

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INDUSTRIAS

ALIMENTARIAS



T E S I S

**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN EN LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA CHICHA DE JORA,
EVALUADOS EN DOS VARIEDADES DE GERMINADOS DE MAÍZ
(*Zea mays* L.), INIA 603 Y MARGINAL 28.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
BUSTAMANTE VÁSQUEZ, ALEXANDER**

ASESORES:

**Ing. M. Sc. MAX EDWIN SANGAY TERRONES
Dr. GLICERIO EDUARDO TORRES CARRANZA**

CAJAMARCA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los once días del mes de julio del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente 2A- 201 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designado por Consejo de la Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 155-2019-FCA-UNC, fecha 31 de mayo del 2019, con el objetivo de Evaluar la sustentación de la Tesis titulada: “**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA CHICHA DE JORA, EVALUADOS EN DOS VARIEDADES DE GERMINADOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.), INIA 603 Y MARGINAL 28**”, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**, del Bachiller: **ALEXANDER BUSTAMANTE VÁSQUEZ**.

A las once horas y diez minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y la deliberación del Jurado, el Presidente anuncio la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **QUINCE (15)**. Por lo tanto, el graduado queda expedito para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las doce horas y treinta minutos, el presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 11 de julio de 2019.

.....
Ing. M. Sc. José Gerardo Salhuana Granados
PRESIDENTE

.....
Ing. M. Sc. David Ricardo Uriol Valverde
SECRETARIO

.....
Ing. M. Sc. Fanny L. Rimarachín Chávez
VOCAL

.....
Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza
ASESOR

.....
Ing. M. Sc. Max Edwin Sangay Terrones
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y toda mi carrera universitaria a mis padres, hermanos y a los seres que más amo en este mundo.

A mis padres German y Gladis, que me dieron la vida y están conmigo en todo momento, gracias por confiar y creer en mí.

A los jóvenes con inspiraciones de realizar sus sueños profesionales.

El autor

AGRADECIMIENTO

A dios por concederme la vida, la salud y por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas para salir y superar cada obstáculo de mi vida.

A mis queridos padres por tanta paciencia y apoyo incondicional a lo largo de mi carrera. Ellos son mi fortaleza.

A mis hermanos Ana Bertha y Juan Carlos, que han compartido su tiempo a mi lado, porque en su compañía las cosas malas se convierten en buenas, la tristeza se transforma en alegría y la soledad no existe.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y docente por abrirme las puertas y darme la oportunidad de cumplir mis sueños y objetivos.

Al Mg. Ing. Max Sangay Terrones por su asesoría y dirección en el trabajo de investigación, al Dr. Eduardo Torres Carranza, distinguido docente, colaborador y guía en este trabajo.

El autor

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II.....	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.2. BASES TEÓRICAS	5
2.2.1. Generalidades del maíz	5
A. Origen.....	5
B. Características morfológicas	5
a. Clasificación botánica	6
b. Estructura del grano de maíz	6
c. Composición química y morfología del maíz.....	6
C. Zonas de producción de maíz.....	7
D. Variedades experimentales.....	7
a. Marginal 28	8
b. Maíz INIA 603.....	8
E. Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis	8
F. Valor nutricional	9
a. Almidón y otros carbohidratos	10
b. Proteínas.....	10
c. Aceite y ácidos grasos	11
G. Usos	11
2.2.2 Chicha de jora	12
A. Definición	12

B. Historia	12
C. Características sensoriales de la chicha de jora	13
D. Tipos de chichas de jora	14
a. Chicha blanca o mellicera	14
b. La chicha con guinda	14
c. chicha enterrada	14
d. Chicha dormida	14
e. Chicha siete semillas	15
f. Chicha Arequipeña	15
E. Composición nutricional de la chicha de jora	15
F. Obtención de la jora	16
G. Cambios durante el procesamiento en la elaboración de jora	17
a. Remojo	17
b. Germinación	17
c. Secado o deshidratado	18
H. Transformaciones durante la cocción	19
a. Amilosis	19
b. Proteólisis	21
2.2.3. Levaduras	22
A. Estructura química de la levadura	23
a. Saccharomyces Cerevisiae.	23
2.2.4. Fermentación	24
A. Tipos de fermentación alcohólica	26
a. Fermentación industrial	26
b. Fermentación industrial típica	26
c. Fermentaciones naturales	26
B. Factores ambientales que afectan el proceso de fermentación	27
a. Control de pH del medio	27
b. Aeración	27
c. Control de temperatura	27
d. Formación de espuma	27
e. Contaminación	28
C. Materias primas y su importancia para el proceso fermentativo	28

D. Potencial de iones hidrógeno (pH)	29
E. Grados brix	29
F. Acidez	29
G. Grado alcohólico	30
H. Destilación	30
a. Destilación simple	31
b. Destilación fraccionada	31
I. Alcoholes	31
J. Etanol	32
a) Fórmula química del etanol	32
b) Propiedades físico químicas del etanol	32
K. Pruebas generales de alcoholes	32
a) Prueba de Lucas	32
b) Oxidación con dicromato de potasio	33
c) Oxidación con permanganato de potasio	33
 CAPITULO III	 34
MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. Ubicación del trabajo de investigación	34
3.2. Tipo de investigación	34
3.2.1. Diseño de investigación.	34
3.2.2. Tipo de análisis estadístico.	34
3.3. Materiales	34
A. Material biológico	34
B. Insumos	35
C. Material y equipos de laboratorio.	35
a. Materiales	35
b. Equipos	35
c. Material de gabinete	35
3.4. Metodología	36
3.5. Diseño experimental	45

CAPITULO IV	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
1. Evaluación de las características fisicoquímicas de las variedades Marginal 28.....	47
1.1. Evaluación del pH.....	47
1.2. Evaluación de acidez.....	49
1.3. Evaluación de grados brix.....	50
1.4. Evaluación de grado alcohólico	51
2. Evaluación de las características fisicoquímicas de la variedad INIA 603	53
1.1. Evaluación de pH.....	53
1.2. Evaluación de acidez.....	53
1.3. Evaluación de grados brix	54
1.2. Evaluación de grado alcohólico	54
3. Análisis de varianza de las características fisicoquímicas.....	55
4. Pruebas de significancia (TUKEY) para las características fisicoquímicas de la chicha de jora	58
4.1. Comparaciones para grados °Brix	58
4.2. Comparaciones para pH.....	59
4.3. Comparaciones para acidez.....	59
4.4. Comparaciones para grado alcohólico	59
 CAPITULO V	 60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN	60
 CAPÍTULO VI.....	 61
BIBLIOGRAFÍA	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
Figura 1. Diagrama de bloques representando las etapas de la glucólisis	20
Figura 2. Diagrama de bloques representando las etapas de proteólisis.....	21
Figura 3. Reacción bioquímica de la fermentación	25
Figura 4. Equipo de destilación-vidrio	30
Figura 5. Equipo utilizado para la destilación simple	31
Figura 6. Diagrama de flujo de elaboración de los granos malteados	36
Figura 7. Diagrama de flujo de elaboración la bebida fermentada tipo jora.....	37
Figura 8. Muestra de maíz Marginal 28.....	38
Figura 9. Muestra de maíz INIA 603.....	38
Figura 10. Remojo de maíz INA 603	39
Figura 11. Remojo de maíz Marginal 28	39
Figura 12. Muestra germinada de maíz Marginal 28	40
Figura 13. Muestras y equipo de germinación.....	40
Figura 14. Estufa y deshidratación de muestra	41
Figura 15. Granos malteados	41
Figura 16. Molino manual usado para moler las muestras de maíz	42
Figura 17. Muestra de maíz molida.....	42
Figura 18. Balanza utilizada para el control de pesos	43
Figura 19. Cocción de muestras de maíz molido	43
Figura 20. Incubadora utilizada para el proceso de fermentación de muestras.	44
Figura 21. Proceso de fermentación de muestras en la incubadora.....	45
Figura 22. Evaluación del pH de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C.....	48
Figura 23. Evaluación del pH de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C.....	48
Figura 24. Evaluación de acidez de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C... 49	
Figura 25. Evaluación de acidez de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C... 50	
Figura 26. Evaluación de °brix de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C.....	51
Figura 27. Evaluación de °brix de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C.....	51
Figura 28. Evaluación del grado alcohólico de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C.....	52
Figura 29. Evaluación del grado alcohólico de la variedad Marginal 28 a Temperatura de 24°C.....	52

Figura 30. Evaluación de pH de la variedad INIA 603 a temperatura de 19°C y 24°C.	53
Figura 31. Evaluación de acidez de la variedad INIA 603 a temperatura de 19°C y 24°C	53
Figura 32. Evaluación de °brix de la variedad INIA 603 a temperatura de 19°C y 24°C	54
Figura 33. Evaluación de grado alcoholico de la variedad INIA 603 a temperatura de 19°C y 24°C.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pág.
Tabla 1. Valor nutricional del maíz, Amiláceo en 100g de grano Seco.....	10
Tabla 2. Composición porcentual macromoléculas de la chicha de jora.....	15
Tabla 3. Composición de la chicha de jora.....	16
Tabla 4. Constituyentes normales referidas a materia seca de levadura.....	23
Tabla 5. Clasificación taxonómica de <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	24
Tabla 6. Tratamiento para determinar los resultados estadísticos.....	46
Tabla 7. Cantidad en porcentaje de materia prima utilizada.....	46
Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH tratado a temperatura de 19 °C y 24 °C.....	55
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para grados brix tratado a temperatura de 19 °C y 24 °C.....	56
Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) para acidez tratado a temperatura de 19 °C y 24 °C.....	57
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) para grado alcohólico tratado a temperatura de 19 ° C y 24°C.....	57
Tabla 12. Prueba HSD TUKEY para el factor: Temperatura, confianza de 95%.....	58
Tabla 13. Prueba HSD TUKEY para el factor: Variedad, Confianza de 95%.....	58
Tabla 14. Prueba HSD Tukey para el factor: Temperatura, confianza de 95%.....	59
Tabla 15. Prueba HSD TUKEY para el factor: Variedad, confianza de 95%.....	59
Tabla 16. Prueba HSD TUKEY para el factor: Variedad, confianza de 95%.....	59
Tabla 17. Prueba HSD TUKEY para el factor: Temperatura, confianza de 95%.....	59

RESUMEN

El presente trabajo de investigación estuvo orientado a determinar la Influencia de la Temperatura de Fermentación en las Características Fisicoquímicas de la Chicha de Jora, Evaluados en dos Variedades de Germinados de Maíz (*Zea maíz L*), INIA 603 y Marginal 28. Para el proceso de elaboración del producto, se utilizó el método tradicional de producción de chicha de jora de la región Cajamarca, Se realizó el proceso de germinación durante 15 días para obtener jora de las dos variedades INIA 603 y Marginal 28. En esta fase se utilizó proporción de agua de 1:2, con riegos prolongados en el germinador, manteniendo una temperatura de 18°-20°C. Se prepararon suspensiones de maíz jora en agua, se realizó la cocción para posteriormente filtrar cada una de las muestras por separado. Se inoculó, levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Safale S-04_Spanish tipo ale); al filtrado se adaptó el sistema de respiración respectivo. Se distribuyeron cuatro (4) muestras por separado de las dos variedades para ser fermentadas a temperaturas de 19°C y 24°C, El proceso de fermentación fue de seis (6) días, durante este tiempo se evaluó cada 24 horas: pH, grados brix, grado alcohólico y acidez total. El análisis de los resultados se realizó teniendo en cuenta la fermentación de cada variedad de maíz (INIA 603 y Marginal 28); Los parámetros evaluados fueron analizados empleando el análisis de varianza (ANOVA), para determinar la significancia estadística considerando $p > 0.05$; en caso de variabilidad se realizó la comparación múltiple con la prueba Tukey; en los que se hizo uso del paquete estadístico HPS. El análisis estadístico muestra que los resultados óptimos se encuentran en la variedad INIA 603 tratada a temperatura de 19°C: pH: 3.42, acidez: 2.7 g/L. De Ácido tartárico, grados Brix: 5 y grado alcohólico: 5.7°GL.

Palabras claves: Jora, Chicha, germinación, fermentación, *Saccharomyces cerevisiae*, Safale S-04_Spanish tipo ale, variedades, muestras, cocción.

ABSTRACT

The present research work was oriented to determine the Influence of the Fermentation Temperature on the Physicochemical Characteristics of Chicha de Jora, Evaluated in two Varieties of Corn Sprouts (*Zea corn L*), INIA 603 and Marginal 28. For the process The traditional method of production of chicha de jora from the Cajamarca region was used to produce the product. The germination process was carried out for 15 days to obtain jora of the two varieties INIA 603 and Marginal 28. In this phase the proportion of 1: 2 water, with prolonged watering in the germinator, maintaining a temperature of 18 ° -20 ° C. Jora corn suspensions were prepared in water, cooking was carried out to subsequently filter each of the samples separately. It was inoculated, *Saccharomyces cerevisiae* yeast (Safale S-04_Spanish type ale); the respective breathing system was adapted to the filtrate. Four (4) samples were distributed separately from the two varieties to be fermented at temperatures of 19 ° C and 24 ° C. The fermentation process was six (6) days, during which time it was evaluated every 24 hours: pH, Brix degrees, alcoholic strength and total acidity. The analysis of the results was carried out taking into account the fermentation of each corn variety (INIA 603 and Marginal 28); The parameters evaluated were analyzed using the analysis of variance (ANOVA), to determine the statistical significance considering $p > 0.05$; in case of variability the multiple comparison was made with the Tukey test; in which the HPS. Statistical analysis shows that the optimal results are found in the INIA 603 variety treated at a temperature of 19 ° C: pH: 3.42, acidity: 2.7 g / L. Tartaric acid, Brix grades: 5 and alcoholic grade: 5.7 ° GL.

Key words: Jora, Chicha, germination, fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*, Safale S-04_Spanish type ale, varieties, samples, cooking.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La chicha de jora es una bebida fermentada de maíz de los países andinos tradicionalmente utilizado por los incas en varios eventos, como los ritos religiosos, de fertilidad y grandes fiestas. Un festival anual especial designado el Kayova (Cayua) se dedica a la producción de chicha en el Perú. Este festival se lleva a cabo en enero en el inicio de la cosecha de maíz (Jennings, J. 2005).

Es elaborada artesanalmente en muchas partes del Perú especialmente en la costa norte, como en el distrito de Catacaos, en Piura, así como en los pueblos andinos, especialmente Cusco y Arequipa. En el mercado nacional, se evidencia diferentes variedades de color de chicha, ya que se usan diversos cereales para su producción (León, L. 2010).

Aunque la chicha se puede preparar usando varios cereales y frutas, fermentados o no, hay varias maneras de fermentar el maíz para producir chicha, uno de los más comunes en el Perú es la utilizada para preparar "chicha de jora" (Vallejo et al., 2013).

La chicha de jora es una bebida alcohólica que se obtiene por fermentación natural de la materia azucarada contenida en el mosto de malta de maíz, con un contenido alcohólico de 9% en volumen (León, L. 2010).

La chicha de jora es una bebida alcohólica clara amarillenta efervescente, preparada a partir de maíz. Tiene un sabor similar a la de la sidra. La chicha ha sido consumida por los indígenas andinos desde hace siglos. Cuando se prepara a partir de las variedades de maíz pigmentadas, su color varía de rojo a púrpura. El contenido alcohólico de chicha varía entre 2 y 12 por ciento (v / v) (FAO 2005).

La producción tradicional de la chicha de jora es un proceso de fermentación algo único en el que la saliva sirve como la fuente de la amilasa para la conversión de almidón en azúcares fermentables. El malteado (germinación) de granos de maíz para producir la amilasa requerida para la conversión de almidón es un procedimiento alternativo que se utiliza ampliamente en el procesamiento moderno. Con frecuencia la salivación se combina con el malteado para producir chicha (Steinkraus 1996).

Por todo lo mencionado y considerando que la temperatura tiene influencia en la fermentación, existe gran diversidad de preparación de chicha de jora. Por lo tanto, las características y composiciones de estas son muy variables. Es necesario evaluarla debida a que en el proceso de fermentación se produce una serie de compuestos químicos (ácidos orgánicos, aldehídos, esterres, etc.); los cuales les confieren a las bebidas alcohólicas una característica. Por tal motivo nos planteamos los siguientes objetivos. Evaluar la temperatura de fermentación que da lugar a las mejores características fisicoquímicas de la chicha de jora de cada variedad de germinado de maíz (*Zea maíz L.*) INIA 603 y Marginal 28. Determinar en cuál de las variedades de germinados de maíz (*Zea maíz L.*) INIA 603 y Marginal 28, se obtiene la mejor característica fisicoquímica de la chicha de jora. Acidez, pH, Grados Brix y Grado Alcohólico.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Padilla (2010). Realizó una investigación sobre la aplicación de chicha de jora en 30 recetas definidas. Su investigación consistió en estandarizar recetas, en las cuales la chicha de jora pase a ser protagonista de recetas de sal, dulce y bebidas, dando importancia a su sabor y a su valor nutricional. Estableció un proceso de elaboración de jora de maíz que consistió en el remojo, germinación y secado. Además, considero a la molienda de granos de jora, cocción, filtración y fermentación como procesos importantes a considerar en la elaboración de esta bebida.

Padilla (2010). Luego de definir a los ingredientes principales y diferenciar tres variedades de jora hechos con maíz morocho, Zhima y una jora procesada, elaboro chicha con jora de maíz Morocho y otra con maíz Zhima para tomarlos como ingredientes en la preparación de diversos platillos. Se tomaron 30 recetas definidas adicionando chicha de jora en su preparación, luego basándose en las características organolépticas se realizó una encuesta para seleccionar una de las 2 recetas, cada una con chichas diferentes, logrando destacar a las recetas en las que se utilizó chicha de jora de maíz Morocho.

Bardales et al., (2012). Estudiaron el efecto de la concentración de un coadyuvante preseleccionado y presión de vacío sobre el tiempo de filtración y la transmitancia aplicado a un proceso de clarificación de la chicha de Jora, que se realizó en dos etapas, la primera evaluó las velocidades de sedimentación de dos coadyuvantes el silicato de aluminio hidratado y colapíz o cola de pescado que proviene de la vejiga natatoria de determinados peces. Se obtuvo una mayor velocidad de sedimentado con las muestras tratadas con silicato de aluminio hidratado o bentonita. En la segunda etapa, se utilizaron diferentes concentraciones de bentonita, coadyuvante pre seleccionado entre 5 g/hL y 12 g/hL y diferentes presiones de vacío entre -0.8 bar y -0.1 bar para la filtración; se pudo observar que las variables no fueron significativas para la transmitancia medida, pero por el contrario ambas variables en interacción fueron significativas en el tiempo de filtración, obteniéndose el mejor resultado con concentraciones de bentonita cercanas a 12 g/hL y presiones cercanas a - 0.3 bar y -0.1 bar.

Bartolo et al., (2013). Estudiaron el efecto del vacío en la absorbancia y el grado alcohólico en dos tipos de chicha de jora, donde se consideraron las como variables la presión, tipo de chicha y grado alcohólico. Asimismo, se utilizó el líquido destilado de la chicha de jora, en la que se evaluó el efecto de la presión (385-760 mmHg) y el tipo de chicha (blanca y oscura), sobre la absorbancia y el grado alcohólico de las muestras. Se procesaron los datos obtenidos para obtener un modelo experimental en el programa DATAFIT, dando una ecuación exponencial de la siguiente forma: $y = \exp(a \cdot x_1 + b \cdot x_2 + c \cdot x_3 + d)$, donde la variable dependiente fue la absorbancia.

Suárez et al., (2013). Realizaron un estudio de preferencia de la chicha de maíz en zonas rústico-campestres y citadina de la región La Libertad, mediante encuestas realizadas a un total de 100 personas, en el Campus de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo – UPAO y en cuatro lugares rústicos y campestres de Laredo, Moche y Magdalena de Cao. Se determinó que el 83% consumen chicha, la mayoría del sexo masculino (63%), de los cuales el 62% son mayores de 40 años.

Ramírez (2010). Realizó el estudio de la elaboración de chicha de jora, incorporando operaciones de la tecnología cervecera, a nivel de planta piloto. La elaboración del mosto por métodos cerveceros se inició con una relación de agua, sólidos de 1:4, cuya composición fue de 80% de jora y 20% de malta de cebada. El método de maceración fue mixto, se trató la jora como un cereal no malteado. El rendimiento de/mosto fue de 63.58%. La filtración se realizó con su propio “cake” y duró 30 minutos a una temperatura de 78°C.

Gordillo et al., (2012). Realizaron un estudio para determinar el efecto de la proporción de naranja, papaya y piña en la aceptabilidad, utilizando un diseño de mezclas, usando el software STATISTICA 7.0 (demo) que dio una adecuada representación respecto al universo de mezclas, considerando una región experimental restringida. Para los fines de elaboración del producto el 100 % correspondió a 450 g. de la muestra de jugo de fruta tomada.

Briceño y castro (2014). Realizaron estudios sobre la influencia del tiempo de cocción en las características fisicoquímicas e la chicha de jora, en la que el primer paso fue someter a diferentes tiempos de cocción al maíz jora molido (2, 4, 6,8,10, y 12 horas), para obtener una suspensión del 10%p/v con la finalidad de extraer los diferentes

nutrientes que sirven para la elaboración de la chicha de jora en dos días de fermentación.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades del maíz

A. Origen

La planta de maíz (*Zea mays* L.) es nativa de las Américas. Era la principal planta alimenticia de los indígenas cuando Colón descubrió América, todavía en la actualidad es la cosecha más importante en México, América Central y muchos países de América del Sur (Perú, Ecuador, Bolivia) (Poehlman 1969). Señala también que el cultivo es oriundo de América. Se han mencionado dos lugares como los posibles centros de origen del Maíz:

- a. Los valles altos del Perú, Ecuador y Bolivia.
- b. La región del Sur México y la América Central (Poehlman 1969).

B. Características morfológicas

El maíz es una planta con un gran desarrollo vegetativo, muy robusta, de tallo nudoso y macizo, los entrenudos cercanos al suelo son cortos y de ellos nacen raíces aéreas, posee un sistema radicular fasciculado bastante extenso formado por tres tipos de raíces, lleva flores masculinas (penachos) y flores femeninas (panoja), la mazorca está revestida por brácteas (León, J. 1987).

Es una gramínea anual, normalmente con un solo tallo dominante que puede producir hijos fértiles, hojas alternas a ambos lados del tallo, la floración masculina ocurre de 1 a 2 días antes que la femenina, es de polinización libre y cruzada. El grano es un fruto completo (cariopsis) con una semilla (Delbo 1980).

a. Clasificación botánica

Reino	: Vegetal
Clase	: Monocotiledónea
Orden	: Columifloras
Familia	: Graminae
Sub familia	: Panicoideae
Género	: Zea
Especie	: <i>Zea mays</i> L.

Fuente: León, J. 1987

b. Estructura del grano de maíz

Los granos de maíz se desarrollan mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1 000 granos según el número de hileras y el diámetro y longitud de la mazorca. El peso del grano puede variar mucho, de aproximadamente 19 a 30 g por cada 100 granos. Durante la recolección, las panojas de maíz son arrancadas manual o mecánicamente de la planta. Se pelan las brácteas que envuelven la mazorca y luego se separan los granos a mano o, más a menudo, mecánicamente (Ayma y Cacsire, 2012).

c. Composición química y morfología del maíz

El grano individual del maíz es botánicamente una carióspside y está formado por 4 estructuras principales: el pericarpio o cáscara, el germen o embrión, el endospermo y la piloriza. El pericarpio, cáscara o salvado se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente 87%; la fibra está constituida principalmente por hemicelulosa y celulosa. El resto de la composición química de la cáscara son cenizas, proteínas y azúcares. La función primordial de la estructura fibrilar en la cáscara es formar una red que proteja y contenga a las demás estructuras del grano, el endospermo provee los nutrientes para el germinado de la semilla, hasta que la nueva planta tenga suficiente área de hoja para ser autótrofa. Esta estructura posee un alto contenido de almidón (87%) y aproximadamente 8 % de proteínas. Las estructuras esféricas son los gránulos de almidón, mientras que la estructura laminar

está formada por proteínas. Además, esta parte del grano de maíz contiene aproximadamente 5% de agua. La distribución del contenido de agua en el endospermo produce dos morfologías diferentes en esta sección del grano de maíz, el líquido se concentra en la parte interna del grano, mientras que la parte cercana a la cáscara presenta menor contenido de agua; por lo tanto, la morfología del endospermo “seco” tiene un aspecto mucho más compacto que la sección del endospermo “húmedo” (Ayma y Cacsire 2012).

C. Zonas de producción de maíz

Las zonas de mayor producción del maíz amarillo duro están principalmente en la Costa Norte con 33.8%, seguido de la Costa Central con 28.8%, luego la Selva Alta con 26.2%, la Selva Baja con 9.7% y la Costa Sur con 0.7%. A nivel de los departamentos, se encuentran La Libertad, Lima, San Martín, Lambayeque, Ancash, Piura, Cajamarca, y Loreto, que concentran el 83.46% de la producción total, destacando La Libertad y Lima, con el 17.3% y el 15.9% respectivamente (MINAG).

La producción nacional creció en 5.2% en los últimos años, paso de 959,705 toneladas en 2000 a 1'009,748 toneladas en el año 2006. Esto debido a un incremento en la superficie cosechada que pasó de 269,777 a 275,405 hectáreas en el mismo período (Collao, Acuña, Berrio 2011).

D. Variedades experimentales

Poelhman (1987), Hartmann y Kester (1964). Explican que es difícil definir con precisión el concepto de variedad. Pero se acepta de que es un grupo de plantas relacionadas entre sí que debido a sus características (morfológicas, fisiológicas, citológicas, químicas y otras) se pueden diferenciar de otros grupos dentro de una misma especie.

Quispe (1999). Menciona a Shull que en 1908 presentó la primera teoría sobre la heterosis que llamó hipótesis del estímulo fisiológico o de la heterocigosidad. Se suponía que la heterocigosidad era la responsable del vigor, la cual es una explicación no Mendeliana. Entrevió un método de mejoramiento para aprovechar este aumento en el vigor y rendimiento que consistía en encontrar las mejores líneas autofecundadas y usarlas en la práctica para la producción de semilla.

a. Marginal 28

La variedad es un compuesto que resulta del cruzamiento ínter o intrapoblacional de cultivares ACROSS 7725, FERKE 7928, la máquina 7928, provenientes del CIMMYT mejorada y adaptada por el INIA a las condiciones de selva y costa norte del Perú. La floración se produce entre 53 a 60 días después de la siembra con un periodo vegetativo de 120 días. La producción experimental llega a 8000 Kg/ha y comercialmente de 4000 Kg/ha con una fertilización de 160-90-0. La altura de planta es 2.00 a 2.20 m, una altura de mazorca de 1 00 a 1.10 m y densidad de siembra de 70 000 a 75 000 plantas/ha. Además, es una variedad resistente al acame y tolerante a la sequía, así como a roya y el carbón. (Boletín INIA 1997)

b. Maíz INIA 603.

La variedad Blanco Urubamba, del Valle Sagrado de los Incas - Cusco, es del tipo de maíz choclero por excelencia para las exigencias del poblador peruano. Desafortunadamente, esta variedad tiene una adaptación muy específica a ciertas condiciones agroecológicas y en consecuencia no se puede sembrar satisfactoriamente en muchos lugares de la sierra peruana. Con la finalidad de ampliar el rango de adaptación de esta variedad, el ex - Programa de Investigación en Maíz y Arroz del INIA en 1978 formó el Complejo Peruano II (CP II), población de amplia base genética, a partir del cual se derivó la variedad Maíz INIA 603 El método de selección inicial fue el de medios hermanos y luego el de hermanos completos (INIA- Cajamarca 2018).

E. Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis

El almidón es el principal constituyente del maíz (*Zea mays* L.) y las propiedades fisicoquímicas y funcionales de este polisacárido están estrechamente relacionadas con su estructura. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. Estas moléculas se organizan en anillos concéntricos para originar la estructura granular. La distribución de la amilosa dentro de los anillos concéntricos difiere entre el centro y la periferia del gránulo, ya que sólo ocupa los lugares disponibles que deja la amilopectina después de sintetizarse (Tetlow et al, 2004).

El almidón es un polímero de glucosa que constituye el principal producto de almacenamiento en semillas y otros órganos (Tetlow, 2014), Representa el 80% de la ingesta calórica mundial, se utiliza como alimento animal y es una importante materia

prima para la industria (Guan, HP, 1998), La importancia económica y social que adquirieron durante el siglo pasado las bebidas alcohólicas producidas a partir de cereales, llevó a una mayor investigación científica dirigida a conocer la naturaleza y regulación del proceso de degradación de almidón en el endospermo, el cual actualmente se entiende con profundidad tanto a nivel bioquímico como molecular (Smith et al, 2003).

La biosíntesis de la amilopectina involucra la participación de las enzimas almidón sintasa solubles (SSS, por sus siglas en inglés), que unen moléculas de glucosa mediante enlaces α : 1-4, produciendo cadenas lineales con diferente grado de polimerización (GP). Las enzimas ramificantes del almidón (SBE, por sus siglas en inglés), unen cadenas de glucanos mediante enlaces α : 1-6, originando una molécula ramificada. Una vez formada la amilopectina, el almidón sintasa unida al gránulo (GBSS, por su sigla en inglés, granule bound synthase starch) comienza a unir glucosas para sintetizar únicamente las cadenas de amilosa (Baldwin 2001).

F. Valor nutricional

Debido a su ingesta relativamente elevada en los países en desarrollo, a los cereales no se les puede considerar solo una fuente de energía, proporcionada por el almidón, sino que además suministran cantidades notables de proteínas y otros nutrimentos. Vale la pena mencionar que cada una de las partes del grano de maíz difiere considerablemente su composición química, que a su vez varía ampliamente por causas tanto genéticas como ambientales, la Tabla 1 muestra el valor nutricional de las variedades de maíz amiláceo en 100 gramos de grano seco (Ayma y Cacsire 2012).

Tabla 1. Valor nutricional del maíz, amiláceo en 100 gr de grano seco.

Variedades	Calorías	Proteínas	Almidón	Fosforo	Calcio	Fierro
	%	%	mg/100mg	mg/100mg	mg/100mg	mg/mg
Alazán	353	7.56	68.1	284	12	12
Colorado	364	7.2	74.53	358	20	0.8
Morocho (blanco)	362	6.9	71.37	275	18	2
Pardo	359	6.8	71.9	185	17	22
Amarillo Ancash	357	7.2	69.44	315	23	12

Fuente: Chávez 1997.

a. Almidón y otros carbohidratos

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 72-73% del peso de grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 30% del almidón. El polímero amilopectina también consiste en unidades de glucosa, pero en forma ramificada, constituye hasta el 75% del almidón. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían de 1-3% del peso del grano (Ayma y Cacsire 2012).

b. Proteínas.

En las variedades comunes de maíz, el contenido de proteínas puede oscilar entre 8 y 11% del peso del grano, la mayor parte, se encuentran en el endospermo. Las proteínas de los granos son estudiadas ampliamente y están formadas de varias fracciones distintas.

- La fracción de proteína soluble en agua, constituida por albúminas y globulina.
- La fracción de proteínas soluble en alcohol, constituidas por las prolaminas o zeínas (esta fracción representa entre 50 y 60% del total de proteínas del endospermo, por lo que se considera las proteínas de reservas más importantes), tiene como función servir como fuente de nitrógeno para el germinado de las semillas; las zeínas son ricas en prolina, glutamina, leucina y alanina. Se clasifican en 4 clases dependiendo de la solubilidad y la secuencia: alpha, beta, gamma y delta; cada una

de estas clases son conjuntos de por lo menos una decena de proteínas con secuencias distintas que se han determinado genéticamente.

- Otra de las fracciones está constituida por las proteínas solubles en soluciones alcalinas en presencia de mercaptoetanol; esta fracción representa aproximadamente 1% de la proteína total en el grano (Ayma y Cacsire 2012).

c. Aceite y ácidos grasos

El aceite del grano de maíz esta principalmente en el germen y está determinado genéticamente, con valores que van de 3 a 18%. El aceite de maíz tiene bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios de 11 y 12% respectivamente. En cambio, contienen niveles relativamente elevados de ácidos grasos poli-insaturados, principalmente ácido linoleico, con un valor medio de 24%. Solo se encuentra cantidades mínimas de ácidos linolénico y araquidónico. Además, el aceite de maíz es relativamente estable, contiene pequeñas cantidades de ácidos linolénico (0.7%) y niveles elevados de antioxidantes naturales, Los ácidos grasos saturados afectan negativamente varios factores relacionados con enfermedades cardiovasculares y arterosclerosis; mientras los ácidos grasos poli-insaturados tienen efectos benéficos en el sistema cardiovascular; por eso el aceite de maíz goza de buena reputación, debido a la distribución de los ácidos grasos, principalmente del ácido linolénico. La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente de 1.3%, pero ese porcentaje varía considerablemente debido a factores ambientales como tipo de suelo, riego y fertilización entre otros. El germen es relativamente rico en minerales, con un valor medio de 11%, frente a menos de 1% en el endospermo. El germen proporciona casi 78% de todos los minerales de grano. Los elementos químicos que más abundan en forma de minerales son fosforo, potasio y magnesio, se encuentran en su totalidad en el embrión con valores de entre 0.90 y 0.92% dependiendo de la variedad de maíz (Ayma y Cacsire ,2012).

G. Usos

El uso principal del maíz es alimentario. Puede cocinarse entero, desgranado (como ingrediente de ensaladas, sopas y otras comidas). Nuestros antepasados consumían el maíz en diversas formas como:

- Tostado entero o cancha.
- Tostado y molido, Machacado y crema.
- Hervido y pelado con ceniza, mote.

- Sancochado en fresco, choclo.
- Semicocido y molida chochoca.
- Molido crudo para la elaboración de humitas, tamales y tortas.
- Germinado o jora.
- Para chicha, la bebida sagrada del incario (Bayona, 2012)

2.2.2 Chicha de jora

A. Definición

Según la Real Academia Española y otros autores, la palabra "chicha" proviene de la kuna chichab, que significa maíz. Sin embargo, según el aztequista Luis Cabrera descendería del náhuatl chichiatl, "agua fermentada", compuesto con el verbo chicha (agriar una bebida) y el prefijo -atl (agua). (Vinicolasantarosa 2000)

La chicha de jora se ha elaborado desde tiempos “pre incaicos”, un vestigio de esto se encuentra en la zona arqueológica de Chavín de Huantar (1500 a.c – 200 d.c) en la galería de ofrendas entre las numerosas vasijas y cántaros; se cree que varios de estos contenían bebidas entre ellas la chicha. Esta interpretación encuentra sustento en las representaciones de maíz en tres botellas presentes, así como en recientes análisis químicos efectuados en los restos óseos recuperados en Chavín de Huantar (Burger 1998).

B. Historia

Los primeros registros de la palabra chicha fueron en el siglo XVI, sin embargo, otros etimologistas sostienen que es vocablo propio de los cunas panameños, otros defienden su origen Arauco u otomí. Lo cierto es que su nombre se le designa a una bebida fermentada de maíz, que luego se usó también para nombrar la obtenida de cualquier grano.

“La chicha de Jora nace de la casualidad. Según se cuenta, durante el reinado de Túpac Yupanqui las lluvias deterioraron los silos de maíz. Como resultado, los granos de maíz se fermentaron y dieron lugar a la malta de maíz. El Inca, para evitar desechar el maíz, ordenó la distribución de malta para aprovecharla en forma de mote (maíz cocido en agua), pero, dadas las características organolépticas desconocidas del maíz, la terminaron desechando. Aquí es cuando se descubre: un hambriento, rebuscando en la

basura, consumió la sustancia y quedó sumido en la embriaguez. Fue entonces que en el Antiguo Perú se descubrió el valor alcohólico del maíz” (Huamán 2011).

Los españoles, a su llegada nombraron chicha a todas las bebidas fermentadas que encontraron en el continente americano que eran preparadas con distintos frutos y semillas. Estos observaron que los indios, consumían esta bebida en festividades importantes. Además, dependiendo del lugar, ya sea Perú, Argentina, Chile se elaboraban con yuca, maíz, molle, oca, algarrobos o quinua.

El grado de alcohol también variaba según el ciclo de maceración o fermentación, antes de consumirla. Consistía en un procedimiento realizado por las mujeres, de preferencia jóvenes, el cual consistía en masticar una parte del maíz remojado lo cual aceleraba la fermentación, mientras que el resto era molido y amasado artesanalmente; y luego se juntan, y la primera levadura sirve para la segunda, logrando una fermentación destilado (Cecilia 2009).

“El padre Joseph de Acosta, cronista de finales del siglo XVI, nos dice que: “No le sirve a los indios el maíz sólo de pan, sino también de vino, porque de él hacen sus bebidas con que se embriagan harto, más presto que con vino de uvas". La chicha embriagante, con sus muchos nombres: masato (para los aborígenes de Cumaná, el Tolima y Santander), itúa (entre los Quimbayas), acca, azúa y sora (para los ecuatorianos y los peruanos), parece haberse limitado a las poblaciones indígenas de la América del Sur y a ciertos lugares del Caribe”. (Portella 2009).

C. Características sensoriales de la chicha de jora

La chicha de jora es una bebida tradicional y oriunda del Perú que es consumida por la mayoría de regiones del Perú. Es una bebida alcohólica obtenida de la fermentación de la materia azucarada contenida en el mosto del maíz germinado. Por intermedio de la fermentación se activa la micro flora láctica nativa la cual es responsable de la fermentación láctica y/o maltoláctica. Las bacterias lácticas son útiles como probióticos por sus beneficios terapéuticos y nutricionales (López, M. 2012).

- Color: Dorado cristalino.
- Olor: Característico al maíz.
- Sabor: Es agrídulce, agradable, con un sabor natural que se diferencia de otras bebidas.

- Aroma: "sui generis", esto probablemente por las características particulares de los productos volátiles responsables del aroma de la chicha de Jora.
- Grado de claridad: Media (López, M. 2012).

D. Tipos de chichas de jora

Sevilla, J. (2007) La chicha de jora tiene como ingrediente base al maíz, pero en algunas zonas del país su elaboración va a tener algunas variaciones que las hace única y distinta a las de otras regiones. Las más importantes son:

a. Chicha blanca o mellicera

Este tipo de bebida se prepara con más maíz jora de lo acostumbrado, contiene una textura espesa, y según las creencias se dicen quien la beba concebirá mellizos (Sevilla, J. 2007).

b. La chicha con guinda

Al momento de su almacenamiento se le añade una o dos guindas, para que luego de aproximado de 3 días ayudará a la producción de alcohol y, a su vez, adquiere un sabor especial, se dice que sirve para curar la gripe (Sevilla, J. 2007)

c. chicha enterrada

León y Zapata (2008), mencionan; actualmente esta variedad casi ya no es preparada porque necesita bastante tiempo para que tenga una buena fermentación. A este tipo de bebida se le añaden algunos insumos adicionales como trozos de res o de ave más frutas. Para el proceso de fermentación los recipientes donde se almacenan esta bebida se deben enterrada como mínimo un mes, hasta un año como máximo.

d. Chicha dormida

La harina de jora debe ser remojada o dormida por doce horas, previa cocción. Como resultado se obtiene una bebida de sabor fuerte y es utilizada para embriagarse. Así mismo, se adicionan trozos de piña, manzanas, harina de cebada y habas tostadas (León y Zapata 2008).

e. Chicha siete semillas

Como su nombre lo dice esta preparación se base en siete granos o semillas (trigo, cebada, arroz, maíz, molle, quinua y kiwicha). Todo ello es molido y se disuelve en agua (Ariansen, J. 2016).

f. Chicha Arequipeña

Según Rojas; para la elaboración de esta bebida se utiliza maíz negro o morado, en cuanto al sabor es dulce y presenta un aspecto de color rosado (Rojas 2013).

E. Composición nutricional de la chicha de jora

Tabla 2. Composición porcentual de la chicha de jora.

Componente	%
Agua	95
Proteína	0.5
Grasa	0.9
Carbohidratos	4.9
Fibra	0.2
Cenizas	0.1

Bresani, 1989.

Tabla 3. Composición de la chicha de jora.

CONTENIDO EN 100 GR DE CHICHA DE JORA	
Energía (Kcal.)	28
Agua (g)	93.2
Proteínas (g)	0.4
Grasa (g)	0.3
Carbohidratos (g)	5.8
Fibra (g)	0.2
Ceniza (g)	0.3
Calcio (mg)	22
Fósforo (mg)	18
Hierro (mg)	18
Tiamina (mg)	0.02
Riboflavina (mg)	0.10
Niacina (mg)	0.20
Ácido ascórbico reducido	2.4

Fuente: Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 2002.

Se observa en las Tablas 2 y 3 la composición nutricional en 100 gr de la chicha de jora pudiendo distinguir diferencias significativas según el estudio realizado por cada autor en cuanto a sus valores nutricionales.

F. Obtención de la jora

El principal ingrediente para la elaboración de la “chicha de jora” es el maíz germinado llamado comúnmente “jora”, para la obtención de jora de buena calidad, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Maíz que germine uniformemente y con facilidad.
- Cualidades enzimáticas satisfactorias (α -amilasa, β -amilasa, etc.).

G. Cambios durante el procesamiento en la elaboración de jora

a. Remojo

La actividad vital del grano empieza en el mismo momento en que se introduce en el agua. El azúcar se disuelve, una parte sirve de alimento al embrión y la otra se consume en la respiración. Comienza también la producción de enzimas, principalmente, de la diastasa que hidroliza al almidón. Durante la imbibición las moléculas de sustancias completamente solventes se hinchan, causan disolución de las partículas coloidales, ocupan los espacios capilares libres y los espacios intermicelares del coloide (Mayer 1963, citado por Velásquez 1982).

b. Germinación

Durante el remojo la provisión de azúcar en el grano se agota rápidamente y la vida del embrión terminaría muy pronto si en este estado no tuviese la facultad de preparar por sí mismo las sustancias nutritivas necesarias para conservarla mediante la producción y segregación de enzimas o fermentos solubles, cuya única función es de transformar las sustancias de reserva del grano de insolubles o no solubles en materias nutritivas solubles y difusibles las transformaciones químicas que se producen en el grano durante la germinación hay que atribuir las a las enzimas que ya existen en el grano y de las que se desarrollan durante la germinación Ullman (1965), citado por Velásquez (1982)

Grassini (1958), citado por Velásquez (1982). Afirma que mientras el grano germina, en su interior, se van formando diastasas específicas, las cuales actúan sobre los distintos componentes del mismo, almidones, proteínas, elementos fosfatados, etc., por otro lado, se forma nuevos compuestos enzimáticos como carbohidrasas, lipasas, fosfatasas, proteasas y desmolasas, las cuales actúan en la sacarificación del mosto. La fosfatasa produce la desfosforilación del almidón reduciendo su viscosidad y favoreciendo su licuefacción. Las amilasas (algunos las llaman diastasas), actúan sobre el almidón transformándolo en dextrinas, que es un azúcar no fermentable por las levaduras, y sobre la dextrina transformándola en maltosa, que es el azúcar que contiene el mosto de malta, el cual puede ser transformado en alcohol por las levaduras.

En los granos existen dos tipos de amilasa, la alfa-amilasa y la beta amilasa que ataca a la molécula de amilosa en su extremidad no reductora, separando moléculas de maltosa en las posiciones 1:4 y continuando de esta forma, hasta que llega al punto de ramificación del enlace 1:6 donde su actividad se detiene. Durante la germinación, otra enzima que ataca al almidón es formada, particularmente, la alfa-amilasa que actúa únicamente sobre los enlaces 1,4 separando moléculas largas de oligosacáridos a partir del almidón. En la industria, estas mezclas obtenidas por hidrólisis enzimática o ácida, se denominan dextrina o jarabe de almidón (también jarabe de maíz) Ullman (1965), citado por Velásquez (1982).

Según Conn (1965), citado por Velásquez (1982), la maltosa es un azúcar reductora ya que tiene un grupo aldehído potencialmente libre y presenta el fenómeno de mutarrotación. Este disacárido no se encuentra en la naturaleza, pero se obtiene de la forma que hemos indicado. La acción de la diastasa sobre la fécula se manifiesta por la aparición de hoyuelos en la superficie del grano, que van aumentando progresivamente en número y profundidad; aparecen después hendiduras radiales y las capas concéntricas se van separando una de otras; por último, desaparece la parte fécula transformada en azúcar que sirve, en parte, para mantener la respiración y, en parte, para alimentar al embrión. En total se pierde con esto, según el método de trabajo seguido, de 4 a 7% de fécula. Ullman (1965) citado por Ayma, Cacsire (2012). Afirma que las propiedades físicas y químicas de la malta no dependen en manera alguna de la longitud de la plúmala y radícula. Se puede obtener malta, cuyo estado de desagregación es completo, con plúmalas y radículas cortas.

c. Secado o deshidratado

Durante esta operación se producen modificaciones en la malta, tanto físicas como químicas. Las modificaciones físicas se refieren a la cantidad de agua, al volumen, al sabor, al olor y al color. El volumen de la jora es siempre mayor que el del maíz de la que procede y ambas están, por término medio, en la proporción 1.3 a 1. El olor y el sabor de la jora se modifica esencialmente: la jora verde tiene olor y sabor a pasto, que desaparecen en la jora secada. Las transformaciones químicas se producen de acuerdo a la temperatura: si es baja, prosigue el crecimiento del embrión y de la desagregación del grano. La plúmula crece algo y continúa la segregación de

enzimas; sin embargo, cuando la temperatura es alta (45°C), se producen una serie de fenómenos de reversión, el azúcar invertido se transforma de nuevo en sacarosa y aun en fécula; los azúcares fermentables pasan de nuevo a polisacáridos no fermentables. En la malta desecada y tostada hay, pues, siempre más sacarosa que en la malta verde, que contiene mayor proporción de azúcar invertida. De los azúcares reductores que intervienen en la formación del aroma, color ocupa el primer lugar el azúcar invertido, a su vez, la levulosa que se descompone a temperaturas relativamente bajas da a la malta cierto aroma y algo de color (Ayma y Cacsire 2012).

H. Transformaciones durante la cocción

a. Amilosis

Las enzimas más importantes en el malteado son las amilasas α y β . Se denominan así según la posición α o β , respectivamente del hidroxilo del carbono 1 del carbohidrato producido. La amilasa α es un metaloenzima y una endoenzima, en tanto que la β amilasa es una enzima tiólico y exoenzima. La α amilasa ataca cualquier enlace α 1,4 excepto aquellos próximos a un punto de ramificación y los situados a los extremos de la molécula. Actuando sobre la amilosa, el enzima rinde, moléculas de diversas longitudes y cadena lineal. Cuando ataca a la amilopectina, el producto que rinde es una mezcla de moléculas lineales y ramificadas En la figura numero 1 podemos observar el diagrama de bloques para la etapa del glucolisis. (Ayma y Cacsire 2012).

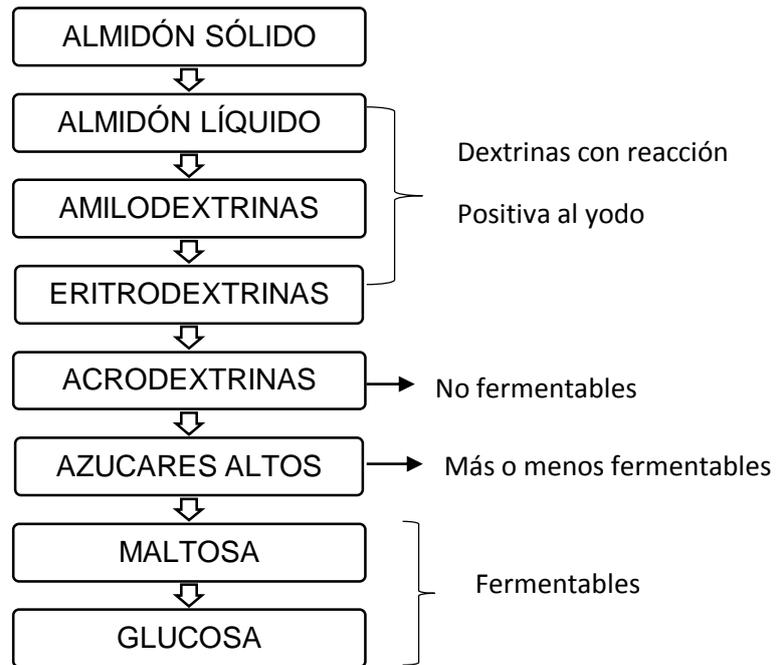


Figura 1. Diagrama de Bloques Representando las Etapas de la Glucólisis

Fuente: (Ayma y Cacsire 2012).

En contraste con esto la β amilasa ataca a las moléculas de almidón en sus extremos no reductores, rindiendo unidades de β maltosa, un disacárido reductor. Esta acción se ve dificultada por los puntos de ramificación con enlaces α 1,6 de modo que la acción β amilasa deja como residuo moléculas ramificadas. (Ayma y Cacsire 2012).

- El almidón está compuesto por dos fracciones diferentes que son la amilosa y amilopectina.
- La amilosa se solubiliza fácilmente en agua caliente.
- Su molécula se representa por una cadena lineal de 200 – 1000 unidades de glucosa.
- Da reacción azul con el yodo.
- La amilopectina es difícilmente solubilizada.
- Su molécula es ramificada, la constituyen de 50 – 70 ramificaciones; cada ramificación con 20 – 30 moléculas (unidades de glucosa).
- Da reacción violeta con el yodo.
- Las enzimas de la malta que actúan sobre el almidón son: La α amilasa es responsable de la licuefacción del almidón. La β amilasa degrada el almidón (Ayma y Cacsire 2012).

b. Proteólisis

Las proteínas no son degradadas en su mayor parte a sus compuestos más simples durante la maceración.

- El 5 a 6 % de los sólidos del mosto son compuestos nitrogenados.
- Un 40 – 45 % de las proteínas de la malta son solubles.
- Los adjuntos tienen 8 – 10 % de proteínas.
- De las proteínas que se solubilizan en la maceración, buena parte de ellas se retiran por coagulación.
- La degradación de las proteínas tiene lugar especialmente en el maltaje.
- La actividad de las enzimas proteolíticas es baja durante la maceración por que las condiciones de pH no son óptimas.
- En el mosto quedan compuestos nitrogenados a partir de las proteosomas y peptonas en forma coloidal, La figura 2 muestra la secuencia ordenada del proceso de proteólisis (Ayma y Cacsire 2012)

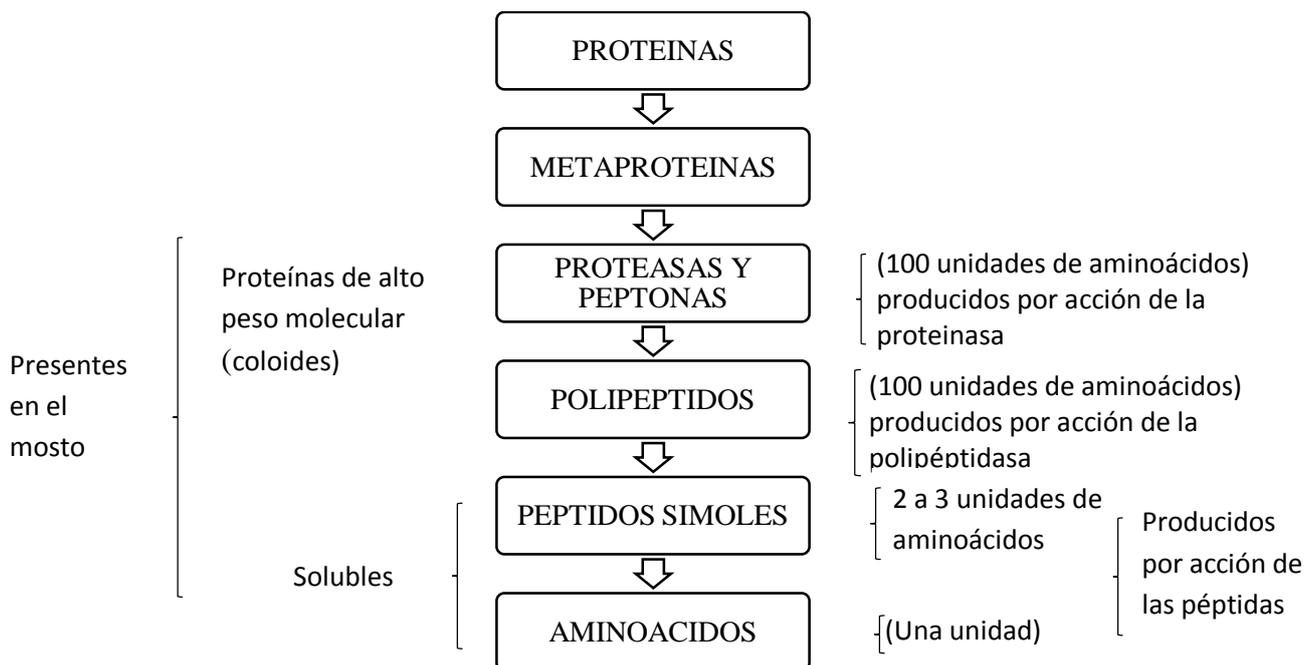


Figura 2. Diagrama de Bloques Representando las Etapas de Proteólisis

Fuente: (Ayma y Cacsire 2012).

Las proteínas que no son degradadas hasta proteosomas y peptonas se coagulan por desnaturalización durante la ebullición del mosto.

- Las proteasas y peptonas no son coaguladas, sino que permanecen dispersas en forma coloidal, pueden combinarse parcialmente con taninos.
- Otra parte de ellas que no se combina con taninos permanece en la chicha; su función es organoléptica, contribuyen al cuerpo, sabor y espuma.

2.2.3. Levaduras

Las levaduras al igual que los mohos, son hongos, pero se distinguen de ellos porque su forma dominante es unicelular generalmente su reproducción es por esporulación, gemación o fisión. El método más común es por gemación. La gemación se produce cuando disponen de suficientes nutrientes para su alimentación. Se diferencia de las algas porque no realizan fotosíntesis, tampoco son protozoos puesto que tienen una pared celular rígida, son más grandes que las bacterias, hay aproximadamente 350 especies de levaduras, separadas en 39 géneros. Las levaduras aparecen casi incoloras en las suspensiones, en grandes concentraciones o prensadas, muestran una coloración blanca o amarilla pardusca. Esto también es aplicado a las levaduras de la industria, además hay algunos tipos de levaduras rojas y negras, de importancia secundaria. Las levaduras no poseen movimiento propio pues carecen de órganos motores (cilios), se multiplican con una velocidad bastante grande. Para un buen crecimiento tienen importancia unas condiciones óptimas de vida, es decir, una temperatura y una alimentación adecuada, las levaduras han servido al hombre durante muchos siglos para fermentar jugos de fruta, para elaborar muchos y nutritivos alimentos. Su importancia es mayor en la actualidad porque se ha utilizado en muchos procesos fermentativos síntesis de muchos materiales, grasas y proteínas a partir de azúcares simples y amoníaco.

Se consideran tres principales subdivisiones reconocidas:

- Las levaduras ascospóroenas y ascomicéticas
- Las levaduras basidiomicéticas
- Las levaduras que no tienen estadios perfectos (hongos imperfectos) son deuteromicetes.

Las levaduras también son capaces de crecer en un amplio margen de temperatura desde 0° a 47°C, algunos no se desarrollan a más de 15°C, aunque otros pueden hacerlo a mucho menos temperatura. La óptima para la mayor parte está entre 20 y 30°C. En general se sostiene que las levaduras se desarrollan mejor en medios con acción ácida

En la Tabla 4 se detalla los componentes en 100 gr. De peso seco de levadura (Bustillo 2008).

Tabla 4. Constituyentes normales referidas a materia seca de levadura.

COMPONENTES	PORCENTAJE EN PESO SECO (%)
Grasas	2.0
Elementos Inorgánicos	9.0
Hidratos de Carbono	37.0
Sustancias Nitrogenadas	50.0

Fuente: Bustillo 2008.

A. Estructura química de la levadura

Básicamente la célula de la levadura consiste de una pared celular formada por tres capas en las células sanas. Esta pared rodea a la plasmalema (membrana del citoplasma) y el citoplasma, dentro del cual existen varios organelos, incluyendo vacuolas, mitocondrias, poli-ribosoma y gránulos. Existe también un núcleo en dos diferentes dimensiones ópticas; la región que es más densa óptimamente se conoce con el nombre de nucléolo y la región menos densa se llama núcleo plasma (Bustillo 2008).

a. *Saccharomyces Cerevisiae*.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* tiende a formar colonias de color crema, blancas y húmedas en mosto agar. En cultivos jóvenes las células presentan forma redonda, ovalada o poliforme y un tamaño de 4 a 14 micras de longitud por 3-7 micras de grueso. Forma ascosporas redondas y lisas. Fermentan glucosa, galactosa, sacarosa, maltosa y rafinosa. No utiliza nitratos, y tolera pH: 3.5-4.0. En condiciones normales de observación en el microscopio el núcleo será invisible, el protoplasma en las células jóvenes será de apariencia suave y poco granuloso, aumentando su granulación y el tamaño de las vacuolas en las células viejas. Las células muertas presentan generalmente una apariencia más irregular, con el protoplasma rugoso y paredes celulares más gruesas. *Saccharomyces cerevisiae*, esporula en forma muy difícil y para inducir la esporulación es necesario mantener la levadura en medio húmedo, con aire y sin nutrientes, excepto solo minerales, cuando se forman esporas, estas generalmente serán 2 a 4, conociéndose con el nombre de ascosporas y llamándose a la bolsa que la contiene asca (Bustillo 2008). La Tabla 5 muestra la clasificación taxonómica de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Bustillo 2008).

Tabla 5. Clasificación taxonómica de *Saccharomyces cerevisiae*

ESPECIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN
Clase	Ascomycetas.
Sub-clase	Hemiascomycetidae.
Orden	Hendomicetales.
Familia	Sacharomycetaceae.
Sub-familia	Sacharomycoideae.
Genero	Saccharomyces.

Fuente: Bustillo 2008.

2.2.4. Fermentación

La fermentación alcohólica denominada también como fermentación del etanol o incluso fermentación etílica es un proceso biológico de fermentación en plena ausencia de aireoxígeno, originado por la actividad de algunos microorganismos que procesan los hidratos de carbono por regla general azúcares: como pueden ser por ejemplo la glucosa, la fructosa, la sacarosa y el almidón. para obtener como productos finales: un alcohol en forma de etanol (CH₃-CH₂-OH), dióxido de carbono (CO₂) en forma de gas y unas moléculas de adenosintrifosfato (ATP) que consumen los propios microorganismos en su metabolismo celular energético anaeróbico. El etanol resultante se emplea en la elaboración de algunas bebidas alcohólicas, tales como el vino, la cerveza, la sidra, el cava, etc. Aunque en la actualidad se empieza a sintetizar también etanol mediante la fermentación a nivel industrial a gran escala para ser empleado como biocombustible. La glucólisis es la primera etapa de la fermentación, lo mismo que en la respiración celular, y al igual que ésta necesita de enzimas para su completo funcionamiento; a pesar de la complejidad de los procesos bioquímicos una forma esquemática de la reacción química de la fermentación alcohólica puede describirse como un glicólisis en la denominada vía Embden-Meyerhof-Parnes. (Figura 3) de tal forma que puede verse como participa inicialmente una molécula de hexosa:



(Rodríguez 1986).

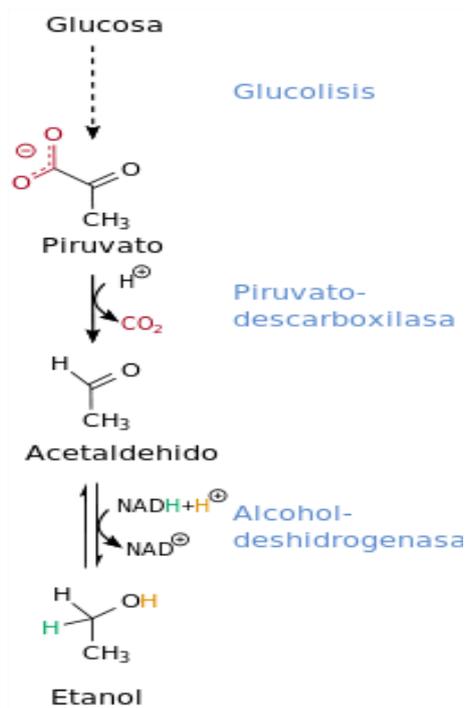


Figura 3. Reacción Bioquímica de la Fermentación

Fuente: Scragg 1996.

La fermentación en términos generales es la descomposición de las sustancias orgánicas de origen vegetal exentas de nitrógeno, preferentemente los hidratos de carbono o sus derivados por medio de bacterias, levaduras y mohos con producción de energía. Hay fermentaciones aeróbicas, oxidantes y anaeróbicas. Tanto la fermentación anaeróbica y aeróbicas tienen ambas el mismo fin, la provisión de energía de los microorganismos causantes del fenómeno (Scragg 1996).

Un cálculo realizado sobre la reacción química muestra que el etanol resultante es casi un 51% del peso, los rendimientos obtenidos en la industria alcanzan el 7%. Se puede ver igualmente que la presencia de fósforo (en forma de fosfatos), es importante para la evolución del proceso de fermentación. (Thorpe 1975).

La fermentación alcohólica se produce por regla general antes que la fermentación maloláctica, aunque existen procesos de fermentación específicos en los que ambas fermentaciones tienen lugar al mismo tiempo. La presencia de azúcares asimilables superiores a una concentración sobre los 0.16 g/L produce invariablemente la formación de alcohol etílico en proceso de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* (levadura), incluso en presencia de exceso de oxígeno (aeróbico), este es el denominado efecto Crabtree, este efecto es tenido en cuenta a la hora de estudiar y tratar de modificar la producción de etanol durante la fermentación (Rodríguez 1986).

A. Tipos de fermentación alcohólica

a. Fermentación industrial

La fermentación etílica ha sufrido algunas transformaciones con el objeto de aumentar la eficiencia química del proceso, una de las mejoras más estudiadas en la industria es la posibilidad de realizar la fermentación alcohólica continua con el objeto de obtener mayores cantidades de etanol. Hoy en día el procesamiento industrial de algunas bebidas alcohólicas como puede ser el vino o la cerveza se realizan en ambientes controlados capaces de ofrecer a un ritmo apropiado de estos productos de consumo al mercado. Esta vía ofrece una amplia materia de investigación en temas de eficiencia de bioreactores, empleando para ello teoría de sistemas de control (el problema desde el punto de vista de ingeniería de sistemas es altamente no lineal y oscilatorio). Otra vía de investigación acerca de la mejora de los procesos industriales es la mejora de las cepas de levaduras (como puede ser la *Zymomonasmobilis* que ofrece ventajas en los procesos continuos de fermentación), permitiendo la convivencia de una mayor densidad de las mismas durante la producción. Una de las características de la fermentación etílica industrial es la selección adecuada de las levaduras a inocular en el proceso de fermentación con el objeto de aumentar el rendimiento de la producción (Scragg 1996).

b. Fermentación industrial típica

Es esencialmente un proceso que se produce en un recipiente llamado fermentador o en general, biorreactor, mediante el cual determinados sustratos que componen el medio de cultivo (levaduras) son transformadas mediante la reacción microbiana en metabolitos y biomasa. Durante el proceso los microorganismos van aumentando de concentración en el transcurso de la reacción al mismo tiempo que el medio va modificando sus propiedades químicas y se forman productos nuevos como consecuencia de las reacciones anabólicas (Scragg 1996).

c. Fermentaciones naturales

La fermentación alcohólica con la emisión de ciertas cantidades de etanol se produce de forma espontánea en la naturaleza siempre que se encuentre un azúcar y una atmósfera pobre de oxígeno, es por esta razón que ocurre espontáneamente en el interior de algunas frutas que se puede decir sufren un proceso de maduración anaeróbica (Scragg 1996).

B. Factores ambientales que afectan el proceso de fermentación

Todos los procesos fermentativos dependen de las condiciones ambientales a que se somete el microorganismo en presencia del sustrato, entre estas condiciones están:

- Concentración del azúcar
- Control del pH del medio
- Aeración
- Control de temperatura
- Formación de espuma
- Contaminación

a. Control de pH del medio

El ajuste del pH del sustrato a un valor óptimo inicial antes de la inoculación de los microorganismos es una parte de la preparación del sustrato. El pH inicial óptimo depende de la especie de organismo usado, de la reacción deseada y de las condiciones del proceso (Bustillo 2008).

b. Aeración

En muchos procesos y si es aeróbico es conveniente la presencia del aire, en especial durante la fase de incubación, cuando el organismo prolifera rápidamente. Las levaduras crecen bien bajo condiciones aeróbicas (Bustillo 2008).

c. Control de temperatura

La temperatura inicial óptima depende de factores análogos a los que controlan el pH. Aunque la mayoría de microorganismos toleran intervalos amplios de temperatura. Las levaduras no toleran temperaturas mayores de 470 °C y la *Saccharomyces cerevisiae* crece a 200°C (Bustillo, 2008).

d. Formación de espuma

Durante el proceso fermentativo el caldo de cultivo tiende a formar espuma, debido al movimiento acelerado de agitación y al exceso de aire propagado en el sustrato, forma espuma compuesta de caldo y levadura, quedando adherida en las paredes del fermentador (Bustillo, 2008).

e. Contaminación

Algunos procesos microbianos fermentativos no pueden realizarse con éxito, debido a contaminación causada por la presencia de microorganismos como bacterias, degeneración de los microorganismos y las diferencias en los valores óptimos del pH (Bustillo, 2008).

C. Materias primas y su importancia para el proceso fermentativo

El etanol se puede producir a partir de 3 principales tipos de materias primas:

- Materias ricas en sacarosa como la caña de azúcar, plátano, la melaza y el sorgo dulce.
- Materias ricas en almidón como los cereales (maíz, trigo, cebada, etc.) y los tubérculos (yuca, camote, papa, malanga, etc.).
- Materias ricas en celulosa como la madera y los residuos agrícolas (Scragg 1996).

Desde el punto de vista técnico, la caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas de biomasa. Lo anterior se debe a que los azúcares que contiene se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables y además durante su procesamiento se genera el bagazo, que se usa como combustible en la producción de etanol. El principal inconveniente de la caña de azúcar son los costos de producción. Además, se requieren tierras fértiles para su cultivo las cuales podrían ser destinadas a la producción de alimentos (Scragg 1996).

Por su parte, las materias ricas en almidón contienen carbohidratos de mayor complejidad molecular que necesitan ser transformados en azúcares más simples por un proceso de conversión (sacarificación), lo que introduce un paso más en la producción con el consiguiente aumento en los costos de capital y de operación. No obstante, lo anterior, existen ciertos cultivos amiláceos como es el caso de la yuca, los cuales se pueden establecer con un mínimo de insumos y en tierras marginales en donde generalmente otras especies más exigentes no se desarrollan (Scragg 1996).

Finalmente, las materias primas ricas en celulosa son las más abundantes, sin embargo, la complejidad de sus azúcares hace que la conversión de estos en carbohidratos fermentables sea una tarea difícil y poco rentable en la actualidad. Los procesos de hidrólisis ácida y enzimática de sustratos celulósicos se encuentran poco desarrollados a nivel industrial, sin embargo, se esperan avances importantes en los próximos años (Scragg 1996).

D. Potencial de iones hidrógeno (pH)

El pH es un valor que indica el nivel de acidez del producto y se mide en una escala de 0 a 14. Un valor de 7 es neutro. Los valores menores de siete son ácidos, los mayores de siete son alcalinos. El pH puede ser medido con diferentes dispositivos que van desde papel indicador hasta equipos portátiles. (Aldabe 1996).

E. Grados brix

Los grados Brix (°Bx) indican la cantidad de sólidos solubles, es decir, la consistencia del producto. Se determina mediante el índice de refracción el cual se basa en la dirección que toma un rayo de luz cuando incide en un medio de diferente densidad que el aire (Sarmiento 2013).

F. Acidez

En alimentos el grado de acidez indica el % del ácido predominante en el material. Ej.: En aceites es el % en ácido oleico, en zumo de frutas es el % en ácido cítrico, en leche es el % en ácido láctico. Se determina mediante una titulación la cual implica 3 agentes: el titulante, el titulado y el colorante. Cuando un ácido y una base reaccionan, se produce una reacción que se puede observar con un colorante como es la fenolftaleína (C₂₀H₁₄O₄), que cambia de color a rosa cuando se encuentra presente una reacción ácidobase. El agente titulante es una base, y el agente titulado es el ácido o la sustancia que contiene el ácido. Se emplea entonces la siguiente fórmula (Hart, F; Fisher, H. 1998. Citado por Bances, 2009).

$$\% \text{ de Acidez} = \frac{Vb * N * F * 100}{Va}$$

Donde:

Vb: volumen en ml, gastado por la base.

N: normalidad de la base.

F: mili equivalente del ácido predominante en la muestra acida.

Va: volumen del ácido.

G. Grado alcohólico

Sarmiento (2013). El grado alcohólico es determinado en la práctica mediante un aerómetro expresamente graduado, llamado alcoholímetro, alcoholómetro o aerómetro. El más utilizado es el alcoholímetro de Gay Lussac, el cual se encuentra graduado a 15°C, y expresa el grado alcohólico en volúmenes (centímetros cúbicos de alcohol etílico en 100 centímetros cúbicos de líquido a 15°C).

H. Destilación

Existen sustancias líquidas que se encuentran contaminadas con impurezas en pequeña cantidad, éstas pueden ser eliminadas por algún tipo de destilación. Se dice entonces que se efectúa una purificación (Sarmiento 2013).

Las destilaciones una de las principales técnicas para separar mezclas de líquidos. La separación se fundamenta en la diferencia de la presión de vapor de los diferentes componentes de la mezcla. Al calentar la mezcla los componentes se evaporan para condensarse posteriormente y durante el proceso el vapor se enriquece con los componentes más volátiles (Sarmiento 2013). La figura 4 muestra el equipo de destilación según Romero 2004

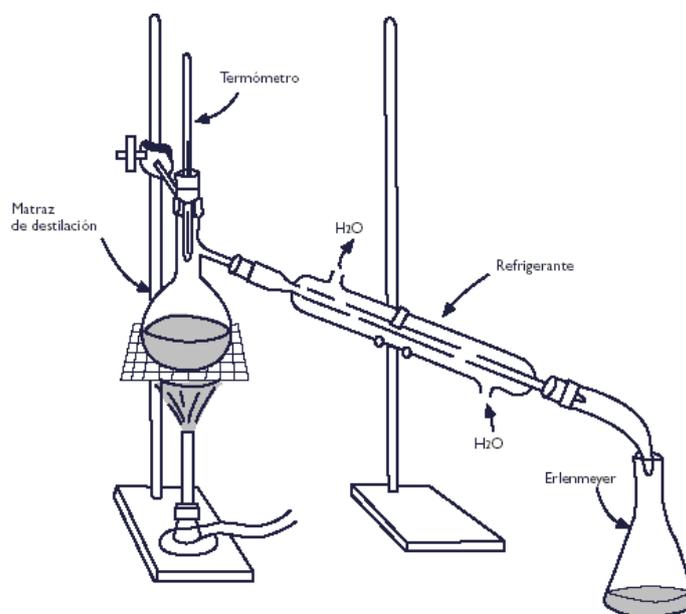


Figura 4. Equipo de destilación-vidrio

Fuente: Romero 2004.

a. Destilación simple

Se usa cuando la diferencia entre los puntos de ebullición de los componentes es grande, mayor de 80°C , o cuando las impurezas son sólidos disueltos en el líquido a purificar (Sarmiento 2013). En la figura 5 podemos observar el equipo adecuado para la determinación de grado alcohólico durante el proceso de destilación.



Figura 5. Equipo utilizado para la destilación simple

b. Destilación fraccionada.

La destilación fraccionada es un proceso físico utilizado en química para separar mezclas (generalmente homogéneas) de líquidos mediante el calor, y con un amplio intercambio calórico y masóico entre vapores y líquidos. Se emplea cuando es necesario separar soluciones de sustancias con puntos de ebullición distintos pero cercanos. Algunos de los ejemplos más comunes son el petróleo, y la producción de etanol (Sarmiento 2013).

I. Alcoholes

Los alcoholes son derivados de hidrocarburos (moléculas formadas por carbono e hidrógeno) y se caracterizan por tener un grupo oxidrilo (OH) unido a uno de los átomos de carbono en sus moléculas (Scragg 1996).

La mayoría de los alcoholes de bajo peso molecular son los de mayor importancia comercial. Son usados como solventes en la preparación de pinturas, anticongelantes, productos farmacéuticos y otros compuestos. (Scragg 1996).

En la gran familia de los alcoholes se encuentran el "etanol" y el "metanol" dos compuestos que mezclados con nafta se están implementando como combustible. En América del Sur más de 4 millones de automóviles funcionan con etanol como resultado

de un programa gubernamental que tiene por objetivo obtener un combustible alternativo derivado de la caña de azúcar. Además, es usado como un aditivo que se le añade a la gasolina para oxigenarla, llamado EthylTertiaryButylEther, ETBE, el cual ayuda a que se produzca una mejor y limpia combustión (Scragg 1996).

J. Etanol

a. Fórmula química del etanol

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ PM 46.07. Los alcoholes simples de bajo peso molecular como el etanol son incoloros, volátiles, líquidos, inflamables y solubles en agua. Cuando el peso molecular crece, el punto de ebullición, el punto de fusión y la viscosidad crecen y la solubilidad en agua decrece. Estas propiedades físicas pueden ser alteradas por la presencia de otro grupo funcional (es un átomo o grupo de átomos unidos entre sí y al resto de las moléculas de una determinada manera estructural) (Scragg 1996).

b). Propiedades físico químicas del etanol

Es un líquido volátil, inflamable, incoloro, móvil, posee un olor característico, produce una sensación de quemadura en la lengua, y es el alcohol de menor toxicidad. Usos generales del etanol:

- Es usado en bebidas alcohólicas.
- Se utiliza como desinfectante.
- Solvente en numerosas sustancias.
- Actualmente su uso como combustible por su alto octanaje (Scragg 1996).

K. Pruebas generales de alcoholes

a. Prueba de Lucas

(ZnCl_2/HCl). Se basa en la diferencia de reactividad que presentan los alcoholes con los halogenuros de hidrogeno, para formar el halogenuro de alquilo correspondiente. La reacción es catalizada con cloruro de zinc anhidro. Los alcoholes terciarios reaccionan tan rápido que se puede observar la separación de una capa de cloruro de alquilo terciario insoluble. Con los alcoholes secundarios la solución es turbia a los 5 minutos, con la formación de cloruro de alquilo secundario. Con los alcoholes primarios saturados, la solución permanece clara y, en algunos casos, se presentan con alguna turbidez, debido a la extrema lentitud de la formación de halogenuro de alquilo primario (Girón y Funes, 2013)

b). Oxidación con dicromato de potasio

($K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$) Los alcoholes primarios y secundarios reaccionan rápidamente con ácido crómico para dar una suspensión verdosa debido a la formación de Cr^{+3} , mientras que los alcoholes terciarios no reaccionan a dicha prueba (J. Ly. 2004).

c). Oxidación con permanganato de potasio

En esta prueba el permanganato de color violeta, se reduce a MnO_2 , produciendo un precipitado de color marrón, en el cual el manganeso se encuentra en estado de oxidación +4, esta reacción es característica para alcoholes primarios los cuales se oxidan a ácidos carboxílicos (J. Ly. 2004).

Los componentes principales de una bebida alcohólica son el etanol (alcohol etílico) y el agua. A presión atmosférica, el agua y el etanol forman una mezcla azeotrópica, que tiene aproximadamente un 95,6% (en volumen) de etanol y un 4,4% (en volumen) de agua. El etanol se separa de los demás componentes de la bebida (junto con cierta cantidad de agua), mediante un proceso de destilación. La mezcla azeotrópica formada por el agua y el etanol tiene un punto de ebullición de $78,2^{\circ}C$, inferior al punto de ebullición del agua ($100^{\circ}C$) y al del alcohol ($78,3^{\circ}C$), de ahí que se llame mezcla de punto de ebullición mínimo (Romero 2004).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del trabajo de investigación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería En Industrias Alimentarias, en el laboratorio de análisis de alimentos los análisis fisicoquímicos se realizaron en el mismo lugar.

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación, según el manejo de variables es cuantitativo. La cuantificación de los resultados se obtuvo mediante el cálculo a base de diseños estadísticos. Según su contexto la investigación fue de laboratorio, lo que conlleva a realizar un apropiado manejo de las variables (independientes y dependientes) y condiciones de trabajo para la obtención de buenos resultados.

3.2.1. Diseño de investigación.

El diseño de la investigación fue experimental, se realizaron procedimientos en base de parámetros de: pH, grados brix, acidez total y grado alcohólico.

3.2.2. Tipo de análisis estadístico.

Para este trabajo de investigación se utilizó el análisis estadístico (ANOVA) y para el caso de variabilidad se realizó la comparación múltiple con la prueba Tukey; en los que se hizo uso del paquete estadístico HPS.

3.3. Materiales

A. Material biológico

- Maíz (*Zea maíz L.*) Var. Marginal 28: adquirido de la ciudad de Chiclayo.
- Maíz (*Zea maíz L.*) Var. INIA 603: adquirido de Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA- Cajamarca ubicada en el Distrito de Baños del Inca.

B. Insumos

- Levadura: (Safale S-04 Spanish tipo ale) adquirido de la ciudad lima de industrias de tomas ubicada en la urbanización Rosa Toro
- Azúcar

C. Material y equipos de laboratorio.

a. Materiales

- Termómetro
- Ollas
- Mangueras delgadas
- Balde
- Vasos de precipitado
- Fiolas
- Pipetas
- Buretas
- Material usual de laboratorio

b. Equipos

- Alcoholímetro de Gay Lussac.
- Balanza electrónica
- Cocina eléctrica
- Estufa (MRC-MODEL: Hot Air Oven DSO-300D, SERIE 0711259)
- Incubadora (INCUCCELL - MODEL LSIS-B2V/ICSS. SERIE: D120493)
- pH- metro (ORION 3 STAR, SERIE B12574)
- Termómetro
- Refractómetro

c. Material de gabinete

- Laptop
- Cámara
- Internet
- Libros
- Hojas de papel bond

3.4. Metodología

A. Descripción de los procesos

La chicha de jora se produce artesanalmente. Sin embargo, ello no quita que se sigan ciertas etapas delimitadas en su elaboración. En la Figura 6 observamos el diagrama de flujo de Guamán 2013 del que se adaptó y modificó algunos parámetros para la etapa de malteado, así mismo la Figura 7 muestra el flujograma para elaboración y obtención de la chicha de jora.

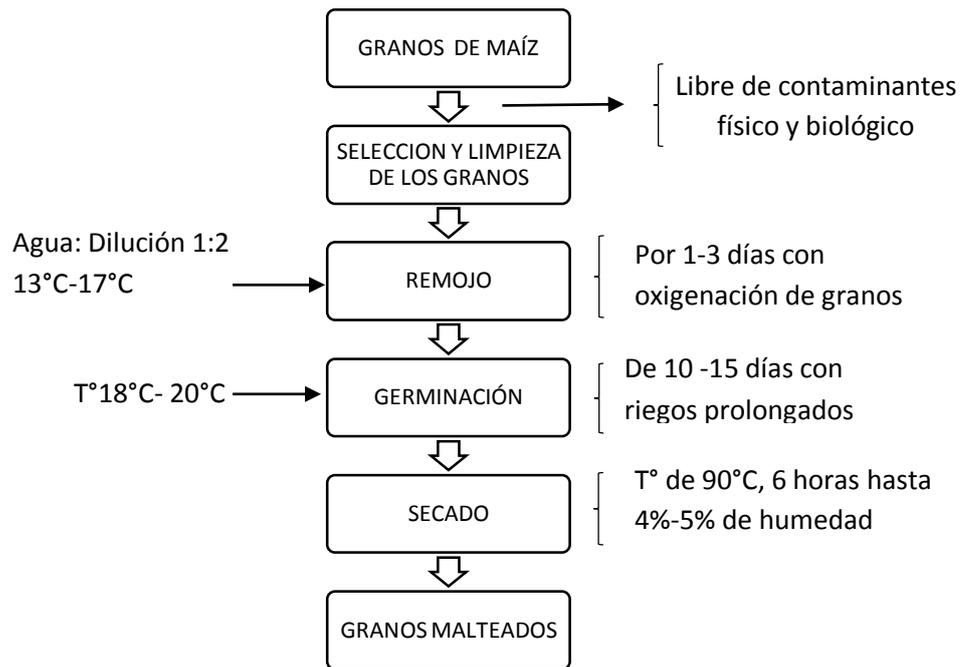


Figura 6. Diagrama de flujo de elaboración de los granos malteados

Fuente: Guamán 2013.

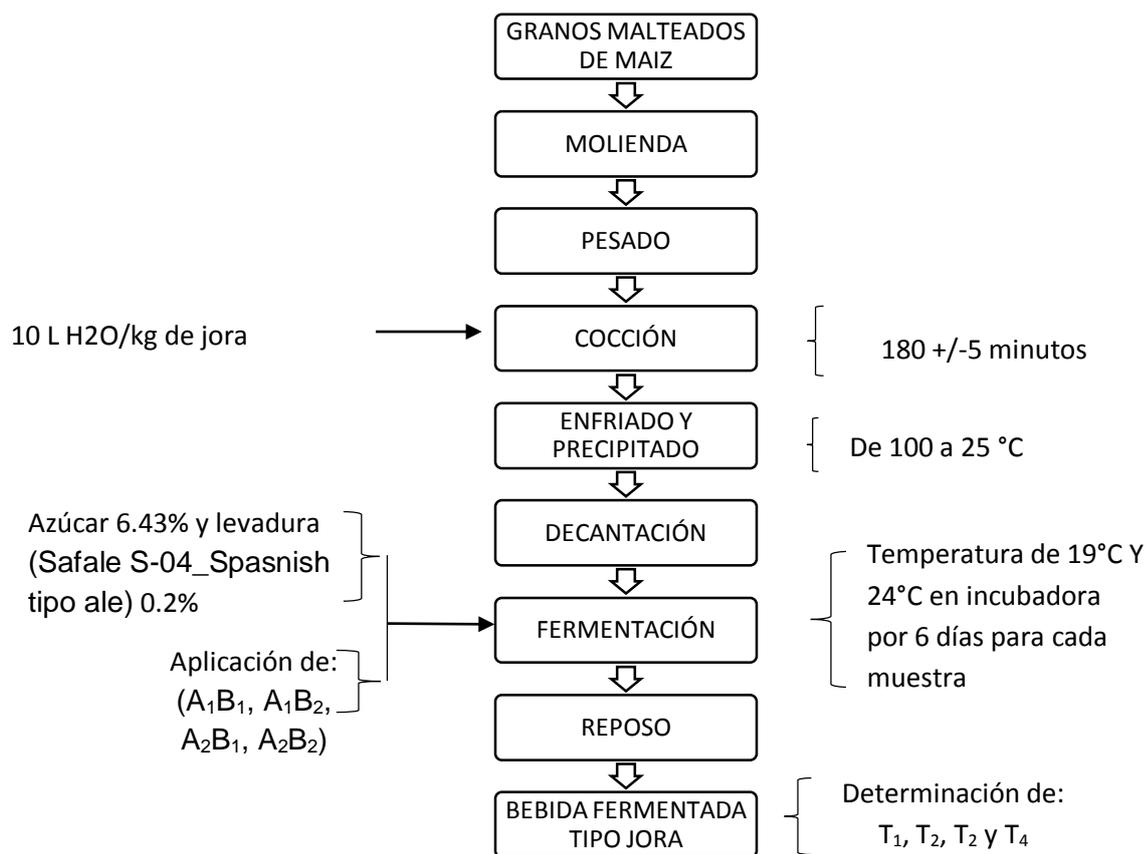


Figura 7. Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida fermentada tipo jora

Fuente: Guamán 2013.

1. Recepción de materia prima

La muestra de maíz Marginal 28 fue obtenida de los comerciantes mayoristas procedentes de la ciudad de Lambayeque (Figura 8) y la muestra de Maíz INIA 603 (Figura 9) fue obtenida del Instituto Nacional de Investigación Agraria Baños del Inca - Cajamarca (previa ficha técnica), Se tuvo en cuenta que la materia prima este en buen estado, libre de contaminantes físicos como piedras, pajas, tierra y granos extraños; contaminantes biológicos como gorgojos o excremento de roedores.



Figura 8. Muestra de maíz marginal 28



Figura 9. Muestra de maíz INIA 603

2. Remojo de las muestras de maíz

Las Figuras 10 y 11 muestran la etapa de remojo de las muestras INIA 603 y marginal 28. Se realizó con agua de la red pública en proporción de 1:2, por cada kilo de maíz se agregó 2 litros de agua. En este proceso se manejó una temperatura promedio en un fermentador de 13°C a 17 °C por un espacio de 3 días para la variedad marginal 28 y para la variedad INIA 603 se realizó riegos constantes hasta el proceso final de germinación completa.

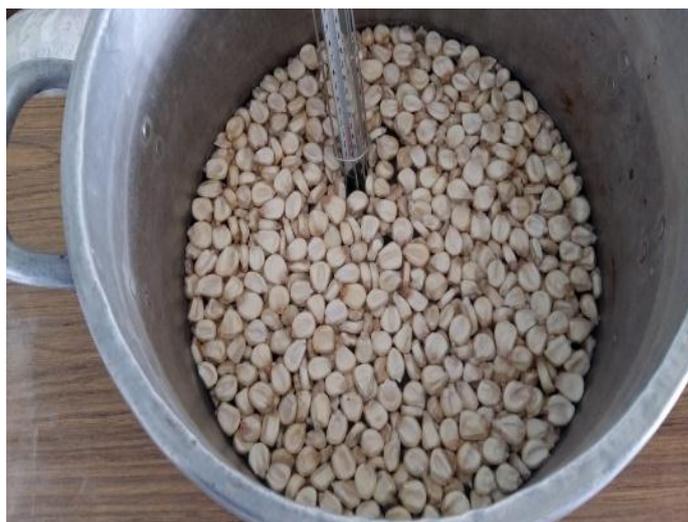


Figura 10. Remojo de maíz INA 603



Figura 11. Remojo de maíz marginal 28

3. Germinación

Las muestras fueron retiradas del agua, enjuagada y colocada en fuentes de plástico y cubiertas con hojas de plátano, para luego ponerlos en un fermentador (Figuras 12 y 13). La temperatura en el fermentador estuvo entre 18 y 20°C, para que de esta manera se lleve un crecimiento adecuado de las semillas. El tiempo adecuado de la germinación para obtener jora es entre 10 - 15 días, tiempo en que los granos obtuvieron raíces y tallos que oscilo entre 5 a 10 cm de longitud. O normalmente la germinación dura hasta obtener 3 veces el tamaño de la semilla. Durante este proceso se realizó riegos constantes y prolongados.



Figura 12. Muestra germinada de maíz marginal 28



Figura 13. Muestras y equipo de germinación

4. Secado de muestras

El secado se realizó en la estufa a una temperatura de 90 °C (Figura14 y 15), el tiempo de secado de cada muestra va a depender de la humedad del grano, ya que la muestra tiene que contener una humedad del 4% al 5%, siendo este valor el porcentaje de humedad que tiene la jora comercial. En esta fase termina el proceso germinativo del grano, notándose los tallos marchitos y un oscurecimiento del grano.



Figura 14. Estufa y deshidratación de muestra



Figura 15. Granos malteados

5. Molienda de maíz seco

Luego de obtener los granos malteados que fue de 70% aproximadamente se procedió a moler cada tipo de muestras por separado utilizando una un molino manual marca “Corona” (Figura 16), donde se consideró el tipo de granulación intermedia para la molienda (Figura 17).



Figura 16. Molino manual usado para moler muestras de maíz



Figura 17. Muestra de maíz molida

6. Pesado

Se procedió al pesado y mezclado de los granos molidos por separado de acuerdo a los tratamientos indicados por el diseño de mezcla y teniendo en cuenta la cantidad a producir (Figura 18).



Figura 18. Balanza utilizada para el control de pesos

7. Cocción

La Figura 19 muestra la cocción de las cantidades molidas y pesadas con la proporción de 10 litros de agua por cada kilogramo de mezcla correspondiente. El tiempo de cocción duró 180 minutos a temperatura de ebullición.



Figura 19. Cocción de muestras de maíz molido

8. Enfriado y precipitado

Se procedió a bajar la temperatura hasta 25 °C por 12 horas. En este proceso se aprovechó el tiempo que permaneció en reposo ya que hay precipitación de sólidos favoreciendo el siguiente proceso.

9. Decantación

Se realizó con el fin de separar sólidos insolubles del líquido para someterlo al siguiente proceso. Este proceso consistió en trasvasar lentamente el recipiente donde permaneció por 12 horas el producto cocido (jora y agua).

10. Fermentación de la chicha de jora

Se llevó a cabo en depósitos de plástico de primer uso con una capacidad de un litro para luego ser acondicionadas en la incubadora (Figura 20 y 21). Después del filtrado se le agrega 90 g de azúcar por 910 ml de mosto para luego agregar 100 ml de inóculo (Anexo 5) de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Safale S -04 Spanish tipo ale) que fue obtenida de una industria cervecera de la ciudad de Lima (previa ficha técnica) cada muestra es colocada a temperatura de 19 y 24° C por un espacio de 6 días.



Figura 20. Incubadora utilizada para el proceso de fermentación de muestras.



Figura 21. Proceso de fermentación de muestras en la incubadora

11. Reposo

Se dejó reposar el producto por un día para favorecer el precipitado de partículas sólidas.

3.5. Diseño experimental

Los parámetros evaluados: pH, Acidez Total, Grados Brix y Grado Alcohólico fueron analizados empleando el análisis de varianza (ANOVA), para determinar la significancia estadística considerando $p > 0.05$; en caso de variabilidad se realizó la comparación múltiple con la prueba Tukey; en los que se hizo uso del paquete estadístico HPS.

La Tabla 6 muestra la secuencia del proceso para la determinación estadística en donde podemos observar que se trabajó con las variedades de maíz (A_1 y A_2) y temperaturas de fermentación (B_1 y B_2). Así mismo EL acondicionamiento de las variedades para ser tratadas (A_1B_1 , A_1B_2 , A_2B_1 , A_2B_2), finalmente la determinación de las características fisicoquímicas pH, Acidez Total, Grados Brix y Grado Alcohólico (T_1 , T_2 , T_3 , T_4).

Tabla 6. Tratamiento para determinar los resultados estadísticos

FACTORES	NIVELES	TRATAMIENTOS	CLAVE
A: Variedad de Maíz	A ₁ : INIA 603	A ₁ B ₁	T ₁
	A ₂ : Marginal 28	A ₁ B ₂	T ₂
B: Temperatura de Fermentación	B ₁ : 19°C	A ₂ B ₁	T ₃
	B ₂ : 24°C	A ₂ B ₂	T ₄

En la tabla 7 observamos las cantidades exactas de los principales insumos utilizados para la elaboración de la chicha de jora para cada variedad de maíz las mismas que fueron elaboradas en la misma cantidad y proporción.

Tabla 7. Materia prima utilizada

Detalle	Cantidad(gr)	Cantidad (%)
Agua	910.00	65.20
Jora	393.00	28.16
Azúcar	90.00	6.43
Levadura	3.00	0.21
Total	1396.00	100

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados se realizó teniendo en cuenta la fermentación de cada variedad de maíz (INIA 603 y Marginal 28); los análisis fisicoquímicos de pH, Acidez, grados Brix y Grado Alcohólico fueron analizados en forma independiente; para finalmente ver la relación estadística en cuanto a la variedad y temperatura, con las variables de salida que son las analizadas fisicoquímicamente.

El proceso de fermentación fue de seis (6) días, se evaluó cada 24 horas: pH, Grados Brix, Grado Alcohólico y Acidez Total. Las muestras de chicha fueron almacenadas en envases de polietileno (PE), luego fueron acondicionadas en la incubadora cada una por separado, a temperatura de 19°C y 24°C.

1. Evaluación de las características fisicoquímicas de las variedades Marginal 28.

1.1 Evaluación del pH

En la Figura 22 se observa que el pH es descendente desde 4.95 hasta 3.47 aproximadamente, este descenso se debe a que las concentraciones iniciales de almidón son altas, Carolina Acosta (2012), menciona que el rango de pH es de 2.8 a 3.8, además obtiene en sus estudios realizados resultados de pH de 3.6 y con el desarrollo de la fermentación este valor alcanzó un nivel promedio de 3.4, también menciona a medida que el pH disminuye la acidez aumenta.

Guamán (2013), Vásquez (2009) citado por Briseño y Castro (2014), nos dice que cada organismo tiene un rango de pH bien definido dentro de los cuales es posible el crecimiento, así el pH óptimo de crecimiento para las levaduras es de 4.5 a 6.5, pero pueden crecer, como en el caso de las *S. cerevisiae* entre 2.3 a 8.6; se sabe que a pH bajos se evita el desarrollo de las bacterias patógenas como *E.coli*, *Salmonella sp*, entre otras, cuyo pH de desarrollo óptimo se encuentra en el rango de 4.4 a 9.0 de esta manera no presentan problemas potenciales para la salud.

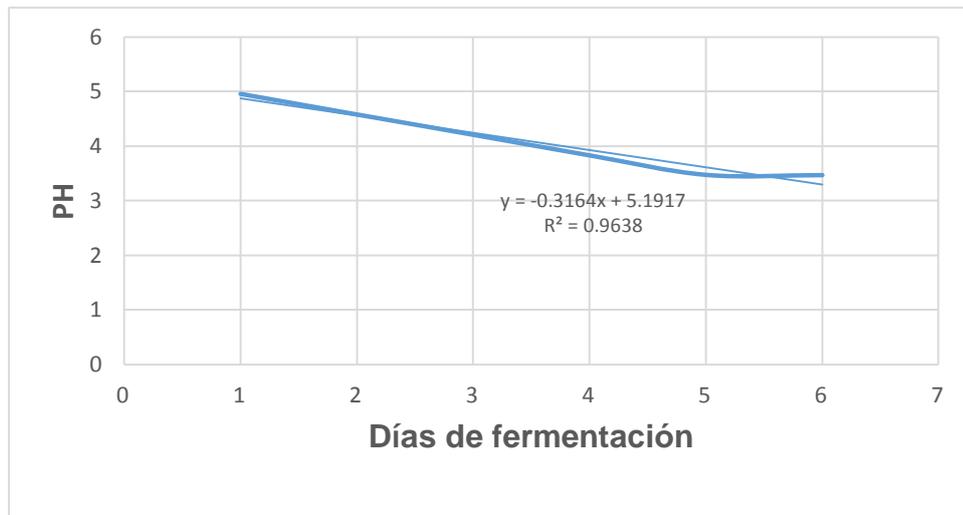


Figura 22. Evaluación del pH de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C.

En la figura 23 se observa que el pH es descendente desde 4.95 hasta 3.42 aproximadamente esto se corrobora. Según García (2008), Guamán (2013) citado por Briseño (2014). El pH es un buen indicador del estado general del producto ya que tiene influencia en múltiples procesos de alteración y estabilidad de los alimentos, así como en la proliferación de microorganismos. El pH promedio cuando es bajo, favorece el mantenimiento de los microorganismos que participan en la fermentación de esta bebida, como son las levaduras.

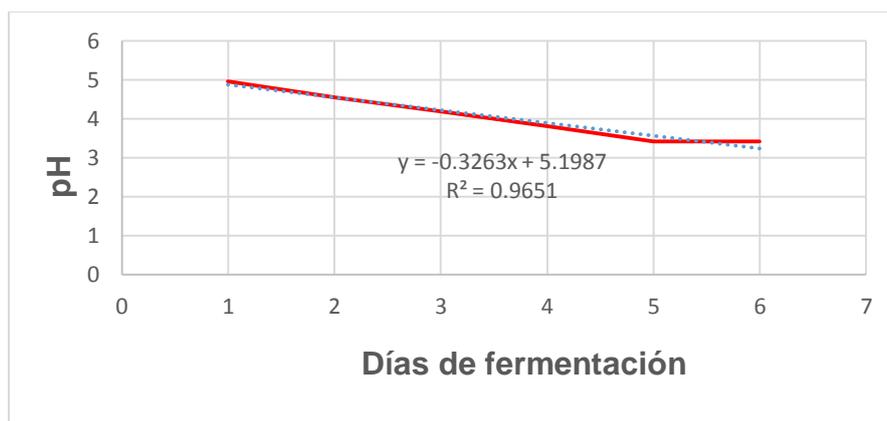


Figura 23. Evaluación del pH de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C.

1.2 Evaluación de acidez

Las figuras 24 y 25 muestran el incremento de acidez en el proceso de fermentación teniendo un resultado final de 2.77 g/L de ácido tartárico. Este asenso se puede comparar con estudios de Carolina Acosta (2012) menciona en sus resultados un rango de acidez de 3.8 a 8.0 g/L ácido tartárico. La fermentación de la chicha de jora inicia con valores de acidez propios del mosto (0.2 a 0.38%). conforme el tiempo de fermentación transcurre, la acidez va aumentando hasta valores cercanos a 0.8%, como es de suponerse, el tipo de nutriente influye sobre la acidez total; según Pomasqui en su estudio sobre los parámetros óptimos en la fermentación para industrializar la chicha de jora, en Ecuador. (Briceño y castro. 2014)

Los valores de acidez total se incrementan conforme aumenta el tiempo de cocción. Como consecuencia, se produce el desdoblamiento de nutrientes como almidón, proteína y grasa mediante la acción de enzimas, lo cual puede estar relacionado con la liberación de ácidos. Las bebidas fermentadas tienen una reacción acida, que es debido a los ácidos orgánicos que ellos contienen; como en el caso de los ácidos tartárico, málico, etc. (Pomasqui, J. 2012 y Holguín, M 2010) citado por Briseño y Castro (2014).

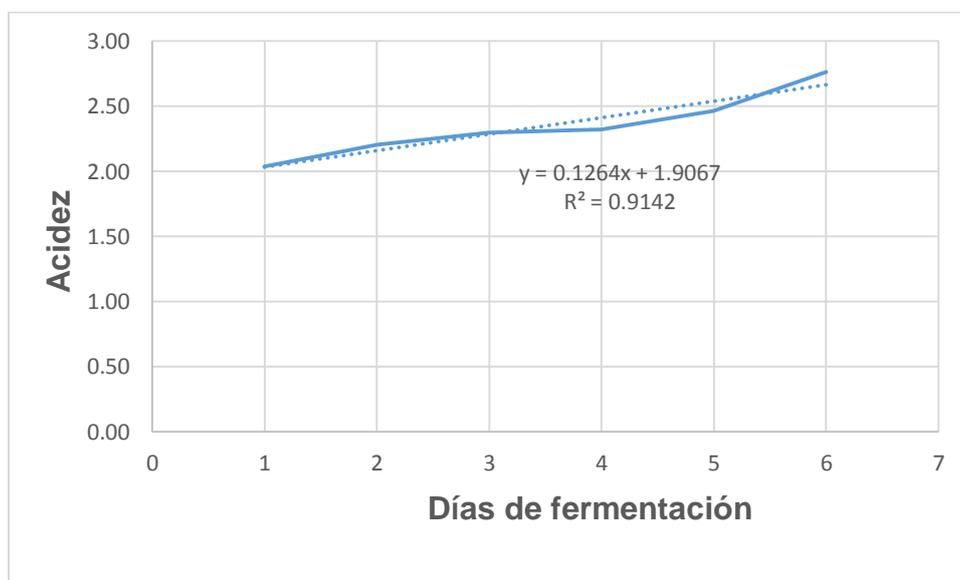


Figura 24. Evaluación de acidez de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C.

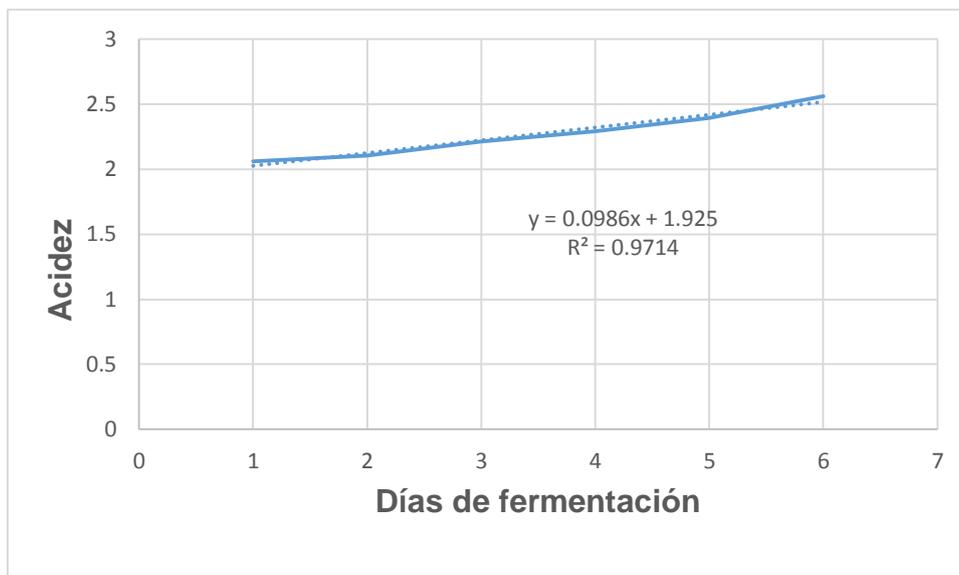


Figura 25. Evaluación de acidez de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C.

1.3 Evaluación de grados brix.

En las figuras 26 y 27 se observa una disminución de 10 a 5.3 de los grados Brix esto se debe a que el azúcar es consumido por las levaduras durante el proceso de fermentación. Briceño (2014), menciona que la cantidad de grados brix es producto de las concentraciones iniciales que se requiera para un determinado producto.

Los sistemas de fermentación de las levaduras requieren como principales nutrientes una fuente de carbono o glucosa. Sin embargo, una alta concentración de este último sustrato puede inhibir el crecimiento de la levadura y la fermentación como resultado de una elevada presión osmótica. Este efecto, puede ocurrir en concentraciones de azúcares fermentables en el rango de 125 y 250 g/L López (2009). Las cantidades de azúcares probados se encuentran por debajo de los rangos brindados como límites por López (2009), por lo que se presentó una fermentación tumultuosa del mosto tornándose turbio y espumoso por el CO₂ que se desprendía, similar a lo presentado por otras investigaciones León, Zapata (2008)

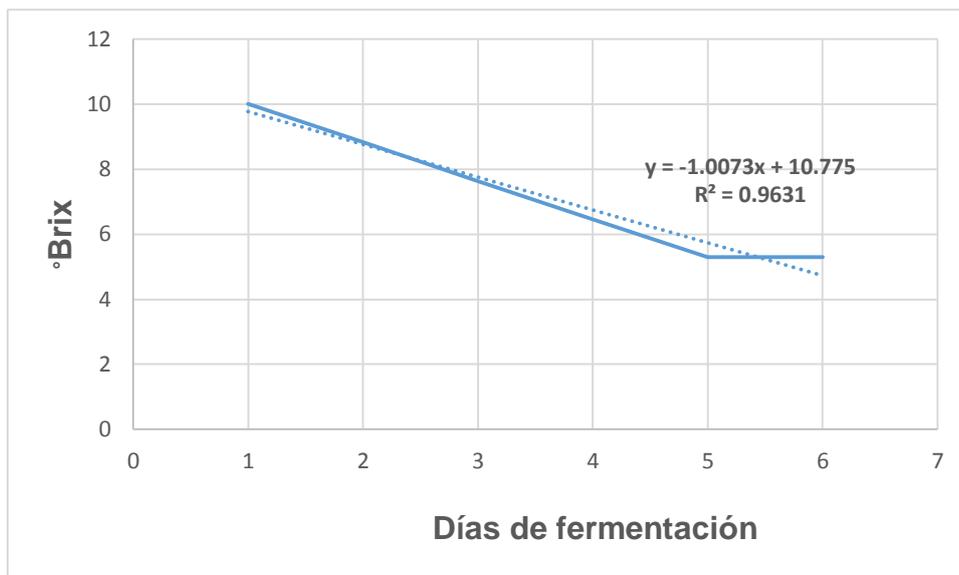


Figura 26. Evaluación de °brix de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C.

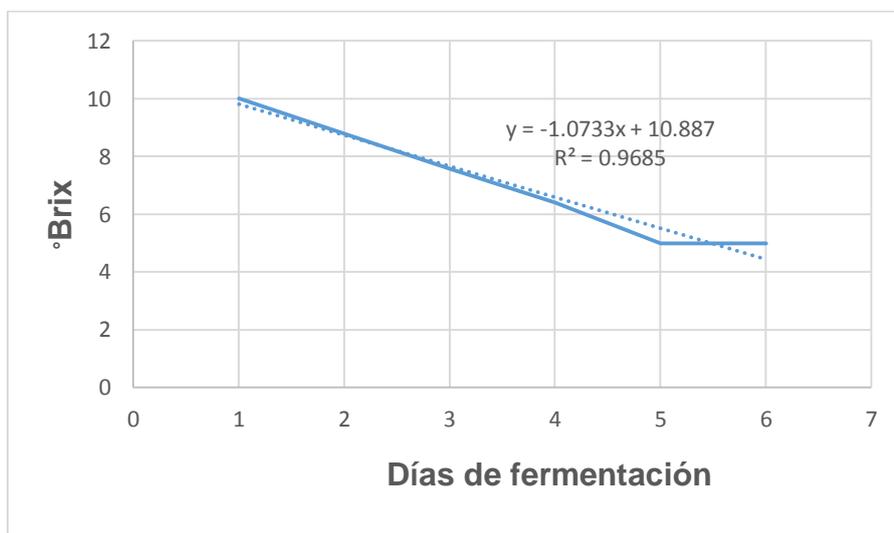


Figura 27. Evaluación de °brix de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C.

1.1 Evaluación de grado alcohólico

Los resultados para el grado alcohólico tratados a temperatura de 19°C y 24°C se muestran en las Figuras 28 y 29 en donde se observan que el grado alcohólico aumenta hasta 5.23 conforme transcurren los días de fermentación. Briceño (2014) menciona que el grado alcohólico está comprendido no solo el alcohol sino también sus homólogos (metanol) y ésteres de ambos. El alcohol de la chicha de jora procede de la fermentación de los azúcares naturales el cual representa alrededor de 15 al 24% del peso del maíz. La concentración de alcohol oscila entre 4 a 7% en la chicha de jora en el Perú expuesta a una

fermentación baja a poca temperatura a más de 30 días o una fermentación alta a temperaturas elevadas de 4 a 6 días. La dosificación exacta de alcohol de las bebidas es la determinación más común e importante, puesto que el grado alcohólico es el primer dato de la filiación de una bebida y porque comúnmente sirve de base de las transacciones comerciales.

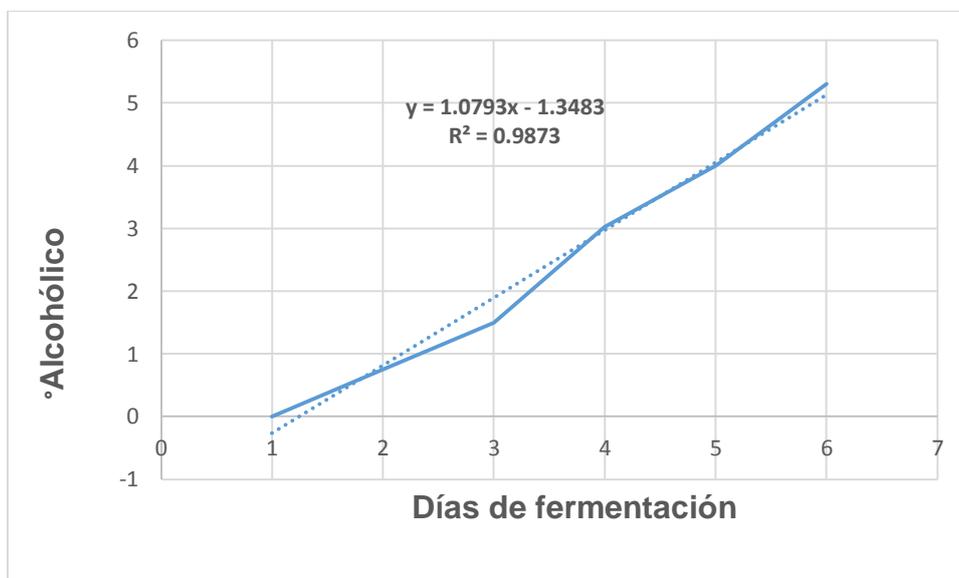


Figura 28. Evaluación del grado alcohólico de la variedad Marginal 28 a temperatura de 19°C.

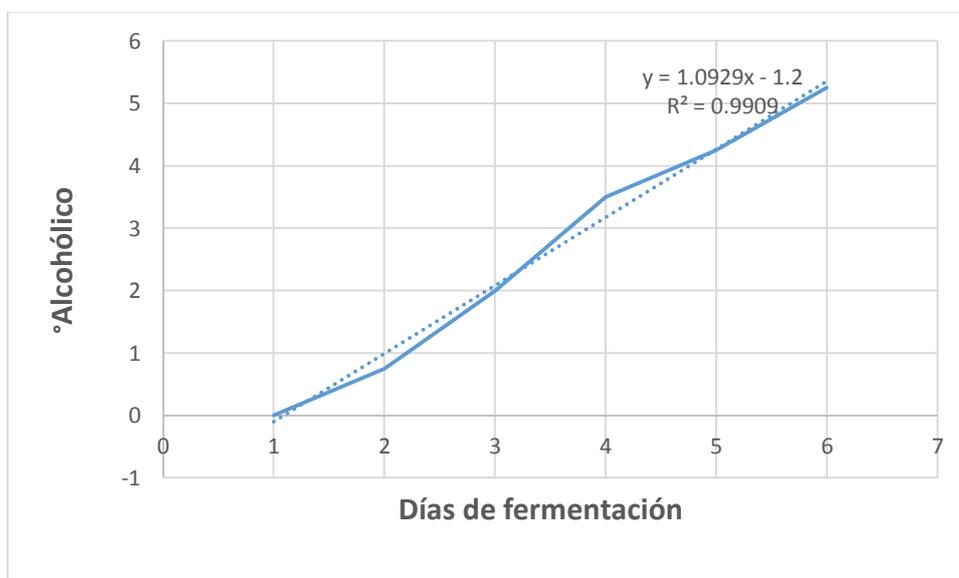


Figura 29. Evaluación del grado alcohólico de la variedad Marginal 28 a temperatura de 24°C.

2. Evaluación de las características fisicoquímicas de la variedad INIA 603

1.1. Evaluación de pH

La figura 30 muestra disminución del pH para las muestras de la variedad INIA 603 tratadas a temperaturas de 19°C y 24°C. En un rango que disminuye desde 4.84 hasta 3.42.

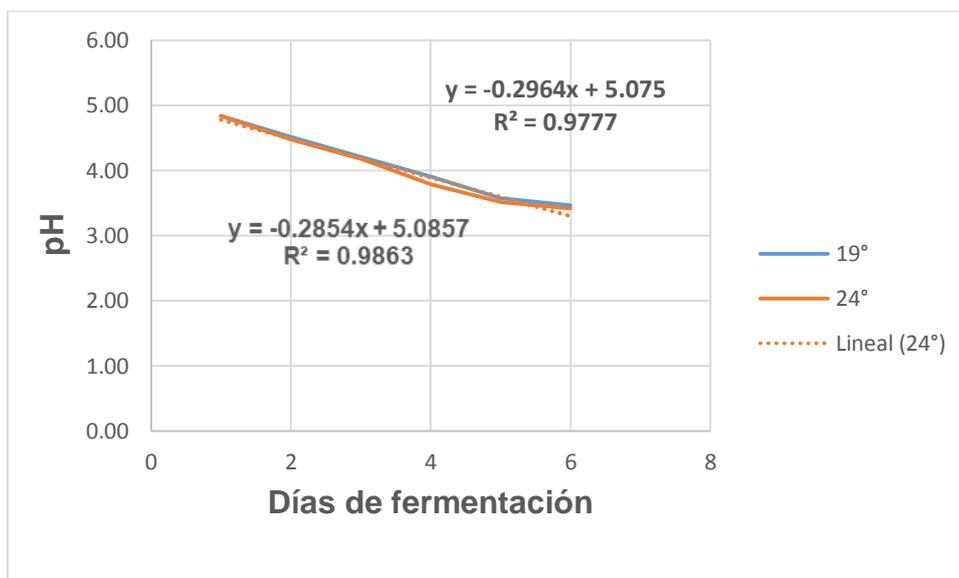


Figura 30. Evaluación de pH de la variedad INIA 603 a temperatura de 19°C y 24°C.

1.2. Evaluación de acidez

La figura 31 muestra el ascenso de la acidez durante el proceso de fermentación con parámetros que van 2.10 hasta 2.80 aproximadamente.

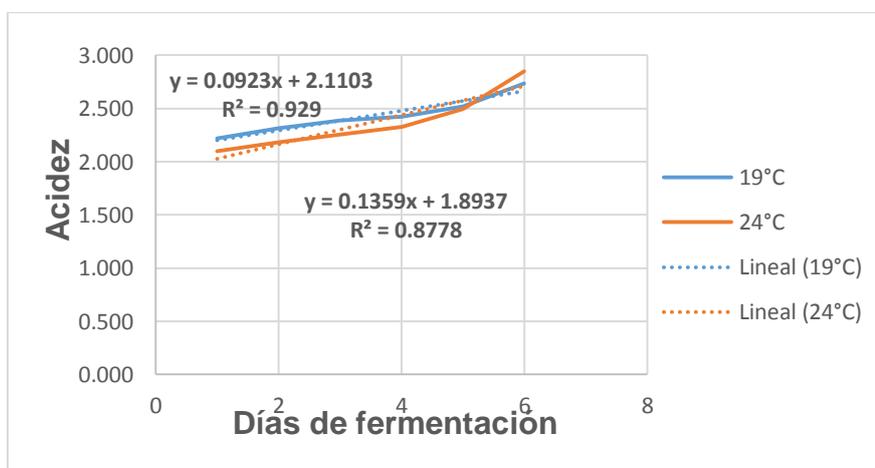


Figura 31. Evaluación de acidez de la Variedad INIA 603 a temperatura de 19°C y 24°C

1.1.Evaluación de grados brix

La figura 32 muestra la disminución de 12.10 hasta 5 Grados Brix para la variedad INIA 603 evaluados durante (6) días de fermentación esta variedad presenta concentraciones iniciales mayores que la variedad Marginal 28 en rangos que disminuye de 12 hasta 5 Grados Brix.

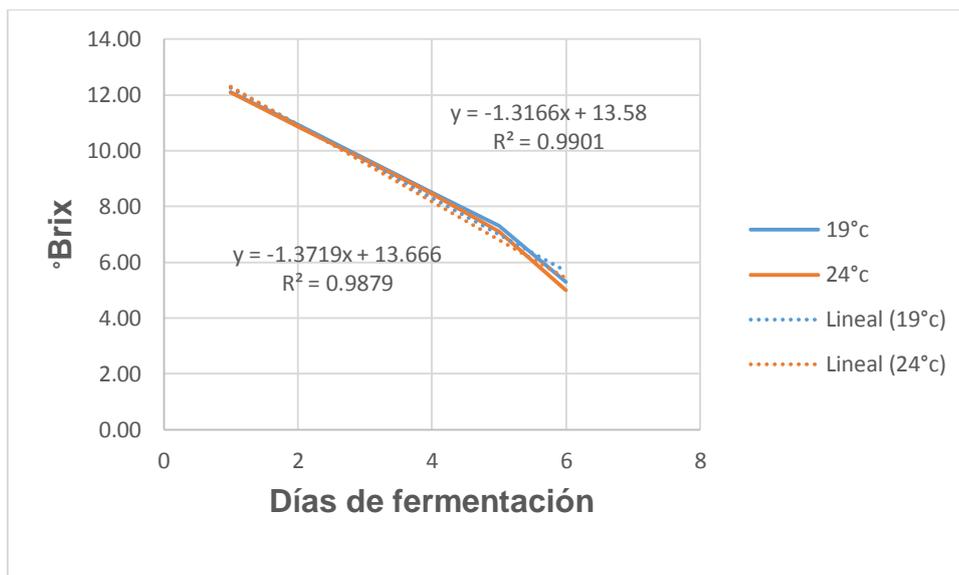


Figura 32. Evaluación de grados brix de la Variedad INIA 603 a temperatura de 19°C y 24°C.

1.2.Evaluación de grado alcohólico

La figura 33 muestra el ascenso de grado alcohólico en el proceso de fermentación llevado a cabo en 6 días, los valores aumentan a partir del segundo día en rangos que va de 1 hasta 5.7 grados alcohólicos.

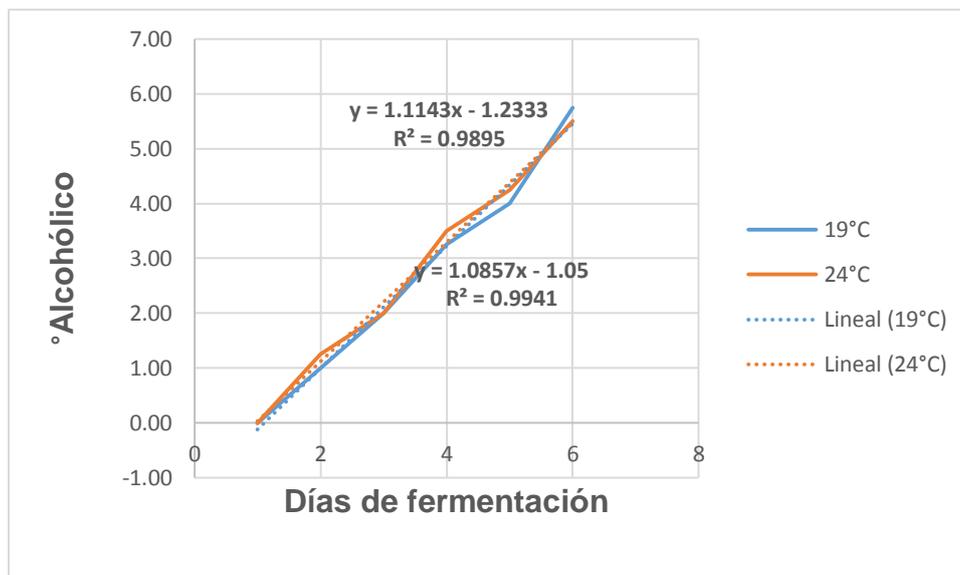


Figura 33. Evaluación de grado alcohólico de la variedad INIA 603 a temperatura de 19°C y 24°C

3. Análisis de varianza de las características fisicoquímicas.

Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH tratado a temperatura de 19 °C y 24 °C

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedad	0.00005	1	0.00005	1.50	0.3081
B: Temperatura	0.0032	1	0.0032	96.00	0.0023
AB	0.0002	1	0.0002	6.00	0.0917
bloques	0.0002	1	0.0002	6.00	0.0917
Error total	0.0001	3	0.0000333333		
Total (corr.)	0.00375	7			

$R^2 = 97.3333 \%$

La Tabla 8, muestra que en cuanto a la temperatura el Valor-P (0.2%) es menor del 5%, lo que nos indica que por lo menos una de las dos temperatura influye en el pH del fermento, por lo que hay diferencias estadísticas; esto se puede deber al desdoblamiento del almidón en disacáridos y monosacáridos, lo que hace que se genere una diferencia en el pH del mosto, esto se produce porque a mayor temperatura, los almidones tiene a degradarse con mayor rapidez.

Para del Valor-P de la temperara en relación a la variedad y su influencia en el pH, esta no tiene influencia estadística porque es mayor al 5%. Además, debemos indicar que el R^2 , es del 97% lo que nos indica que los datos en su mayoría se asemejan a una línea recta y que por tanto el Valor-P tiene una alta significancia.

Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para grados brix tratado a temperatura de 19° y 24°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Variedad	5.96851	1	5.96851	24278.69	0.0000
B: Temperatura	0.0276125	1	0.0276125	112.32	0.0018
AB	0.0000125	1	0.0000125	0.05	0.8361
bloques	0.0003125	1	0.0003125	1.27	0.3416
Error total	0.0007375	3	0.000245833		
Total (corr.)	5.99719	7			

$R^2 = 99.9877 \%$

La Tabla 9, muestra influencia de la temperatura sobre los grados Brix, el valor P (0.01) menor del 5%, indica que por lo menos una de las dos temperatura influye en el Grado Brix del fermento, esto puede deberse a que existen diferentes concentraciones de almidones en las variedades de maíz evaluados, por el hecho que al exponerlos a la temperatura de experimentación, los almidones se desdoblen en amilosa y amilopectinas Fenema (2001) generando solidos solubles que es lo que mide los grados Brix. Por tanto, una de las dos temperaturas, especialmente la mayor influye, en la generación de almidón modificado y por tanto la generación de sólidos solubles

Para del Valor-P de la temperara en relación a la variedad y su influencia en los Grados Brix, esta no tiene influencia estadística porque es mayor al 5%. Además, debemos indicar que el R^2 , es del 99% lo que nos indica que los datos en su mayoría se asemejan a una línea recta y que por tanto el Valor-P tiene una alta significancia.

Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) para acidez tratado a temperatura de 19 °C y 24 °C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Variedad	0.357012	1	0.357012	10.32	0.0488
B: Temperatura	0.0253125	1	0.0253125	0.73	0.4551
AB	0.0465125	1	0.0465125	1.35	0.3301
bloques	0.0253125	1	0.0253125	0.73	0.4551
Error total	0.103738	3	0.0345792		
Total (corr.)	0.557888	7			

$R^2 = 81.4053 \%$

La tabla 10, muestra que para el Valor -P (0.4%) es menor a 5%, lo que nos indica que una de las dos temperaturas evaluadas con respecto a la variedad, influyen en la acidez del fermento, en razón que hay diferencia estadística, que está relacionado con el desdoblamiento de nutrientes como almidón, proteína y grasa mediante la acción de enzimas, lo cual está relacionado con la liberación de ácidos. Las fermentaciones tienen una reacción acida debido a que contienen ácidos orgánicos como ácido tartárico, málico. Briceño (2014)

Para del Valor-P de la temperatura en relación a la variedad y su influencia la acidez, esta no tiene influencia estadística porque es mayor al 5%. Además, debemos indicar que el R^2 , es del 81% lo que nos indica que los datos se asemejan a una línea recta y que por tanto el Valor-P es aceptable.

Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) para grado alcohólico tratado a temperatura de 19 ° C y 24°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: variedad	0.1058	1	0.1058	12.18	0.0397
B: temperatura	0.25205	1	0.25205	29.03	0.0125
AB	0.00125	1	0.00125	0.14	0.7296
bloques	0.00125	1	0.00125	0.14	0.7296
Error total	0.02605	3	0.00868333		
Total (corr.)	0.3864	7			

$R^2 = 93.2583 \%$

Al observar el Valor $-P$ de la variedad y la temperatura que son menores al 5% nos indican que por lo menos hay una temperatura y una variedad que influyen estadísticamente en la producción alcohólica durante la fermentación (Ver Tabla 11).

Por otro lado, el R^2 , que tenemos que es de un 93% nos indica que los resultados obtenidos tienen un alto porcentaje de datos que se agrupan en función de una línea recta y que por tanto tiene mayor significancia.

4. Pruebas de significancia (TUKEY) para las características fisicoquímicas de la chicha de jora

4.1. Comparaciones para grados °Brix

Tabla 12. Prueba HSD TUKEY para el factor: Temperatura, confianza de 95%

TEMPERATURA	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
19°C	4	8.1125	A
24°C	4	7.9950	B

Tabla 13. Prueba HSD TUKEY para el factor: Variedad, confianza de 95%

VARIEDAD	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
2	4	8.9175	A
1	4	7.1900	B

Al realizar la prueba de TUKEY se observa que el mejor tratamiento para obtener mejor resultado de Grados Brix es la variedad INIA 603 a temperatura de 19°C (Tabla.12, 13) y (Figura 31) Esto se debe a que inicialmente las concentraciones de Grados Brix fueron mayores que la variedad marginal 28 (Figura 24), También influye la levadura que se utilizó para el proceso de fermentación, la levadura Safale S-04 (Levadura seca tipo ale) Temperatura recomendada de fermentación 15°C – 24°C.

4.2. Comparaciones para pH

Tabla 14. Prueba HSD Tukey para el factor: Temperatura, confianza de 95%

TEMPERATURA	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
19°C	4	4.0875	A
24°C	4	4.0475	B

Los análisis obtenidos con la prueba TUKEY (Tabla 14), indica que para obtener una mejor estabilidad en cuanto al pH se debe llevar a cabo el proceso de fermentación a temperatura es 19°C.

4.3. Comparaciones para acidez

Tabla 15. Prueba HSD TUKEY para el factor: Variedad, confianza de 95%

VARIEDAD	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
2	4	3.5900	A
1	4	3.1675	B

Los análisis indican que los mejores resultados en cuanto a la acidez se obtienen con la variedad de maíz INIA 603. (Tabla 15)

4.4. Comparaciones para grado alcohólico

Tabla 16. Prueba HSD TUKEY para el factor: Variedad, confianza de 95%

VARIEDAD	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
2	4	2.86	A
1	4	2.63	B

Tabla 17. Prueba HSD TUKEY para el factor: Temperatura, confianza de 95%

VARIEDAD	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
24°C	4	2.5675	A
19°C	4	2.9225	B

Las Tablas 16 y 17. Muestran los tratamientos de la prueba TUKEY que indica para el grado alcohólico que la mejor variedad es INIA a temperatura de 24°C.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

La variedad INIA 603 tratada a temperatura de 19°C, es la que ha dado mejores resultados en cuanto a Grados Brix obteniendo 5°Brix y Acidez 2.7 g/L. ácido tartárico.

La determinación del pH óptimo durante el proceso de fermentación fue a temperatura de 19°C para las dos variedades de maíz, INIA 603, pH 3.42 y Marginal 28 PH 3.47.

El Grado Alcohólico óptimo se obtiene con la variedad de maíz INIA 603 tratado a temperatura de fermentación de 19°C, obteniendo como resultado 5.7°GL.

A futuras investigaciones se recomienda durante el proceso de malteado trabajar una buena asepsia para evitar la proliferación de microorganismos, así mismo para la variedad INIA 603 no realizar el proceso de remojo. Ya que este lleva al deterioro rápido de la semilla.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Romero, carolina. Evaluación de la Fermentación Alcohólica Para la Producción De Hidromiel. Universidad Nacional De Colombia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental Bogotá, Colombia 2012.80p
- Aldabe S., Aramendia P., Lacreu L.; Química 1 fundamentos, editorial colihue. Buenos Aires, Argentina; 1996. Pág. 357 – 369.
- Ariansen J. mito, leyenda y folklore en la gastronomía peruana XII: la CHICHA, bebida mágica de los Apus. [Internet]. [Consultado: 11 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://www.historiacocina.com/paises/articulos/peru/chicha.htm>
- Ayma de la cruz Cristian, Gloria Cacsire Janampa. “Tratamiento térmico para estabilizar la chicha de jora” Universidad Nacional De Ingeniería Facultad De Ingeniería Química Y Textil 2012. [Fecha de consulta: 06 de enero del 2019]. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/48>
- Baldwin, P. M. 2001. Starch granule-associated protein and polypeptides: A review. *Starch/Starke* 53: p.475-503. Bello-Pérez, L. A., M. A. Ottenhof, E. Agama-Acevedo, and I. A. Farhat. 2005. Effect of storage time on the retrogradation of banana starch extrudate. *J. Agric. Food Chem.* 53p.
- Bances, R. 2009, junio. Determinación de pH y acidez en alimentos - Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque – Perú.
- Bardales Guerra, Katia; Barreto Abel, Chávez Jhara, Carranza Jhan, Holguín Manuel, Laisa Paola, Sánchez Jesús, Linares Guillermo. Efecto de la concentración de un coadyuvante preseleccionado y presión de vacío sobre el tiempo de filtración y la transmitancia aplicado a un proceso de clarificación de la Chicha de Jora. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2012. [Fecha de consulta: 21 de diciembre del 2018].

Disponible en:
<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/112>

Bartolo, Luis; Cabellos, Julissa; Gavidia, Alicia; Hoyo, Carlos. Efecto del vacío en la absorbancia y el grado alcohólico en dos tipos de “Chicha de Jora”. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2013. [Fecha de consulta: 21 de septiembre del 2018]. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/48>

Bayona, N. P. (16 de septiembre de 2012). Entrevista con señora maestra productora de chicha de jora. (G.d. trabajo, Entrevistador).

Boletín Informativo (1997). INIA - Maíz amarillo duro Marginal 28 Tropical.

Bresani, B. y. Composición nutricional de la chicha de jora (1989). 78p

Briceño Prado, Karol Elizabeth, Castro Gálvez, Keila Alina: Influencia del tiempo de cocción en las características fisicoquímicas de la chicha de jora. Universidad Nacional de Trujillo. 2014. 19-25-P

Burger, Richard; 1998; Excavaciones en Chavín de Huantar; Lima; Fondo Editorial de la Pontificia Universidad católica del Perú.

Bustillo Mejía C.A. “Obtención de riboflavina (vitamina B2). Por proceso de fermentación sumergida en medio de producción de agua de cocimiento de maíz y aceite de soya utilizando como microorganismo productor *Saccharomyces cerevisiae*”. (Tesis) Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. C.A., septiembre 2008.

Cecilia, P. M. (17 de septiembre de 2009). Historia de la gastronomía. [Consultado el 27 de julio de 2018], disponible en, La Chicha: <http://historiadelagastronomia.over-blog.es/90-categorie-10869050.html>

Chávez, I. M. (s.f.). “El Maíz en el Perú”.

Collao, F., Acuña, F., & Berrio, V. (11 de octubre de 2011). Proyecto de Chicha de Jora Julio Castro. Consultado el 27 de julio de 2018, disponible en, <http://es.scribd.com/doc/68354649/Proyecto-de-Chichade-Jora-Julio-Castro>.

Delbo, M. L. 1980. Manual del Cultivo Moderno. El forraje, la Siega, los Cereales, las Plantas Industriales, las Plantas Textiles. Edit. De Vecchi S.A. Barcelona, España. 280 p

FAO: 2005. Cereal Fermentations in Latin American Countries.

Fenema. Química de los alimentos 2010. 83p

Gordillo Silva, Carlos; Guerrero, Neiver; Izáziga, Nardy; Laguna, Brenda; Lázaro, María; Rojas, Julio. Efecto de la proporción de naranja (*Citrus sinensis*), papaya (*Carica papaya*) y piña (*Ananas comosus*) en la aceptabilidad sensorial de un néctar mixto. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2012. [Fecha de consulta: 22 enero de 2019]. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/115>

Griselda Margarita Giron Monterrosa, Laura Jacqueline Funes Flores. Obtención de Alcohol Etilico por Medio de Fermentación Alcohólica de las Cascaras de Musa Paradisiaca (plátano) utilizando como microorganismo productor *saccharomyces cerevisiae* (levadura). San Salvador 2013.

Guamán, Ángel A. validación técnica del proceso de producción de las chichas (jora y morada), elaboradas por la fundación ANDINAMARKA, Calpi-Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. 2013. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2619>

Huamán, H. (11 de 08 de 2011). Consultado el 27 de julio de 2018, disponible en Scribd: <http://es.scribd.com/doc/72046363/Datos-historicos-sobre-la-chica-de-Jora>.

INIA Cajamarca 2018, Ficha Técnica de Maíz INIA 603

J. Ly. Bananas y plátanos para alimentar cerdos: Aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. [Revista computarizada]. Cuba. 2004. [Consultada 23 de octubre de 2018]. Disponible en: www.cipav.org.co/RevCubana/1103/110301.html.

- Jennings, J. 2005. La chichera y el patrón: chicha and the energetics of feasting in the prehistoric Andes. *Archaeological papers of the American Anthropological Association* 14: 241-259 p.
- León, J. 1987. *Botánica de los Cultivos Tropicales*. Editorial ITCA, San José de Costa Rica. 12p.
- León R, Zapata A. *Chicha peruana, una bebida, una cultura*. Fondo editorial universidad San Martín de Porres. Lima; 2008.
- León, L. 2010., Proyecto de prefactibilidad para una planta productora de Chicha de Jora. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- López, M. (29 de 03 de 2012). Chicha de Jora Proyecto. Consultado el 27 de julio de 2018, disponible en, <http://es.scribd.com/doc/87122165/Chicha-de-Jora-Proyecto>.
- MINAG. (s.f.). Ministerio de Agricultura. Consultado el 27 de julio de 2018, disponible en <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/ma%C3%ADz/producci%C3%B3n?start=5>
- Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 2002.
- Padilla Palacios, María. *Aplicación de la chicha de jora en 30 recetas estandarizadas*. Tesis (previa a la obtención del título de: “licenciada en gastronomía y servicios de alimentos y bebidas”). Universidad de Cuenca-Ecuador, facultad de ciencias de la hospitalidad, 2010. 61p
- Poehlman, M. I. 1969. *Mejoramiento Genético de las Cosechas*. Editorial LIMUSA. Wiley S.A. México. p. 263.
- Portella, C. (2009). *Generación*. Consultado el 27 de octubre de 2018, de *Generación*: <http://www.generacion.com/secciones/gastronomia/pdfs/Generacion-Edicion-124-gastronomia-778.pdf>.

- Quispe, T. J. (1999) Heterosis en variedades precoces de maíz de sierra alta. Tesis Mg Se. UNALM. Lima, Perú.
- Ramírez de Florio, Enrique. Elaboración de chicha de jora a nivel de planta piloto, utilizando tecnología cervecera. Tesis (previa a la obtención del título de: ingeniero en industrias alimentarias). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna Perú, Facultad de Ingeniería de Alimentos 2010. 72p.
- Rodríguez Castaneda, A. “Obtención de alcohol etílico a partir del jugo de maíz” (Tesis) Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.C.A., septiembre 1986.
- Rojas B. Control de calidad y evaluación nutricional de las chichas (jora y morada), elaboradas en la fundación Andinamarca, Calpi-Riobamba. [Tesis de grado]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2013.
- Romero, A., Aguilar, S., Ruiz, A.A. 2005. Diseño del proceso de producción de alcohol carburante a partir de la planta de banano. Grupo de bioprocesos. Línea de investigación en alcohol, GIBIOH. Medellín-Colombia. Facultad de minas. Escuela de procesos y energía. Universidad nacional de Colombia
- Romero. H. 2004. Manual técnico. Elaboración de vino Tinto. PASE Y ASVIT. Cascas-La Libertad. 34 p.
- Sarmiento, D. “Producción de alcohol a partir de melasa”. [Consultado 09 diciembre 2018]. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc//Producción-deBioEtanol>.
- Sevilla J. La chicha de jora, bebida de Chiclayo y Lambayeque. Blog [Internet]. Chiclayo; 2007 [consultado: 14 de diciembre del 2018]. Disponible en: <http://www.chiclayoyalrededores.com/2007/12/la-chicha-de-jora.html>.
- Scragg, A., Biotecnología para ingenieros sistemas biológicos en procesos tecnológicos. 1ª Edición, editorial Limusa, México, 1996. P.191 – 224.
- Smith AM, Zeeman SC, Thorneycroft D, Smith SM. “Starch Mobilization in Leaves”. J Exp Bot., vol. 54, p. 577-583, 2003.

Steinkraus, K. 1996. Handbook of Indigenous fermented foods, 2° Edition. Marcel Dekker. New York.

Suárez Atoche, Mirla S; Villaran Stefany, Vásquez Víctor. Estudio de preferencia de la chicha de maíz en zonas rústico-campestres y citadina de la región La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2013. [Fecha de consulta: 20 de diciembre del 2018]. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/507>

Tetlow IJ, Morell MK, Emes J. “Recent Developments in Understanding the Regulation of Starch Metabolism in Higher Plants”. J Exp Bot., vol. 55, p. 21352145, 2004

Thorpe, W. “Bioquímica”. 1ª edición, editorial continental, España, 1975. Pág.498, 499.

Vallejo, J.; Miranda, P.; Flores, J.; Sánchez, F.; Ageitos, J.; González, J.; Velásquez, E.; Villa, T. 2013. Atypical yeasts identified as *Saccharomyces cerevisiae* by MALDI - TOFMS and gene sequencing are the main responsible of fermentation of chicha, a traditional beverage from Peru. Systematic and Applied Microbiology 36: 560 - 564.

Velásquez, Mario; 1982; Tesis: Determinación de los parámetros para la elaboración de jora, a partir del maíz Cancha de Huaraz; Lima; Universidad Agraria La Molina.

Vinicolasantarosa 2000. (s.f.) Revisado el 28 de julio de 2018, de vinicolasantarosa: http://www.vinicolasantarosa.cl/interiores/productos_negocios/Chicha.htm

Zapata, S. 2006. Diccionario de gastronomía peruana tradicional, 1° edición. Universidad San Martín de Porres. Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1: Determinación de pH.

Procedimiento

Se coloca en un vaso de precipitado 10 g de la muestra y se agita suavemente, se determina el PH introduciendo los electrodos del potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que estos no toquen las paredes del recipiente, ni las partículas sólidas.

FUENTE: Briceño y Castro 2014.

ANEXO 2: Determinación de °brix:

Método de refractómetro

Procedimiento

Se ajusta la circulación del agua del refractómetro para operar a la temperatura requerida (entre 15 a 20 grados). Se coloca 2 o 3 gotas de la muestra preparada en el prisma fijo del refractómetro. Se ajusta inmediatamente el prisma móvil luego se acciona los tornillos macro y micrométricos hasta lograr el entrecruzamiento de la zona oscura con el punto de intersección de las dos líneas del campo y luego se hace la lectura en la escala respectiva.

FUENTE: Briceño y Castro 2014.

ANEXO 3: Determinación de acidez total

Titulación volumétrica.

Cuando un ácido y una base reaccionan, se produce una reacción; reacción que se puede observar con un colorante. Un ejemplo de colorante, y el más común, es la fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$), que vira (cambia) de color a rosa cuando se encuentra presente una reacción ácido-base.

El agente titulante es una base, y el agente titulado es el ácido o la sustancia que contiene el ácido.

Procedimiento.

- Se realiza con un equipo de titulación que consiste en una bureta, un vaso de precipitado, un soporte universal y un anillo con su nuez.
- Se adicionan dos o tres gotas de fenolftaleína (o colorante) y se comienza a titular (dejar caer gota a gota del agente titulante sobre el titulado) hasta obtener un ligero vire a rosa (en el caso de la fenolftaleína) que dure 30 segundos cuando mínimo.
- Si es muy oscuro, la titulación ha fracasado.
- Se mide la cantidad de agente titulante gastado (o gasto de bureta) y se utiliza la normalidad de la sustancia.

La acidez se expresa en gramos de ácido tartárico por litro.

1ml. NaOH 0.1N-----0.0075g Ac. Tartárico.

ANEXO 4: Determinación de grado alcohólico.

Método por destilación simple.

Procedimiento

Se mide 100 ml. De chicha de jora en una fiola, luego se pasa a un balón de 500 ml. Se enjuaga la fiola dos veces con 10 ml por vez de agua destilada, trasvasando al balón, luego se agrega 1 gramo de carbonato de calcio, se adapta a un dispositivo de destilación y se destila 70 ml. Recogiendo en una probeta de 100 ml con agua destilada y se determina el grado alcohólico con el alcoholímetro de Gay Lussac, se mide la temperatura y se hace las correcciones respectivas refiriendo a 15°C.

FUENTE: Briceño y Castro 2014.

Anexo N° 5: Ficha técnica de la levadura safale S-04 (Levadura seca tipo ale)

Ingredientes: Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), agente rehidratante

Propiedades:

Cepa inglesa comercial del tipo ale muy conocida, seleccionada por su rápida velocidad de fermentación y la capacidad de formar un sedimento compacto en el fondo de los fermentadores, hecho que mejora la limpidez de las cervezas. Esta cepa es recomendada para elaborar una amplia variedad de cervezas tipo ale y está especialmente adaptada para utilizarse en cervezas tipo ale acondicionadas en barricas o producidas en fermentadores cilíndrico – cónicos. Sedimentación: alta. Peso específico final: medio.

Dosis: 50 g/hl a 80 g/hl.

Instrucciones de siembra:

Previamente a la inoculación, se debe rehidratar la levadura seca en un recipiente con agitación hasta formar una crema. El procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en un volumen de agua estéril o mosto 10 veces superior a su propio peso, a una temperatura de $27\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ ($80\text{ °F} \pm 6\text{ °F}$). Una vez que el peso total de la levadura se encuentre reconstituido en forma de crema (esta etapa lleva de 15 a 30 minutos) se mantiene la agitación suave por otros 30 minutos. Posteriormente se siembra la crema obtenida en los fermentadores. Alternativamente, se puede sembrar directamente levadura seca en el fermentador, asegurando que la temperatura del mosto supere los 20 °C (68 °F). Este procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en forma progresiva sobre la superficie del mosto, asegurando que la misma cubra toda el área disponible, evitando la formación de grumos. Se deja en reposo por 30 minutos y luego se mezcla el mosto, por ejemplo, utilizando aireación.

Temperatura de fermentación:

Temperatura recomendada de fermentación $15 - 24\text{ °C}$ ($59 - 75\text{ °F}$). Packaging: 4 unidades tipo “display” con 38 sachets de levadura x 11,5 g cada uno, acondicionados en caja de cartón. 20 sachets x 500 g. envasados al vacío, acondicionados en caja de cartón. 1 sachet x 10 kg envasado al vacío, acondicionado en caja de cartón

Almacenamiento:

Conservar en lugar fresco ($< 10^{\circ}\text{C}$ / 50°F) y ambiente seco. Los sachets abiertos deben ser sellados y almacenados a 4°C (39°F) y utilizados dentro de los 7 días siguientes a la apertura. No deben ser utilizados los sachets blandos o que presenten algún tipo de daño.

Validez:

Verificar la fecha de validez del producto que se encuentra impresa en los sachets. El producto almacenado bajo condiciones recomendadas posee una validez de 24 meses contando desde la fecha de elaboración.

Análisis típicos:

% peso seco: 94,0 – 96,5

Células viables al envasado: $> 6 \times 10^9$ / gramo

Bacterias totales*: < 5 / ml

Bacterias ácido acéticas < 1 / ml

Lactobacilos*: < 1 / ml

Pediococcus*: < 1 / ml

Levaduras salvajes no *Saccharomyces**: < 1 / ml

Microorganismos patógenos: En acuerdo a la regulación vigente

*Cuando la levadura seca es inoculada a una tasa de 100 g/hl o $> 6 \times 10^6$ células viables / ml

Nota importante:

Se informa que cualquier cambio en el proceso fermentativo puede alterar la calidad final del producto. Por lo tanto, se sugiere realizar ensayos de fermentación antes de utilizar comercialmente nuestra