros de temperatura de 75 - 85°C en un intervalo de tiempo de una hora, permitieron la extracción de sólidos solubles (Cerro,2019). Por otro lado, López (2019) determinó que la mayor actividad amilácea está entre 60 y 80°C.

b. pH

El pH es un factor importante, las enzimas trabajan mejor a un pH 5,2-5,4, y posteriormente terminan con valores de 5,5-5,8 respectivamente. Los iones de calcio ayudan a estabilizar las amilasas, aceleran la separación del mosto, la precipitación en la ebullición y la floculación de las levaduras Bamforth (2008).

Sutton (como se cita en Mucha y Sedano, 2022) afirma que el pH desempeña un rol importante durante la hidrólisis del almidón, debiéndose trabajar a un pH 5,4 que es óptima para la actividad amilolítica, López (2019), cita a Greenwood y MacGregor (1965) donde establecen que el pH óptimo donde las amilasas tienen una excelente actividad amilácea, es de 5,5.

2.7. AZÚCARES REDUCTORES

Los azúcares reductores son producidos por las enzimas amilasas quienes se encargan de degradar al almidón del maíz para la producción de glucosa, maltosa y dextrinas (Biauzus et al., 2007).

El constituyente fundamental de azúcares reductores en el mosto del maíz es la maltosa, producto de la hidrólisis del almidón gracias a la enzima β amilasa, este azúcar es completamente fermentable y es el principal constituyente del mosto (De León, 2016). Además, tenemos a la glucosa y fructosa, estos son considerados como azúcares simples y fermentables por las levaduras, la maltrosa, es parcialmente fermentable por algunas levaduras y en otras ocasiones no son fermentables, y la sacarosa, un azúcar complejo que es completamente fermentable (Bellassai y Mearelli),

En la tabla 9 se muestra la producción de azúcares reductores (fermentables) en mostos de cebada, donde a más tiempo se extrae mayor contenido de azúcares, sin embargo, a ello también se le suma la extracción de dextrinas no fermentables.

Tabla 9

Producción de azúcares reductores (g/L) en el mosto de la cebada por enzimas amilasas

Tiempo (min.)	Azúcares Reductores	Dextrinas no Fermentescibles
0	11	35
25	40	28
50	69	43
100	108	37
150	112	40

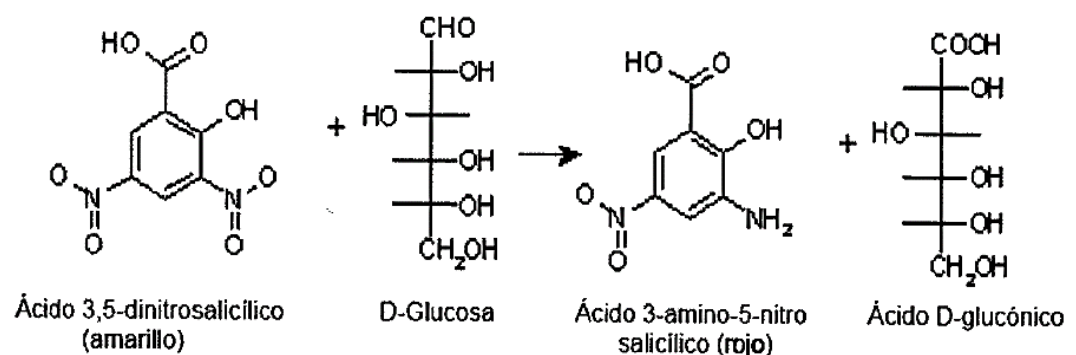
Fuente: Hough (1990).

2.8. DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES POR EL MÉTODO DNS

La metodología para la cuantificación de azúcares reductores se fundamenta en la oxidación de los grupos aldehídos y cetonas libres presentes en los azúcares reductores que conlleva la reducción del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) a ácido 3-amino-5-nitro salicílico, tras ser sometido al calor en un medio alcalino (Sobral et al. 2012). El DNS actúa como agente oxidante y al ser reducido se genera un cambio de color de amarillo a marrón (ver figura 4), la sustancia resultante es cuantificable mediante un espectrofotómetro al analizar la absorbancia a una longitud de onda entre 540 y 570nm (Rodríguez, 2008 y Miller, 1959).

Figura 4

Reacción colorida entre el ácido 3,5 dinitrosalicílico y un azúcar reductor



Fuente: Rodríguez (2008).

2.9. FERMENTACIÓN

La fermentación alcohólica se define como un proceso biológico, que se origina por la acción de algunos microorganismos que transforman los hidratos de carbono en alcohol, dióxido de carbono y moléculas de adenosintrifosfato (ATP), entre los hidratos de carbono tenemos a los azúcares: glucosa, fructosa, sacarosa y el almidón (Bustamante, 2019).

Las levaduras requieren de azúcares simples, es decir de carbohidratos que puedan ser asimilados por las levaduras, además de aminoácidos, sales y vitaminas para poder crecer. Estos azúcares van a proporcionar energía (Hough, 1990), las levaduras metabolizan los azúcares, con gran rapidez a la glucosa y la fructosa, la maltosa más lentamente y por último la maltotriosa, por otro lado, la sacarosa es hidrolizada en la pared celular por la enzima invertasa.

Tabla 10

Características físicoquímicas de la chicha de Jora durante la fermentación

Fermentación	Brix	pH	% Acidez (Ac. Tartárico)	Contenido de Alcohol (%)
Inicio	10,00	4,95	0,210	-
Final	5,30	3,47	0,277	5,23

Fuente: Bustamante (2019).

2.9.1. Factores que influyen en el proceso de fermentación

a. pH

El control del pH es fundamental durante la fermentación, los valores por debajo de 4 indican la presencia de ácido acético producidas en la fermentación, esto debido a la contaminación del Acetobacter o levaduras salvajes; y valores superiores a 5, indica la presencia de azúcares fermentables, y aún se encuentran dentro de lo permisible. (Arévalo et al. (2022). De acuerdo a Hough (1990) el pH del mosto dulce, luego de haber inoculado la levadura, disminuye de 5,3 a 4,1.

b. Acidez

El grado de acidez es un parámetro muy importante en los alimentos, ya que nos brinda información acerca de su estado de conservación. Las bebidas fermentadas contienen ácidos orgánicos, estas se producen debido al desdoblamiento de

nutrientes como almidón, proteínas y grasas, entre los ácidos que prevalecen tenemos el ácido tártrico, ácido málico, y otros (Briceño y Castro, 2014). Bustamante (2019), afirma que la ausencia de la acidez en la chicha de jora tendría efectos negativos en el color y la turbidez. Por ello, valores bajos de acidez llevan a producir bebidas insípidas e inestables, y valores altos de acidez, van a producir bebidas de buen sabor.

c. Grados Brix

El contenido de sólidos solubles tiene un comportamiento inverso, es decir mientras se incrementa el grado alcohólico, los sólidos solubles tienden a disminuir sustancialmente (Arévalo et al., 2022).

d. Grados alcohólicos

Los grados alcohólicos se originan por la conversión de los azúcares fermentables en alcohol etílico y CO₂, por acción de las levaduras. La concentración de alcohol va a depender del empleo de levaduras, las cepas de *S. cerevisiae* generan de 3.5 % a 6.5% de concentración de alcohol. Generalmente estas levaduras trabajan a un pH de 3 a 6, lo que les permite su crecimiento y su actividad fermentativa (De León, 2016). Sempértegui (2013), sostiene que la bebida fermentada de maíz (chicha de jora) posee entre 1 y 5 grados alcohólicos.

e. Concentración de Azúcares Reductores:

Una concentración muy alta de azúcares en el mosto no permite que se dé una fermentación adecuada, debido a que las levaduras por encontrarse en un medio con elevada concentración de azúcares, se deshidratan con el fin de equilibrar las concentraciones que se encuentran en el medio, ocurriendo la plasmólisis debido a la pérdida de agua de la célula (Ward, 1986, citado por De León (2016).

Los azúcares que utilizan las levaduras para la fermentación, son la sacarosa, fructosa, maltosa y malttriosa, sin embargo, los almidones y las dextrinas no son capaces de ser hidrolizados por las levaduras (De León, 2016). Al igual que Arévalo et al. (2022) afirman que, a causa de la formación de polisacáridos generados por la malta de maíz, la bebida queda con restantes de azúcares que no logran ser fermentados, y que finalmente afectan los atributos sensoriales de la bebida obtenida.

2.10. BEBIDA DE MALTA DE MAÍZ

La bebida a base de malta de maíz (chicha de jora), una bebida elaborada artesanalmente, es el producto de la fermentación no destilada de la materia azucarada presentes en el maíz germinado. El proceso de elaboración de la bebida contempla los siguientes pasos: germinado, molienda, cocción, filtración, adición de azúcar y fermentación (De Florio, 2019).

2.10.1. Características fisicoquímicas de la Bebida Chicha de Jora

Sempértegui (2013) fermentó durante 3 días la chicha de jora, concluyendo con un pH de 4,0 y un grado alcohólico de 4,7%. En la tabla 11 se da a conocer las características fisicoquímicas de dos bebidas, la chicha de jora (1) es a partir de la variedad de maíz INIA 603, la chicha de jora (2) se utilizó la variedad de maíz Marginal 28, el proceso de fermentación fue de 6 días a una temperatura de 19°C, y se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 11

Características fisicoquímicas de la Bebida Chicha de Jora

Parámetro fisicoquímico	CHICHA DE JORA (1)	CHICHA DE JORA (2)
Brix	5,3	5,0
Ph	3,47	3,42
Acidez Total (%de Ac. Tartárico)	0,2770	0,2800
Alcohol (%)	5,23	5,7

Fuente: Bustamante (2019).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación fue realizada en el Laboratorio de Investigación, de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.2. MATERIALES

3.2.1 Insumos

- Maíz morocho, maíz pillpe, maíz chullpi, maíz morado
- Levadura *Saccharomyces cerevisiae* – SafAle S-33

3.2.2 Materiales

- Fiola de 50 ml, 100 ml y 200 ml
- Espátula
- Tubos de ensayo
- Vaso de precipitado de 10 ml, 50 ml y 250 ml
- Probeta de 10 ml, 100 ml, 250 ml y 500 ml
- Pipeta de 5 ml y 10 ml
- Micropipetas de 100 μ l a 1000 μ l
- Bureta de 50 ml
- Matraz de Erlenmeyer de 100 ml
- Piseta
- Cubetas de 1 cm

3.2.3 Equipos

- Horno
- Cocina eléctrica
- Agitador mecánico
- Termómetro digital
- Destilador Kjeldahl
- Refractómetro de Abbe
- Espectrofotómetro UV
- Densímetro
- Alcoholímetro de Gay Lussac
- Balanza analítica
- Balanza
- Baño María
- Centrífuga
- Regulador de Temperatura
- pH metro

3.2.4 Reactivos

- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Fenolftaleína
- Glucosa
- Agua destilada
- Reactivo DNS

3.2.5 Programas

- Minitab V.18
- Design expert

3.3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue experimental, ya que se analizó y evaluó datos cuantitativos, teniendo como variables independientes: variedades de maíz, temperatura de hidrólisis y tiempo de hidrólisis. Producto de estos experimentos se obtuvo mostos de los maíces malteados, dónde se determinó la concentración de

azúcares reductores, siendo ésta la principal variable dependiente; así mismo se evaluó la densidad, pH, °Brix, acidez total, que vienen a ser las variables secundarias, posterior a ello, se obtuvieron bebidas fermentadas dónde se evaluó el porcentaje de etanol, °Brix, pH, acidez volátil, acidez total, densidad.

3.3.2 Nivel de Investigación

El nivel de investigación del estudio fue aplicativo, predictivo y explicativo.

3.3.3 Tipo de análisis estadístico

Se hizo uso del análisis estadístico ANOVA.

3.4. MÉTODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1 Malteado de maíz

Las cuatro variedades de maíz (morocho, pillpe, chullpi y morado) fueron recolectados del mercado Playa Grau del distrito de Ayacucho. Los granos de maíz pasaron por un proceso de selección, dónde se quitó materias extrañas y maíces en mal estado, posterior a ello se realizó el lavado por triplicado, una vez limpio los granos de maíz se procedió al remojo, los maíces fueron colocados en recipientes y se añadió agua en una relación de 1:3 (maíz: agua) por 48 horas, finalizado este proceso los granos fueron acondicionados en un ambiente, donde se esparcieron en una tarima evitando que se generen varias capas. El tiempo de germinación fue de 5 días, durante estos días se hidrató, aireó y removió de manera cuidadosa los granos de maíz, al término del quinto día se dio por finalizada la germinación del grano comenzando el proceso de secado a una de temperatura de 55°C por 48 horas. El proceso de eliminación de raicillas se realizó de manera manual, para finalmente ser llevado a molienda.

3.4.2 Proceso de Hidrólisis

Para esta etapa se utilizó la relación de maíz malteado molido: agua (1: 4,88); el maíz malteado molido pesado se añadió cuando el agua se encontraba a 35°C, para luego alcanzar las temperaturas de 60°C, 70°C y 80°C, por un periodo de 30 minutos y 60 minutos, por cada rango de temperatura, manteniendo una agitación constante; durante la hidrólisis se empleó un regulador de temperatura que permitió el control de la temperatura. Finalizado el proceso de hidrólisis se procedió a filtrar con la ayuda de un colador y una tela poliéster (Figura 5).

Este proceso se repitió con las cuatro variedades de maíz (morocho, pillpe, chullpi y morado).

Figura 5

Proceso de elaboración del mosto dulce a partir de maíz malteado molido



Nota: Adición del maíz malteado molido al agua (A). Control de temperatura y tiempo de hidrólisis (B). Proceso de filtración (C). Obtención de mosto dulce (D).

3.4.2.1 Preparación del Reactivo 3,5-dinitrosalicílico (DNS)

De acuerdo al método Miller (1959) para la preparación de 100 mL del Reactivo DNS se disolvió 1.6 g de hidróxido de Sodio con agua destilada, luego se añadió 43,8 g de tartrato de sodio y potasio, y por último 1 g de ácido 3.5-dinitrosalicílico, bajo agitación magnética a 40°C. Finalmente se dejó enfriar para luego aforar a 100 mL con agua destilada y se almacenó en un frasco ámbar (Ávila et al., 2012).

Figura 6
Reactivo DNS



3.4.2.2 Determinación de azúcares reductores por espectrofotometría

Para la determinación de azúcares reductores se elaboró la solución patrón de glucosa con las siguientes concentraciones: 1%, 5%, 10% y 15% enrazadas en fioles de 100 ml, luego se procedió a diluir 1 ml en una fiola de 50 ml con cada una de las soluciones. Concluido este procedimiento, para la determinación de azúcares reductores se tomó 1 ml de la solución patrón y 1 ml del reactivo de DNS en tubos de ensayo, y fueron llevados en agua a ebullición por cinco minutos. Una vez fríos los tubos de ensayo se añadió 5 ml de agua destilada, se agitó y se realizó la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 540 nm en el espectrofotómetro (Miller, 1959).

La determinación de azúcares reductores en los mostos filtrados se efectuaron los mismos pasos ya mencionados anteriormente, previa centrifugación, se cogió 1 ml de muestra y fue enrazada en una fiola de 50 ml, y luego se realizó la lectura de absorbancia.

Figura 7
Preparación y lectura de la curva patrón



3.4.3 Pasteurización del mosto filtrado

Todos los mostos filtrados obtenidos, pasaron por el proceso de ebullición (92°C) por un tiempo de 5 minutos, con la finalidad de evitar la proliferación de bacterias.

3.4.4 Fermentación

3.4.3.1. Preparación de pie de cuba

Con el propósito de adaptar y reproducir las levaduras en el mosto de maíz se efectuó la preparación de pie de cuba, desarrollando los siguientes pasos:

- Se preparó el mosto a partir de la malta de maíz morocho a una temperatura de 70°C por un periodo de 1 hora, al llegar a la temperatura de 70°C se añadió enzimas amilasas para hidrolizar completamente los azúcares disueltos en el mosto.
- Obtenido el mosto se realizó el filtrado y la cocción por 5 minutos, y luego se dejó enfriar hasta llegar a 20°C, añadimos 30 ppm de metabisulfito dejando reposar 10 minutos.
- Acondicionamos 2 g de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* – SafAle S-33) en agua y añadimos a 2 L de mosto.
- Dejamos fermentar por tres días a temperatura ambiente (ver figura 8).

Figura 8

Pie de cuba en proceso de fermentación



3.4.3.2. Fermentación de los mostos de maíz germinado

Luego de haber realizado la cocción, se dejó enfriar los mostos a 20°C y se procedió a añadir 100 mL del inóculo preparado, a los mostos obtenidos para finalmente ser llevado a fermentación por 10 días. Los controles de temperatura, pH, sólidos solubles, acidez y densidad se realizaron al inicio, durante y al finalizar el proceso de fermentación. En la figura 9 se muestra la fermentación alcohólica de los mostos en botellas de una capacidad de 1.8 L, acondicionadas con mangueras para la expulsión de CO₂ a otro recipiente con agua, de esta manera se evitó el paso de oxígeno.

Figura 9

Fermentación alcohólica de los mostos dulces



3.4.5 Análisis fisicoquímicos

3.4.4.1 Determinación de °Brix

El método para determinar los grados Brix fue a través del refractómetro, este instrumento mide los sólidos solubles totales, que están compuestos por azúcares, ácidos sales y demás compuestos solubles en agua (Valencia, 2015). Para ello se colocó unas gotas de muestra sobre la luna del refractómetro hasta cubrir toda la superficie (García, 2007). En el presente trabajo se determinó los °Brix en la etapa de hidrólisis.

Figura 10
Evaluación de °Brix



3.4.4.2 Determinación de pH

Para la medición del pH se utilizó el método potenciométrico, cuyo instrumento de medida es el pHmetro, que tiene como finalidad determinar la concentración de los analitos mediante la diferencia potencial que se da entre dos electrodos, uno de ellos de plata, que no varía su potencial, y el segundo electrodo de vidrio, que varía su potencial en relación a la concentración del ión H^+ (Picón,2020).

El pHmetro se calibró con dos soluciones de tampones de pH igual a 7,01 y 4,01. Una vez calibrado el pHmetro fueron introducidos en las muestras, para ello se extrajo 25 mL de muestra en un vaso de precipitado, y se realizó la lectura una vez estabilizado la pantalla digital. La determinación de pH se realizó de los mostos dulces y los mostos en fermentación.

Figura 11
Evaluación de pH



3.4.4.3 Determinación de densidad

La determinación de la densidad se realizó mediante el método del aerómetro, que consiste en el uso del densímetro, para ello se toma 250 mL de muestra en una probeta, luego se introdujo el densímetro, a una temperatura de 20°C, y finalmente se realizó la lectura, la densidad se midió de los mostos dulces y durante la fermentación. (Díaz y Alarcón, 2022 y Picón,2020).

Figura 12

Evaluación de la densidad



3.4.4.4 Determinación de acidez total (NTP 211.040.2019)

Este método se fundamenta en una reacción de neutralización, valorando la muestra con una solución de hidróxido de sodio, para ello se colocó 5 mL de muestra diluida con 100 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer, agregamos gotas del indicador fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1N hasta el cambio de color, se anotó el volumen de gasto para luego realizar el cálculo de la acidez total (INACAL, 2019).

Figura 13

Evaluación de la Acidez Total



3.4.4.5 Determinación de acidez volátil (NTP 211.040.2019)

La acidez volátil está constituida por la porción de ácidos orgánicos que se encuentran en la muestra y que son arrastrados por el vapor de agua, ya sean libres o de forma combinadas. Para la determinación de la acidez volátil, se tomó 25 mL de la bebida de maíz malteado ya destilada, se agregó gotas del indicador fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1 N, hasta el cambio de color y se anotó el volumen de gasto (INACAL, 2019).

Figura 14

Evaluación de la Acidez volátil



3.4.4.6 Determinación de grados alcohólicos (NTP.212.030.2019)

Finalizado el proceso de fermentación se determinó los grados alcohólicos de la muestra, en una fiola de 200 mL se enrasó la bebida fermentada de maíz malteado y se llevó al equipo destilador, se recogió 180 mL de destilado y se enrasó a 200 mL con agua destilada, asegurando que la temperatura esté a 20°C. Obtenido el destilado de la muestra en análisis, se procedió al cálculo del grado alcohólico a través del alcoholímetro, introduciendo el instrumento en una probeta de 100 mL con la muestra, una vez estable el alcoholímetro se procede con la lectura (INACAL, 2019).

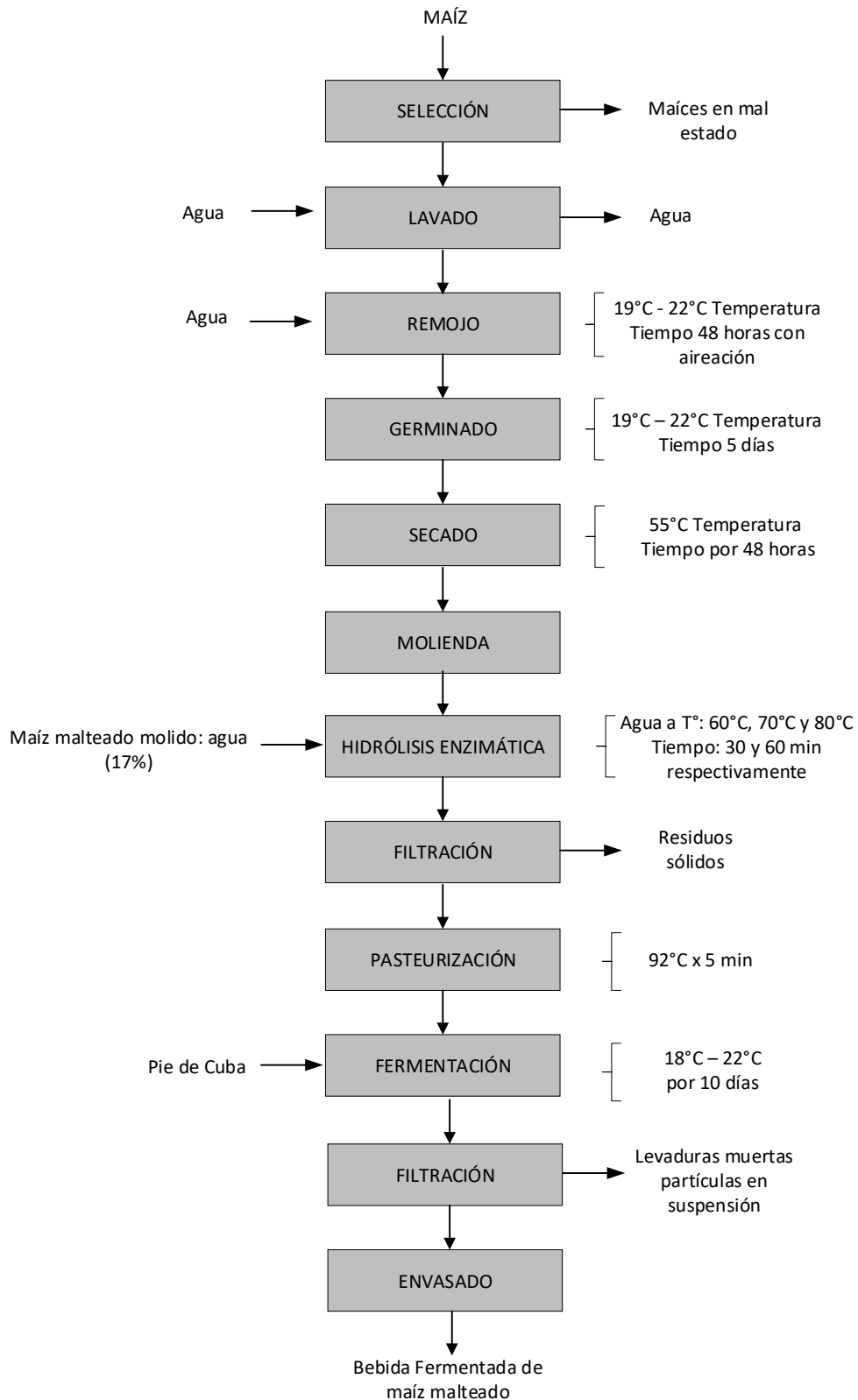
Figura 15

Proceso de destilación de la Bebida Fermentada



Figura 16

Diagrama de flujo de proceso de elaboración de la bebida fermentada de maíz malteado



3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado corresponde al diseño factorial con tres factores, en la tabla 12 se detalla los niveles, donde se obtiene 24 unidades experimentales, que a su vez tienen 2 repeticiones, resultando un total de 48 tratamientos.

Tabla 12

Variables y niveles de la experimentación

Factores	Descripción de Factores	Niveles
A	Variedades de maíz	Morocho Chullpi
		Pillpe Morado
B	Temperatura de hidrólisis (°C)	60
		70
		80
C	Tiempo de hidrólisis (min)	30
		60

En la tabla 13 se detalla los ensayos de experimentación (estos ensayos se realizaron por duplicado) con los respectivos códigos de cada unidad experimental, dónde las letras M (morocho), C (chullpi), P (pillpe) y M (morado) representan las variedades de maíz.

Tabla 13*Diseño experimental para la determinación de Azúcares Reductores*

Tratamiento	Código	Factores		
		Variedad de Maíz	Temperatura °C	Tiempo (min)
1	6030 M1	Morocho	60	30
2	6060 M1	Morocho	60	60
3	7030 M1	Morocho	70	30
4	7060 M1	Morocho	70	60
5	8030 M1	Morocho	80	30
6	8060 M1	Morocho	80	60
7	6030 C1	Chullpi	60	30
8	6060 C1	Chullpi	60	60
9	7030 C1	Chullpi	70	30
10	7060 C1	Chullpi	70	60
11	8030 C1	Chullpi	80	30
12	8060 C1	Chullpi	80	60
13	6030 P1	Pillpe	60	30
14	6060 P1	Pillpe	60	60
15	7030 P1	Pillpe	70	30
16	7060 P1	Pillpe	70	60
17	8030 P1	Pillpe	70	30
18	8060 P1	Pillpe	80	60
19	6030 m1	Morado	60	30
20	6060 m1	Morado	60	60
21	7030 m1	Morado	70	30
22	7060 m1	Morado	70	60
23	8030 m1	Morado	80	30
24	8060 m1	Morado	80	60

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

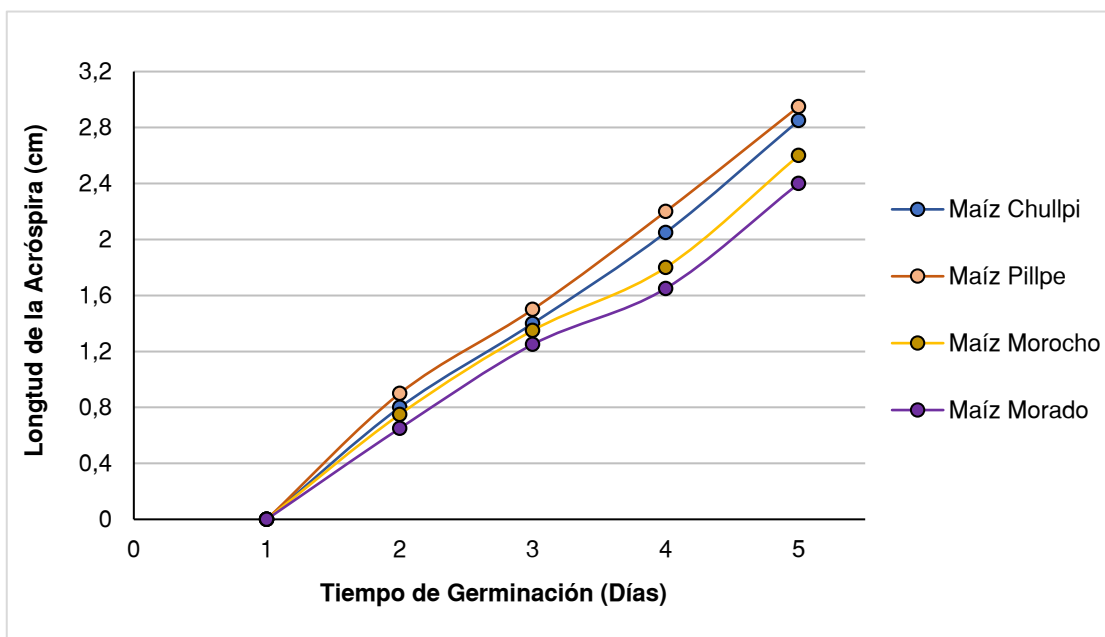
4.1. EVALUACIÓN DEL MALTEADO DE MAÍZ

De acuerdo a lo reportado por Espinoza (2016), el tiempo de germinación de las cuatro variedades fue durante cinco días, previo remojo por 48 horas, la interrupción de la germinación es para que no se consuma completamente la reserva energética del grano (Chacón y Chingal, 2023). En la figura 17 se muestra el crecimiento de la acróspira con respecto a los días, se observa que a medida que pasan los días la longitud de la acróspira también incrementa. Las variedades de maíz chullpi y pillpe fueron las que tuvieron mayores longitudes de la acróspira cerca a los 3cm, en comparación a las variedades de morocho y morado, sin embargo, estas diferencias son mínimas.

Por otro lado, la temperatura de germinación durante los cinco días estuvo en un rango de 19°C a 22°C, Silva-Neta et al. (2015) en su estudio realizado menciona que obtuvieron óptimos resultados de germinación a temperaturas de 20°C y 25°C, lo contrario sucedió al germinar a temperaturas de 10°C y 15°C, lo que significa que a temperaturas mayores se obtienen mejores resultados de germinación, sin embargo es importante recalcar que existen otros factores que influyen en la germinación del grano, Hernández Carapia (2021) menciona que condiciones inadecuadas de almacenamiento, almacenamiento prolongado del grano, disminuyen el índice de germinación, así mismo Meußdoerffer y Zarnkow (2009, citado por Hernández Carapia, 2021), sostienen que tiempos más largos de germinación provocan pérdidas en el rendimiento de la malta, lo que dificulta la conversión del almidón en azúcares fermentables, además de elevar el riesgo de contaminación por hongos.

Figura 17

Resultados de la germinación de las diferentes variedades de maíz



4.2. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DURANTE LA OBTENCIÓN DEL MOSTO DULCE DE MAÍZ MALTEADO

4.2.1. Análisis de densidad de los mostos dulces

En la tabla N° 14, observamos los resultados de la medición de la densidad en los mostos dulces, los valores oscilan desde 1,029 g/mL hasta 1,059 g/mL; el menor valor se obtuvo en la variedad maíz morado, trabajado a una temperatura de hidrólisis de 60°C por 30 minutos, y el mayor valor (1,059 g/mL) se obtuvo en la variedad Pillpe a una temperatura de hidrólisis de 80°C por 60 minutos. Tal como lo indica Hernández Carapia (2021), la densidad se mide teniendo como referencia que la solución está compuesta solo por sacarosa y agua, de acuerdo a los datos que se obtuvieron estas diferencias que existe entre las densidades de las diferentes variedades es debido a la cantidad de azúcares que están presentes en cada mosto, donde a medida que se incrementa la temperatura de hidrólisis, la densidad también se incrementa.

Tabla 14*Densidad de los mostos dulces*

Tratamiento	Tipo de Maíz	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Densidad Promedio (g/mL)
6030 M	Morocho	60	30	1,045 ± 0,001
6060 M	Morocho	60	60	1,050 ± 0,000
7030 M	Morocho	70	30	1,053 ± 0,001
7060 M	Morocho	70	60	1,058 ± 0,000
8030 M	Morocho	80	30	1,055 ± 0,004
8060 M	Morocho	80	60	1,057 ± 0,001
6030 C	Chullpi	60	30	1,041 ± 0,001
6060 C	Chullpi	60	60	1,045 ± 0,001
7030 C	Chullpi	70	30	1,048 ± 0,003
7060 C	Chullpi	70	60	1,048 ± 0,003
8030 C	Chullpi	80	30	1,051 ± 0,001
8060 C	Chullpi	80	60	1,054 ± 0,001
6030 P	Pillpe	60	30	1,045 ± 0,001
6060 P	Pillpe	60	60	1,049 ± 0,001
7030 P	Pillpe	70	30	1,053 ± 0,001
7060 P	Pillpe	70	60	1,056 ± 0,000
8030 P	Pillpe	80	30	1,057 ± 0,001
8060 P	Pillpe	80	60	1,059 ± 0,001
6030 m	Morado	60	30	1,029 ± 0,001
6060 m	Morado	60	60	1,036 ± 0,000
7030 m	Morado	70	30	1,042 ± 0,000
7060 m	Morado	70	60	1,045 ± 0,001
8030 m	Morado	80	30	1,047 ± 0,001
8060 m	Morado	80	60	1,050 ± 0,000

De acuerdo a la tabla de correspondencia de LAFFORT (ANEXO 5) a cada valor de densidad le corresponde un valor de °Brix, azúcares reductores (g/L) y % de alcohol, lo cual se puede observar en la Tabla 15. Al analizar los °Brix a través de la tabla de correspondencia, para el menor valor de densidad obtenido (1,029 g/mL) en la variedad morado trabajado a una temperatura de 60°C por 30 minutos, según la tabla de correspondencia le equivale un valor de 7,4 °Brix, no obstante, se obtuvo un valor

de 7,75 °Brix (ver Tabla 17) asemejándose al que se menciona en la tabla de correspondencia. Kader (2008) afirma que esta diferencia existente entre la densidad y los °Brix es debido a que los °Brix también contienen otros sólidos solubles, como azúcares no reductores, moléculas disueltas, compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y otros, a parte de los azúcares presentes en el mosto dulce. Por otro lado, en relación al contenido de azúcares también tenemos diferentes valores, es decir a un valor de densidad de 1,045 g/ml le corresponde 98,1 g/L teóricamente; sin embargo, los datos prácticos de contenido de azúcares reductores y el % de etanol que se han obtenido son inferiores, por ejemplo para un valor de densidad de 1,045 g/mL se han generado 84,94 g/L de azúcares reductores, siendo menor al correlacionar teóricamente con la tabla de correspondencia (98,1 g/L), de esta manera los valores de azúcares reductores de los mostos dulces obtenidos de los tratamientos de todas las variedades de maíces malteados no se aproximan con los datos de la Tabla de correspondencia de LAFFORT, en ese sentido no es posible realizar una correlación entre las densidades y el contenido de azúcares reductores presentes en los mostos dulces, ya que los valores teóricos en tablas no son los mismos con los datos obtenidos en la práctica.

Tabla 15

Contenido de etanol (%) teórico de la bebida fermentada de maíz malteado

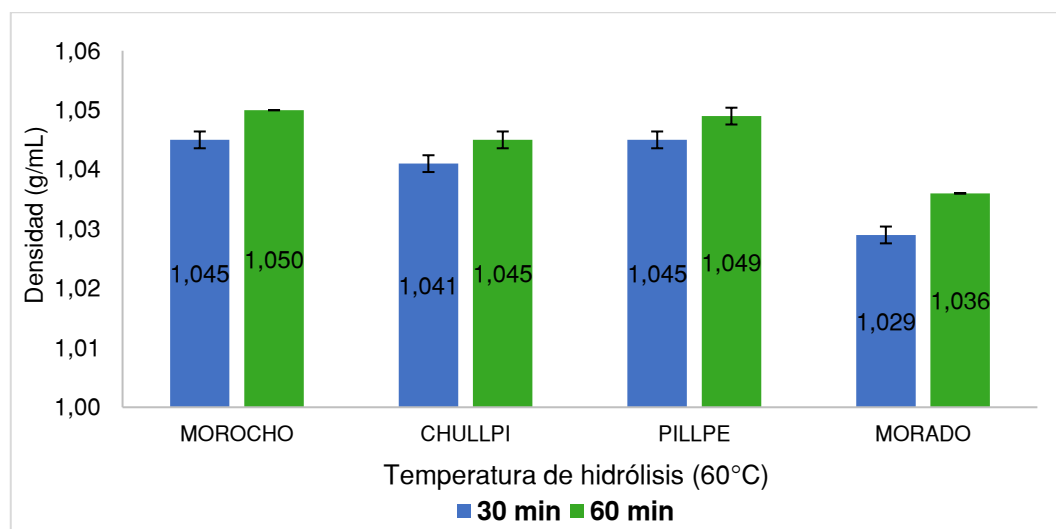
Tratamiento	Densidad (g/mL)	Tabla de LAFFORT		
		°Brix	Azúcares Reductores	Etanol (%)
6030 M	1,045	11,2	98,1	5,83
6060 M	1,050	12,4	111,0	6,60
7030 M	1,053	13,0	117,6	6,99
7060 M	1,058	14,2	131,2	7,79
8030 M	1,055	13,6	123,6	7,34
8060 M	1,057	14,0	129,0	7,66
6030 C	1,041	10,2	87,8	5,22
6060 C	1,045	11,2	98,1	5,83
7030 C	1,048	11,8	104,1	6,18
7060 C	1,048	11,8	104,1	6,18
8030 C	1,051	12,6	113,2	6,73
8060 C	1,054	13,4	121,9	7,24

Tratamiento	Densidad (g/mL)	Tabla de LAFFORT		
		°Brix	Azúcares Reductores	Etanol (%)
6030 P	1,045	11,2	98,1	5,83
6060 P	1,049	12,2	108,4	6,44
7030 P	1,053	13,0	117,6	6,99
7060 P	1,056	13,8	126,3	7,50
8030 P	1,057	14,0	129,0	7,66
8060 P	1,059	14,4	132,8	7,89
6030 m	1,029	7,2	59,5	3,45
6060 m	1,036	9,0	74,5	4,35
7030 m	1,042	10,4	89,6	5,32
7060 m	1,045	11,2	98,1	5,83
8030 m	1,047	11,6	103,3	6,14
8060 m	1,050	12,4	111,0	6,60

De la figura 18 se observa el comportamiento de la densidad de los mostos de las cuatro variedades de maíz malteado, a medida que se incrementa el tiempo de hidrólisis también se incrementa la densidad de los mostos dulces. Por otro lado, también podemos afirmar que las variedades morocho, pillpe y chullpi presentan mayores valores de densidad, con respecto a la variedad del maíz morado, debido a la concentración de sólidos solubles en los mostos dulces.

Figura 18

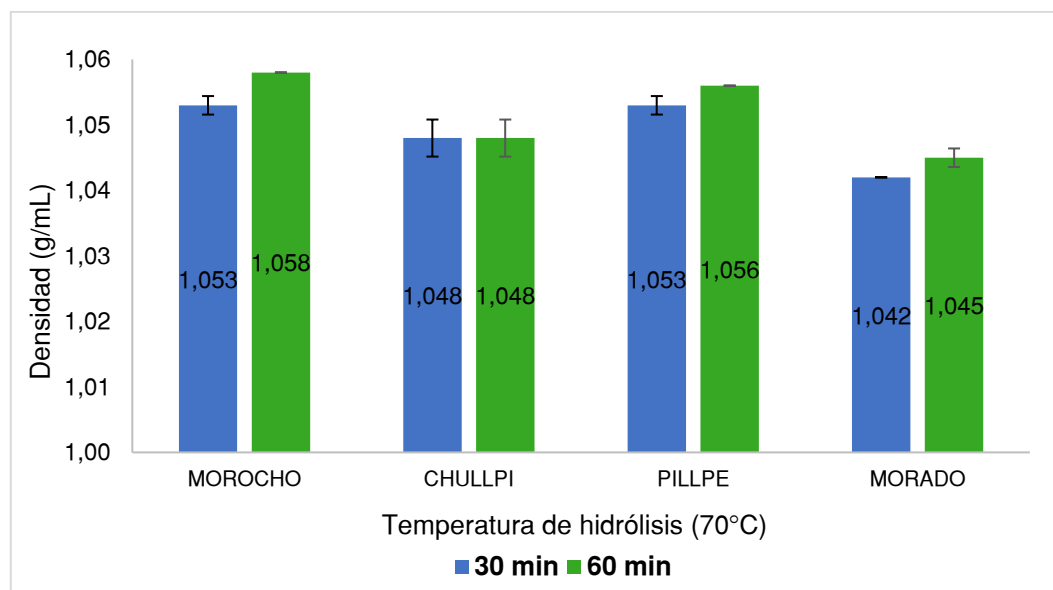
Comportamiento de la densidad (g/mL) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 60°C



El comportamiento de la densidad de los mostos dulces trabajados a una temperatura de 70°C lo observamos en la figura 19, las densidades de los mostos de las variedades morocho y pillpe tiene una mínima diferencia siendo los mostos dulces con mayores valores de densidad, en relación a las densidades de los mostos dulces de las variedades del maíz chullpi y pillpe son las que presentan menores valores, sin embargo, estas diferencias no son considerables.

Figura 19

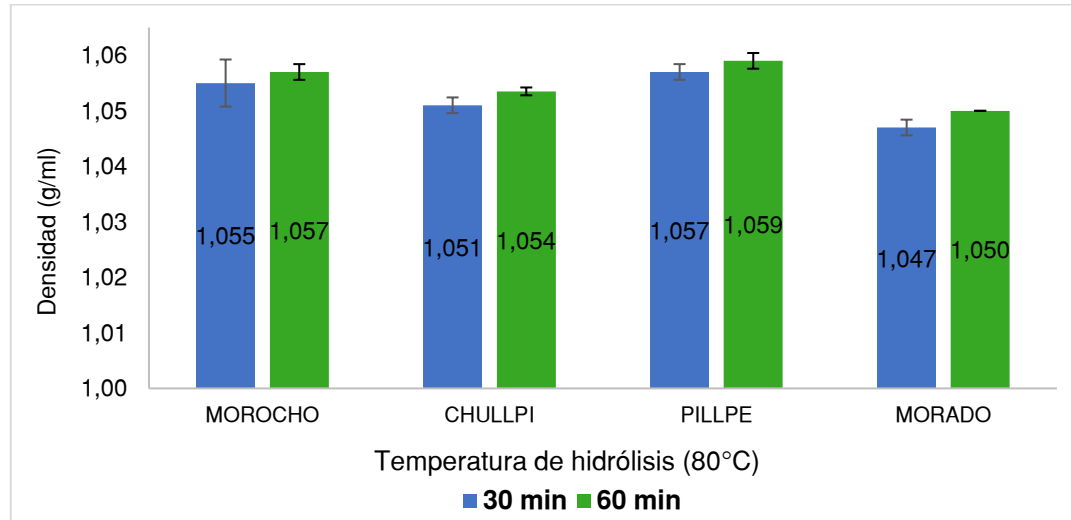
Comportamiento de la densidad (g/mL) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 70°C



En la Figura 20 se puede observar el comportamiento de la densidad de los mostos dulces sometidos a una temperatura de hidrólisis de 80°C, mientras incrementa el tiempo de hidrólisis también incrementa la densidad de los mostos dulces en las cuatro variedades de los maíces malteados.

Figura 20

Comportamiento de la densidad (g/mL) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 80°C



Finalmente, comparando los tres tratamientos podemos afirmar que a medida que se incrementa la temperatura de hidrólisis también se incrementa las densidades de los mostos dulces de las cuatro variedades de maíz malteado.

Por otro lado, en la tabla 16 tenemos el análisis de varianza donde la variedad de maíz, la temperatura y el tiempo influyen de manera significativa en los resultados de densidad ($p < 0,05$). En el diagrama de Pareto (Figura 21) se evidencia que los tres factores influyen estadísticamente.

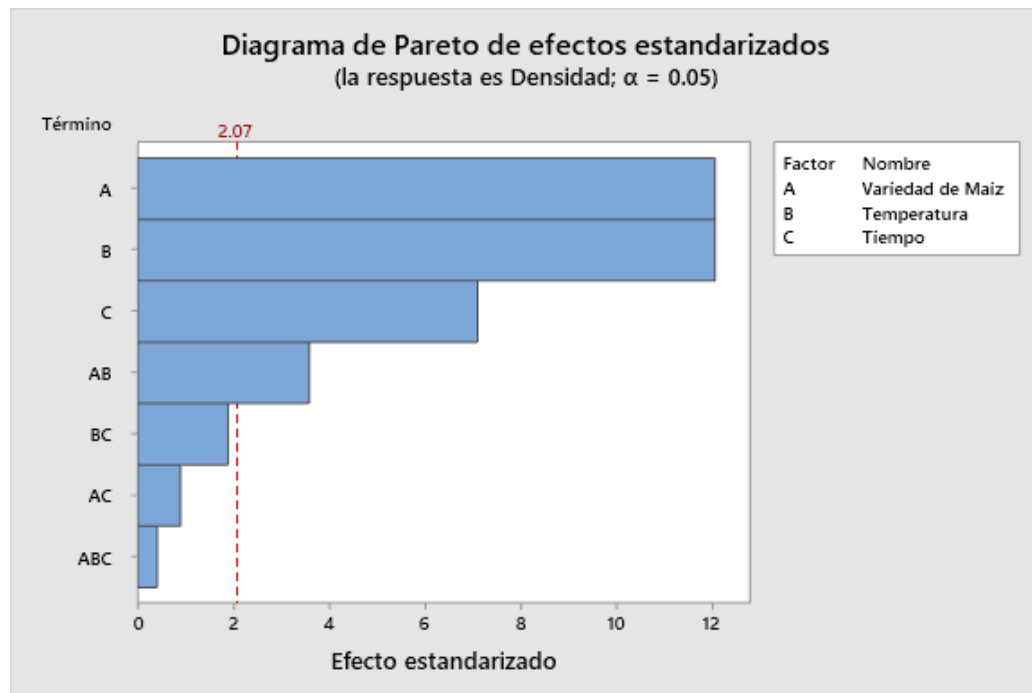
Tabla 16

Análisis de varianza ANOVA de la Densidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	23	0,002407	0,000105	40,19	0,000
Lineal	6	0,002287	0,000381	146,34	0,000
Variedad de Maíz	3	0,001093	0,000364	139,91	0,000
Temperatura	2	0,001057	0,000528	202,90	0,000
Tiempo	1	0,000137	0,000137	52,49	0,000
Interacciones de 2 términos	11	0,000110	0,000010	3,85	0,003
Variedad de Maíz*Temperatura	6	0,000085	0,000014	5,46	0,001
Variedad de Maíz*Tiempo	3	0,000009	0,000003	1,12	0,362
Temperatura*Tiempo	2	0,000016	0,000008	3,10	0,064
Interacciones de 3 términos	6	0,000011	0,000002	0,69	0,663
Variedad de Maíz*Temperatura*Tiempo	6	0,000011	0,000002	0,69	0,663
Error	24	0,000063	0,000003		
Total	47	0,002470			

Figura 21

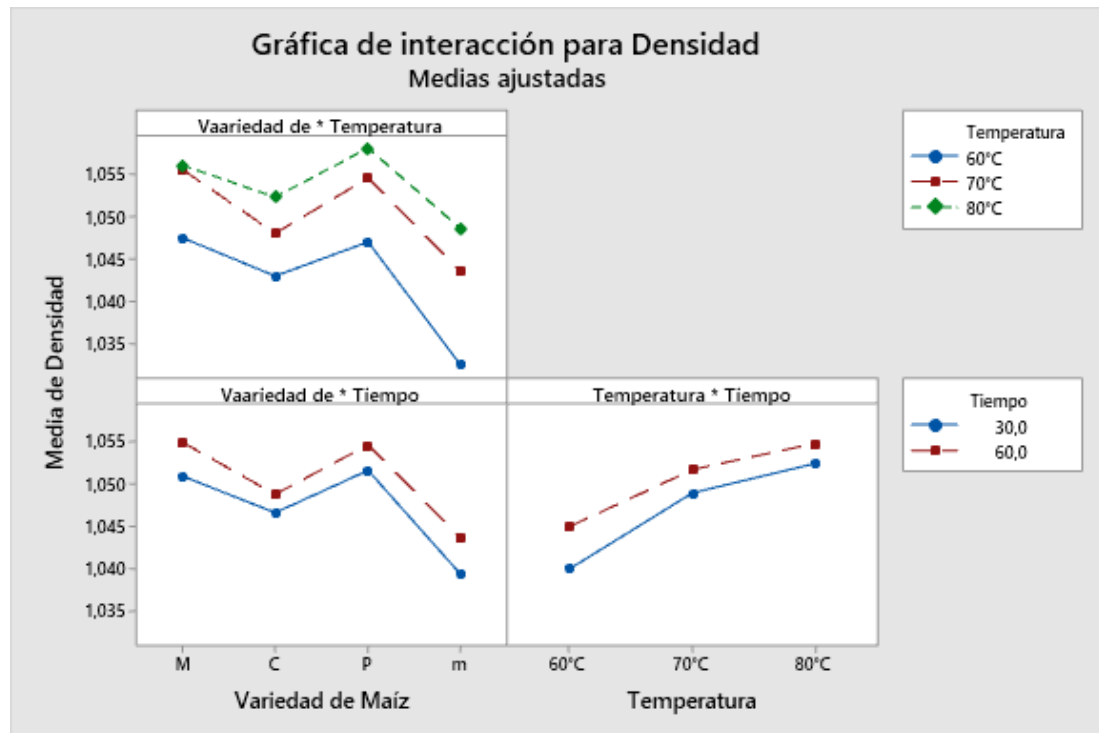
Diagrama de Pareto para la densidad de los mostos dulces



En la figura 22 tenemos la interacción entre los factores variedad de maíz y temperatura, dónde se observa que a una temperatura de hidrólisis de 80°C se obtienen mayores valores de densidad; en la interacción entre la variedad de maíz con respecto al tiempo de hidrólisis tenemos que a tiempos de hidrólisis más extendidos se obtienen también mayores valores de densidad, por otro lado, la interacción entre la temperatura y el tiempo de hidrólisis se contempla que a medida que se incrementa la temperatura también se incrementa la densidad de los mostos trabajando tanto a 30 y a 60 minutos.

Figura 22

Gráfica de interacción para Densidad de los mostos dulces



4.2.2. Análisis de °Brix de los mostos dulces

En la tabla 17 se observa los valores de °Brix, el mayor valor obtenido es de 15,50 °Brix con la variedad Pillpe a una temperatura de hidrólisis de 80°C y a un tiempo de 60 minutos. De los datos obtenidos se presencia el aumento de °Brix mientras la temperatura incrementa y está directamente relacionado con el tiempo al que se somete, esto sucede con todas las variedades de maíz. El mayor valor obtenido de °Brix en la variedad de maíz morado fue de 13 °Brix, trabajando a una temperatura 80°C y a un tiempo de 60 minutos. De acuerdo a Valencia (2015), para la obtención de la bebida a partir del maíz morado germinado, se consiguió llegar a 10° Brix, trabajándose a una temperatura de cocción de 93°C por 1h y 30 min; lográndose obtener mayor contenido de °Brix, al igual que Pacheco Vargas (2010) luego de realizar la maceración por dos horas obtuvo una concentración de 12°Brix a partir de la malta de maíz morocho.

Así mismo, en la Tabla 15 se muestra los valores referenciales de los °Brix de los mostos dulces de las variedades de los maíces malteados; a partir de las densidades obtenidas, se realizó una correlación con la Tabla de correspondencia LAFFORT, dónde para una densidad determinada le corresponde un valor de °Brix, de ello se observa que los valores de °Brix obtenidos son mayores a los °Brix teóricos, sin embargo, presentan una diferencia mínima entre 0,05 hasta 1,5.

Tabla 17

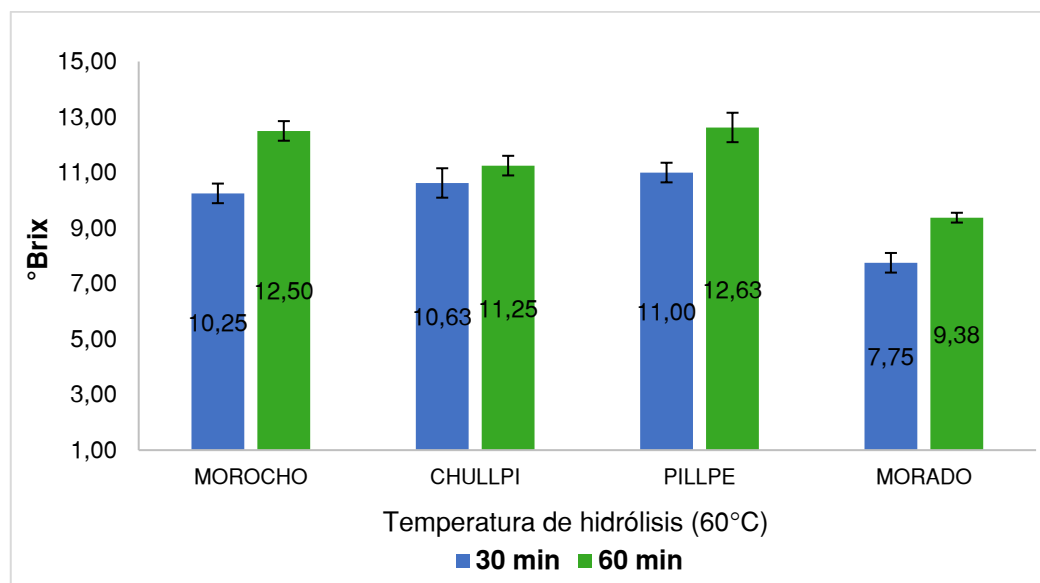
Resultados de °Brix de los mostos dulces

Tratamiento	Variedad de Maíz	Temperatura (C°)	Tiempo (min)	°Brix Promedio
6030 M	Morocho	60	30	10,25 ± 0,35
6060 M	Morocho	60	60	12,50 ± 0,35
7030 M	Morocho	70	30	14,50 ± 0,35
7060 M	Morocho	70	60	14,63 ± 0,18
8030 M	Morocho	80	30	14,75 ± 0,00
8060 M	Morocho	80	60	14,88 ± 0,18
6030 C	Chullpi	60	30	10,63 ± 0,53
6060 C	Chullpi	60	60	11,25 ± 0,35
7030 C	Chullpi	70	30	12,38 ± 0,18
7060 C	Chullpi	70	60	12,63 ± 0,18
8030 C	Chullpi	80	30	13,13 ± 0,18
8060 C	Chullpi	80	60	14,00 ± 0,00
6030 P	Pillpe	60	30	11,00 ± 0,35
6060 P	Pillpe	60	60	12,63 ± 0,53
7030 P	Pillpe	70	30	14,00 ± 0,00
7060 P	Pillpe	70	60	14,63 ± 0,18
8030 P	Pillpe	80	30	15,00 ± 0,00
8060 P	Pillpe	80	60	15,50 ± 0,35
6030 m	Morado	60	30	7,75 ± 0,35
6060 m	Morado	60	60	9,38 ± 0,18
7030 m	Morado	70	30	11,13 ± 0,18
7060 m	Morado	70	60	11,88 ± 0,53
8030 m	Morado	80	30	12,63 ± 0,18
8060 m	Morado	80	60	13,00 ± 0,00

De la Figura 23 tenemos el comportamiento de los °Brix de los mostos dulces de las diferentes variedades de maíz malteado trabajados a una temperatura de hidrólisis de 60°C, dónde se observa el incremento de los °Brix mientras aumenta el tiempo de hidrólisis, así mismo se tiene que los mostos dulces de maíz morado malteado presentan menores valores tanto a un tiempo de hidrólisis de 30 y 60 minutos con respecto a los maíces morocho, chullpi y pillpe malteado.

Figura 23

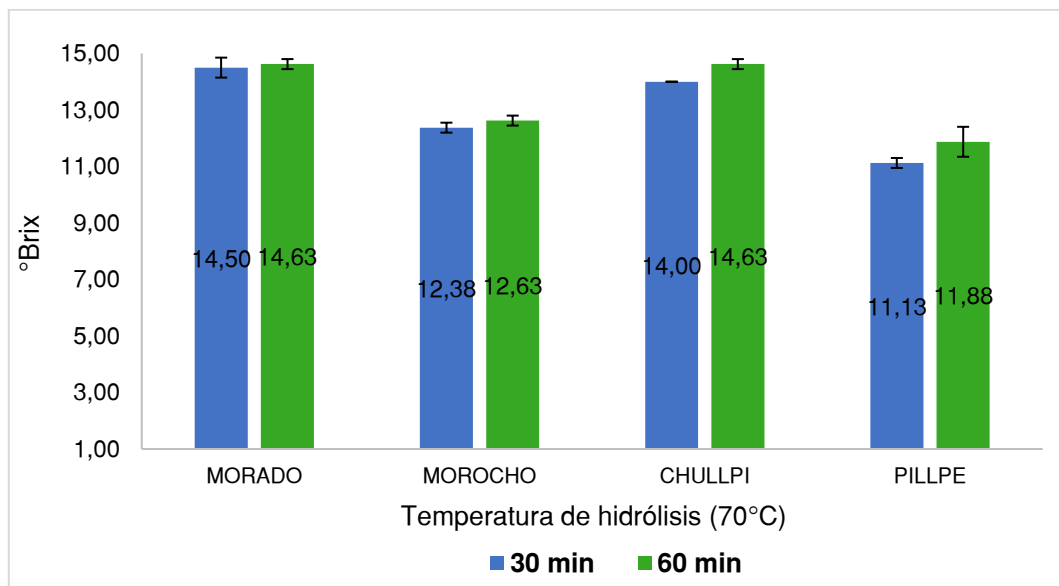
Comportamiento de °Brix en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 60°C



El comportamiento de los °Brix de los mostos dulces sometidos a una temperatura de hidrólisis de 70°C se observa en la figura 24, los mayores valores se obtuvieron en las variedades de maíces malteados morocho y pillpe (14,3 °Brix) en comparación con los °Brix obtenidos de los maíces malteados chullpi y morado fueron menores de 12,63 °Brix hasta 14°Brix.

Figura 24

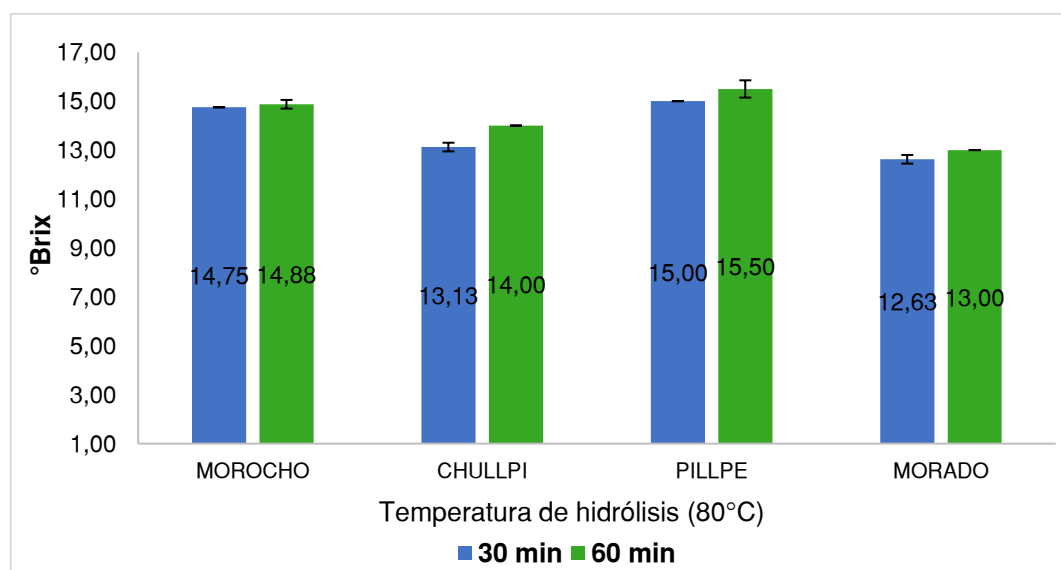
Comportamiento de °Brix en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 70°C



En la Figura 25 tenemos el comportamiento de los °Brix de los mostos dulces de las variedades de las maltas de maíces sometidos a una temperatura de hidrólisis de 80°C, donde se observa que los °Brix del maíz malteado pillpe tuvieron mayores valores, seguidos de los maíces morocho, chullpi y por último morado.

Figura 25

Comportamiento de °Brix en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 80°C



En el análisis de varianza se observa que la variedad de maíz, la temperatura y el tiempo influyen de manera significativa en los resultados de °Brix ($p < 0,05$). En la interacción entre las tres variables (variedad de maíz, temperatura y tiempo) si existe diferencia significativa ya que $p < 0,05$. Esto se refleja en el diagrama de Pareto.

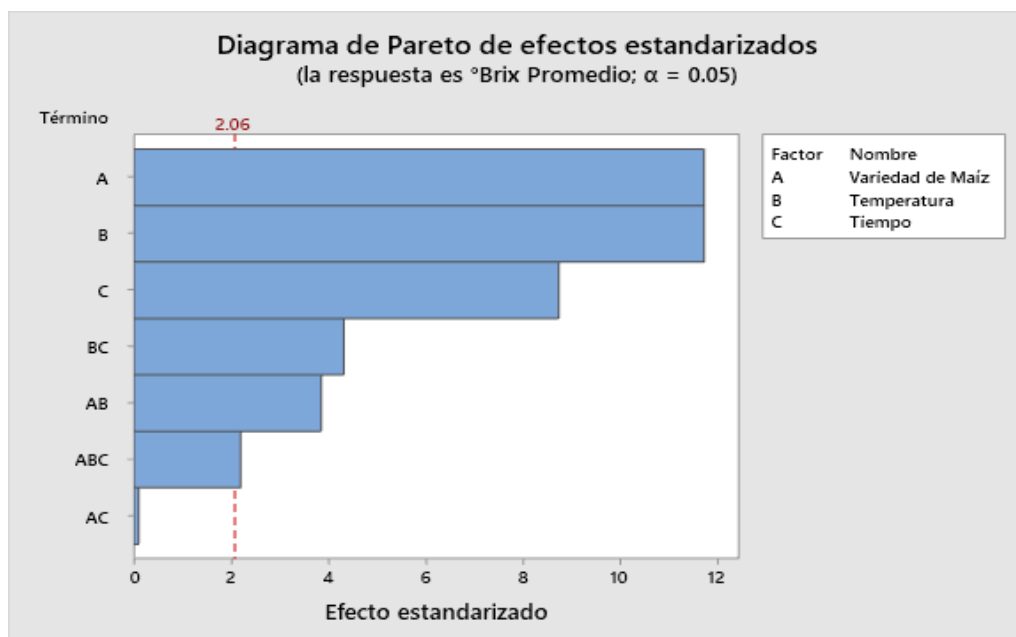
Tabla 18

Análisis de varianza ANOVA de los °Brix

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	23	181,042	7,8714	94,46	0,000
Lineal	6	171,393	28,5655	342,79	0,000
Variedad de Maíz	3	61,625	20,5417	246,50	0,000
Temperatura	2	101,846	50,9232	611,08	0,000
Tiempo	1	7,922	7,9219	95,06	0,000
Interacciones de 3 términos	6	1,690	0,2817	3,38	0,015
Variedad de Maíz*Temperatura*Tiempo	6	1,690	0,2817	3,38	0,015
Error	24	2,000	0,0833		
Total	47	183,042			

Figura 26

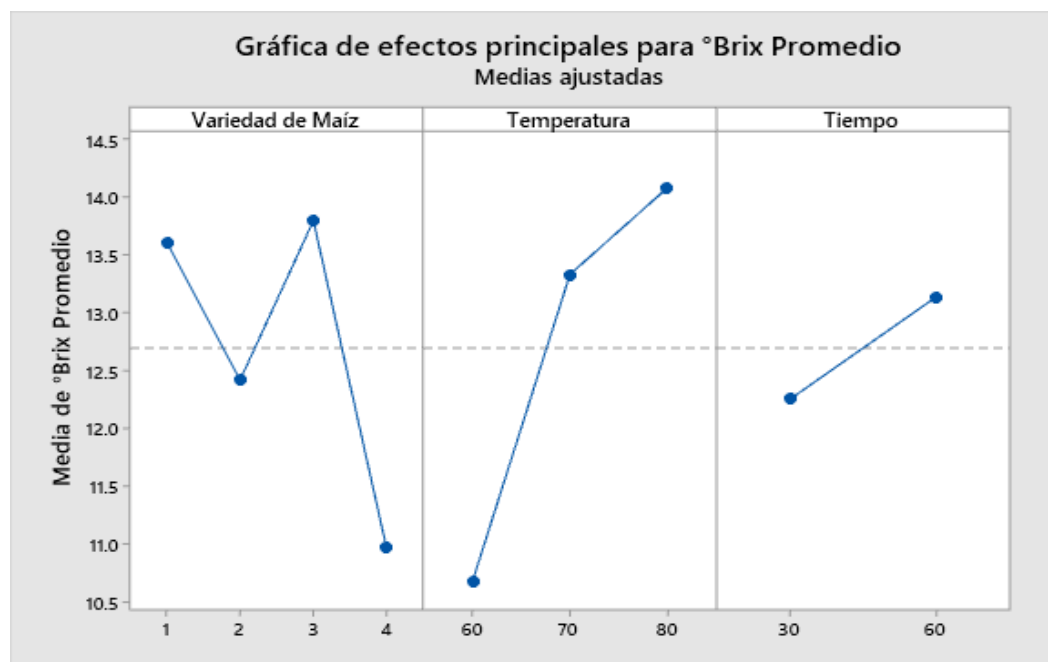
Diagrama de Pareto para °Brix de los mostos dulces



En la gráfica 27 se muestra la media de los °Brix, la variedad de maíz pillpe y morocho representa el mayor valor de °Brix, la variedad de maíz morado tiene el menor valor de °Brix. En relación a la variable de la temperatura de hidrólisis, la temperatura de 80°C es en dónde se obtiene mayor contenido de sólidos solubles en los mostos dulces, y referente a los tiempos de hidrólisis la diferencia es mínima en cuanto al contenido de °Brix.

Figura 27

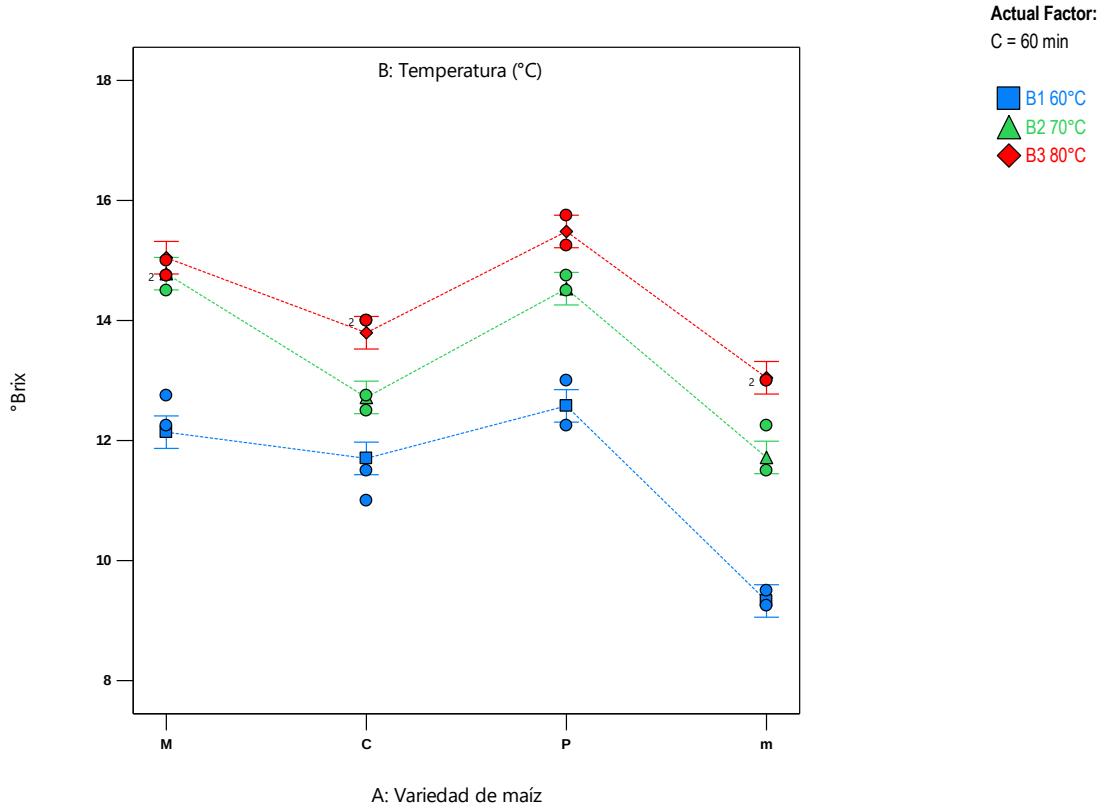
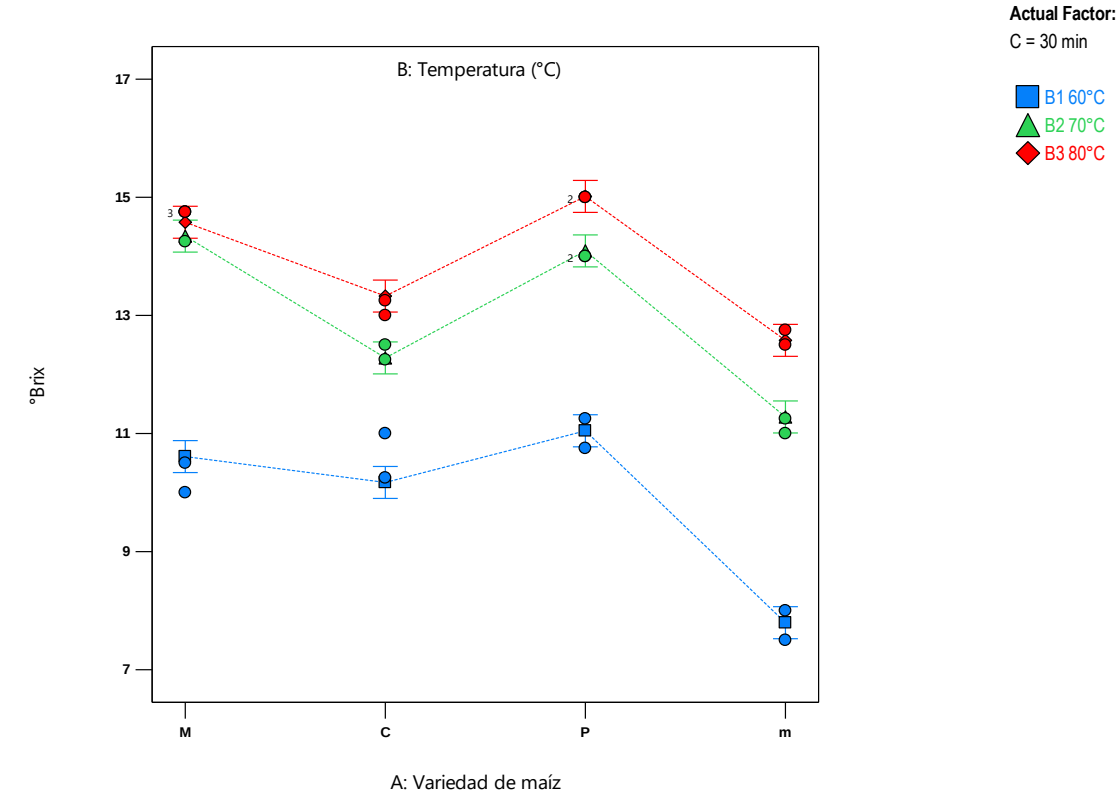
Gráfica de Efectos Principales para °Brix de los mostos dulces



En la figura 28, observamos la interacción entre las variedades de maíz, la temperatura y el tiempo de hidrólisis, se muestra que a temperaturas de 80°C se obtienen mayores valores de °Brix, y a temperaturas de 60°C se obtienen menores valores de °Brix en todas las variedades de maíz malteado, trabajando tanto a tiempos de hidrólisis de 30 (gráfica superior) y 60 minutos (gráfica inferior). Por otro lado, también se tiene que los mostos sometidos a tiempos de 60 minutos tienen mayores valores que los mostos sometidos a 30 minutos.

Figura 28

Gráfica de interacción para °Brix de los mostos dulces



4.2.3. Análisis de azúcares reductores de los mostos dulces

El contenido de azúcares reductores presentes en el mosto dulce de las diferentes variedades de maíces malteados se observa en la tabla 19, dónde las cantidades de azúcares reductores varían desde 52,16 g/L hasta 97,94 g/L, estos datos son superiores a lo señalado por Oña Cundulle (2020) quien indica que una fermentación alcohólica se da correctamente cuando la concentración de los azúcares en el mosto es superior a 20 g/L, siendo así, todos los mostos obtenidos de las diferentes variedades de maíces malteados presentan el mínimo contenido de azúcares para poder iniciar con la fermentación alcohólica.

Tabla 19

Resultados de Azúcares Reductores (g/L) de los mostos dulces

Tratamiento	Tipo de Maíz	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Az. Reductores Promedio (g/L)
6030 M	Morocho	60	30	84,94 ± 4,60
6060 M	Morocho	60	60	89,85 ± 2,30
7030 M	Morocho	70	30	82,18 ± 0,42
7060 M	Morocho	70	60	97,94 ± 0,30
8030 M	Morocho	80	30	69,38 ± 1,63
8060 M	Morocho	80	60	68,00 ± 0,12
6030 C	Chullpi	60	30	75,47 ± 2,32
6060 C	Chullpi	60	60	76,19 ± 2,46
7030 C	Chullpi	70	30	80,90 ± 4,78
7060 C	Chullpi	70	60	81,92 ± 3,91
8030 C	Chullpi	80	30	62,83 ± 5,72
8060 C	Chullpi	80	60	70,81 ± 5,57
6030 P	Pillpe	60	30	73,47 ± 4,60
6060 P	Pillpe	60	60	75,44 ± 2,30
7030 P	Pillpe	70	30	84,55 ± 0,42
7060 P	Pillpe	70	60	92,25 ± 0,30
8030 P	Pillpe	80	30	63,93 ± 1,63
8060 P	Pillpe	80	60	65,77 ± 0,12
6030 m	Morado	60	30	52,16 ± 3,75
6060 m	Morado	60	60	61,40 ± 0,36
7030 m	Morado	70	30	65,08 ± 2,90
7060 m	Morado	70	60	68,89 ± 1,63
8030 m	Morado	80	30	53,35 ± 3,60
8060 m	Morado	80	60	58,84 ± 4,82

La obtención de azúcares reductores a temperaturas de 70°C y a un tiempo de 60 minutos logran conseguir un mayor contenido de azúcares reductores para cada variedad de maíz, siendo el mayor contenido de azúcares en la variedad morocho (97,94 g/L), en el caso de la malta del maíz chullpi el mayor contenido fue de 81,92 g/L, en la malta de pillpe (92,25 g/L) y por último en la malta de maíz morado se obtuvieron 68,89 g/L de azúcares reductores, estos contenidos de azúcares reductores comparados con los que obtuvo Pino et al (2018) son inferiores, debido a que se utilizaron enzimas que ayudaron a mejorar la extracción de azúcares en el mosto, lo que permitió obtener 153.18 g/L (mín) y 168.60 g/L (máx.) con maltas de cebada y sorgo trabajando a una temperatura 69°C - 72°C por 30 min. Así mismo, Hernández (2021) obtuvo las siguientes cantidades de azúcares reductores a partir de malta de maíz: 114.5, 139.40 Y 117.10 (g/L), trabajando a temperaturas escalonadas desde 40°C hasta 70°C y a tiempos escalonados por ello se encontró mayores contenidos de azúcares reductores, estos datos difieren con los que se obtuvieron ya que fueron trabajados a diferentes escalas de temperatura y de tiempo, además el método para la determinación de azúcares reductores no fueron los mismos.

Por otro lado, el contenido de azúcares reductores en los mostos trabajados a temperaturas de 60°C varía desde 52,16 g/L (maíz morado) hasta 89,85 g/L (maíz morocho), estos resultados se acercan a los resultados obtenidos por Rivera et al. (2022) donde alcanzaron 76.9 g/L de azúcares reductores a partir de malta de cebada, trabajados a la misma temperatura por 5 horas, Lo contrario sucede trabajando a temperaturas de 80°C, donde se obtienen menores cantidades de azúcares reductores, lo que significa que los mostos sometidos a temperaturas a partir de 80°C no son adecuados para el correcto trabajo de las enzimas amilasas.

Hough (1990) reporta la producción de azúcares reductores a partir de malta de cebada, donde lo mínimo extraído es de 11 g/L y lo máximo de 112 g/L en un tiempo desde 0 minutos hasta 150 minutos, las concentraciones obtenidas en la investigación se encuentran dentro del rango de las concentraciones de azúcares reductores reportados por Hough.

Otro aspecto a analizar en la Tabla 19 es la comparación entre el contenido de azúcares reductores obtenidos de los diferentes maíces malteados con los azúcares reductores obtenidos por tablas (ver Tabla 15), se observa que los valores de

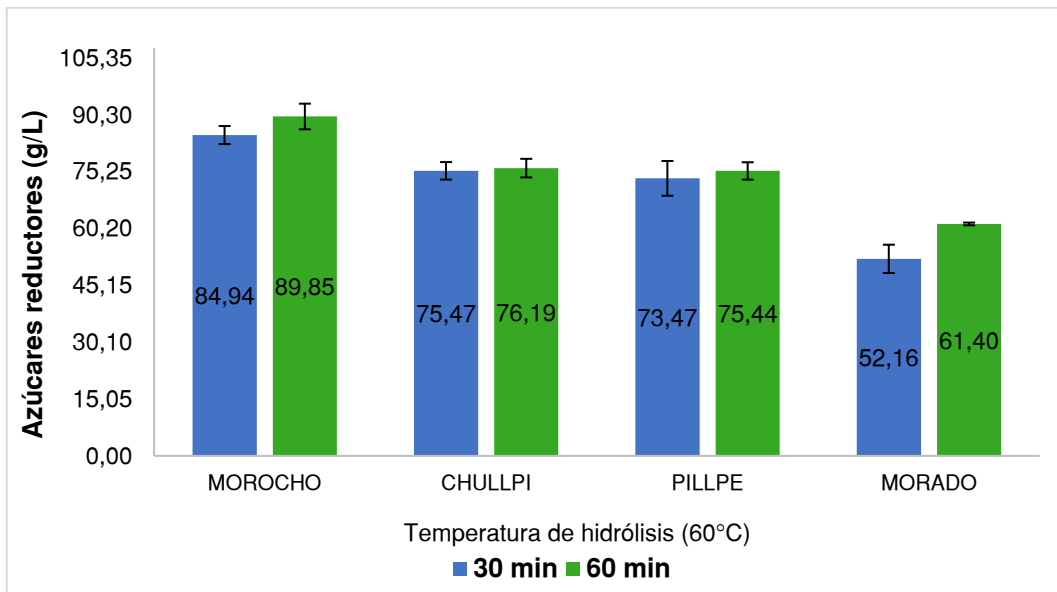
azúcares reductores obtenidos en la práctica difieren de los valores referenciales por tablas, debido a que estos datos teóricos de los azúcares reductores responden a la correspondencia de las densidades obtenidas (ver Tabla 15), ya que a medida que se incrementa la temperatura de hidrólisis también se incrementa las densidades de los mostos, es por ello que en la Tabla de correspondencia de LAFFORT (ANEXO 5) se observa que la densidad es directamente proporcional a la cantidad de azúcares reductores.

Los valores prácticos de los azúcares reductores trabajados a temperatura de hidrólisis de 60°C y 70°C incrementan, sin embargo, a temperaturas de 80°C tienden a disminuir en todos los mostos dulces, significando que no existe una correlación entre las densidades, el contenido de azúcares reductores y los °Brix en los mostos, ya que se encuentran otros sólidos solubles en los mostos que interfieren en la lectura y nos dan datos de densidad y °Brix incorrectos que no guardan relación con los azúcares reductores obtenidos, existiendo la posibilidad de la presencia de otros componentes como proteínas que interfieren en la lectura; es por ello que se realizó una evaluación del contenido de proteínas en la variedad del maíz pillpe malteado, encontrándose 9 g/L de proteína presentes en el mosto dulce luego de ser sometido a una temperatura de hidrólisis de 70°C por 30 minutos, Lopez Alvarado (2019) evaluó el contenido de proteínas solubles en los mostos de cebadas malteras donde reportó valores de 400 hasta 700 mg/L, siendo inferiores a lo obtenido en los mostos del maíz pillpe malteado, lo que probablemente estaría interfiriendo en la lectura de los °Brix, densidades y azúcares reductores.

Por otro lado, en la figura 29, tenemos el comportamiento de los Azúcares Reductores (g/L) trabajados a una temperatura de hidrólisis de 60°C, donde se obtuvo mayor contenido de azúcares reductores en la variedad de maíz morocho malteado (89,85 g/L), seguidos de los maíces chullpi (76,19 g/L), pillpe (75,44 g/L) y por último tenemos al maíz morado con 61,40 g/L. También de la figura podemos afirmar que a medida que se incrementa el tiempo de hidrólisis de 30 a 60 minutos, también se aumenta el contenido de azúcares reductores en los mostos dulces de todas las variedades, sin embargo, este incremento no es a gran escala.

Figura 29

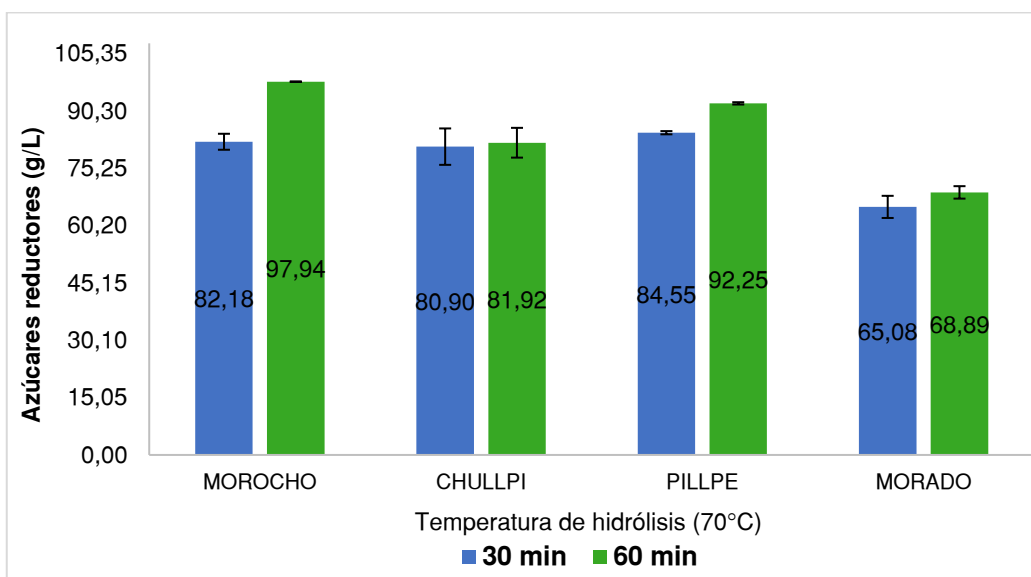
Comportamiento de los Azúcares Reductores (g/L) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 60°C



De la Figura 30 se contempla que el mayor contenido de azúcares reductores es en el maíz morocho (97/94 g/L) producidos a una temperatura de hidrólisis de 70°C, y como menor contenido de azúcares reductores se tiene en el maíz morado con 65,08 g/L. Así mismo se tiene que a medida que se incrementa el tiempo de hidrólisis también se incrementa el contenido de azúcares reductores en los mostos dulces.

Figura 30

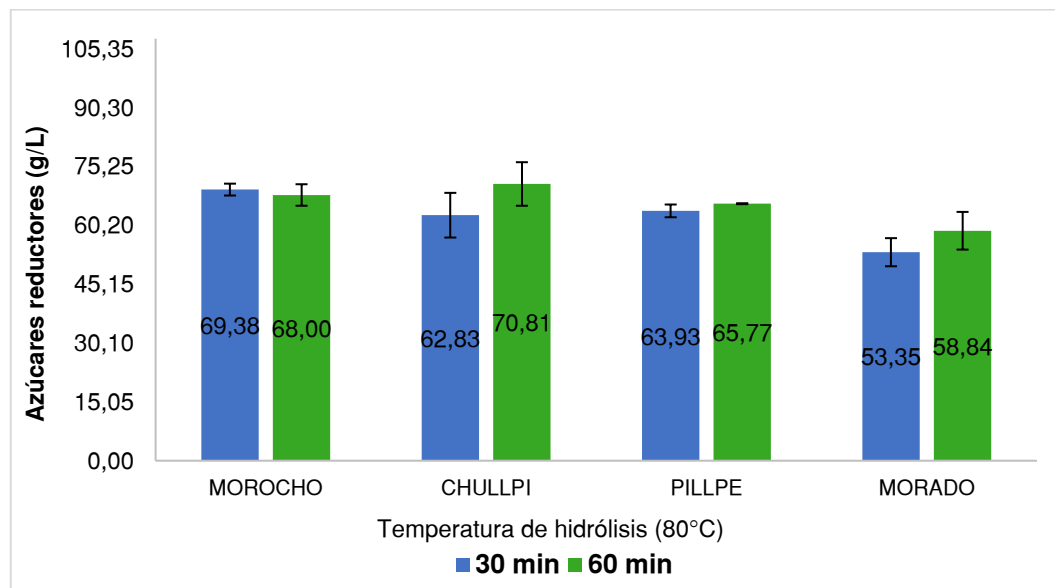
Comportamiento de los Azúcares Reductores (g/L) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 70°C



El contenido de los azúcares reductores presentes en los mostos dulces trabajados a una temperatura de 80°C se muestra en la figura 31, donde las diferencias entre los contenidos de azúcares reductores en todos los mostos se van acortando. El contenido de azúcares reductores va desde 53,35 g/L hasta 70,81 g/L, obtenido en el maíz morado y maíz chullpi, respectivamente.

Figura 31

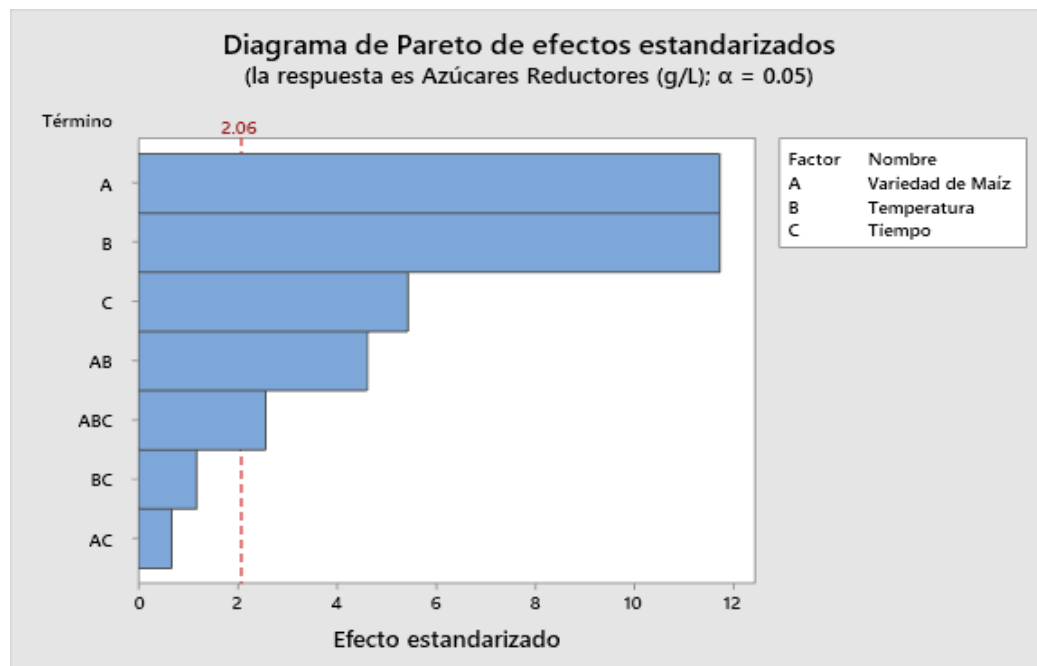
Comportamiento de los Azúcares Reductores (g/L) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 80°C



La Tabla 20 muestra el análisis de varianza donde se evidencia que la variedad de maíz, la temperatura y el tiempo influyen de manera significativa en los resultados de Azúcares Reductores ($p < 0,05$), al igual que la interacción entre las tres variables (variedad de maíz, temperatura y tiempo) ya que $p < 0,05$. Esto se refleja en el diagrama de Pareto (Figura 32), evidenciando que los tres factores influyen estadísticamente sobre el contenido de azúcares reductores.

Tabla 20*Análisis de varianza ANOVA de los Azúcares Reductores (g/L)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	23	6632,36	288,36	29,35	0,000
Lineal	6	5931,96	988,66	100,64	0,000
Variedad de Maíz	3	3157,97	1052,66	107,16	0,000
Temperatura	2	2483,22	1241,61	126,39	0,000
Tiempo	1	290,77	290,77	29,60	0,000
Interacciones de 3 términos	6	193,32	32,22	3,28	0,017
Variedad de Maíz*Temperatura*Tiempo	6	193,32	32,22	3,28	0,017
Error	24	235,76	9,82		
Total	47	6868,12			

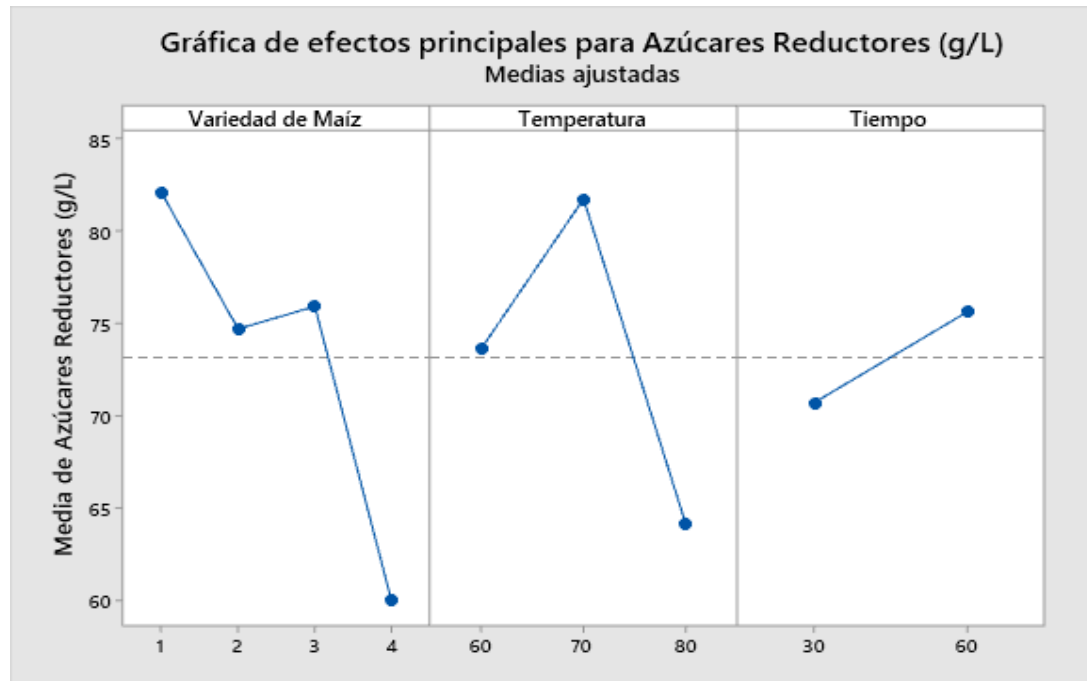
Figura 32*Diagrama de Pareto para Azúcares Reductores (g/L) de los mostos dulces*

En la gráfica 33 se muestra la media del contenido de azúcares reductores, donde se observa que la variedad de maíz morocho tiene mayor cantidad de azúcares reductores, la variedad chullpi y pillpe tienen una diferencia mínima, sin embargo, la variedad de maíz morado tiene el contenido de azúcares reductores más bajo. Analizando la variable de la temperatura, la temperatura de 70°C es la óptima para

obtener mayor contenido de azúcares reductores, y referente a los tiempos la diferencia es mínima en cuanto a la obtención de azúcares reductores.

Figura 33

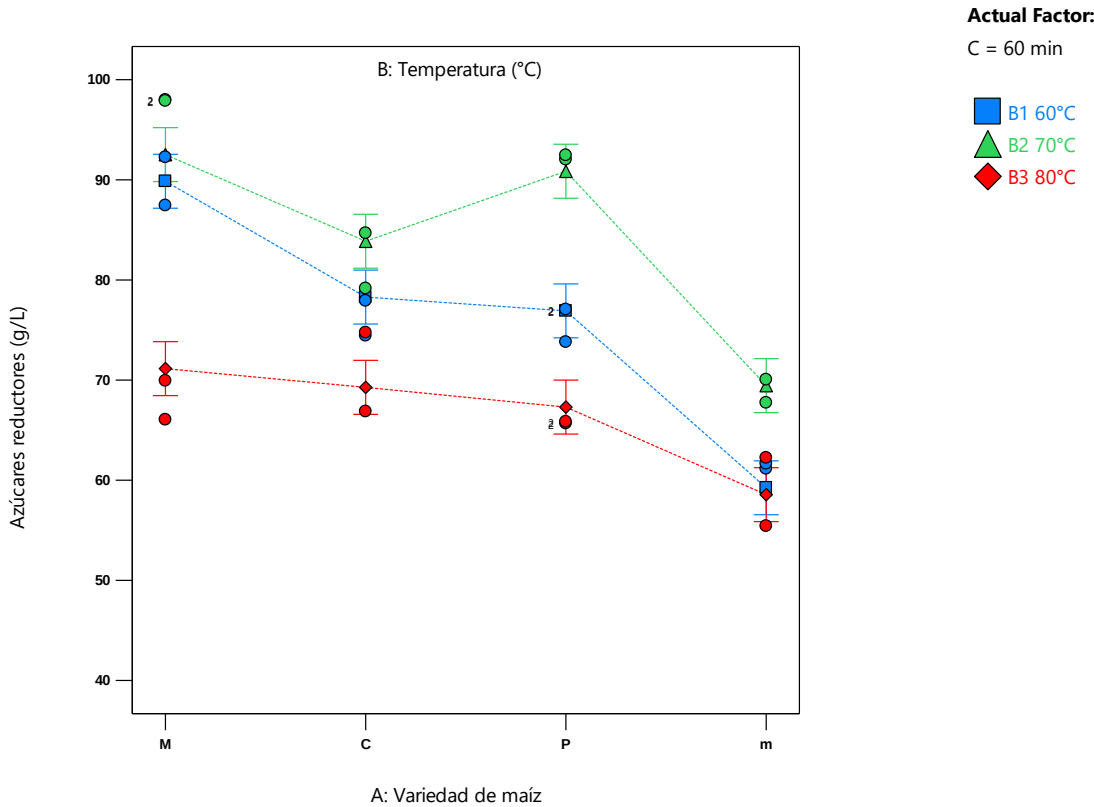
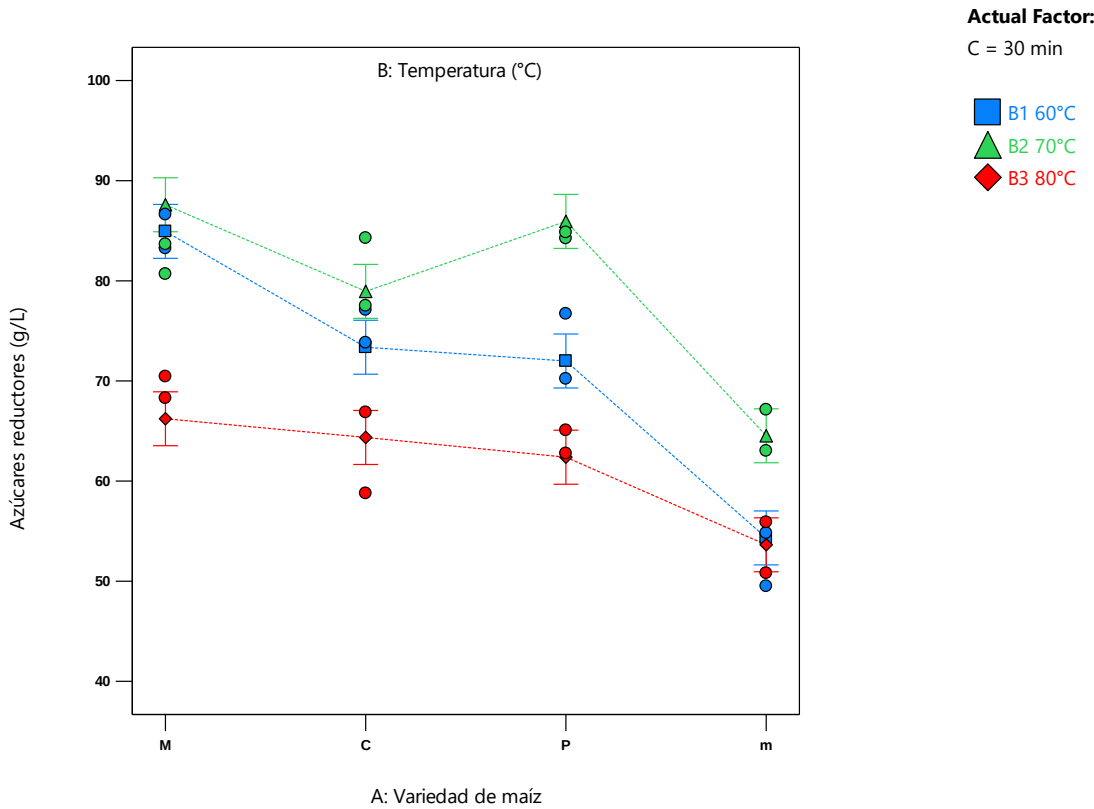
Gráfica de Efectos Principales para Azúcares Reductores (g/L) de los mostos dulce



Así mismo tenemos la figura 34, donde se aprecia en la gráfica superior las interacciones entre los factores, se rescata que a una temperatura de hidrólisis 70°C se obtienen mayores contenidos de azúcares reductores y a un tiempo de 30 minutos, siendo la variedad morocho con contenido mayor de azúcares reductores, y en la variedad morado se tiene menores contenidos de azúcares reductores. En relación a los mostos sometidos a un tiempo de hidrólisis de 60 minutos (gráfica inferior) se observa que se tiene mayores contenidos de azúcares reductores con relación a los mostos sometidos a 30 minutos.

Figura 34

Gráfica de interacción para Azúcares Reductores (g/L) de los mostos dulces



4.2.4. Análisis de pH de los mostos dulces

En la tabla N° 21 observamos los resultados de pH en los mostos dulces de las diversas variedades de maíces, los valores promedios de pH oscilan desde 5,45 hasta 5,72; estos valores obtenidos concuerdan con lo mencionado por Bamforth (2008), donde manifiesta que el pH óptimo al inicio del proceso de macerado de mostos a partir de la malta cebada es de 5,2-5,4 y finaliza con un pH de 5,5-5,8. Al igual que Sutton (citado por Mucha y Sedano, 2022) y López (2019), cita a Greenwood y MacGregor (1965) afirman que el pH óptimo donde las amilasas tienen una excelente actividad amilácea es de 5,5.

Tabla 21

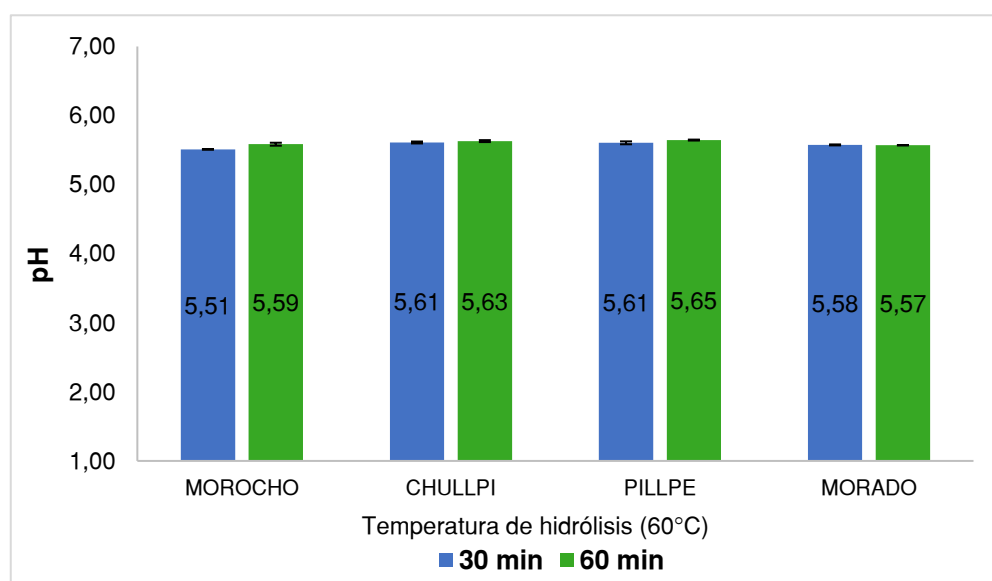
pH de los mostos dulces

Tratamiento	Tipo de Maíz	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	pH Promedio
6030 M	Morocho	60	30	5,51 ± 0,00
6060 M	Morocho	60	60	5,59 ± 0,02
7030 M	Morocho	70	30	5,57 ± 0,04
7060 M	Morocho	70	60	5,56 ± 0,03
8030 M	Morocho	80	30	5,55 ± 0,01
8060 M	Morocho	80	60	5,59 ± 0,01
6030 C	Chullpi	60	30	5,61 ± 0,01
6060 C	Chullpi	60	60	5,63 ± 0,01
7030 C	Chullpi	70	30	5,62 ± 0,03
7060 C	Chullpi	70	60	5,61 ± 0,00
8030 C	Chullpi	80	30	5,61 ± 0,01
8060 C	Chullpi	80	60	5,64 ± 0,01
6030 P	Pillpe	60	30	5,61 ± 0,02
6060 P	Pillpe	60	60	5,65 ± 0,01
7030 P	Pillpe	70	30	5,62 ± 0,02
7060 P	Pillpe	70	60	5,70 ± 0,00
8030 P	Pillpe	80	30	5,72 ± 0,01
8060 P	Pillpe	80	60	5,69 ± 0,05
6030 m	Morado	60	30	5,58 ± 0,01
6060 m	Morado	60	60	5,57 ± 0,00
7030 m	Morado	70	30	5,49 ± 0,01
7060 m	Morado	70	60	5,50 ± 0,04
8030 m	Morado	80	30	5,45 ± 0,00
8060 m	Morado	80	60	5,47 ± 0,01

En la Figura 35 se muestra el comportamiento del pH en los mostos dulces de las cuatro variedades de maíz malteado, sometidos a una temperatura de 60°C, donde se observa que a medida que se incrementa el tiempo de hidrólisis de 30 minutos a 60 minutos existe un ligero aumento en los valores de pH en todos los mostos dulces, sin embargo, este aumento de pH tiene una diferencia de 0,01 hasta 0,08. En cuanto a los pH obtenidos por variedad de maíz malteado la gráfica nos muestra mínimas diferencias entre cada variedad.

Figura 35

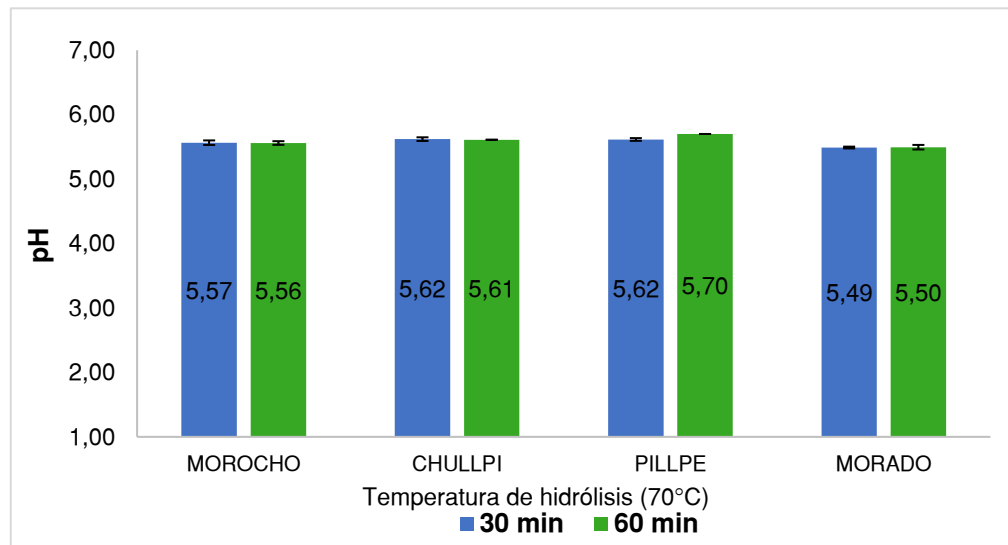
Comportamiento del pH en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 60°C



Los valores de pH en los mostos dulces de cada variedad de maíz malteado trabajados a una temperatura de hidrólisis de 70°C se muestran en la Figura 36, a medida que se incrementa el tiempo de hidrólisis de 30 minutos a 60 minutos existe mínimas diferencias entre los valores de pH. En cuanto a los pH obtenidos por variedad de maíz malteado la gráfica nos muestra mínimas diferencias entre cada variedad.

Figura 36

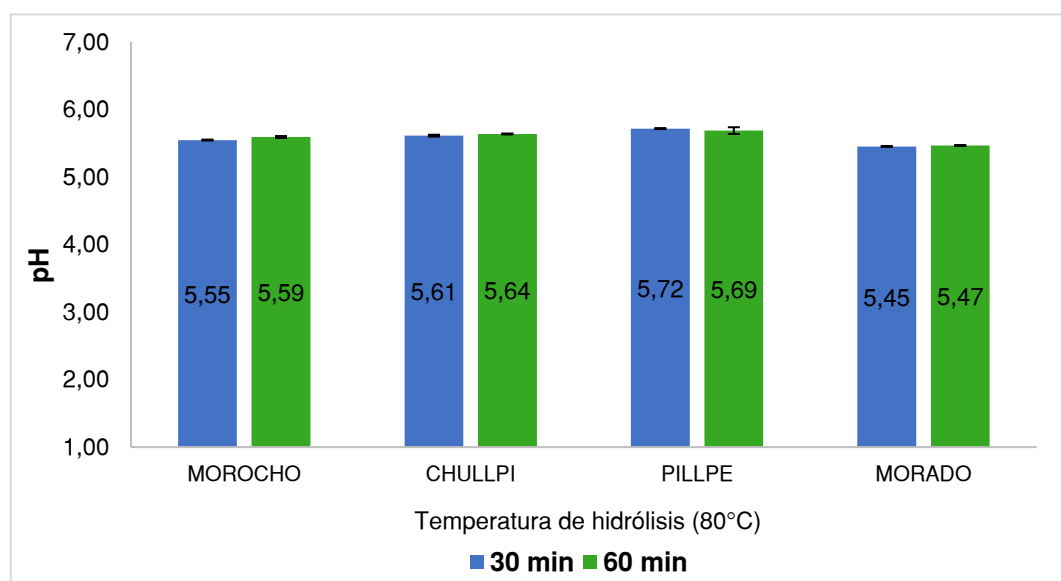
Comportamiento del pH en los mostos dulces a temperatura de hidrólisis de 70°C



Los valores de pH en los mostos dulces de cada variedad de maíz malteado trabajados a una temperatura de hidrólisis de 80°C se muestran en la Figura 37, a medida que se incrementa el tiempo de hidrólisis de 30 minutos a 60 minutos, también se incrementa los valores de pH de cada variedad de maíz malteado, en las variedades de malta de los maíces morocho, chullpi y morado se ve un ligero incremento por cada tiempo de hidrólisis de 30 minutos a 60 minutos, en la variedad pillpe sucede lo contrario sin embargo esta variación es mínima.

Figura 37

Comportamiento del pH en los mostos dulces a temperatura de hidrólisis de 80°C



En la Tabla 22 observamos el análisis de varianza realizada donde los factores de variedad de maíz y el tiempo influyen de manera significativa en los resultados de pH ($p < 0,05$). En la figura 38 se muestra el diagrama de Pareto, donde también se corrobora que los factores variedad de maíz y tiempo de hidrólisis influyen estadísticamente.

Tabla 22

Análisis de varianza ANOVA de pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	23	0,221867	0,009646	25,16	0,000
Lineal	6	0,169304	0,028217	73,61	0,000
Variedad de Maíz	3	0,162967	0,054322	141,71	0,000
Temperatura	2	0,000704	0,000352	0,92	0,413
Tiempo	1	0,005633	0,005633	14,70	0,001
Interacciones de 3 términos	6	0,010146	0,001691	4,41	0,004
Variedad de	6	0,010146	0,001691	4,41	0,004
Maíz*Temperatura*Tiempo					
Error	24	0,009200	0,000383		
Total	47	0,231067			

Figura 38

Diagrama de Pareto para el pH de los mostos dulces

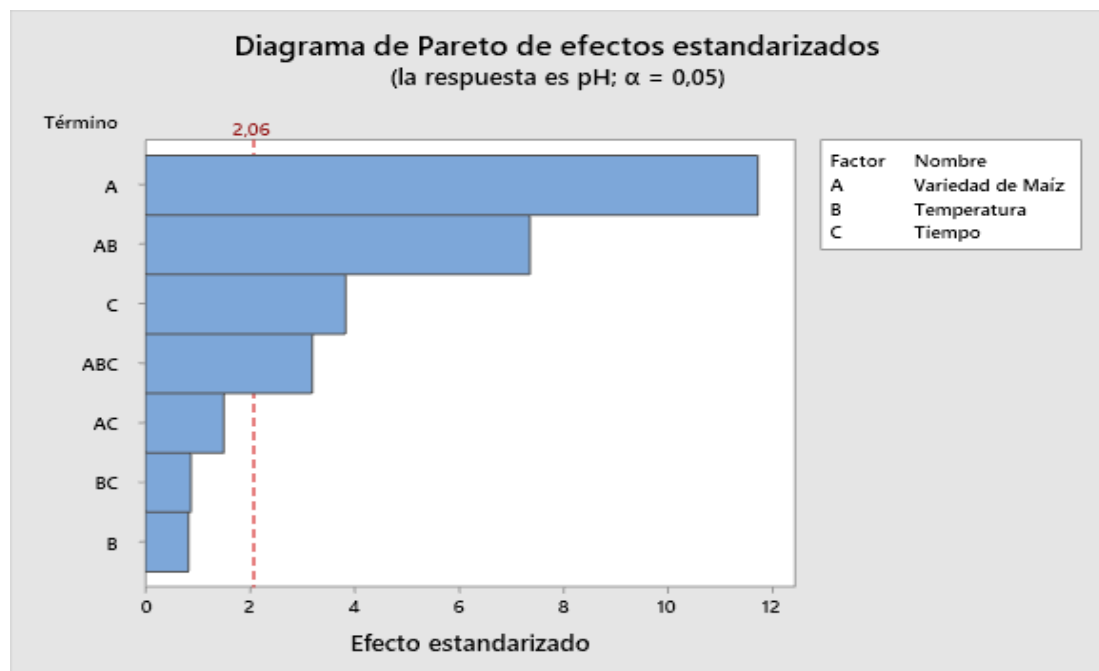
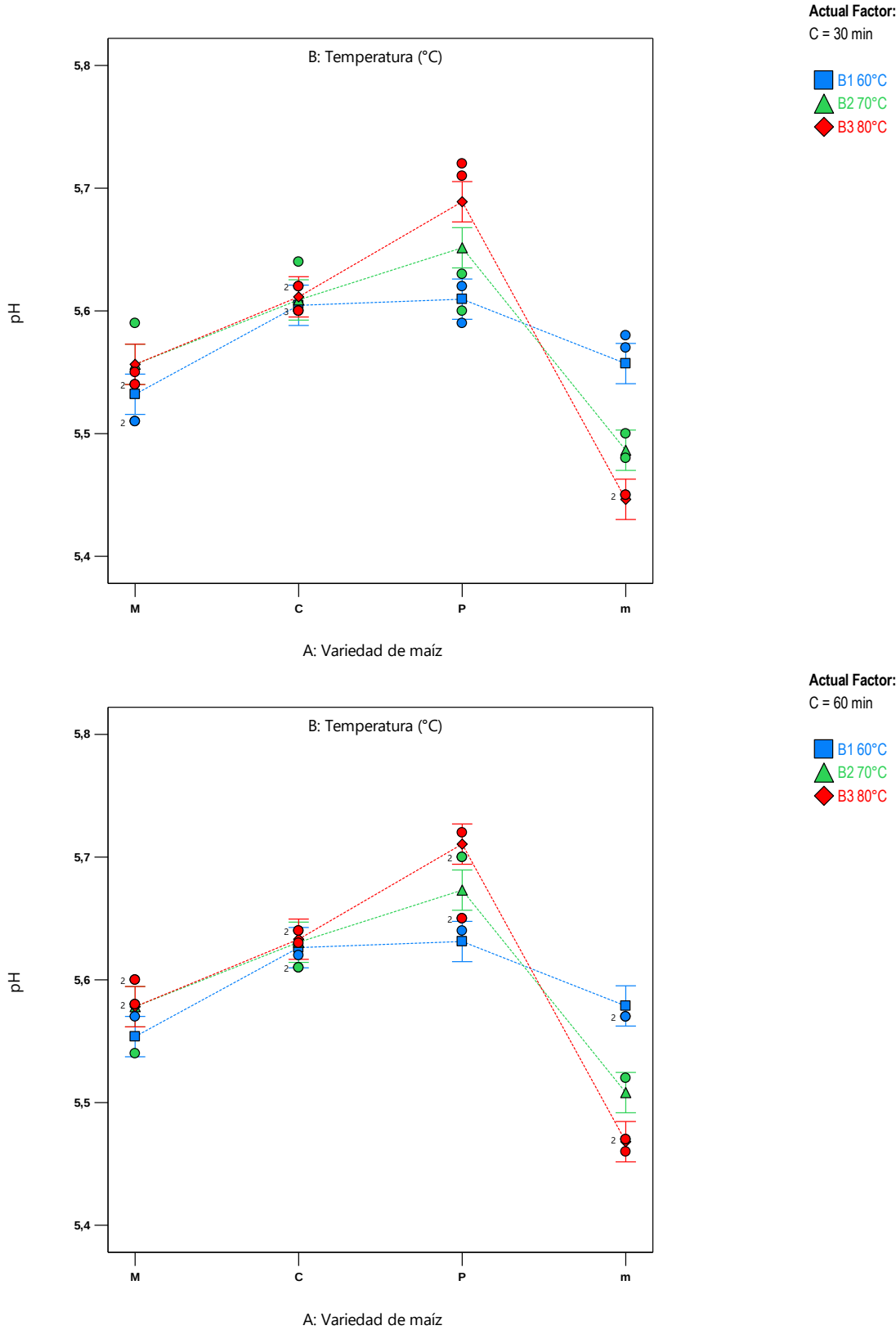


Figura 39

Gráfica de interacción de factores para pH de los mostos dulces



La interacción entre los factores se tiene en la figura 39, donde se observa en la parte superior la gráfica de interacción entre los factores a un tiempo de hidrólisis de 30 minutos, donde los mayores valores de pH se encuentran en los mostos de la variedad pillpe sometidos a temperaturas de hidrólisis de 60°C, 70°C y 80°C; y los menores valores tenemos en los mostos de la variedad morado.

Así mismo, tenemos en la parte inferior otra gráfica donde los mostos fueron sometidos a un tiempo de hidrólisis de 60 minutos, los mostos de la variedad pillpe presentan valores altos de pH trabajados a una temperatura de hidrólisis de 60, 70 y 80°C, caso contrario sucede con los mostos de la variedad pillpe, que registran valores bajos de pH.

4.2.5. Análisis de acidez total de los mostos dulces

Los resultados de acidez total se muestran en la tabla 23, se deduce que a medida que se incrementa el tiempo, la acidez total de las diferentes muestras también se incrementan, sin embargo, este incremento es ínfimo, entre los intervalos de tiempo de 30 minutos a 60 minutos. Por otro lado, los contenidos más altos de acidez se encontraron en la variedad de maíz morocho que va desde 0,1650 hasta 0,3750.

Tabla 23

Acidez Total (%) de los mostos dulces

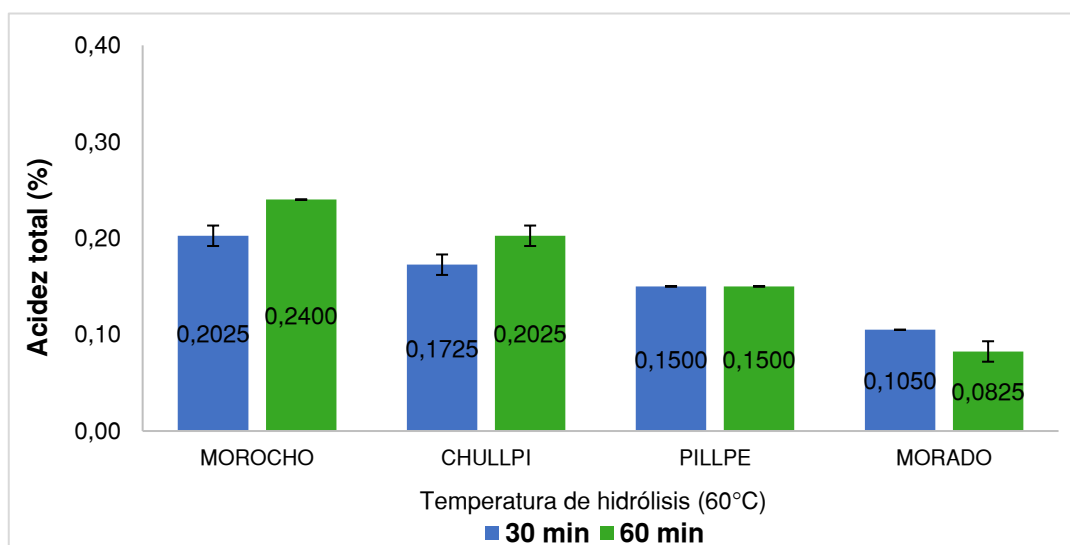
Tratamiento	Tipo de Maíz	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Acidez Total (%) Promedio
6030 M	Morocho	60	30	0,2025 ± 0,0106
6060 M	Morocho	60	60	0,2400 ± 0,0000
7030 M	Morocho	70	30	0,2025 ± 0,0106
7060 M	Morocho	70	60	0,2175 ± 0,0106
8030 M	Morocho	80	30	0,2175 ± 0,0106
8060 M	Morocho	80	60	0,2250 ± 0,0000
6030 C	Chullpi	60	30	0,1725 ± 0,0106
6060 C	Chullpi	60	60	0,2025 ± 0,0106
7030 C	Chullpi	70	30	0,1725 ± 0,0106
7060 C	Chullpi	70	60	0,1950 ± 0,0212
8030 C	Chullpi	80	30	0,1650 ± 0,0000
8060 C	Chullpi	80	60	0,1875 ± 0,0106
6030 P	Pillpe	60	30	0,1500 ± 0,0000

Tratamiento	Tipo de Maíz	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Acidez Total (%) Promedio
6060 P	Pillpe	60	60	0,1500 ± 0,0000
7030 P	Pillpe	70	30	0,1575 ± 0,0742
7060 P	Pillpe	70	60	0,1650 ± 0,0212
8030 P	Pillpe	80	30	0,1275 ± 0,0106
8060 P	Pillpe	80	60	0,1350 ± 0,0000
6030 m	Morado	60	30	0,1050 ± 0,0000
6060 m	Morado	60	60	0,0825 ± 0,0106
7030 m	Morado	70	30	0,0975 ± 0,0106
7060 m	Morado	70	60	0,1050 ± 0,0212
8030 m	Morado	80	30	0,0825 ± 0,0106
8060 m	Morado	80	60	0,0750 ± 0,0000

De la Figura 40 se tiene que a los mostos dulces de las diferentes variedades tienden a incrementar conforme se incrementa el tiempo de hidrólisis, por otro lado, las variedades de morocho y chullpi tuvieron mayores porcentajes comparados con los maíces pillpe y morado, sin embargo, estas variaciones no son considerables.

Figura 40

Comportamiento de la acidez total (%) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 60°C

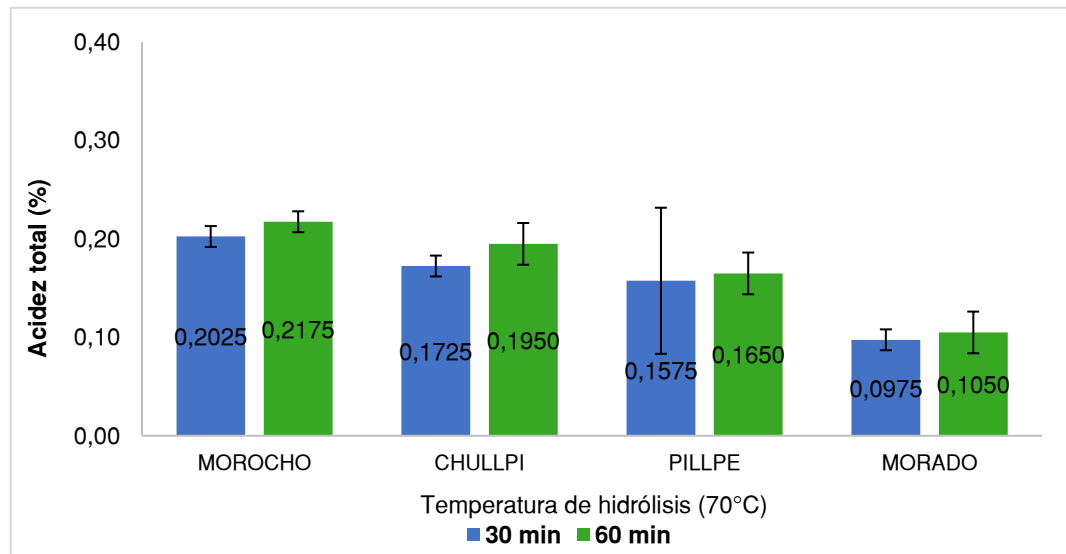


Los mostos dulces de las cuatro variedades de maíz malteado sometidos a una temperatura de hidrólisis de 70°C tuvieron el mismo comportamiento que se vio

anteriormente, es decir la acidez de los mostos se incrementa conforme se incrementa el tiempo de hidrólisis, como se puede observar en la figura 41. Así mismo la acidez total de las variedades de maíz morocho y chullpi fueron mayores a la acidez total de las variedades de maíz pillpe y morado.

Figura 41

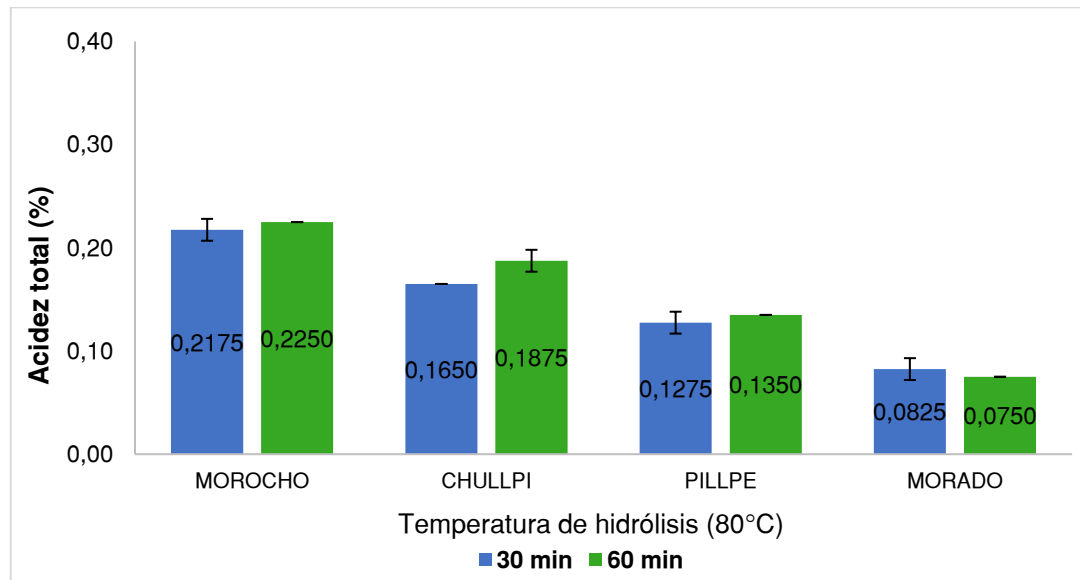
Comportamiento de la acidez total (%) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 70°C



En la Figura 42 se muestra el comportamiento de la acidez total de los mostos dulces trabajados a una temperatura de hidrólisis de 80°C, dónde se tiene mayores valores en las variedades morocho y chullpi con respecto a los valores de los mostos dulces a partir de los maíces pillpe y morado, estos valores varían desde 0,0750% hasta 0,2250%.

Figura 42

Comportamiento de la acidez total (%) en los mostos dulces a una temperatura de hidrólisis de 80°C



De acuerdo a la Tabla 24 el factor de variedad de maíz, influye estadísticamente en los resultados de acidez total ($p < 0,05$), esto se contrasta con el diagrama de Pareto (figura 43) donde el factor A sobrepasa la línea de referencia, teniendo incidencia en la acidez total de los mostos dulces.

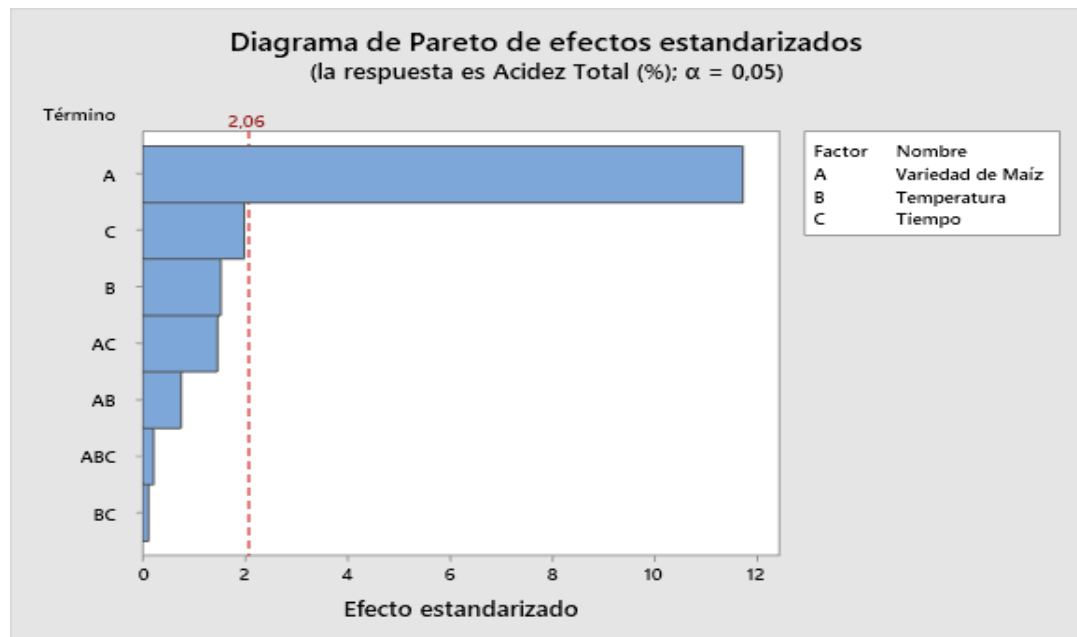
Tabla 24

Análisis de varianza ANOVA de Acidez Total (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	23	0,112158	0,004876	14,25	0,000
Lineal	6	0,107166	0,017861	52,20	0,000
Variedad de Maíz	3	0,104339	0,034780	101,64	0,000
Temperatura	2	0,001472	0,000736	2,15	0,138
Tiempo	1	0,001355	0,001355	3,96	0,058
Interacciones de 3 términos	6	0,000947	0,000158	0,46	0,830
Variedad de	6	0,000947	0,000158	0,46	0,830
Maíz*Temperatura*Tiempo					
Error	24	0,008213	0,000342		
Total	47	0,120370			

Figura 43

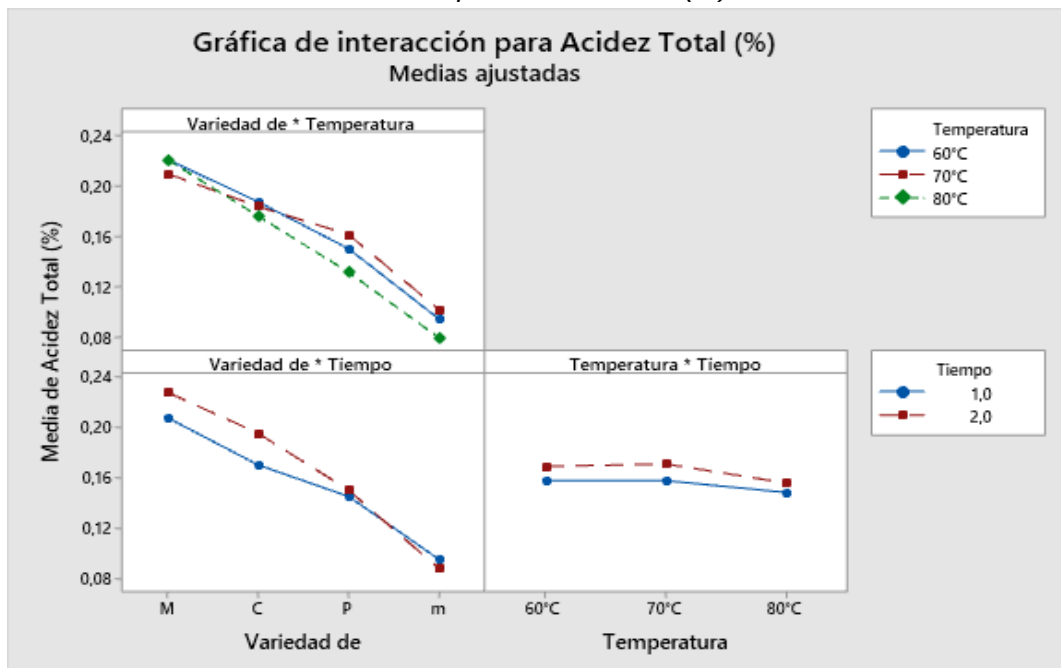
Diagrama de Pareto para la Acidez Total de los mostos dulces



En la gráfica 44 tenemos la interacción entre los factores, dónde se observa que entre la variedad de maíz y la temperatura de hidrólisis existe diferencias entre los contenidos de acidez total para cada variedad de maíz malteado, al igual que la interacción entre la variedad de maíz y el tiempo de hidrólisis.

Figura 44

Gráfica de interacción de factores para Acidez total (%) de los mostos dulces



4.3. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DURANTE LA FERMENTACIÓN

La fermentación de cada variedad de maíz malteado (morocho, chullpi, pillpe y morado), se realizaron por 10 días, donde la evaluación de los parámetros de °Brix, pH, acidez y densidad se realizaron al inicio, durante y al finalizar el proceso de fermentación.

4.3.1. Comportamiento de la densidad (g/mL)

La densidad de los diferentes tratamientos tiene un comportamiento decreciente, es decir tienden a disminuir durante los primeros días de la fermentación, pasado este tiempo, la densidad de los mostos ya no presenta variación, se mantiene constante (ver figura 45, 46, 47 y 48). Además, se observa que los tratamientos a 60°C presentan bajas densidades desde 1,035 hasta 1,055 g/mL, mientras que los tratamientos a 80°C de las cuatro variedades de maíz, presentan densidades altas que van desde 1,053 hasta 1,069 g/mL, de acuerdo a Bisson et al. (1993, citado por Ferreyra, 2014) afirma que los mostos que presentan alta densidad, muestran un efecto negativo durante la fermentación, provocando estrés a las levaduras a causa de la presión osmótica que existe en el medio. Los valores iniciales de los mostos son similares a lo reportado por Pacheco Vargas (2010) quien menciona que las densidades iniciales de los mostos de la chicha de jora fueron en el rango de 1,0376 g/mL y 1,0407 g/mL. Por otra parte, los valores reportados al finalizar la fermentación varían de 1,010 hasta 1,041, estos valores de densidad se asemejan con lo reportado por Centeno Ordoño (2016) quien obtuvo densidades de una bebida fermentada de 1,0340 hasta 1,0354 a partir de maíz morado germinado.

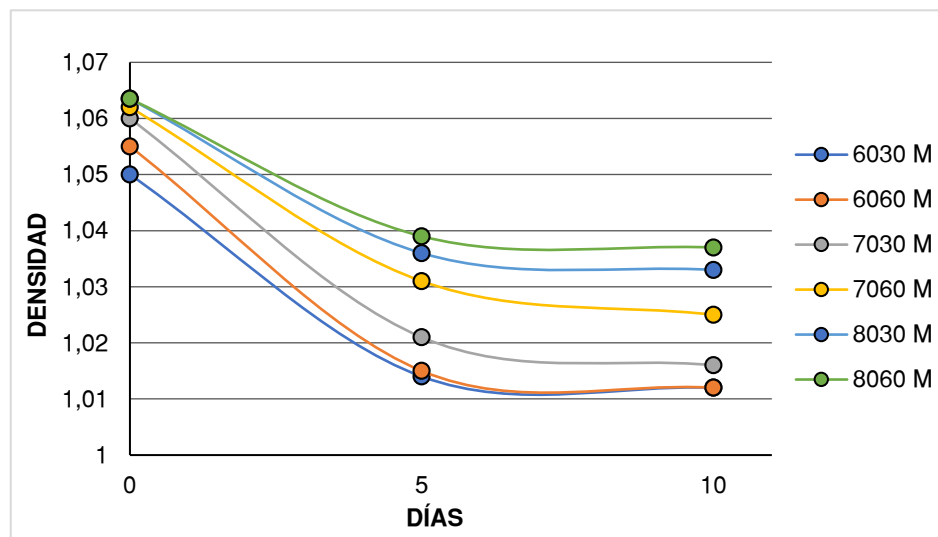
Hernández Carapia (2021) sostiene que la densidad se mide teniendo como referencia que la solución está compuesta solo por sacarosa y agua, la densidad de los mostos al finalizar la fermentación de acuerdo a este concepto indicaría que aún hay presencia de azúcares, sin embargo, Hernández Carapia (2021) también indica que debido a los tratamientos a temperaturas mayores de 70°C se extrae una mayor cantidad de dextrinas, debido a que las enzimas β -amilasas fueron desnaturalizadas, quedando solo las enzimas α -amilasas, cuyo principal producto son las dextrinas, además que Dziedzoave sostiene que las maltas de maíz tienen mayor contenido de alfa amilasas, en comparación con las beta amilasas, lo que conlleva a la producción de dextrinas.

A. Maíz Morocho

En la figura 45 se presenta el comportamiento de la densidad de los mostos de maíz morocho malteado de los diferentes tratamientos, donde la tendencia es decreciente durante los primeros días, posterior a ello existe una ligera disminución de la densidad de los mostos. La fermentación de los mostos después de la cocción inicia con una densidad de 1,050 hasta 1,064 g/mL, y finaliza con 1,0120 hasta 1,038 g/mL. Los tratamientos a 80°C y 70°C son los que presentan una alta densidad al iniciar la fermentación, mientras tanto con el tratamiento a 60°C presenta densidades relativamente menores lo que permite el trabajo óptimo de las levaduras.

Figura 45

Comportamiento de la densidad en los mostos de maíz morocho malteado

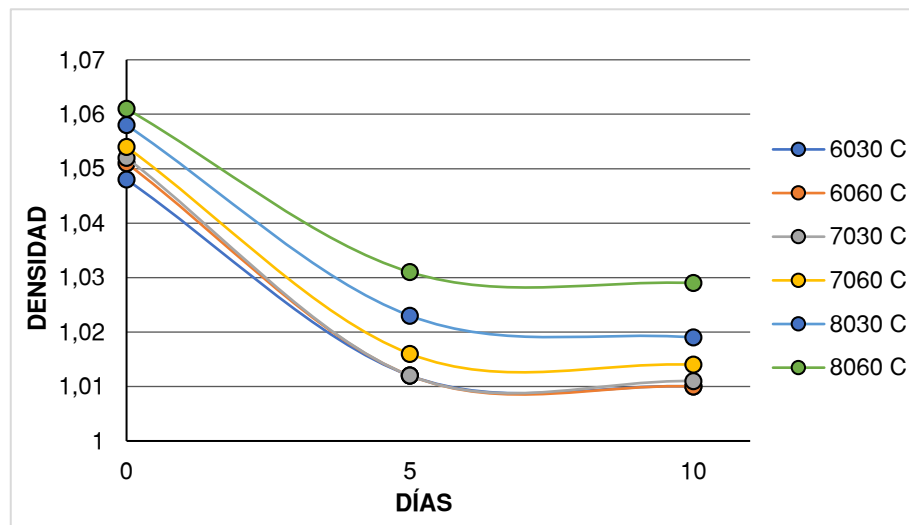


B. Maíz Chullpi

En la figura 46 se presenta el comportamiento de la densidad de los mostos de maíz chullpi malteado de los diferentes tratamientos, al igual que los mostos del maíz morocho, la tendencia es decreciente durante los primeros días, posterior a ello existe una ligera disminución de la densidad de los mostos. La fermentación de los mostos después de la cocción inicia con una densidad de 1,048 hasta 1,061 g/mL, y finaliza con 1,010 hasta 1,030 g/mL. Al igual que los mostos del maíz morocho los tratamientos a 80°C y 70°C son los que presentan una alta densidad al iniciar la fermentación, mientras tanto con el tratamiento a 60°C presenta densidades relativamente menores lo que permite el trabajo óptimo de las levaduras.

Figura 46

Comportamiento de la densidad en los mostos de maíz chullpi malteado

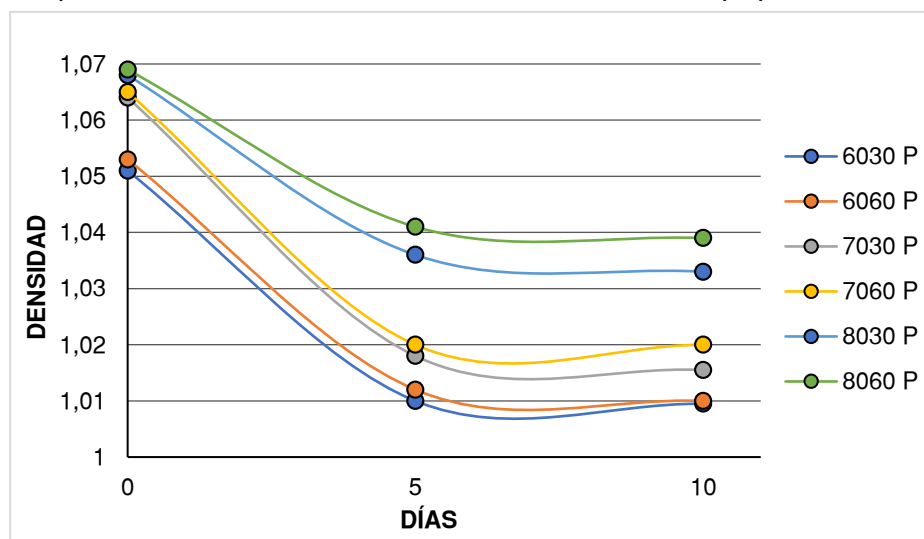


C. Maíz Pillpe

El comportamiento de la densidad de los mostos de maíz pillpe malteado de los diferentes tratamientos es decreciente durante los primeros días, posterior a ello la densidad de los mostos no tiene variación (ver figura 47). La fermentación de los mostos después de la cocción inicia con una densidad de 1,051 hasta 1,069 g/mL, y finaliza con 1,010 hasta 1,041 g/mL. Los tratamientos a 80°C son los que presentan una alta densidad al iniciar la fermentación, mientras tanto con los tratamientos a 60°C y 70°C presentan densidades relativamente inferiores al tratamiento con 80°C, lo que permite el trabajo óptimo de las levaduras.

Figura 47

Comportamiento de la densidad en los mostos de maíz pillpe malteado

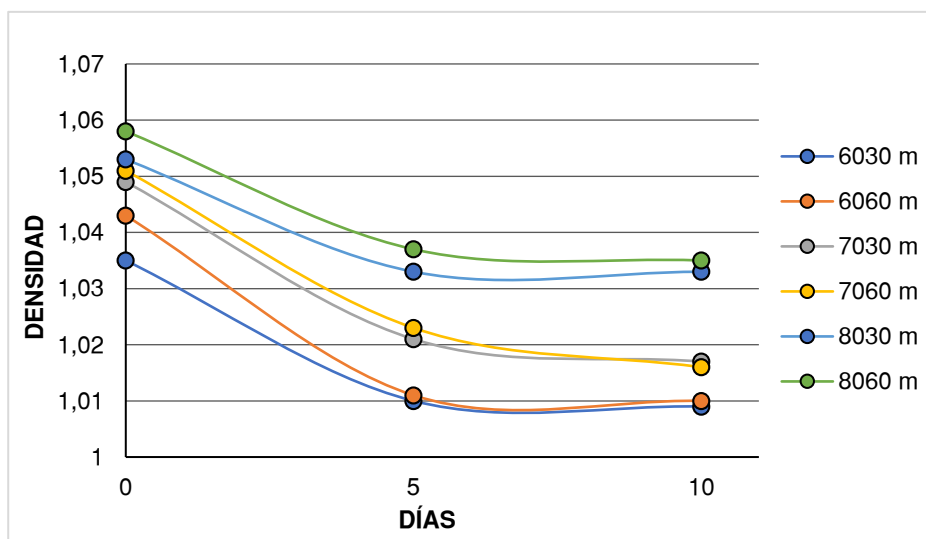


D. Maíz Morado

En la figura 48 se presenta el comportamiento de la densidad de los mostos de maíz morado malteado de los diferentes tratamientos, la tendencia continúa siendo decreciente durante los primeros días, posterior a ello existe una ligera disminución de la densidad de los mostos. La fermentación de los mostos después de la cocción inicia con una densidad de 1,035 hasta 1,058 g/mL, y finaliza con 1,010 hasta 1,037 g/mL. Al igual que los mostos del maíz morocho, chullpi y pillpe los tratamientos a 80°C son los que presentan una alta densidad al iniciar la fermentación, mientras tanto los tratamientos a 60°C y 70°C presenta densidades relativamente menores lo que permite el trabajo óptimo de las levaduras.

Figura 48

Comportamiento de la densidad en los mostos de maíz morado malteado



4.3.2. Comportamiento del pH

El control del pH es fundamental durante la fermentación, de acuerdo a Bustamante Vásquez (2019) menciona que los valores de pH de la Chicha de Jora durante la fermentación descienden de 4,95 hasta 3,47, y como se pueden observar en las figuras 49, 50, 51 y 52 los valores de pH de las diferentes variedades de maíz malteado, se encuentran dentro de lo reportado por Bustamante Vásquez.

Las bebidas fermentadas de las cuatro variedades de malta de maíz al finalizar la fermentación tienen valores menores que los reportados por Hernández Carapia (2021) y Centeño Ordoño (2016), quienes reportaron valores de entre 3,95 y 4,05

para cervezas a partir de malta de maíz, y 3,68 hasta 3,79 a partir de malta de maíz morado respectivamente.

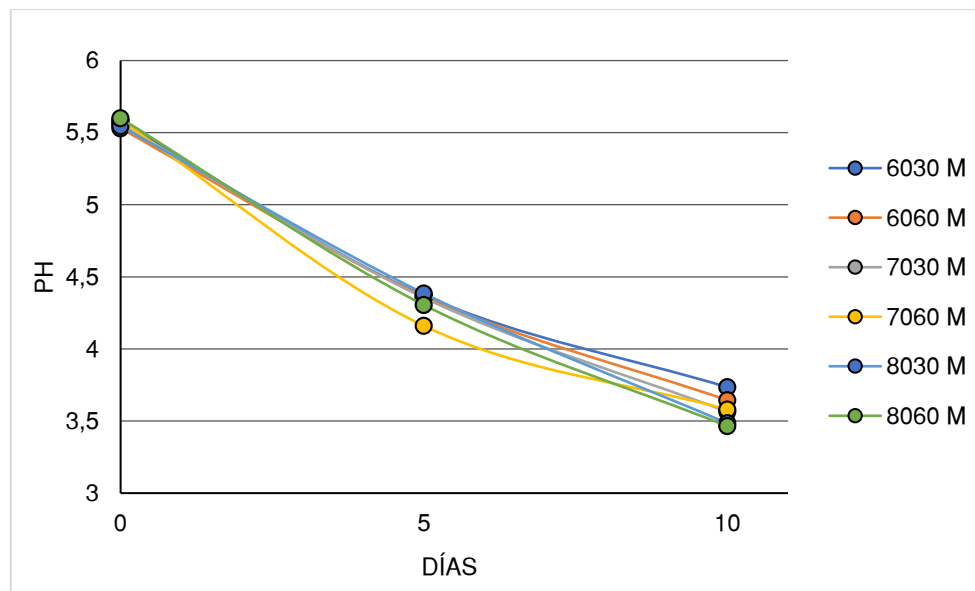
De León (2016), afirma que las levaduras trabajan un a pH definido siendo de 3 a 6, lo que les permite su crecimiento y su actividad fermentativa, Bustamante Vásquez (2019) menciona que pH con valores bajos contribuye al crecimiento de las levaduras que participan en la fermentación, además el pH es un buen indicador para evaluar la estabilidad de los alimentos, así como la proliferación de microorganismos.

A. Maíz Morocho

En la figura 49 se observa el comportamiento del pH de los mostos de maíz morocho malteado de los diferentes tratamientos tienden a disminuir de manera rápida durante la fermentación. La fermentación de los mostos después de la cocción inicia con un pH que va desde 5,42 hasta 5,61 existiendo una mínima diferencia entre los resultados de pH de los 6 tratamientos, y finaliza con 3,37 hasta 3,74. En la figura 29 se muestra que la curva de pH de los mostos conforme pasa los días va disminuyendo más su pH.

Figura 49

Comportamiento del pH en los mostos de maíz morocho malteado

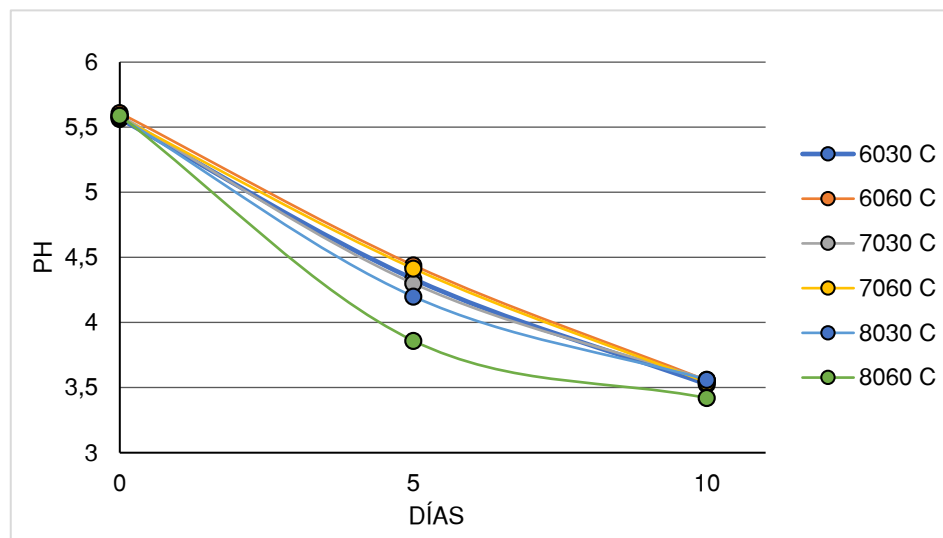


B. Maíz Chullpi

En la figura 50 se observa el comportamiento del pH de los mostos de maíz chullpi malteado de los diferentes tratamientos tienden a disminuir de manera rápida durante la fermentación conforme pasa los días. Los mostos después de la cocción inician con un pH que va desde 5,57 hasta 5,61 y finaliza con 3,42 hasta 3,56; existiendo una mínima diferencia entre los resultados de pH de los 6 tratamientos

Figura 50

Comportamiento del pH en los mostos de maíz chullpi malteado

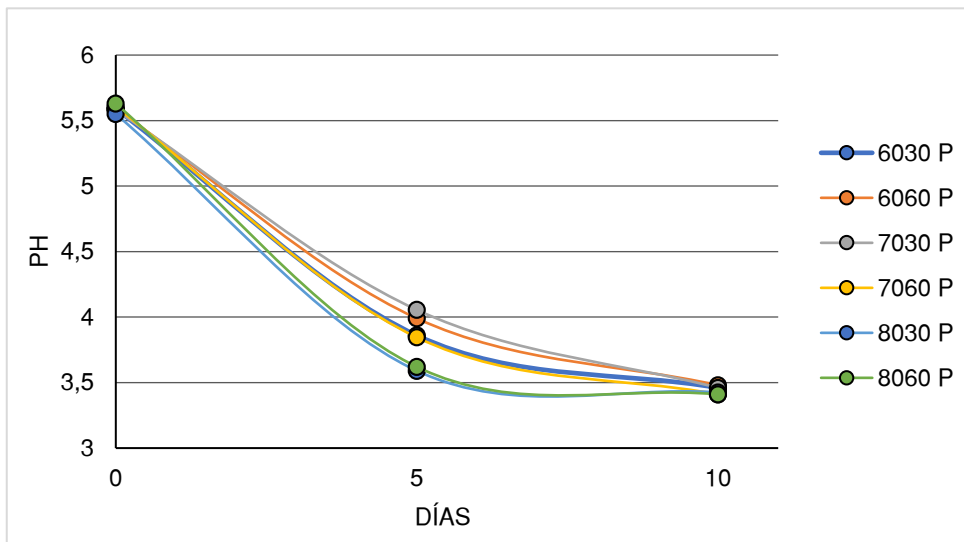


C. Maíz Pillpe

En la figura 51 se observa el comportamiento del pH de los mostos de maíz pillpe malteado de los diferentes tratamientos dónde tienden a disminuir de manera rápida durante la fermentación conforme pasa los días. Los mostos después de la cocción inician con un pH que va desde 5,55 hasta 5,63 y finaliza con 3,41 hasta 3,48.

Figura 51

Comportamiento del pH en los mostos de maíz pilipe malteado

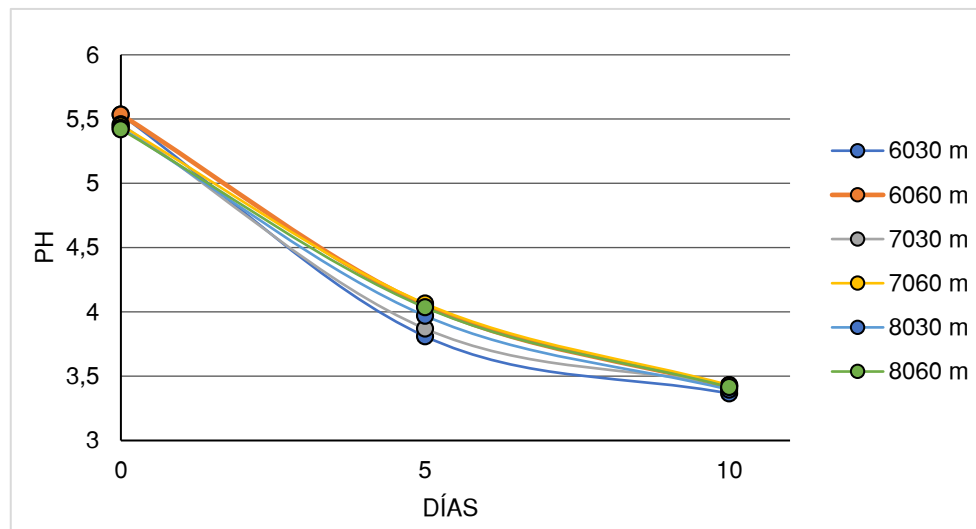


D. Maíz Morado

El comportamiento del pH de los mostos de maíz morado malteado de los diferentes tratamientos se observa en la figura 52, al igual que los anteriores tratamientos también tienden a disminuir de manera rápida durante la fermentación conforme pasa los días. Los mostos después de la cocción inician con un pH que va desde 5,42 hasta 5,54 y finaliza con 3,37 hasta 3,43; existiendo una mínima diferencia entre los resultados de pH de los 6 tratamientos y también con los tratamientos anteriores de las demás variedades de maíz.

Figura 52

Comportamiento del pH en los mostos de maíz morado malteado



4.3.3. Comportamiento de la acidez total

De acuerdo a Briceño y Castro (2014), el incremento de la acidez total en los mostos está relacionado a la liberación de ácidos, debido al desdoblamiento de los diversos nutrientes como el almidón, las proteínas, las grasas, por parte de las enzimas, así mismo las bebidas fermentadas poseen un alto porcentaje de acidez, propias de los ácidos orgánicos presentes en la materia, y reporta valores de 0,2770% y 0,2800 % en la chicha de Jora los cuales se asemejan a los valores obtenidos. Por otro lado, la Norma Técnica Peruana NTP 212.014.2011 “Bebidas alcohólicas vitivinícolas. Vinos. Requisitos” establece los valores mínimos y máximos de acidez total expresado como acidez tartárica (3,0 g/L y 7,0 g/L), los valores de acidez total que se obtuvieron en las bebidas fermentadas de las diferentes variedades de maíz se encuentran dentro del límite máximo establecido por la Norma Técnica Peruana.

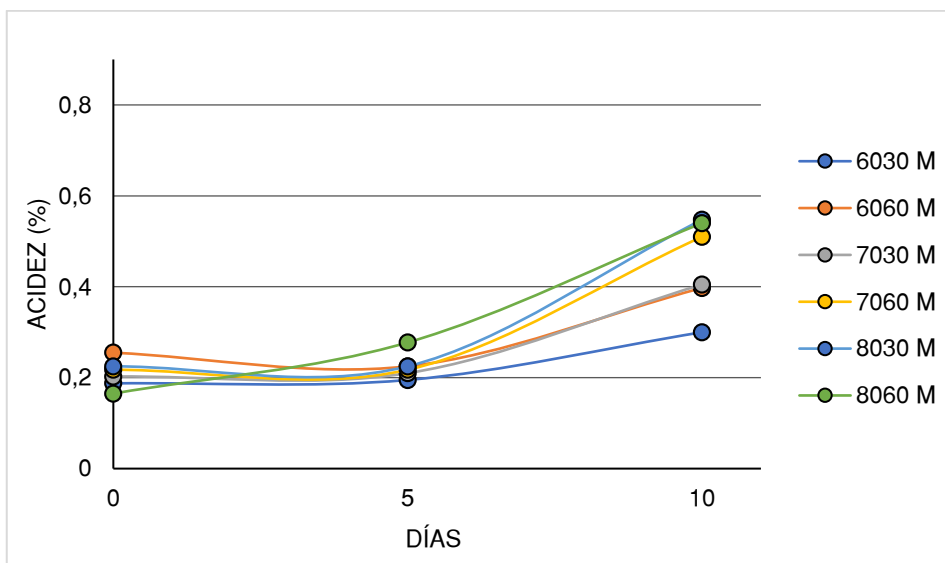
Hernández (2021) indica que mientras el pH desciende, la acidez total crece, y esto se contrasta en las gráficas que se muestran a continuación.

A. Maíz Morocho

La acidez total durante la fermentación de los mostos de maíz morocho malteado presentó un comportamiento opuesto al del pH, ya que como se ve en la figura 53 la acidez total va incrementándose al pasar los días, al inicio de la fermentación presenta valores de 0,165 % hasta 0,255% y finaliza con 0,300% hasta 0,5475%.

Figura 53

Comportamiento de la acidez total en los mostos de maíz morocho malteado

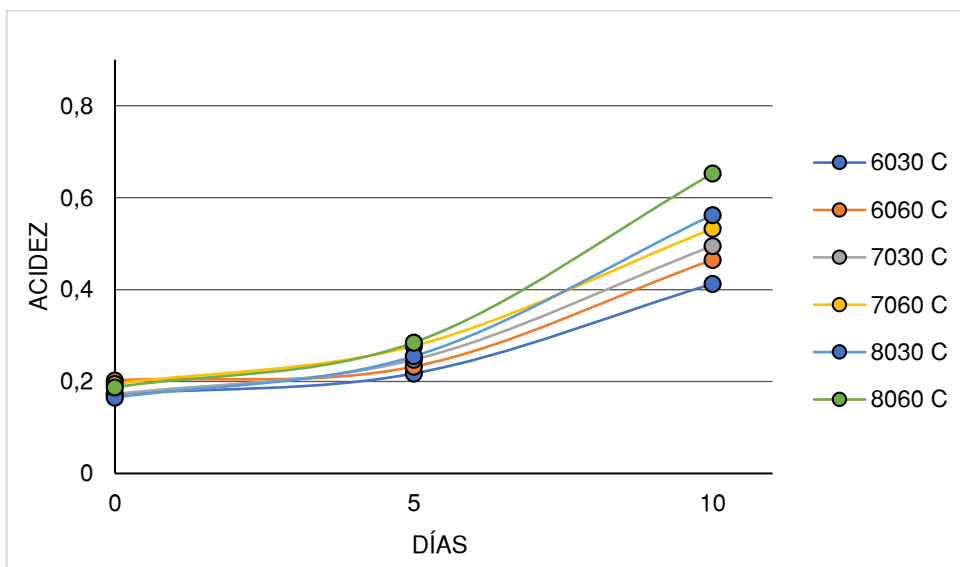


B. Maíz Chullpi

La acidez total durante la fermentación de los mostos de maíz chullpi malteado también presentó un comportamiento opuesto al del pH, ya que como se ve en la figura 54 la acidez total va incrementándose conforme pasa los días, al inicio de la fermentación presenta valores de 0,165 % hasta 0,2025% y finaliza con 0,4125% hasta 0,6525%.

Figura 54

Comportamiento de la acidez total en los mostos de maíz chullpi malteado

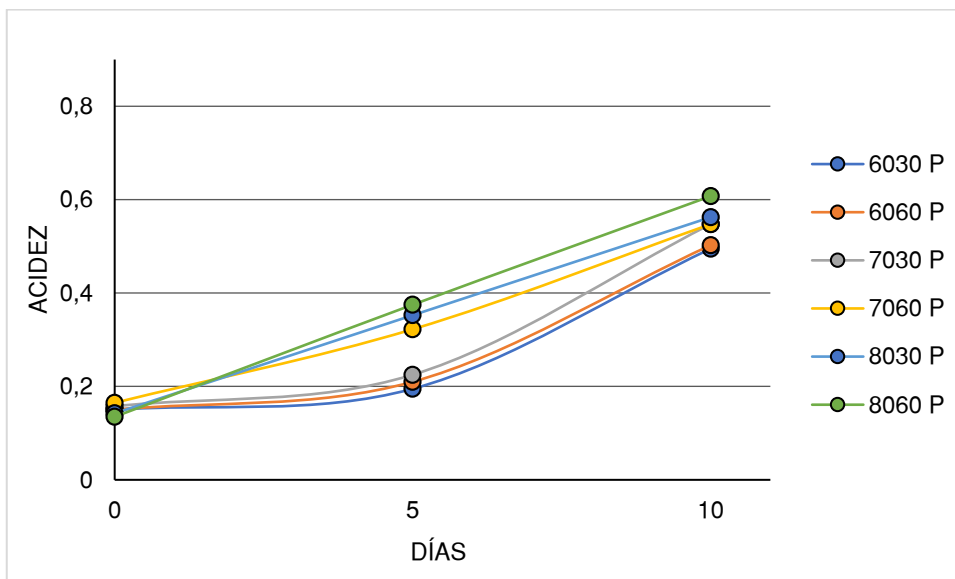


C. Maíz Pillpe

En la figura 55 se observa el comportamiento de la acidez total durante la fermentación de los mostos de maíz pillpe malteado de los 6 tratamientos, donde se muestra que se incrementa desde el rango de los siguientes valores: 0,1350 % hasta 0,165 % (al inicio de la fermentación) y finaliza con 0,495% hasta 0,6075%.

Figura 55

Comportamiento de la acidez total en los mostos de maíz pillpe malteado

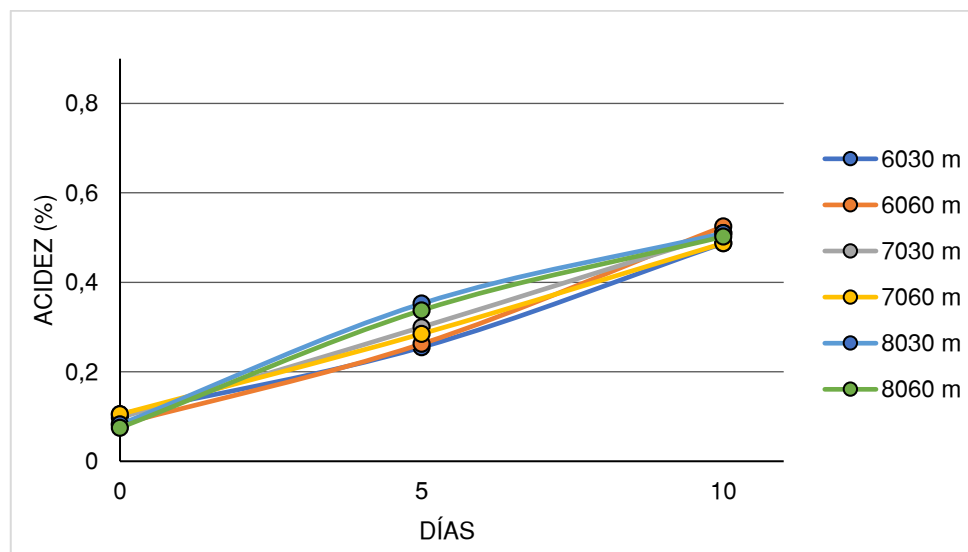


D. Maíz Morado

En la figura 56 se observa el comportamiento de la acidez total durante la fermentación de los mostos de maíz morado malteado de los 6 tratamientos, al igual que las demás variedades de maíz malteado, se muestra que se incrementa desde el rango de los siguientes valores: 0,075 % hasta 0,105 % (al inicio de la fermentación) y finaliza con 0,4875% hasta 0,5250%.

Figura 56

Comportamiento de la acidez total en los mostos de maíz morado malteado



4.4. EVALUACIÓN DEL ETANOL (%) Y ACIDEZ VOLÁTIL DE LA BEBIDA FERMENTADA

4.4.1. Evaluación del etanol (%) de la bebida fermentada

En la tabla N° 25, se presenta los resultados del contenido de etanol (%) de las bebidas fermentadas, los valores oscilan desde 2,5 % hasta 6,25%; el menor valor se obtuvo en la variedad maíz morado, trabajado a una temperatura de 80°C por 30 minutos, y el mayor valor (6,25%) se obtuvo en la variedad Pillpe trabajado a una temperatura de hidrólisis de 70°C por 30 minutos.

Según De León (2016), la concentración de alcohol que generan las cepas de *S. cerevisiae* va desde 3.5 % a 6.5%, los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango, sin embargo, existen tres tratamientos que no llegaron al contenido mínimo de los grados alcohólicos que se mencionan, debido a que la concentración de azúcares reductores es baja, lo que provoca que las levaduras produzcan menos cantidad de etanol, y esto concuerda con lo mencionado por Hough (1990), quien indica que al existir condiciones óptimas las levaduras pueden desarrollarse adecuadamente. Sempértegui (2013) y Bustamente (2019) obtuvieron una bebida de chicha de jora con 4,7% y 5,23 %, 5,7 % de alcohol, estos resultados se aproximan a lo obtenido en la bebida fermentada de las diferentes variedades de maíz, incluso

existen varios tratamientos que superan estos valores reportados, teniendo un máximo de 6,25 % de etanol.

La conversión de los azúcares en alcohol es más del 100% en casi todos los tratamientos, realizando la comparación con la Tabla de correspondencia de LAFFORT en la variedad morocho los mayores contenidos de azúcares fueron 97,94 g/L y 82,18 g/L de acuerdo a la Tabla de correspondencia debe obtenerse 5,83 % y 4,88% de alcohol respectivamente, el valor que se reportó de ambos tratamientos fue de 5,8%, indicando el total de consumo de los azúcares por parte de las levaduras. Las mayores cantidades de azúcares en la variedad chullpi fue de 80,9 g/L y 81,92 g/L de acuerdo a la tabla de correspondencia teóricamente se debe obtener 4,81% y 4,87% de alcohol, el valor que se obtuvo de ambos tratamientos fue de 5,5% y 5,8 % respectivamente, se obtuvo mayor porcentaje de alcohol de lo esperado, este aumento se debe a que después del proceso de hidrólisis el mosto dulce pasa por un proceso de cocción, dónde también se obtiene azúcares reductores pero en menor cantidad; sucediendo lo mismo en las variedades pillpe y morado donde se tiene una concentración de 92,25% y 68,89% obteniéndose 6,25% y 5,2% de alcohol, de acuerdo a la Tabla de correspondencia le equivale 5,48% y 5,1% respectivamente.

De lo anterior se concluye que la variedad pillpe produjo mayor contenido de alcohol (6,25 %) a partir de 84,55 g/L. de acuerdo a la Tabla de correspondencia se ha logrado el 100% de la conversión de azúcares en alcohol, el tratamiento fue a una temperatura de hidrólisis de 70°C por un tiempo de 30 minutos.

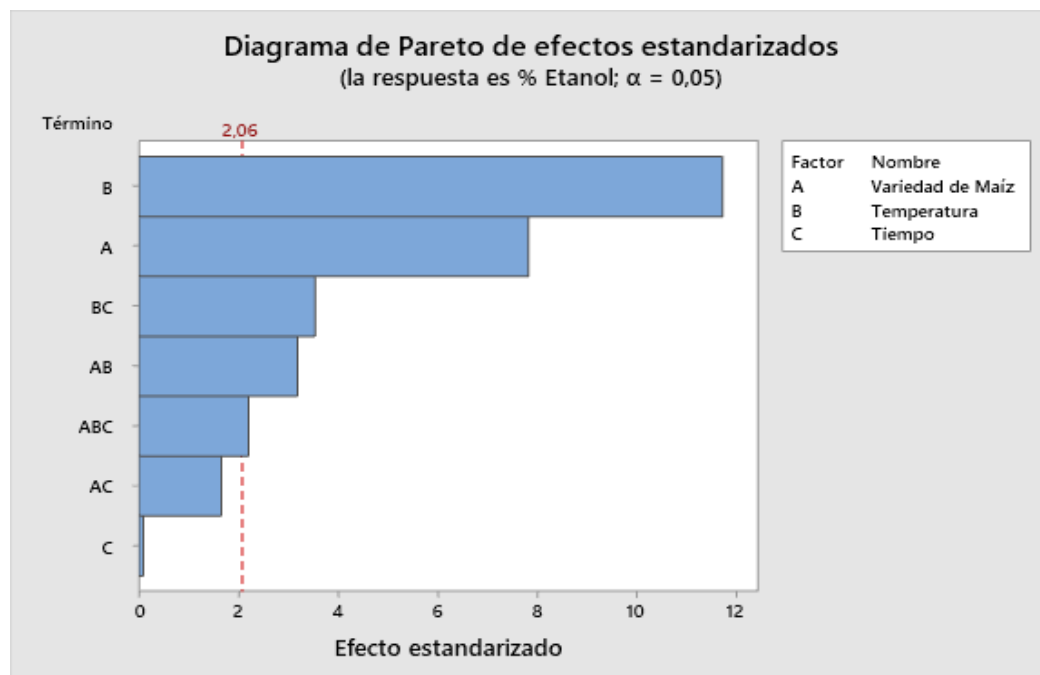
Tabla 25*Contenido de etanol (%) de la bebida fermentada a partir de maíz malteado*

Tratamiento	Tipo de Maíz	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Etanol (%)	Etanol (%) esperado
6030 M	Morocho	60	30	4,9 ± 0,1414	5,05
6060 M	Morocho	60	60	5,5 ± 0,7071	5,34
7030 M	Morocho	70	30	5,8 ± 0,3536	4,88
7060 M	Morocho	70	60	5,8 ± 0,3536	5,82
8030 M	Morocho	80	30	4,8 ± 0,3536	4,12
8060 M	Morocho	80	60	4,0 ± 0,0000	4,04
6030 C	Chullpi	60	30	4,9 ± 0,0707	4,48
6060 C	Chullpi	60	60	5,4 ± 0,5657	4,53
7030 C	Chullpi	70	30	5,5 ± 0,7071	4,81
7060 C	Chullpi	70	60	5,8 ± 0,2828	4,87
8030 C	Chullpi	80	30	4,7 ± 0,2121	3,73
8060 C	Chullpi	80	60	3,3 ± 0,3536	4,21
6030 P	Pillpe	60	30	5,9 ± 0,1414	4,37
6060 P	Pillpe	60	60	5,9 ± 0,1414	4,48
7030 P	Pillpe	70	30	6,25 ± 0,3536	5,02
7060 P	Pillpe	70	60	5,9 ± 0,1414	5,48
8030 P	Pillpe	80	30	3,8 ± 0,3536	3,80
8060 P	Pillpe	80	60	3,7 ± 0,2121	3,91
6030 m	Morado	60	30	4,3 ± 0,3536	3,10
6060 m	Morado	60	60	5,0 ± 0,0000	3,65
7030 m	Morado	70	30	5,0 ± 0,1414	3,87
7060 m	Morado	70	60	5,1 ± 0,1414	4,09
8030 m	Morado	80	30	2,5 ± 0,5657	3,17
8060 m	Morado	80	60	2,9 ± 0,1414	3,50

Tabla 26*Análisis de varianza ANOVA de etanol (%)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	23	49,4267	2,1490	20,71	0,000
Lineal	6	42,5546	7,0924	68,36	0,000
Variedad de Maíz	3	8,8333	2,9444	28,38	0,000
Temperatura	2	33,7204	16,8602	162,51	0,000
Tiempo	1	0,0008	0,0008	0,01	0,929
Interacciones de 3 términos	6	1,6854	0,2809	2,71	0,038
Variedad de Maíz*Temperatura*Tiempo	6	1,6854	0,2809	2,71	0,038
Error	24	2,4900	0,1037		
Total	47	51,9167			

De acuerdo a la Tabla 26 tanto los factores de variedad de maíz y temperatura de hidrólisis influyen estadísticamente en los resultados de concentración de etanol ($p < 0,05$), esto se contrasta con el diagrama de Pareto (figura 57) donde los factores que A y B sobrepasan la línea de referencia, teniendo incidencia en el contenido de etanol de la bebida fermentada.

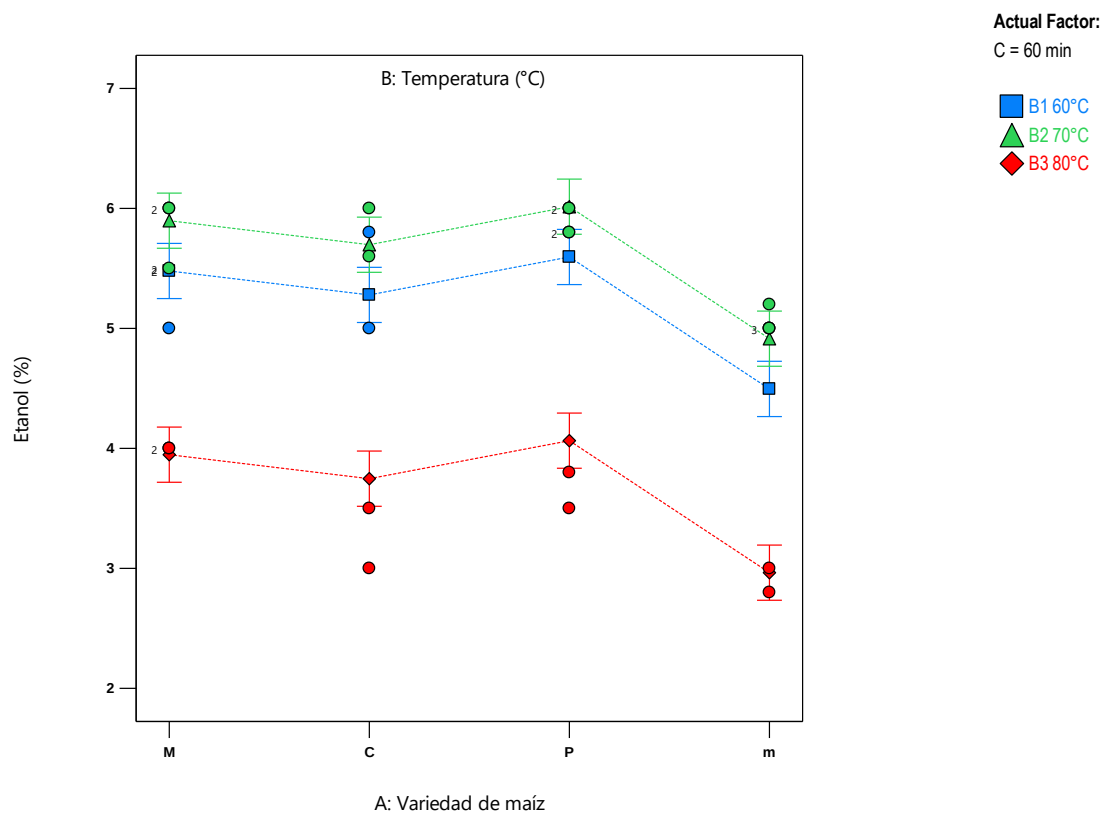
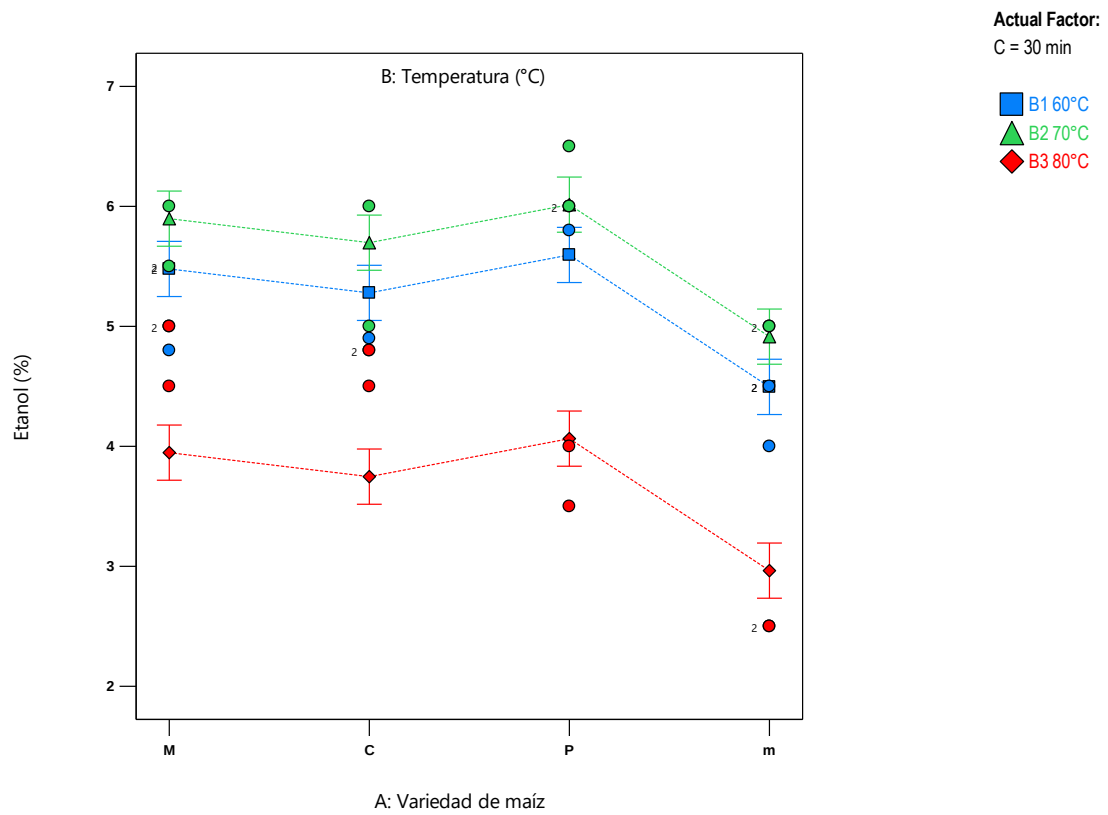
Figura 57*Diagrama de Pareto para etanol (%)*

En la gráfica 58 tenemos la interacción entre los tres factores en los contenidos de etanol, la gráfica superior se muestra la interacción de los factores sometidos a un tiempo de hidrólisis de 30 minutos, los mayores valores se obtuvieron de los mostos sometidos a temperaturas de hidrólisis de 70°C. En relación a las variedades se obtuvieron mejores resultados en la variedad pillpe, seguido de la variedad morocho, chullpi y finalmente morado.

Por otro lado, tenemos la gráfica ubicada en la parte inferior donde los mostos fueron sometidos a un tiempo de hidrólisis de 60 minutos, también se observa que los mayores valores de etanol fueron a temperaturas de hidrólisis de 70°C, y la variedad de maíz donde se obtuvo mayor contenido de etanol fue en la variedad pillpe, seguidos del maíz morocho, chullpi y morado.

Figura 58

Gráfica de interacción de los factores para etanol (%)

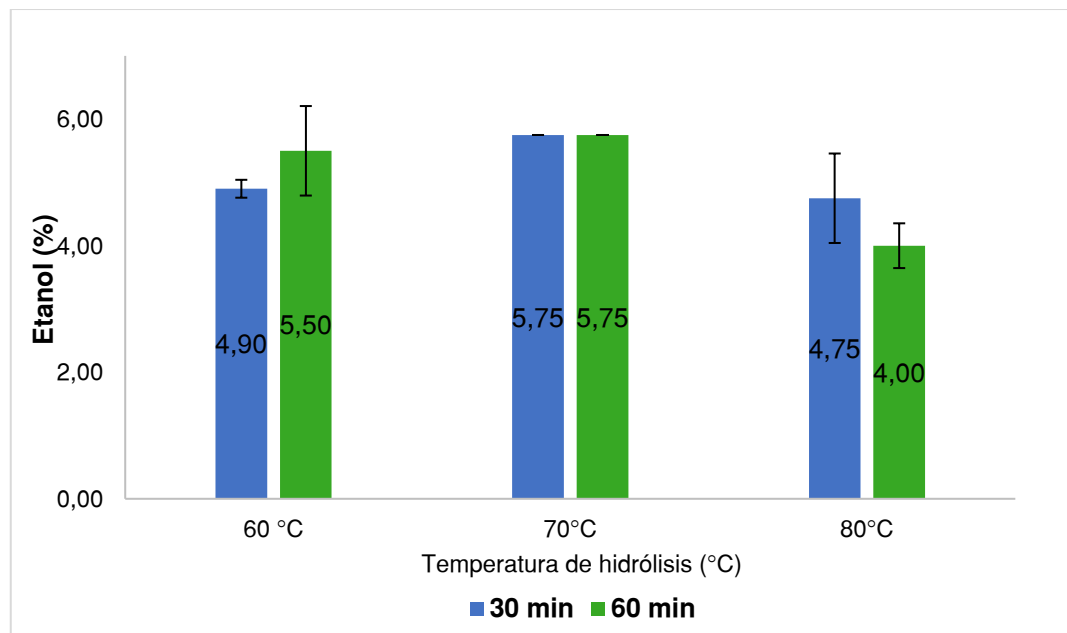


A. Maíz Morocho

En la figura 59 tenemos los resultados del contenido de alcohol de la bebida fermentada obtenida del maíz morocho malteado, donde se observa que a temperaturas de 60 y 70°C se obtienen mayor contenido de etanol (5,75 %), y lo contrario sucede al someter los mostos a temperaturas de 80°C (4,00 %). En relación al tiempo de hidrólisis al que se someten los mostos está evidenciado que existe una ligera diferencia entre los porcentajes de etanol obtenidos siendo mínima dicha diferencia.

Figura 59

Contenido de etanol (%) de la bebida fermentada a partir de maíz morocho malteado

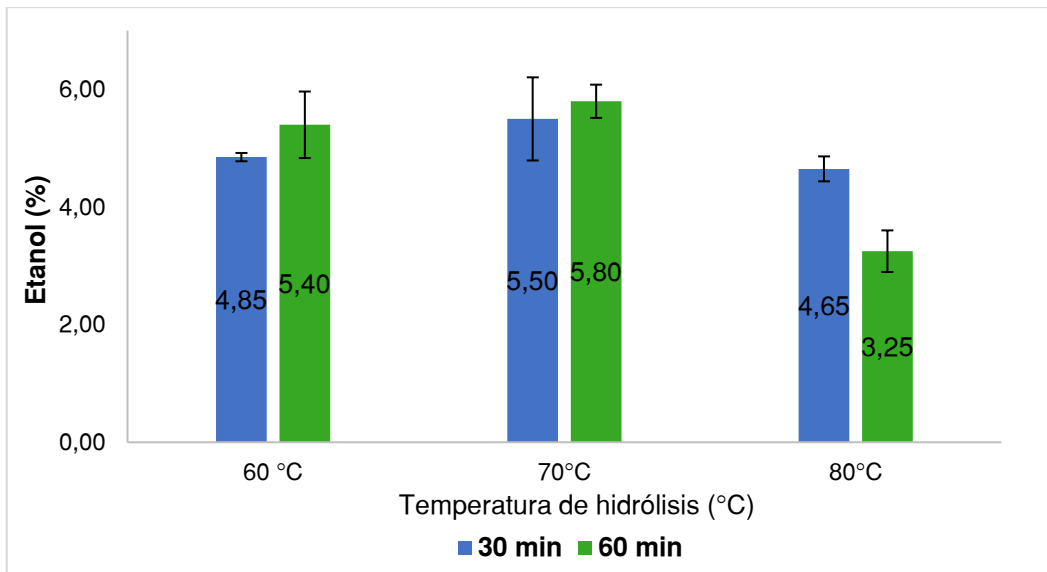


B. Maíz Chullpi

En la figura 60 se muestra los resultados del contenido de alcohol de la bebida fermentada obtenida del maíz chullpi malteado, donde se observa que a temperaturas de 60 y 70°C se obtienen mayor contenido de etanol (5,80 %), y lo contrario sucede al someter los mostos a temperaturas de 80°C (3,25 %). En relación al tiempo de hidrólisis al que se someten los mostos está evidenciado que existe una ligera diferencia entre los porcentajes de etanol en cada temperatura de hidrólisis, siendo mínima dicha diferencia.

Figura 60

Contenido de etanol (%) de la bebida fermentada a partir de maíz chullpi malteado

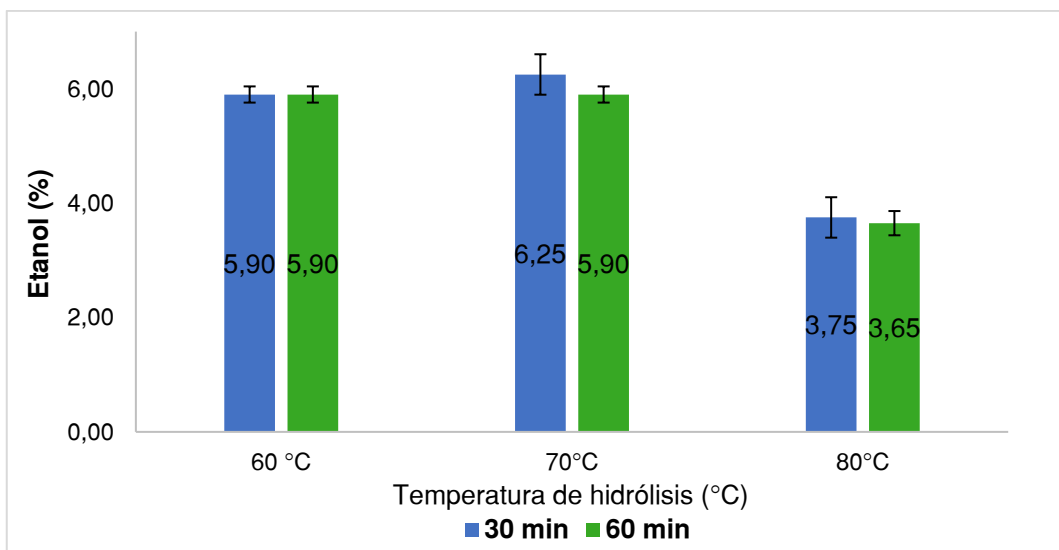


C. Maíz Pillpe

Los resultados del contenido de alcohol de la bebida fermentada obtenida del maíz pillpe malteado se muestra en la figura 61, donde se observa que a temperaturas de 60 y 70 °C se obtienen mayor contenido de etanol (5,9 y 6,25%), y lo contrario sucede al someter los mostos a temperaturas de 80 °C (3,65%). En relación al tiempo de hidrólisis al que se someten los mostos existe mínima diferencia entre los porcentajes de etanol obtenidos en cada temperatura de hidrólisis.

Figura 61

Contenido de etanol (%) de la bebida fermentada a partir de maíz pillpe malteado

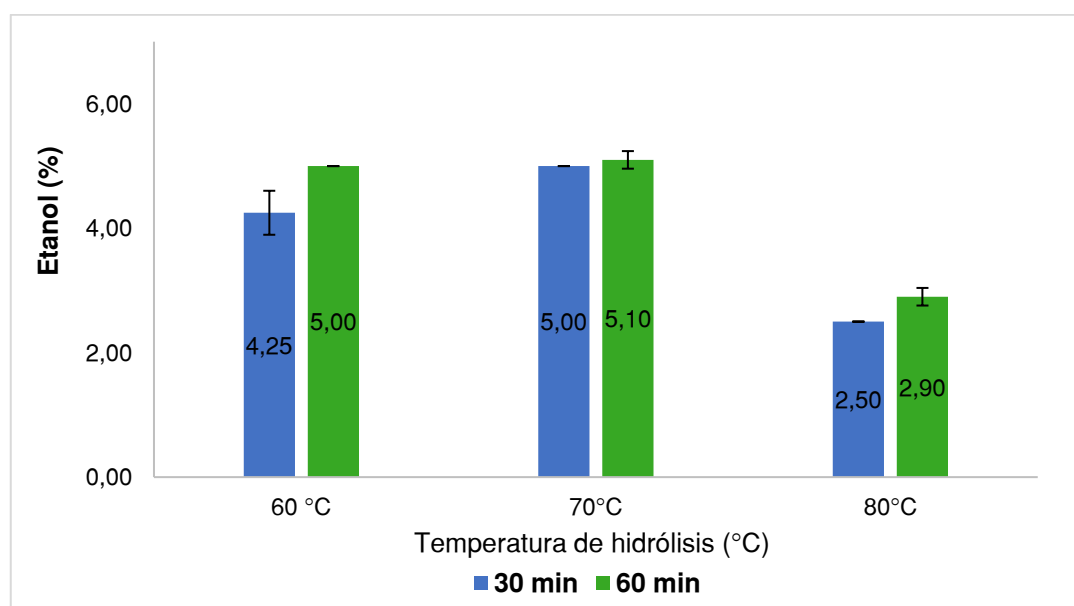


D. Maíz Morado

Los resultados del contenido de alcohol de la bebida fermentada obtenida del maíz morado malteado se muestran en la figura 62, donde se observa que a temperaturas de 60 y 70°C se obtienen mayor contenido de etanol (5,10%), y lo contrario sucede al someter los mostos a temperaturas de 80°C (2,50%). En relación al tiempo de hidrólisis al que se someten los mostos existe mínima diferencia entre los porcentajes de etanol obtenidos en cada temperatura de hidrólisis.

Figura 62

Contenido de etanol (%) de la bebida fermentada a partir de maíz morado malteado



4.4.2. Evaluación acidez volátil de la bebida fermentada

En la tabla N° 27, se presenta los resultados del contenido de acidez volátil (%) de las bebidas fermentadas, los valores oscilan desde 0,0060% hasta 0,0144%; de acuerdo a Briceño (2012) la acidez volátil expresado como ácido acético, influye drásticamente en el sabor y aroma final de la bebida, y reporta un valor de acidez volátil de la chicha de jora desde 0,008% a 0,016 %, Pacheco Vargas (2010) también reporta valores de 0,399% de ácido acético presentes en la chicha de jora elaborada artesanalmente, comparando con los valores obtenidos en las diferentes bebidas, éstas se encuentran por debajo de las valores reportados. Así mismo, la Norma Técnica Peruana NTP 212.014.2011 “Bebidas alcohólicas vitivinícolas. Vinos. Requisitos” establece los valores máximos de acidez volátil expresado como ácido

acético (1,2 g/L), los valores de acidez volátil que se obtuvieron en las bebidas fermentadas de las diferentes variedades de maíz se encuentran dentro del límite, siendo aptos para el consumo.

Tabla 27

Contenido de Acidez volátil (%) de la bebida fermentada a partir de maíz malteado

Tratamiento	Tipo de Maíz	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Acidez Volátil (%)
6030 M	Morocho	60	30	0,0108 ± 0,0017
6060 M	Morocho	60	60	0,0060 ± 0,0017
7030 M	Morocho	70	30	0,0096 ± 0,0000
7060 M	Morocho	70	60	0,0120 ± 0,0034
8030 M	Morocho	80	30	0,0132 ± 0,0017
8060 M	Morocho	80	60	0,0120± 0,0000
6030 C	Chullpi	60	30	0,0084 ± 0,0017
6060 C	Chullpi	60	60	0,0108 ± 0,0017
7030 C	Chullpi	70	30	0,0132 ± 0,0017
7060 C	Chullpi	70	60	0,0120 ± 0,0000
8030 C	Chullpi	80	30	0,0132 ± 0,0017
8060 C	Chullpi	80	60	0,0120 ± 0,0000
6030 P	Pillpe	60	30	0,0120 ± 0,0000
6060 P	Pillpe	60	60	0,0120 ± 0,0017
7030 P	Pillpe	70	30	0,0120 ± 0,0000
7060 P	Pillpe	70	60	0,0144 ± 0,0017
8030 P	Pillpe	80	30	0,0144 ± 0,0017
8060 P	Pillpe	80	60	0,0132 ± 0,0034
6030 m	Morado	60	30	0,0120 ± 0,0000
6060 m	Morado	60	60	0,0120 ± 0,0000
7030 m	Morado	70	30	0,0120 ± 0,0000
7060 m	Morado	70	60	0,0144 ± 0,0000
8030 m	Morado	80	30	0,0144 ± 0,0034
8060 m	Morado	80	60	0,0132 ± 0,0017

De acuerdo a la Tabla 28 tanto los factores de variedad de maíz y temperatura de hidrólisis influyen estadísticamente en los resultados de acidez volátil ($p < 0,05$), esto se contrasta con el diagrama de Pareto (figura 63) donde los factores que A y B sobrepasan la línea de referencia, teniendo incidencia en la acidez de la bebida fermentada.

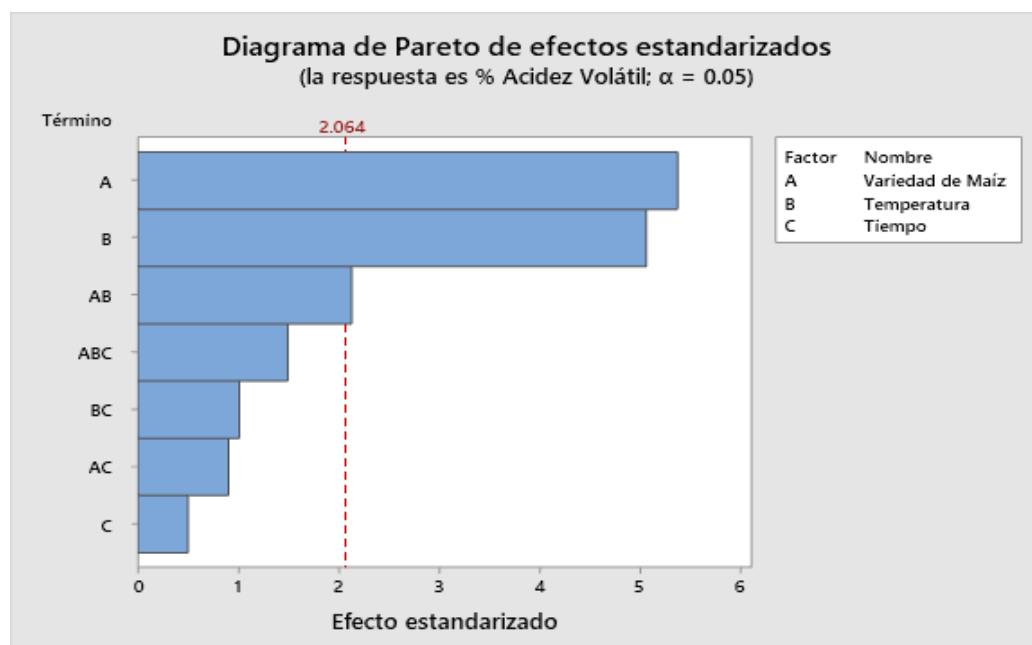
Tabla 28

Análisis de varianza ANOVA de Acidez volátil (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	23	0,000205	0,000009	4,65	0,000
Lineal	6	0,000144	0,000024	12,52	0,000
Variedad de Maíz	3	0,000082	0,000027	14,17	0,000
Temperatura	2	0,000062	0,000031	16,19	0,000
Tiempo	1	0,000000	0,000000	0,25	0,622
Interacciones de 3 términos	6	0,000020	0,000003	1,77	0,148
Variedad de	6	0,000020	0,000003	1,77	0,148
Maíz*Temperatura*Tiempo					
Error	24	0,000046	0,000002		
Total	47	0,000252			

Figura 63

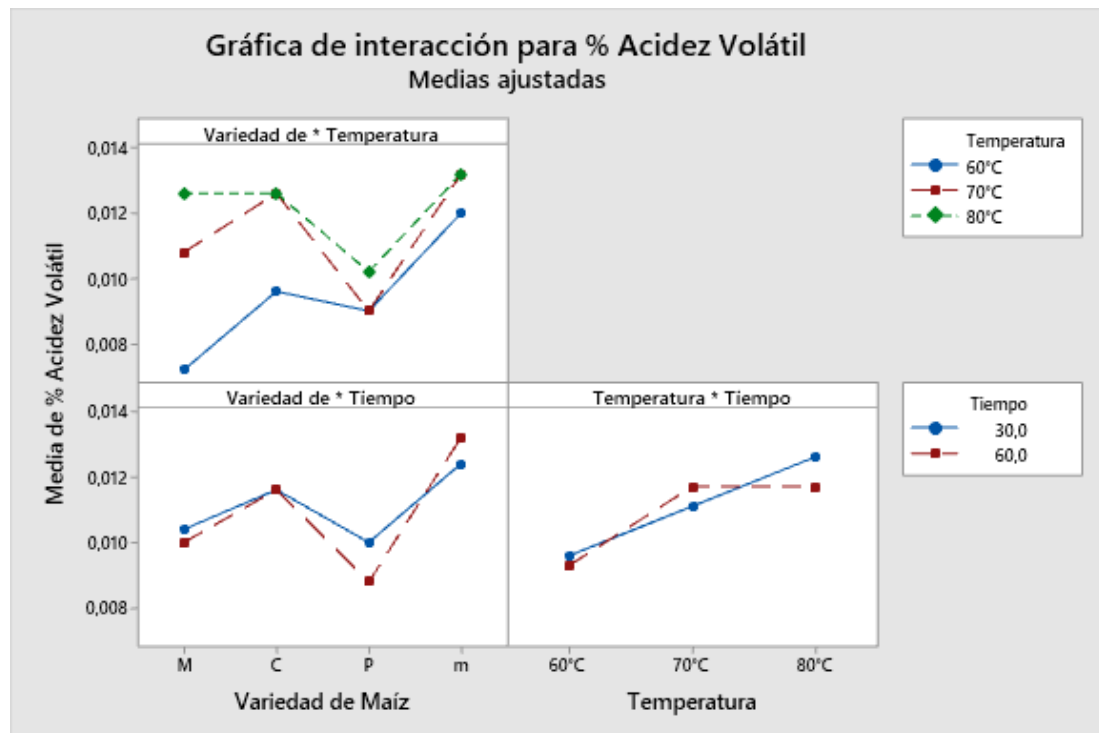
Diagrama de Pareto para Acidez volátil de la bebida fermentada



En la figura 64 tenemos la interacción entre los factores variedad de maíz y temperatura de hidrólisis, se observa que existen diferencias entre los contenidos de acidez volátil de cada bebida fermentada para cada variedad de maíz con respecto a la temperatura a la que fue sometida.

Figura 64

Gráfica de interacción de factores para Acidez Volátil (%)

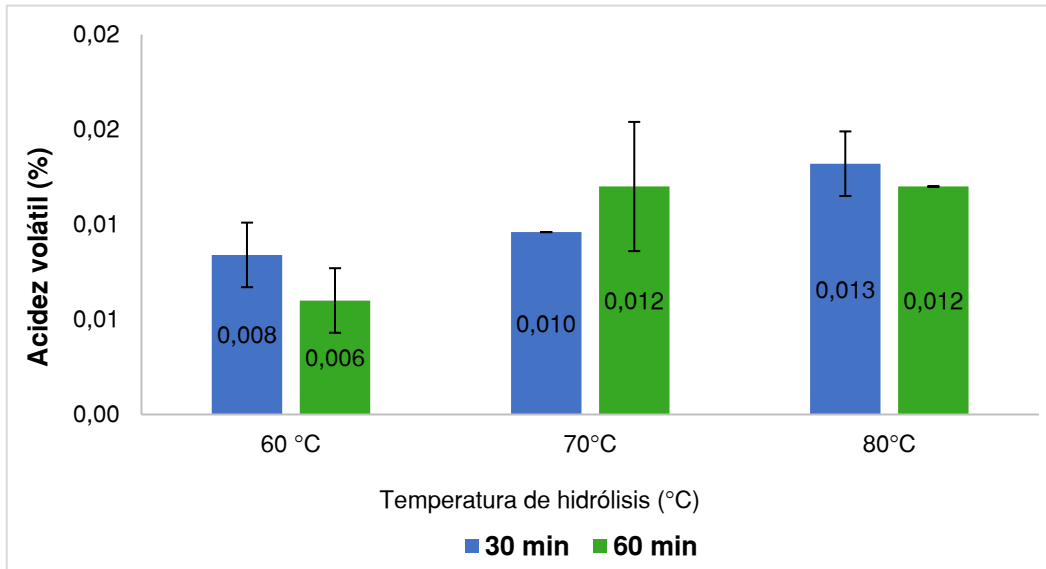


A. Maíz Morocho

Como se observa en la figura 65, los resultados de acidez volátil de las bebidas fermentadas de maíz morocho malteado presentan mínimas diferencias entre los 6 tratamientos, obteniéndose mayores valores cuando los mostos fueron sometidos a 80°C.

Figura 65

Contenido de acidez volátil (%) de la bebida fermentada a partir de maíz morocho malteado

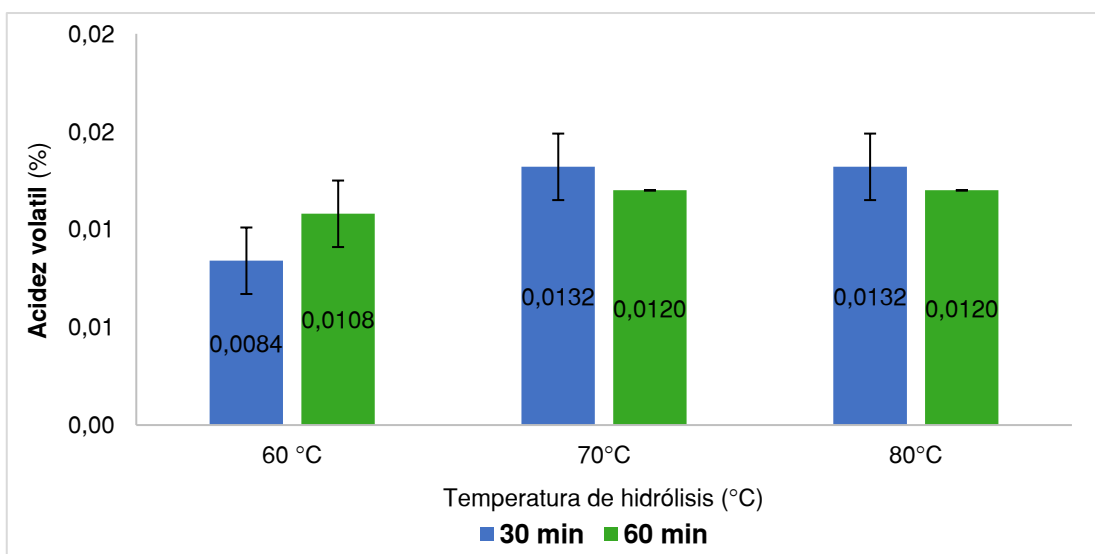


B. Maíz Chullpi

Como se observa en la figura 66, los resultados de acidez volátil de las bebidas fermentadas de maíz chullpi malteado también presentan mínimas diferencias entre los 6 tratamientos.

Figura 66

Contenido de acidez volátil (%) de la bebida fermentada a partir de maíz chullpi malteado

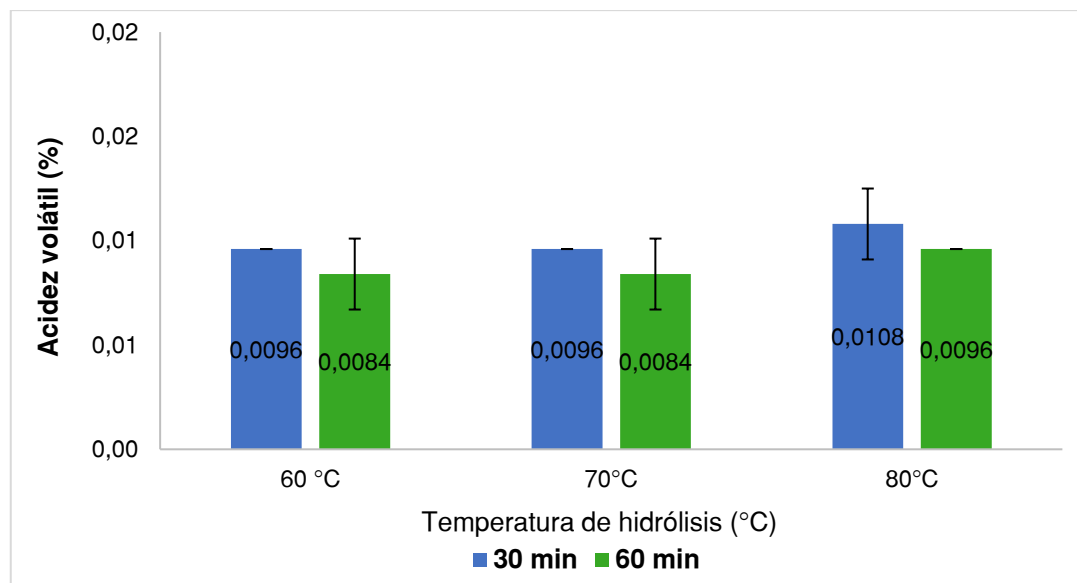


C. Maíz Pillpe

La acidez volátil de las bebidas fermentadas del maíz pillpe presentan valores que va desde 0,0084% hasta 0,0108 %, estos resultados tienen mínima diferencia, y en cuanto al tiempo de hidrólisis los resultados son casi similares.

Figura 67

Contenido de acidez volátil (%) de la bebida fermentada a partir de maíz pillpe malteado

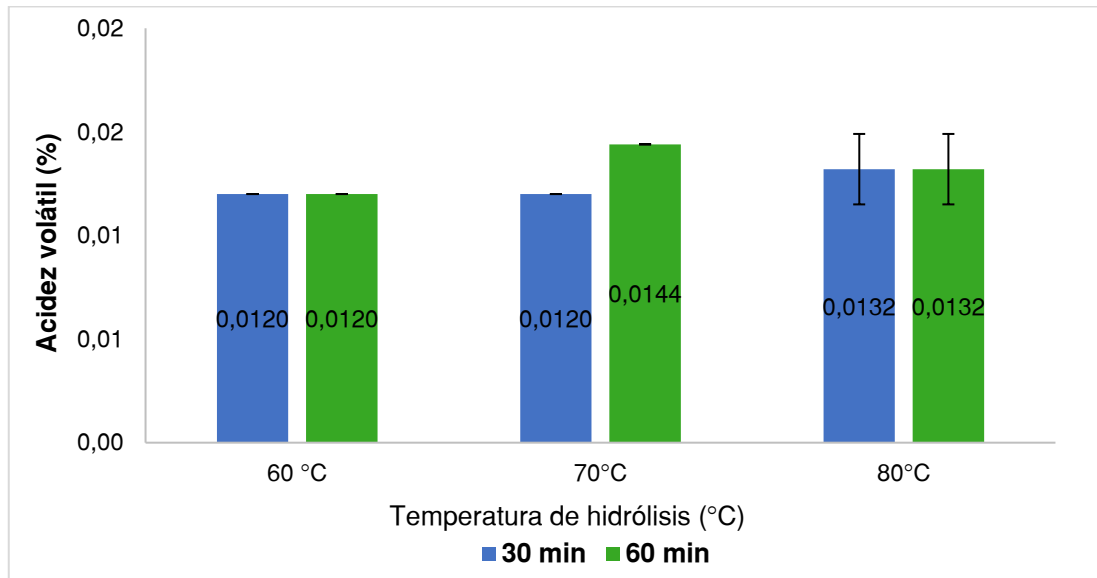


D. Maíz Morado

La acidez volátil de las bebidas fermentadas del maíz morado presenta valores que va desde 0,0120% hasta 0,144 %, estos resultados tienen mínima diferencia, y en cuanto al tiempo de hidrólisis los resultados son casi similares (ver figura 68).

Figura 68

Contenido de acidez volátil (%) de la bebida fermentada a partir de maíz morado malteado



CONCLUSIONES

- Los mostos de las diferentes variedades de maíz malteado molido presentaron en promedio las siguientes características: maíz morocho 13,58 °Brix, densidad de 1,053 g/mL, acidez total de 0,2313 % y pH de 5,56; en el maíz chullpi 12,33 °Brix, densidad de 1,050 g/mL, una acidez total de 0,1800 % y pH de 5,62, en el maíz pillpe se obtuvo 13,79 °Brix, densidad de 1,050 g/mL, acidez total de 0,1500 % y pH de 5,66; y en el maíz morado 10,96 °Brix, densidad de 1,040 g/mL, acidez total de 0,090 % y pH de 5,51; las cuáles son condiciones adecuadas para iniciar con la fermentación alcohólica.
- Las mayores concentraciones de azúcares reductores en las cuatro variedades derivan de los mostos dulces trabajados a una temperatura de hidrólisis de 70°C y tiempo de hidrólisis de 60 minutos. En la variedad morocho se obtuvo una concentración de $97,94 \pm 0,30$ g/L; variedad chullpi $81,92 \pm 3,91$ g/L; pillpe $92,25 \pm 0,30$ g/L y en la variedad morado $68,89 \pm 1,63$ g/L.
- El porcentaje de etanol más alto obtenidos en las bebidas fermentadas a partir de maíz malteado fue en la variedad pillpe con 6,25% a partir de 84,55 g/L de azúcares reductores, donde el mosto fue trabajado a una temperatura de hidrólisis de 70°C por un tiempo de 30 minutos.
- Se determinó que los ensayos tradicionales como la medición de °Brix y densidad que se realizan en la cervecería no representan los verdaderos valores en los mostos dulces a partir de maíz malteado, debido a la presencia de otros componentes presentes en el mosto que interfieren con la lectura.

RECOMENDACIONES

- Estudiar y analizar los tipos de azúcares reductores que se generan en la hidrólisis del almidón, mediante el método de cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC).
- Se recomienda evaluar la producción de dextrinas en los mostos dulces.
- Evaluar el contenido de metanol en las bebidas fermentadas a partir del maíz malteado.
- Estudiar y cuantificar la producción de enzimas alfa y beta amilasas durante la germinación de los maíces.
- Se recomienda la elaboración de una bebida alcohólica (cerveza artesanal) a partir de maíz malteado molido sustituyendo totalmente o parcialmente las maltas de cebadas (maltas cerveceras).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agama-Acevedo, E., Ottenhof, M. A., Farhat, I. A., Paredes-López, O., Ortiz-Cereceres, J. y Bello-Pérez, L. A. (2005). Aislamiento y Caracterización del almidón de maíces pigmentados. *Agrociencia* 1(39), 419-429. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239406.pdf>
- Arévalo, J. E., Domínguez, G., Pérez, J. M. y Vásquez, C. G. (2022). Sustitución parcial de malta de cebada (*Hordeum vulgare*) por maíz morado (*Zea mays* L.) en el desarrollo de cerveza estilo Cream Ale: evaluación de parámetros fisicoquímicos y evaluación sensorial. *Izote Journal*, 1(1), 71-82. <https://investigacion.ujmd.edu.sv/index.php/investigacionesujmd/article/view/17/11>
- Ávila Núñez, R., Rivas Pérez, B., Hernández Motzezak, R. y Chirinos M. (2012). Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en *Agave cocui* Trelease. *Multiciencias*, 12(2), 129-135. <https://biblat.unam.mx/hevila/Multiciencias/2012/vol12/no2/1.pdf>
- Badui Dergal, S. (2006). Química de los alimentos. Pearson Educación.
- Badui Dergal, S. (2012). La Ciencia de los alimentos en la práctica. Pearson Educación.
- Bamforth, C. (2008). Tap into the art and science of brewing. Oxford University Press. 780 pp. <https://doi.org/10.1007/978-94-6300-103-8>
- Bartolo, L. Cabellos, J. Gavidia, A. y Hoyos, C. (2013). Efecto del vacío en la absorbancia y el grado alcohólico en dos tipos de “Chicha de Jora”. *Agroindustrial Science*, 3(2), 117-124. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6583453>
- Bellassai, S. y Mearelli, L. *La evolución de los azúcares y de la densidad del mosto durante la fermentación de La cerveza*. CDRBeerLab. https://download.cdrfoodlab.com/Beer/azucare-densidad-mosto-cerveza_P1901.pdf
- Bello-Perez, A., Camelo-Mendez, G. A., Agama-Acevedo, E. y Utrilla-Coello, R. G. (2016).

- Biauzus, J. P. M., Santana, J. C. C., Souza, R. R., Jordao, E. y Tambourgi, E. B. (2007). Continuous extraction of α - and β -amylases from Zea mays malt in a PEG4000/CaCl₂ ATPS. *Journal of Chromatography B*, 858, 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2007.08.042>
- Briceño, K. E. y Castro, K. A. (2014). *Influencia del tiempo de cocción en las características fisicoquímicas de la chicha de Jora*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio DSPACE UNITRU. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/be2ca228-f16e-4900-8743-cc12e6a41366/content>
- Bustamante, A. (2019). *Influencia de la temperatura de fermentación en las características fisicoquímicas de la chicha de jora, evaluados en dos variedades de germinados de maíz (Zea mayz L.), INIA 603 y Marginal 28*. [Tesis de Titulación. Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3150/INFLUENCIA%20DE%20LA%20TEMPERATURA%20DE%20FERMENTACION%20EN%20LAS%20CARACTERISTICAS%20FISICOQUIMICAS%20DE%20LA%20CHICHA%20D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cancino Chávez, K. y Guevara Pérez, A. (2015). *Nixtamalización del maíz*. [Trabajo de investigación, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpactl/lecturas/Separata%20Nixtamalizaci%C3%B3n.pdf>
- Centeno Ordoño, K. (2016). *Efecto de la hidrólisis enzimática y la pasteurización sobre la calidad de una bebida fermentada a base de maíz morado (Zea Mays) variedad kulli*. [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/eca02ce3-0af1-4a71-8188-6d2aafc67ffd/content>
- Cerro, S. R. (2019). Aprovechamiento de pigmentos antociánicos del maíz morado (Zea mays L) en la elaboración de una bebida alcohólica tipo vino. *Ciencia & desarrollo*, (15), 40-46. <https://doi.org/10.33326/26176033.2013.15.315>
- Chacón, C. I. y Chingal C. S. (2023). *Influencia de la sustitución parcial de malta de cebada por malta de maíz morado (Zea Mays) en las características fisicoquímicas y sensoriales de una cerveza artesanal tipo Irish red ale* [Tesis

- de titulación, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Repositorio UPEC.
<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/2046/3/119-%20CHAC%c3%93N%20GUERRA%20CARLA%20ISABEL-%20CHINGAL%20ORT%c3%8dZ%20CAMILA%20STEFANIA.pdf>
- Cóndor Pillajo, D. B. (2018). *Efecto del proceso de tostación con microondas sobre el grano de maíz chulpi (Zea mays sacchara) y sus características geométricas* [Trabajo de Titulación. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio DSPACE
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6761ca7b-cb3e-4b6d-ab9e-42b366c302b7/content>
- Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A., & Codină, G. G. (2021). Maize and sorghum as raw materials for brewing, a review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(7).
<https://doi.org/10.3390/app11073139>
- De Florio Ramírez, E. (2019). Elaboración tradicional de chicha de jora. *Ciencia & Desarrollo*, (1), 92–96. <https://doi.org/10.33326/26176033.1995.1.26>
- De León, N. R. (2016). *Análisis de las Propiedades Fisicoquímicas que aporta el Maíz Negro (Zea mays L.) en la Elaboración de Cerveza a tres diferentes Temperaturas de Fermentación* [Tesis de Titulación. Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio USAC.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/4993>
- Diakabana, P., Mvoula-Tsieri, M., Dhellot, J., Kobawila, S. C., & Louembe, D. (2013). Physico-Chemical Characterization of Brew during the Brewing Corn Malt in the Production of Maize Beer in Congo. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(6), 671-677. <http://dx.doi.org/10.19026/ajfst.5.3147>
- Díaz, J. Y. y Alarcón, Y. R. (2022). *Determinación de parámetros de Fermentación para la Obtención de una Bebida Alcohólica a base de Pitahaya (Hylocereus Megalanthus)* [Tesis para optar el título. Universidad Nacional de Jaén].
http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/463/1/Diaz_PJY_Alarcon_LYR.pdf
- Dziedzoave, NT., Graffham, A. J., Westby, A. & Komlaga, G. (2010). Comparative assessment of amylolytic and cellulolytic enzyme activity of malts prepared

- from tropical cereals. *Food Control*, 21(10), 1349-1353.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.04.008>
- Egwin, E. C. y Oloyede, O. B. (2006). Comparison of α -amylase activity in some sprouting Nigerian cereals. *Biokemistri*, 18, 15-20.
<https://www.bioline.org.br/pdf?bk06003>
- Espinoza Zambrano, N. B. (2016). Estudio de las condiciones de malteado de maiz (zea mays y quinua (Chenopodium quinoa) que favorezcan su aptitud cervecera. [Trabajo de pregrado] Escuela Politécnica Nacional.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15039>
- Eßlinger, H. M.(2006). Handbook of brewing. Germany. 714 p.
https://vebriananggrya.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/09/handbook_of_brewing_processes_technology_markets.pdf
- Ferreira, L. (2014). Elaboración de cerveza: Historia y evolución, desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales [Tesis, Universidad Nacional de la Plata].
<https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-Final-Leonel-Ferreira-.pdf>
- García, A. (2007). *Estudio comparativo de la levadura Saccharomyces cerevisiae y la levadura Saccharomyces bayanus en la elaboración del licor de mango (Mangifera indica L.)* [Tesis de Titulación. Universidad Nacional del Callao]. Repositorio UNAC
<https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/420/T.664.B81.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez Osnaya, L. J., Hernández Mendoza, M., Gutiérrez Nava, M. A., Vásquez Siordia, E. A. y Román-Gutiérrez, A. D. (2016). Evaluación del mosto para la obtención de un alimento funcional. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1, 885-890. [10.29057/icbi.v5i8.2045](https://doi.org/10.29057/icbi.v5i8.2045)
- Hernández, M. A. (2021). *Estudio del efecto de la Temperatura y el Tiempo de Germinación sobre el poder Diastásico de las Maltas de Maíz Azul y Rojo de la raza Chalqueño, así como de la evolución de los compuestos volátiles durante el envejecimiento de cervezas producidas con estas maltas* [Tesis de

- Doctorado, Unidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa]. Repositorio BINDANI.
<http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=23933&docs=UAMII23933.pdf>
- Hernández, M. A., Verde, J. y Escalona, H. B. (2023). La cerveza de maíz. *Revista De divulgación científica IBIO*, 5(3), HS142. <https://orcid.org/0000-0002-2085-9109>
- Hough, J. S. (1990). *Bioteología de la cerveza y de la malta*. Editorial ACRIBIA, S.A.
- INACAL (2016). NTP 212.014. Bebidas alcohólicas vitivinícolas. Vinos. Requisitos. Tercera edición.
- INACAL (2019). NTP 212.030. Bebidas alcohólicas. Vinos. Determinación del grado alcohólico. Segunda Edición.
- INACAL (2019). NTP 211.040. Bebidas alcohólicas. Método de ensayo. Determinación de acidez. 3a Edición.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). *Maíz INIA 604–Moroch*.
https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-amarillo-duro/INIA_604.pdf
- Kader, A. A. (2008). Flavor quality of fruits and vegetables. *J. Sci. Food Agric.* 1(88). 1863-1868. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3293>
- Koheler, P. W. (2013). *Manual de masa madre bioteología, Química de los cereales en grano*. New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5425-0_2
- Kunze, W. (2006). *Tecnología para cerveceros y malteados*. Westkreuz-Druckerei Ahrens KG.
- LAFFORT (2024). Tabla de equivalencias de las diferentes escalas para medir la concentración de azúcares en los mostos. <https://laffort.com/es/table-de-correspondance-des-differentes-echelles-de-mesure-de-la-concentration-en-sucres-des-mouts/>

- Lazo, S. R. (2022). *Estudio de la Cinética de Extracción de Azúcares Reductores por macerado a diferentes proporciones agua - Malta de Cebada* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/9056>
- López Alvarado, C. B. (2019). Detección y selección de metabolitos bioquímicos como marcadores de calidad en el proceso cervecero. [Trabajo de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/19737>
- Menezes Biazus, J. P., Rodrigues de Souza, R., Espinoza Márquez, J., Teixeira Franco, T., Curvelo Santana, J. C. & Basile Tambourgi, E. (2009). Production and Characterization of Amylases from maíz. *Food/Feed Science and Technology • Braz. arch. biol. Technol*, 52(4), 991-1000. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000400024>
- Miller G., (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-228. <http://dx.doi.org/10.1021/ac60147a030>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). (2020). Manual de Producción de Maíz Amiláceo. <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1310/1/MANUAL%20DE%20PRODUCCI%C3%93N%20DE%20MA%20C3%8DZ%20AMIL%C3%81CEO.pdf>
- Ministerio del Ambiente, Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad. (2018). Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad. <https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/Linea-de-base-ma%C3%ADz-LowRes.pdf>
- Mucha López, F. C. y Sedano Ccama, R. M. (2022). *Efecto de la velocidad de agitación y la temperatura, en los azúcares disueltos del macerado de cebada malteada*. [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/9249>
- Oña Cundulle, T. F. (2020). *Evaluación del aprovechamiento del rechazo de banano (musa paradisiaca) para la obtención de una bebida alcohólica tipo vodka*. [Tesis de pregrado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador]. Repositorio UTEQ

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/94d3ed8c-1352-4efe-9f75-3c37b7968957/content>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1993). El maíz en la nutrición humana.

<https://www.fao.org/3/t0395s/T0395S00.htm#Contents>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2005). Cereal Fermentations in Latin American Countries.

<https://www.fao.org/3/x2184E/x2184e10.htm>

Oscanoa Rodriguez, C. y Sevilla Panizo, R. (2009). Incremento de Rendimiento de Maíz en Sierra Central del Perú a través de Conservación de Razas Junín, Huancavelica y Ayacucho. Estudio de línea de base. INIA.

<http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/969>

Pacheco Vargas (2010). *Aislamiento de una cepa nativa Saccharomyces sp y determinación de parámetros en la fermentación de la Chicha de Jora*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Repositorio Institucional UNAMBA.

<http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/330>

Paliwal, R. L., (2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción.

<https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm#toc>

Picón, M. (2020). Análisis fisicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Sevilla. Sevilla.

<https://hdl.handle.net/11441/99697>

Pino, S. M., Gallardo, I. y Pérez, M. (2018). Estudio experimental de las etapas de maceración y fermentación para la obtención de cerveza a partir de malta de sorgo. *Centro Azúcar*, 45 (3), 52-64.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612018000300006&script=sci_arttext&lng=en

Pinzon Cortes, G. J. (2022). *Transformaciones fisicoquímicas del almidón de maíz durante la germinación de semillas de variedad criollo negro (Zea mays L.)* [Trabajo de pregrado, Universidad de los Llanos].

<https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/2873>

- Reyna M., L., Robles, R., Reyes P., M., Mendoza R., Y. y Romero D., J. (2004). Hidrólisis enzimática del almidón. *Revista Peruana De Química E Ingeniería Química*, 7(1), 40–44. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4685>
- Rivera, M. T., Huerta, R., Herrera, M. G., Herrera, V. y Flores, C. A. (2022). Condiciones de maceración y fermentación que incrementan el contenido de etanol en mosto fermentado para whisky de malta. *Biotecnia*, 24(1), 133-141. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1576>
- Rodríguez Gómez, F. A. (2008). *Nuevo proceso biocatalítico para obtener jarabes dulces a partir de cebada malteada, almidón de maíz y enzimas amilolíticas* [Trabajo de posgrado, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey]. <http://hdl.handle.net/11285/570689>
- Saavedra del R., G. (2014). *El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce*. Santiago, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 303. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7802>
- Salhuana M., W. (2017). *Diversidad y descripción de las razas de maíz del Perú*. United States Department of Agriculture. https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Diversidad%20y%20razas%20de%20maiz%20en%20Peru.pdf
- Sempértegui Puente, M. A. (2013). *Perspectivas para la industrialización de la chicha de jora* [Trabajo de Titulación, Universidad del Azuay]. Repositorio Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3315/1/10085.PDF>
- Steinkraus, K. (1996). *Handbook of Indigenous fermented foods*. Marcel Dekker. New York.
- Takizawa, F. F., de Oliveira da Silva, G., Eneias Konkell, F., & Mottin Demiate, I. (2004). Characterization of tropical starches modified with potassium permanganate and lactic acid. *Food Science and Technology • Braz. arch. biol. Technol*, 47(6), 921-931. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000600012>
- Tovar Benítez, T. (2008). *Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (Zea mays L) obtenido por diferentes métodos de aislamiento* [Tesis de

Titulación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México]. Biblioteca Digital

UAEH

<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/508/Caracterizacion%20morfologica%20y%20termica%20almidon%20de%20maiz.pdf;jsessionid=0EB74FF0B1E750B406D9C15C79262BFE?sequence=1>

Valencia Bustamante, P. Y. (2015). *Evaluación tecnológica de la germinación y clarificación de las bebidas tradicionales fermentadas y pasteurizadas de maíz morado (Zea Mays) y quinua (Chenopodium Quinoa) variedad INIA 420 NEGRA COLLANA* [Tesis de Titulación. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú].

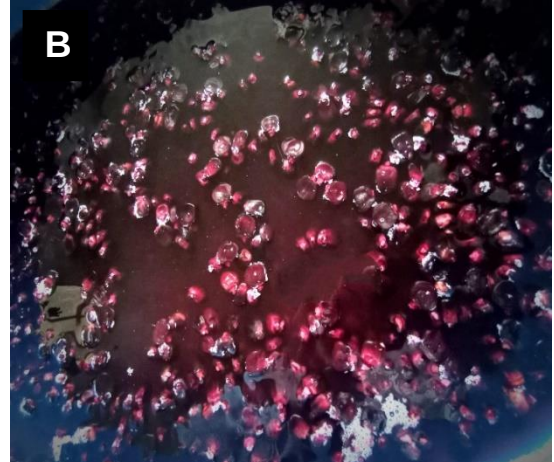
ANEXOS

Anexo 01. Proceso de germinación Maíz Morocho



Nota: Proceso de remojo del maíz morocho (A). Proceso de germinación (B). Crecimiento de las acróspiras en el maíz (C). Secado del maíz morocho germinado (D). Eliminación de las raicillas (E). Proceso de molienda del maíz morocho germinado (F).

Anexo 02. Proceso de germinación Maíz Morado



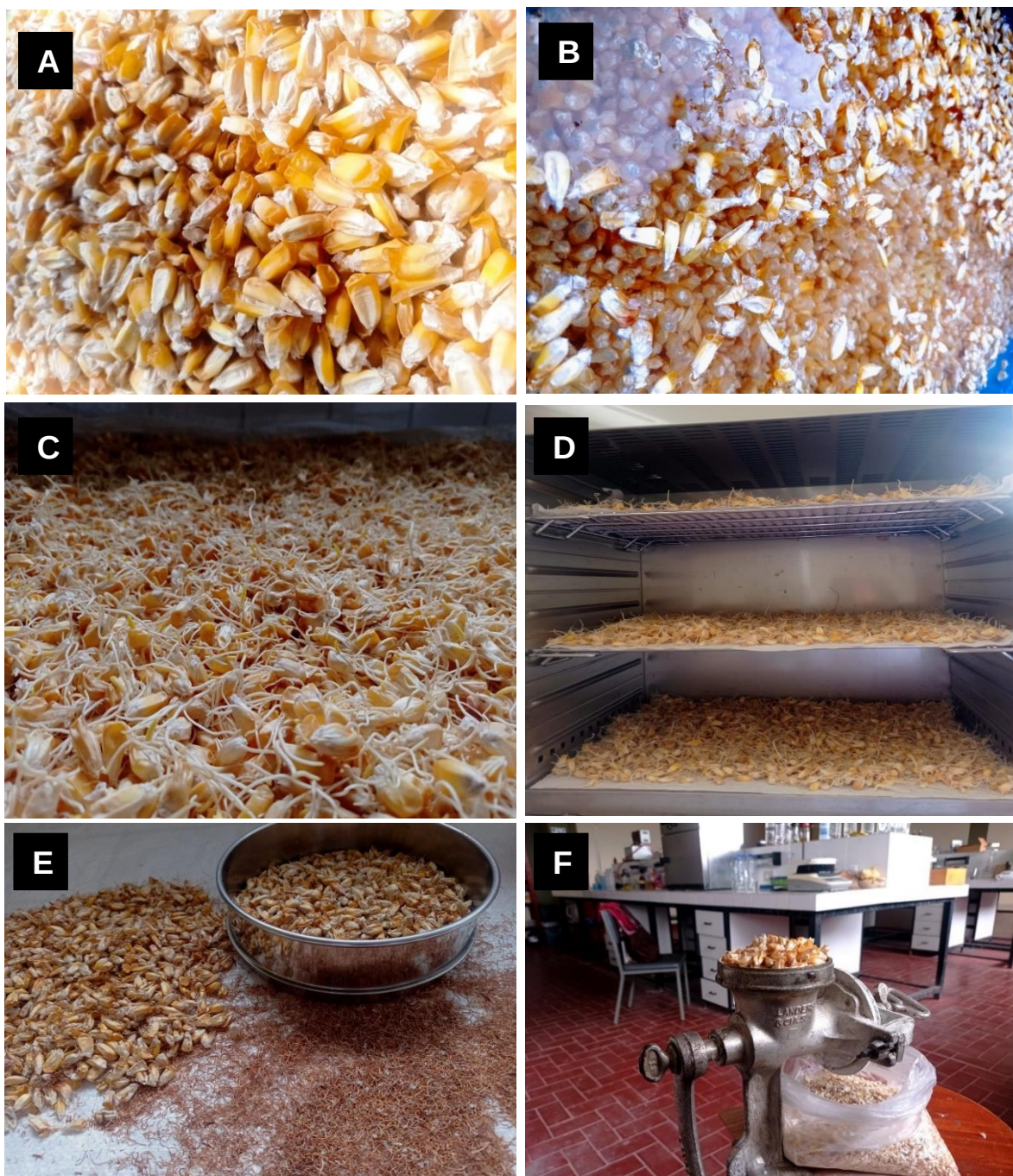
Nota: Selección del maíz morado (A). Proceso de remojo del maíz morado (B). Crecimiento de las acróspiras en el maíz morado (C). Secado del maíz morado germinado (D). Eliminación de las raicillas (E). Proceso de molienda del maíz morado germinado (F).

Anexo 03. Proceso de germinación Maíz Pillpe



Nota: Selección del maíz pillpe (A). Crecimiento de las acróspiras en el maíz pillpe (B). Secado del maíz pillpe germinado (C). Eliminación de las raicillas (D). Proceso de molienda del maíz pillpe germinado (E).

Anexo 04. Proceso de germinación Maíz Chullpi



Nota: Selección del maíz chullpi (A). Proceso de remojo del maíz chullpi (B). Crecimiento de las acróspiras en el maíz chullpi (C). Secado del maíz chullpi germinado (D). Eliminación de las raicillas (E). Proceso de molienda del maíz chullpi germinado (F).

Anexo 05. Tabla de correspondencia de las diferentes escalas de medida de la concentración de azúcares en mosto

°Bx		°Oe	°B		Grado Alcohólico Potencial según el rendimiento en alcohol (azúcares por 1% vol alcohol)		
Grado Brix	Densidad	Grado Oechsle	Grado Baumé	Azúcares (g/L)	16,83 g/L	17 g/L	18g/L
24,0	1,1011	101,1	13,246	240,1	14,27	14,12	13,34
23,8	1,1001	100,1	13,137	237,8	14,13	13,99	13,21
23,6	1,0992	99,2	13,028	235,5	13,99	13,85	13,08
23,4	1,0983	98,3	12,918	232,6	13,82	13,68	12,92
23,2	1,0974	97,4	12,809	230,3	13,68	13,54	12,79
23,0	1,0965	96,5	12,700	228,5	13,58	13,44	12,69
22,8	1,0956	95,6	12,591	226,2	13,44	13,31	12,57
22,6	1,0947	94,7	12,481	225,1	13,37	13,24	12,51
22,4	1,0938	93,8	12,372	222,8	13,24	13,11	12,38
22,2	1,0929	92,9	12,263	220,5	13,10	12,97	12,25
22,0	1,0920	92,0	12,153	217,6	12,93	12,80	12,09
21,8	1,0911	91,1	12,044	215,3	12,79	12,66	11,96
21,6	1,0901	90,1	11,935	212,4	12,62	12,49	11,80
21,4	1,0892	89,2	11,825	210,1	12,48	12,36	11,67
21,2	1,0884	88,4	11,716	207,8	12,35	12,22	11,54
21,0	1,0875	87,5	11,606	206,7	12,28	12,16	11,48
20,8	1,0866	86,6	11,497	202,7	12,04	11,92	11,26
20,6	1,0857	85,7	11,387	202,1	12,01	11,89	11,23
20,4	1,0848	84,8	11,278	199,8	11,87	11,75	11,10
20,2	1,0839	83,9	11,168	197,6	11,74	11,62	10,98
20,0	1,0830	83,0	11,059	195,3	11,60	11,49	10,85
19,8	1,0821	82,1	10,949	191,9	11,40	11,29	10,66
19,6	1,0812	81,2	10,839	190,2	11,30	11,19	10,57
19,4	1,0803	80,3	10,730	187,4	11,13	11,02	10,41
19,2	1,0794	79,4	10,620	186,2	11,06	10,95	10,34
19,0	1,0785	78,5	10,511	183,5	10,90	10,79	10,19
18,8	1,0777	77,7	10,401	182,3	10,83	10,72	10,13
18,6	1,0768	76,8	10,291	180,1	10,70	10,59	10,00
18,4	1,0759	75,9	10,181	177,2	10,53	10,42	9,84
18,2	1,0750	75,0	10,072	175,0	10,40	10,29	9,72
18,0	1,0741	74,1	9,962	172,2	10,23	10,13	9,56
17,8	1,0733	73,3	9,852	169,4	10,07	9,96	9,41
17,6	1,0724	72,4	9,742	168,3	10,00	9,90	9,35
17,4	1,0715	71,5	9,633	166,0	9,86	9,76	9,22
17,2	1,0706	70,6	9,523	164,9	9,80	9,70	9,16
17,0	1,0698	69,8	9,413	162,2	9,63	9,54	9,01
16,8	1,0689	68,9	9,303	159,3	9,47	9,37	8,85
16,6	1,0680	68,0	9,193	157,1	9,33	9,24	8,73
16,4	1,0672	67,2	9,083	154,4	9,17	9,08	8,58
16,2	1,0663	66,3	8,973	151,6	9,01	8,92	8,42
16,0	1,0654	65,4	8,863	150,5	8,94	8,85	8,36

°Bx		°Oe	°B		Grado Alcohólico Potencial según el rendimiento en alcohol (azúcares por 1% vol alcohol)		
Grado Brix	Densidad	Grado Oechsle	Grado Baumé	Azúcares (g/L)	16,83 g/L	17 g/L	18 g/L
15,6	1,0637	63,7	8,643	147,1	8,74	8,65	8,17
15,4	1,0628	62,8	8,533	144,4	8,58	8,49	8,02
15,2	1,0620	62,0	8,423	141,6	8,41	8,33	7,87
15,0	1,0611	61,1	8,313	138,9	8,25	8,17	7,71
14,8	1,0603	60,3	8,203	137,2	8,15	8,07	7,62
14,6	1,0594	59,4	8,093	135,0	8,02	7,94	7,50
14,4	1,0586	58,6	7,983	132,8	7,89	7,81	7,38
14,2	1,0577	57,7	7,873	131,2	7,79	7,71	7,29
14,0	1,0568	56,8	7,763	129,0	7,66	7,59	7,17
13,8	1,0560	56,0	7,652	126,3	7,50	7,43	7,02
13,6	1,0551	55,1	7,542	123,6	7,34	7,27	6,86
13,4	1,0543	54,3	7,432	121,9	7,24	7,17	6,77
13,2	1,0534	53,4	7,322	119,2	7,08	7,01	6,62
13,0	1,0526	52,6	7,211	117,6	6,99	6,92	6,53
12,8	1,0518	51,8	7,101	116,0	6,89	6,82	6,44
12,6	1,0509	50,9	6,991	113,2	6,73	6,66	6,29
12,4	1,0501	50,1	6,880	111,0	6,60	6,53	6,17
12,2	1,0492	49,2	6,770	108,4	6,44	6,38	6,02
12,0	1,0484	48,4	6,660	106,8	6,35	6,28	5,93
11,8	1,0475	47,5	6,549	104,1	6,18	6,12	5,78
11,6	1,0467	46,7	6,439	103,3	6,14	6,08	5,74
11,4	1,0459	45,9	6,329	100,3	5,96	5,90	5,57
11,2	1,0450	45,0	6,218	98,1	5,83	5,77	5,45
11,0	1,0442	44,2	6,108	95,0	5,64	5,59	5,28
10,8	1,0434	43,4	5,997	93,4	5,55	5,49	5,19
10,6	1,0425	42,5	5,887	91,3	5,42	5,37	5,07
10,4	1,0417	41,7	5,776	89,6	5,32	5,27	4,98
10,2	1,0409	40,9	5,666	87,8	5,22	5,16	4,88
10,0	1,0400	40,0	5,555	84,9	5,04	4,99	4,71
9,8	1,0392	39,2	5,444	82,2	4,88	4,84	4,57
9,6	1,0384	38,4	5,334				
9,4	1,0376	37,6	5,223				
9,2	1,0367	36,7	5,112				
9,0	1,0359	35,9	5,002				
8,8	1,0351	35,1	4,891				
8,6	1,0343	34,3	4,780				
8,4	1,0334	33,4	4,670				
8,2	1,0326	32,6	4,559				
8,0	1,0318	31,8	4,448				
7,8	1,0310	31,0	4,337				

7,6	1,0302	30,2	4,226				
7,4	1,0294	29,4	4,116				
°Bx		°Oe	°B		Grado Alcohólico Potencial según el rendimiento en alcohol (azúcares por 1% vol.alcohol)		
Grado Brix	Densidad	Grado Oechsle	Grado Baumé	Azúcares (g/L)	16,83 g/L	17 g/L	18 g/L
7,2	1,0285	28,5	4,005				
7,0	1,0277	27,7	3,894				
6,8	1,0269	26,9	3,783				
6,6	1,0261	26,1	3,672				
6,4	1,0253	25,3	3,561				
6,2	1,0245	24,5	3,450				
6,0	1,0237	23,7	3,339				
5,8	1,0229	22,9	3,228				
5,6	1,0221	22,1	3,117				
5,4	1,0213	21,3	3,006				
5,2	1,0205	20,5	2,895				
5,0	1,0197	19,7	2,784				
4,8	1,0189	18,9	2,673				
4,6	1,0181	18,1	2,562				
4,4	1,0173	17,3	2,451				
4,2	1,0165	16,5	2,339				
4,0	1,0157	15,7	2,228				
3,8	1,0149	14,9	2,117				
3,6	1,0141	14,1	2,006				
3,4	1,0133	13,3	1,894				
3,2	1,0125	12,5	1,783				
3,0	1,0117	11,7	1,672				
2,8	1,0109	10,9	1,561				
2,6	1,0101	10,1	1,449				
2,4	1,0094	9,4	1,338				
2,2	1,0086	8,6	1,227				
2,0	1,0078	7,8	1,115				
1,8	1,0070	7,0	1,004				
1,6	1,0062	6,2	0,892				
1,4	1,0054	5,4	0,781				
1,2	1,0047	4,7	0,669				
1,0	1,0039	3,9	0,558				
0,8	1,0031	3,1	0,446				
0,6	1,0023	2,3	0,335				

Anexo 06. Lectura de la curva patrón



Anexo 07. Preparación de las muestras



**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Efecto de la temperatura y tiempo de hidrólisis en el contenido de azúcares reductores y determinación del porcentaje de etanol del mosto de la malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado

Expositora: Yennifer Katherine Noa Munguia
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2471937

Resolución Decanal N° 246-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 02-12-2024

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día miércoles cuatro de diciembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Yennifer Katherine Noa Munguia**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Dr. Wilfredo TRASMONTA PINDAY y Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), Ing. Jesús Javier PANIAGUA SEGOVIA (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Efecto de la temperatura y tiempo de hidrólisis en el contenido de azúcares reductores y determinación del porcentaje de etanol del mosto de la malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado**, presentado por la Bachiller **Yennifer Katherine Noa Munguia**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 246-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Yennifer Katherine Noa Munguia**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS, Dr. Wilfredo TRASMONTA PINDAY y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI. Luego el Presidente invitó al Ing. Jesús Javier PANIAGUA SEGOVIA para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Efecto de la temperatura y tiempo de hidrólisis en el contenido de azúcares reductores y determinación del porcentaje de etanol del mosto de la malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado**Expositora: Yennifer Katherine Noa Munguia
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2471937

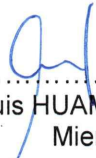
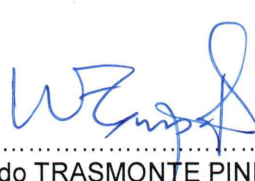
Resolución Decanal N° 246-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 02-12-2024

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO DIECISEIS (16).**

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Yennifer Katherine Noa Munguia**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana con cincuenta y cinco minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente
.....
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
Miembro
.....
Dr. Wilfredo TRASMONTA PINDAY
Miembro
.....
Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS
Miembro
.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, la Srta. **Yennifer Katherine NOA MUNGUIA** egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor ing. **Jesús Javier PANIAGUA SEGOVIA**, la Tesis: **Efecto de la temperatura y tiempo de hidrólisis en el contenido de azúcares reductores y determinación del porcentaje de etanol del mosto de la malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado** y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de **8%** y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha marzo 23 de 2025 e Identificador de la Entrega **Nº 2622592056**.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, marzo 24 de 2025.


Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia
EP Ingeniería en Industrias Alimentarias
Dr. Alberto L. HUAMANI HUAMANI
DIRECTOR

c.c. : Archivo.
Constancia Nº 023

Efecto de la temperatura y tiempo de hidrólisis en el contenido de azúcares reductores y determinación del porcentaje de etanol del mosto de la malta de maíz (*Zea mays* L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado

por Yennifer Katherine NOA MUNGUÍA

Fecha de entrega: 23-mar-2025 12:32p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2622592056

Nombre del archivo: 6_TESIS_RECORTADA_1_.pdf (1.89M)

Total de palabras: 22934

Total de caracteres: 104889

Efecto de la temperatura y tiempo de hidrólisis en el contenido de azúcares reductores y determinación del porcentaje de etanol del mosto de la malta de maíz (Zea mays L.) de las variedades morocho, pillpe, chullpi y morado

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

1%

2

core.ac.uk

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%

4

www.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

es.scribd.com

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Escuela Superior Politécnica del
Litoral

Trabajo del estudiante

<1%

7

tesis.ipn.mx

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Nacional del Centro
del Peru

Trabajo del estudiante

<1%

9

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

10

cdigital.uv.mx

Fuente de Internet

<1 %

11

revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

12

repositorio.tec.mx

Fuente de Internet

<1 %

13

aprenderly.com

Fuente de Internet

<1 %

14

revistas.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

journals.plos.org

Fuente de Internet

<1 %

16

sites.google.com

Fuente de Internet

<1 %

17

www.authorstream.com

Fuente de Internet

<1 %

18

doi.org

Fuente de Internet

<1 %

19

patents.google.com

Fuente de Internet

<1 %

20

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

21

repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

22

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo