

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

OBTENCIÓN DE VODKA A PARTIR DE DOS TIPOS DE MAÍZ
(*Zea mays*): MAÍZ AMARILLO AMILÁCEO Y MAÍZ BLANCO DE
GRANO VITRIO.

**Tesis de grado presentada como requisito para optar
por el título de INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Vásquez Galárraga Mayra Gabriela
Vásquez Villarreal Ligia Elena**

**DIRECTOR
Ing. Luis Sandoval**

**IBARRA - ECUADOR
2009**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

OBTENCIÓN DE VODKA A PARTIR DE DOS TIPOS DE MAÍZ
(*Zea mays*): MAÍZ AMARILLO AMILÁCEO Y MAÍZ BLANCO DE
GRANO VITRIO.

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA

.....
Ingeniero Luis Sandoval

Director de Tesis

.....
Doctora Lucía Yépez

Asesor de Tesis

.....
Ingeniero Marcelo Vacas

Asesor de Tesis

.....
Abogado Galo Vásquez

Asesor de Tesis

Ibarra - Ecuador

2009

CESIÓN DE DERECHOS

Los autores: siempre que se cite la fuente, cede con fines académicos y de investigación los derechos de reproducción y duplicación de la investigación desarrollada en este trabajo a la Universidad ecuatoriana y a la sociedad en general.

Para fines distintos al investigativo y académico (producción de textos con fines comerciales, uso del método para procesamiento industrial, etc.); por favor póngase en contacto con las autoras y la Universidad Técnica del Norte; copropietarios solidarios de los derechos de los autores.

Gabriela Vásquez G.
C.C: 1002837746
mgabby30@yahoo.es

Ligia Vásquez V.
C.C:1003003280
vasquez_ligia@yahoo.es

DEDICATORIA

Esta tesis es parte de mi vida y comienzo de otras etapas por esto y mas la dedico con todo mi amor y cariño a Dios que me dio la oportunidad de vivir.

A mi madre Bertha, que ha estado conmigo en todo momento. Gracias mami por darme una carrera para mi futuro, por creer en mi, apoyarme por darme el ejemplo de superación y trabajo, brindándome todo tu amor, por todo esto te agradezco de todo corazón el que estés conmigo a mi lado.

A mi hermana Tatiana, gracias por tu apoyo constante.

A dos personas muy especiales que siempre estarán a mi lado dándome fuerzas para salir adelante.

Gracias a ustedes por haber llegado a mi vida y compartir momentos agradables y tristes, pero esos momentos son los que nos hacen creer y valorar a las personas que nos rodean. Los quiero mucho y que Dios les bendiga.

Gabriela

Esta investigación la dedico a mis queridos padres, Lidia y Aníbal quienes han sabido brindarme su cariño y apoyo constantes, por darme ejemplo de trabajo y superación, que Dios los cuide siempre.

A mis hermanas que han dado alegría a mi alma y tienen un lugar muy especial en mi corazón.

A Néstor, por cuidarme y ser mi soporte incondicional, de quien aprendo cada día a ser una mejor persona y por que ha sabido ganarse mi amor.

Ligia Elena

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte, por habernos acogido en sus aulas, para formarnos como profesionales competitivas en el ámbito de nuestra especialidad y por ende ser personas útiles a la sociedad.

Al Ingeniero Luis Sandoval, Director de Tesis, quien se permitió brindarnos su tiempo, paciencia, apoyo y orientación para guiarnos en el desarrollo de nuestra tesis.

A la Dra. Lucía Yépez, al Ing. Marcelo Vacas y al Abg. Galo Vásquez, por sus consejos y sugerencias brindadas a lo largo de esta investigación permitiendo así que este trabajo salga a la luz.

Al Ingeniero Marco Cahueñas, por su valioso aporte en la revisión estadística.

A la Industria Licorera y Embotelladora del Norte SA ILENSA, de manera especial al Lic. Marco Ávila, analista de laboratorio quien aportó con sus conocimientos teórico-prácticos en el análisis de la bebida alcohólica VODKA.

Al Ingeniero Ángel Maíla, por brindarnos todos sus conocimientos acerca del cultivo del maíz en la zona norte de nuestro país.

Y, a todos los catedráticos, profesionales, compañeros y amigos que de una u otra manera nos brindaron su colaboración para culminar nuestro objetivo.

Las ideas, cuadros, figuras, resultados y comentarios que se presentan en esta investigación son exclusiva responsabilidad de las autoras.

INDICE

PRESENTACIÓN
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO

CAPÍTULOS		Pág.
1	GENERALIDADES	
1.1	INTRODUCCIÓN	2
1.2	OBJETIVOS	3
1.2.1	Objetivo General	3
1.2.2	Objetivos Específicos	4
1.3	HIPÓTESIS	4
1.3.1	Hi	4
2	REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1	EL VODKA	6
1.1	Historia	6
1.2	Definición	7
2.2	EL MAÍZ (<i>zea mays</i>)	8
2.2.1	Definición	8
2.2.2	Taxonomía del maíz	8
2.2.3	Estructura del grano	9
2.2.3.1	Composición química de las partes del grano de maíz.....	10
2.2.3.2	Composición química general	10
2.2.3.3	Almidón	10
2.2.3.4	Elementos nutritivos	11
2.2.4	Tipos de maíz	12
2.2.4.1	Clasificación estructural	12
2.2.4.2	Tipos maíces cultivados en la sierra del Ecuador	13
2.2.5	Usos del maíz	14
2.3	EL ALMIDÓN	14
2.3.1	Definición	14
2.3.2	Características del gránulo de almidón	14
2.3.3	Composición	15
2.3.4	Propiedades	16
2.4	LAS ENZIMAS	17
2.4.1	Funciones de las enzimas.....	17
2.4.2	Factores que afectan la actividad de las enzimas.....	18

2.4.3	Clasificación	19
2.4.3.1	Hidrolasas	20
2.4.3.1.1	Amilasas	20
2.4.4	Termamyl 120 L	21
2.4.5	Fungamyl 800 L	21
2.4.6	AMG 300L	22
2.4.7	Especificación del producto	22
2.4.8	Determinación de actividad	22
2.5	LAS LEVADURAS	23
2.5.1	Definición	23
2.5.2	Clasificación	24
2.5.2.1	Saccharomyces cerevisiae	24
2.5.3	Factores que afectan la actividad de las levaduras	25
2.6	FERMENTACIÓN	26
2.6.1	Definición	26
2.6.2	Fermentación alcohólica	26
2.6.2.1	Ecuación general de la fermentación alcohólica	27
2.6.2.2	Condiciones necesarias de la fermentación alcohólica	27
2.7	DESTILACIÓN	29
2.7.1	Concepto	29
2.7.2	Clasificación de las bebidas alcohólicas destiladas	30
2.7.3	Aparato de destilación	31
2.7.4	Normas básicas de la destilación	32
2.7.5	Tipos de destilación	33
2.7.5.1	Destilación simple	33
2.7.5.2	Destilación fraccionada	33
2.8	CONTENIDO DE CONGÉNERES	34
2.8.1	Definición	34
2.8.2	Mecanismos de la cromatografía	35
2.8.3	Influencia del contenido de congéneres en las bebidas alcohólicas	35

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	MÉTODOS EN ESTUDIO	38
3.1.1	Caracterización del área de estudio	38
3.1.2	Ubicación	38
3.1.3	Características climatológicas	38
3.1.4	MATERIALES	38
3.2	Materia prima	38
3.2.1	Insumos.....	39
3.2.2	Materiales de proceso.....	39
3.2.3	Equipos.....	39
3.3	FACTORES EN ESTUDIO	40

3.3.1	Factor A: tipo de maíz (TM)	40
3.3.2	Factor B: temperatura de fermentación (TF)	40
3.3.3	Factor C: tipo de enzima (TE)	40
3.3.4	Tratamientos	40
3.4	DISEÑO EXPERIMENTAL	41
3.4.1	Tipo de diseño	41
3.4.2	Número de repeticiones por tratamientos	41
3.4.3	Número de unidades experimentales	41
3.4.4	Unidad experimental	41
3.4.5	Esquema de análisis de varianza	42
3.4.6	Análisis funcional	42
3.5	VARIABLES EVALUADAS	42
3.5.1	Variables cuantitativas	42
3.5.1.1	Contenido de almidón	43
3.5.1.2	Variación del potencial hidrógeno	43
3.5.1.3	Variación del porcentaje de sólidos solubles	44
3.5.1.4	Tiempo de fermentación	44
3.5.1.5	Rendimiento de alcohol obtenido del mosto	44
3.5.1.6	Grado alcohólico	44
3.5.1.7	Acidez total	45
3.5.1.7	Contenido de congéneres	46
3.5.2	Variables cualitativas	47
3.6	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	47
3.6.1	Proceso de obtención de vodka a partir de dos tipos de maíz	47

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1	CONTENIDO DE ALMIDÓN	57
4.2	ANTES DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA	58
4.2.1	Análisis de Contenido de almidón	58
4.3	PRODUCTO FINAL	59
4.3.1	Determinación Ésteres	59
4.3.2	Determinación Aldehídos	59
4.3.3	Determinación Alcoholes Superiores	60
4.3.4	Determinación de Furfural	61
4.3.5	Determinación Metanol	62
4.4	RESULTADOS ESTADÍSTICOS	63
4.4.1	Durante la hidrólisis enzimática	63
4.4.1.1	Análisis de la variable potencial hidrógeno	63
4.4.1.2	Análisis de la variable sólidos solubles	67
4.4.1.3	Análisis de la variable tiempo de fermentación	71
4.4.1.3.1	Temperatura del medio de fermentación	71

4.4.2	Análisis de contenido de almidón al término de la fermentación	77
4.4.3	Análisis de Rendimiento de alcohol	82
4.4.4	Análisis de Grado alcohólico	86
4.4.5	Análisis de Acidez total	91
4.5	ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO	96
4.5.1	Variable Aspecto de la bebida Alcohólica Vodka	97
4.5.2	Variable Color de la bebida Alcohólica Vodka	99
4.5.3	Variable Olor de la bebida Alcohólica Vodka	101
4.5.4	Variable Sabor de la bebida Alcohólica Vodka	103
4.5.5	Aceptación General de los 8 Tratamientos	105
4.6	Comparaciones comerciales	107
4.6.1	Variable Aspecto de las comparaciones comerciales	107
4.6.2	Variable Color de las comparaciones comerciales	109
4.6.3	Variable Olor de las comparaciones comerciales	110
4.6.4	Variable Sabor de la bebida Alcohólica Vodka	112
4.6.5	Aceptación Comercial General	113
4.7	BALANCE DE MATERIALES	114
4.8	COSTOS DEL PROCESO	117
5	CONCLUSIONES	119
6	RECOMENDACIONES	124
7	RESUMEN	127
8	SUMMARY	130
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
10	ANEXOS	137

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación taxonómica del maíz	9
Cuadro 2: Constituyentes de una semilla de maíz	11
Cuadro 3: Características del gránulo de almidón	15
Cuadro 4: Propiedades funcionales del almidón	17
Cuadro 5: Medio sobre el cual actúan las enzimas	19
Cuadro 6: Tipos de levadura	24
Cuadro 7: Tratamientos en estudio	41
Cuadro 8: Esquema de análisis de varianza	42
Cuadro 9: Análisis de varianza diario del potencial hidrógeno de los 8 tratamientos del día 1 al día 14	64
Cuadro 10: Análisis de varianza diario del potencial hidrógeno de los tratamientos T3, T4, T7, T8 del día 15 al día 17	65
Cuadro 11: Análisis de varianza diario de sólidos solubles de los 8 tratamientos del día 1 al día 14	68
Cuadro 12: Análisis de varianza diario de sólidos solubles de los tratamientos T3, T4, T7, T8 del día 15 al día 17	69
Cuadro 13: Análisis de varianza diario de temperatura de fermentación de los 8 tratamientos del día 1 al día 14	74
Cuadro 14: Análisis de varianza diario de temperatura de fermentación de los tratamientos T3, T4, T7, T8 del día 15 al día 17	75
Cuadro 15: Contenido de almidón	77
Cuadro 16: Análisis de varianza del contenido de almidón	77
Cuadro 17: Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos	78
Cuadro 18: Prueba DMS al 5% para el Factor A (Tipo de Maíz)	78
Cuadro 19: Prueba DMS al 5% para el Factor B (Temperatura de Fermentación)	79
Cuadro 20: Rendimiento de alcohol	82
Cuadro 21: Análisis de varianza de rendimiento de alcohol	82
Cuadro 22: Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos	83
Cuadro 23: Prueba DMS al 5% para el Factor A (Tipo de Maíz)	83
Cuadro 24: Prueba DMS al 5% para el Factor B (Temperatura de Fermentación)	84
Cuadro 25: Grado alcohólico	86
Cuadro 26: Análisis de varianza de grado alcohólico	86
Cuadro 27: Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos	87
Cuadro 28: Prueba DMS al 5% para el Factor A (Tipo de Maíz)	87

Cuadro 29: Prueba DMS al 5% para el Factor B (Temperatura de Fermentación)	87
Cuadro 30: Resultados de acidez total	91
Cuadro 31: Análisis de varianza de acidez total	91
Cuadro 32: Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos	92
Cuadro 33: Prueba DMS al 5% para el Factor A (Tipo de Maíz)	92
Cuadro 34: Prueba DMS al 5% para el Factor C (Tipo de Enzima)	93
Cuadro 35: Datos ranqueados de Aspecto	97
Cuadro 36: Comparación Estadística	97
Cuadro 37: Datos ranqueados de Color	99
Cuadro 38: Comparación Estadística	99
Cuadro 39: Datos ranqueados de Olor	101
Cuadro 40: Comparación Estadística	101
Cuadro 41: Datos ranqueados de Sabor	103
Cuadro 42: Comparación Estadística	103
Cuadro 43: Datos ranqueados de las variables organolépticas	105
Cuadro 44: Tabulación estadística de las variables organolépticas	105
Cuadro 45: Datos ranqueados de Aspecto	107
Cuadro 46: Comparación Estadística	108
Cuadro 47: Datos ranqueados de Color	109
Cuadro 48: Comparación Estadística	109
Cuadro 49: Datos ranqueados de Olor	110
Cuadro 50: Comparación Estadística	111
Cuadro 51: Datos ranqueados de Sabor	112
Cuadro 52: Comparación Estadística	112
Cuadro 53: Datos ranqueados de las variables organolépticas	113
Cuadro 54: Tabulación estadística de las variables organolépticas	114
Cuadro 55: Costos de producción del mejor tratamiento	117

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: La planta de maíz y sus partes	8
Gráfico 2: Corte transversal de un grano de maíz	9
Gráfico 3: Vista microscópica del gránulo de almidón	14
Gráfico 4: Cadena lineal (amilosa) y cadena ramificada (amilopeptina) del almidón.....	16
Gráfico 5: Reacción de las enzimas ante un sustrato	18
Gráfico 6: Vista microscópica de células de levadura	23
Gráfico 7: Esquema de destilación	30
Gráfico 8: Esquema de un alambique	31

Gráfico 9: Esquema de destilación fraccionada	34
Gráfico 10: Análisis del contenido de almidón de cada tipo de maíz utilizado en la investigación	57
Gráfico 11: Contenido de almidón antes de la hidrólisis enzimática	58
Gráfico 12: Comparación de Ésteres	59
Gráfico 13: Comparación de Aldehídos	60
Gráfico 14: Comparación de Alcoholes Superiores	61
Gráfico 15: Comparación de Metanol	62
Gráfico 16: Comparación de la Variación del Potencial hidrógeno en los 8 Tratamientos	63
Gráfico 17: Comparación de la Variación del Porcentaje de Sólidos Solubles en los 8 Tratamientos	67
Gráfico 18: Comparación de temperatura del medio de fermentación	71
Gráfico 19: Comparación del tiempo de fermentación	72
Gráfico 20: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación) para el Contenido de Almidón	79
Gráfico 21: Interacción de los Factores B (Temperatura de Fermentación) y C (Tipo de Encima) para el Contenido de Almidón	80
Gráfico 22: Comparación de Contenido de almidón al término de la fermentación en los 8 tratamientos	81
Gráfico 23: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación) para el Rendimiento de Alcohol	84
Gráfico 24: Comparación de Rendimiento de alcohol de los 8 tratamientos	85
Gráfico 25: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación) para Grado Alcohólico	88
Gráfico 26: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y C (Tipo de Enzima) para el Grado Alcohólico	89
Gráfico 27: Comparación del Contenido de Grado alcohólico	89
Gráfico 28: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación) para la Acidez Total	93
Gráfico 29: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y C (Tipo de Enzima) para la Acidez Total	94
Gráfico 30: Comparación del Contenido de Acidez Total en los 8 tratamientos	94
Gráfico 31: Comparación de Aspecto	98
Gráfico 32: Comparación de Color	100
Gráfico 33: Comparación de Olor	102
Gráfico 34: Comparación de Sabor	104
Gráfico 35: Aceptación general	106

Gráfico 36: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, Aspecto	108
Gráfico 37: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, Color	110
Gráfico 38: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, Olor	111
Gráfico 39: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, Sabor	113
Gráfico 40: Aceptación General de los tratamientos 2 y 8 vs.los comerciales...	114

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Equipo de Destilación Fraccionada	32
Fotografía 2: Toma de pH.....	43
Fotografía 3: Medida grado alcohólico.....	45
Fotografía 4: Titulación de la acidez	46
Fotografía 5: Cromatógrafo de gases	46
Fotografía 6: Maíz amarillo	49
Fotografía 7: Pesado grano de maíz	49
Fotografía 8: Molido del maíz	49
Fotografía 10: Pesado de la harina de maíz	50
Fotografía 11: Harina de maíz	50
Fotografía 12: Pesado de la harina para cada unidad experimental	50
Fotografía 13: Adición de agua	51
Fotografía 14: Mezclado	51
Fotografía 15: Gelatinización	51
Fotografía 16: Adición de enzima	51
Fotografía 17: Adición de enzima AMG	52
Fotografía 18: Adición de levadura	52
Fotografía 19: Fermentación ambiente	53
Fotografía 20: Fermentación controlada	53
Fotografía 21: Filtración	53
Fotografía 22: Equipo de destilación	54
Fotografía 23: Estandarización	54
Fotografía 24: Envasado	54
Fotografía 25: Etiquetado	55
Fotografía 26: Almacenado	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de bloques para la obtención de Vodka	48
Figura 2: Diagrama de bloques para la obtención de bebida alcohólica de maíz (Vodka)	115

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Resultados de pH del mosto durante la fermentación alcohólico.....	137
Anexo 2: Resultados de Sólidos Solubles del mosto durante la fermentación alcohólico	138
Anexo 3: Resultados de Temperatura de Ambiente durante la fermentación alcohólica	139
Anexo 4: Instrucciones para la evaluación sensorial VODKA Primera Catación	140
Anexo 5: Datos del ensayo de la primera catación	141
Anexo 6: Datos de ensayo de la segunda catación	142
Anexo 7: Reporte de análisis realizados en ILENSA	143
Anexo 8: Análisis de contenido de almidón y humedad de la materia prima	144
Anexo 9: Análisis de contenido de almidón de el inicio y de el final de la fermentación	145
Anexo 10: Normas INEN	146
Norma INEN 341 Bebidas Alcohólicas Determinación de la Acidez Total.	
Norma INEN 369 Bebidas Alcohólicas Vodka Requisitos.	
Norma INEN 350 Bebidas Alcohólicas Ensayo de Catado.	
Norma INEN 2014 Bebidas Alcohólicas Determinación de Productos Congéneres por Cromatógrafo de Gases.	
Anexo 11: Fichas Técnicas	147
Ficha Técnica Enzima Termamyl 120L.	
Ficha Técnica Enzima Fungamyl 800L.	
Ficha Técnica Enzima AMG 300L.	

CAPÍTULO I

Generalidades

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1. INTRODUCCIÓN

Según estudios realizados, la aplicación más antigua en lo que se refiere a procesos de transformación de materia rica en almidón, es la utilización de microorganismos como la levadura en la elaboración de cerveza que tuvo su origen hace 4000 años A.C.

La tecnología hoy en día ha avanzado en todos los ámbitos y, el no aprovechar las bondades que brinda sería negarse al desarrollo e impedir que nuevas técnicas y metodologías de trabajo sean aplicadas, este rezago tecnológico debe remediarse a la brevedad posible, es el principal estímulo para ponerse al día en investigación, desarrollo e innovación, las cuales pueden ser aplicadas para beneficio de la humanidad, y así obtener efectos y resultados positivos.

En la actualidad, la biotecnología tiene gran importancia a nivel mundial, ya que uno de sus principales objetivos en la industria, es el desarrollo de técnicas basadas en el uso de seres vivos, partes de ellos o procesos biológicos para la obtención de bienes y/o servicios, ayudando de esta manera a la aceleración de los procesos y mejorando los costos de producción.

A partir del descubrimiento del proceso de destilación se empezó a obtener una gran variedad de licores, que se diferencian entre sí, por la materia prima que ha sido utilizada para su obtención, como son los casos de: el vino y residuos de la obtención de este (brandy, cognac, armagnac, etc.), mezclas obtenidas por maceración de frutos (calvados) y granos triturados que han sufrido una previa

fermentación alcohólica (whisky, vodka, gin, etc.), aunque también hay vodkas que se han obtenido de patatas.

De acuerdo a lo que indica el Servicio de Información de Censos Agropecuarios las principales importaciones de este licor provienen de países como Polonia con un 6.5% y otros 1.1%, alcanzando un 7,6 % .

En las provincias de Imbabura y Carchi se realizan cultivos frecuentes de maíz convirtiéndose en las principales fuentes de abastecimiento a nivel nacional de este cereal. La tradición de elaborar productos de forma artesanal, se ha mantenido hasta la actualidad en la provincia de Imbabura, esto sucede principalmente en las festividades del Yamor (Otavalo) y la Jora (Cotacachi) donde su principal atracción son las bebidas a partir de la fermentación del maíz fuente potencial de almidón.

Es así que la presente investigación tuvo como objetivo, obtener vodka a partir de dos tipos de maíz (*zea mays*): maíz amarillo amiláceo y maíz blanco de grano vitrio.

Para esto se sometió a estudio: dos tipos de maíz cultivados y comercializados en la zona norte del país, las cuales constituyen la principal materia prima del vodka. Dos tipos de enzimas de origen microbiano, que permitirán realizar la ruptura hidrolítica de las cadenas de almidón. Y dos condiciones de temperatura que variarán el tiempo de fermentación.

Los objetivos que se plantearon fueron los siguientes:

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Obtener vodka a partir de dos tipos de maíz (*zea mays*): maíz amarillo amiláceo y maíz blanco de grano vitrio.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar las mejores condiciones de fermentación.

- Determinar el mejor tipo de maíz para la elaboración de vodka.
- Demostrar la acción hidrolítica de dos tipos de enzimas amilasas en el almidón de la harina de maíz.
- Comparar el efecto de las temperaturas (ambiente 18 ± 2 °C y 23 ± 2 °C) en las características organolépticas del producto.
- Calcular el rendimiento de alcohol destilado.
- Evaluar la calidad del producto mediante análisis físico-químicos (pH, contenido de almidón, ° Brix, acidez total, grado alcohólico) y organolépticos.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hi

El tipo de maíz, la temperatura de fermentación y el tipo de enzima INFLUYEN en la calidad del destilado (vodka).

CAPÍTULO II

Revisión de Literatura

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL VODKA

2.1.1 Historia

“Vodka: la bebida que marca la vida de todo un país.

Hablar de vodka trae a la mente la cultura rusa perennemente, sin embargo, también se elabora en Polonia y Finlandia; en cada uno de estos países buscan indicios de épocas primitivas que los acredite como país de origen”.(
<http://www.lavina.com.mx/vodka/indexvodk.html>) Consulta: 2008, Enero17.

Según Cordoví E., (1988), “se cree que es original de Rusia, pero hoy es popular en muchos países. El vodka típico es incoloro, sabe picante y ordinariamente no se añeja, se bebe sin dilución y como aperitivo. El vodka producido en Rusia contiene 40% de alcohol y los de Polonia alcanzan los 45° de graduación alcohólica.

Actualmente la graduación típica es de 45°, por lo que su aporte calórico al organismo por cada 100 mg (aproximadamente 100 ml) es de 315 kcal. ” p. 36.

“El siglo XIX, el Vodka ganó mercados internacionales tras definirse la fórmula química exacta, según el científico ruso Dmitri Mendeléyev, para quien la proporción ideal de agua-alcohol para el vodka era de 40°. Mendeléyev patentó su descubrimiento y gracias a ello se inició una lucha contra los falsificadores de la bebida, guerra que sigue hoy día.

A principios, del siglo XX, se aprobó el nombre oficial del vodka, que anteriormente se conocía como: vino de pan, vino quemado, vino ardiente y vino de mesa número 21.

El vodka se dio a conocer en occidente al terminar la Revolución Rusa, por el año 1917. Pero el mayor crecimiento se dio después de la Segunda Guerra Mundial.

En la actualidad el vodka goza de gran prestigio y es utilizado principalmente en los cócteles.”¹.

2.1.2 Definición

“El vodka es una bebida destilada a partir de una pasta de trigo, aunque puede elaborarse con cualquier cereal: centeno, maíz, cebada o papas fermentadas, y tiene su origen en la palabra vodá, que significa agua; el vodka no se añeja en barricas, se vende tal como sale del alambique”. (<http://www.lavina.com-mx/vodka/indexvodk.htm>) Consulta: 2008, Enero17.

Cordoví E., (1988) manifiesta, “el vodka es el aguardiente extraído de mostos fermentados producidos primitivamente del centeno y malta, en proporción de 15 al 25%, luego se utilizo trigo, maíz y hasta papas. Tal como resulta de la destilación contiene del 90 al 96 % de alcohol, luego es rebajado con agua hasta una concentración potable de 40 a 60%.” p. 36.

“En Inglaterra y Estados Unidos, su producción se orientó hacia la mejora del proceso de destilación a partir de cereales y granos, mientras que en Europa Oriental, lo hacia a partir de la papa. Debido a esto, en las zonas de consumo occidental existe una clara preferencia por los vodkas a partir de granos y en las zonas orientales hacia los de papa.”(<http://www.zonadiet.com/bebidas/a-vodka.htm>) Consulta: 2007, Octubre 9.

2.2 EL MAÍZ (*Zea mays*)

2.2.1 Definición

“*Zea mays* es una gramínea anual originaria de las Américas introducida en Europa en el siglo XVI. Actualmente, es el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al trigo y el arroz. *Zea* es una voz de origen griego, derivada de *zeo = vivir*.

Es conocida con el nombre común de maíz, derivado de la palabra taína *mahís* con la que los indios del Caribe llamaban a esta planta. Dependiendo de la región, *Zea mays* recibe también en español nombres como: oroña, danza, zara, millo,

¹ <http://www.lavina.com-mx/vodka/indexvodk.html> Consulta: 2008 Enero17

mijo o panizo”. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Ma%C3%ADz>) Consulta: 2007, Octubre 18.

Gráfico 1: La planta de maíz y sus partes



FUENTE: <http://es.wikipedia.org>

2.2.2 Taxonomía del maíz

La taxonomía del maíz se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 1: Clasificación taxonómica del maíz

Categoría	Ejemplo	Carácter distintivo
Reino	Vegetal	Planta anual
División o phylum	Tracheophyta	Sistema vascular
Sub-división	Pterapsidae	Producción de flores
Clase	Angiosperma	Semilla cubierta
Sub-clase	Monocotiledóneae	Cotiledón único (escutelum)
Orden	Graminales	Tallos con nudos prominentes
Familia	Gramínea	Grano – cereal
Tribu	Maydeae	Flores unisexuales
Género	Zea	Único
Especie	Mays	Maíz común

FUENTE: Castañeda P.,(1990) El maíz y su cultivo, p 114.

2.2.3 Estructura del grano

“El fruto de la planta del maíz se llama comercialmente grano, botánicamente es un cariósipide y agrícolamente se le conoce como semilla. Está formado por las siguientes partes:

Gráfico 2: Corte transversal de un grano de maíz



FUENTE: <http://www.sightandlife.org/ffbasics/maiz.pdf> (Consulta: 2007, Octubre 18)

2.2.3.1 Composición química de las partes del grano de maíz

“Las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química:

La **cubierta seminal o pericarpio**, se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87%, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%).

El **endospermo**, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87%), proteínas (8%) y un contenido de grasas relativamente bajo. Aporta, además, la mayor parte del nitrógeno que contiene el maíz.

El **gérmen**, se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas (33% por término medio), contiene también un nivel elevado de proteínas (próximo al 20%) y minerales. También contiene nitrógeno, pero en menor medida que el endospermo.

De la **capa de aleurona**, de la cual se conocen pocos datos, tiene un contenido relativamente elevado de proteínas (19%) y de fibra cruda. Contiene cantidades reducidas de nitrógeno.” (<http://www.nutrimiento.com/apuntes-27.html/ElMaiz>) Consulta: 2007, Octubre 18.

2.2.3.2 Composición química general

2.2.3.2.1 Almidón

“El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, (que es la forma en que los cereales almacenan energía en el grano) al que corresponde hasta el 72 o 73% del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3% del 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 25-30% del almidón. El polímero amilopectina también consiste de unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70-75% del almidón.” (<http://www.nutrimiento.com/apuntes-27.html/ElMaiz>) Consulta: 2007, Octubre 18.

2.2.3.2.2 Elementos nutritivos

“La semilla es una cariopsis. Sus constituyentes en promedio son:

Cuadro 2: Constituyentes de una semilla de maíz

Constituyentes	Porcentaje (%)
Agua	13,5
Proteína	10
<u>Aceite</u>	4,5
Almidón	61
Azúcares	1,4
Pentosanos	6
Fibra cruda	2,3
Otras sustancias	9,6

FUENTE: <http://www.monografias.com/maiz-harina.shtml> (Consulta: 2007, Diciembre 11)

Proteína: Representa un 10% y es biológicamente balanceada. La zeína que es la principal proteína del endosperma, es muy deficiente en lisina (2%), triptófano

(0.5%). Para el crecimiento y mantención de tejidos del cuerpo humano, estos niveles deben duplicarse a 4 y a 1% respectivamente.

Sustancias Minerales: Las cenizas están constituidas por P (0.43%), K (0.40%), Mg (0.16%) S (0.14%) y otros minerales 0.27%.

Grasas: Existe aproximadamente 4,5 % en el grano entero, encontrándose los ácidos linoléicos, palmítico y araquidónico entre otros. El 80% de lípidos se hallan en el gérmen.

Vitaminas: Existen cantidades significativas de caroteno 4,85 mg/Kg., vit A 4188,71 mg/Kg., tiamina 4.54 mg/Kg., riboflavina 1.32 mg/Kg., niacina 14.11mg/Kg., ácido pantotéico 7,41 mg/kg y vitamina E 24,71 mg/kg. La cantidad de vitamina A varía con el color amarillo del grano, al punto que el maíz de granos blancos prácticamente carece de vitamina A” (<http://www.monografias.com/ /maiz-harina.shtml>) Consulta: 2007, Diciembre 11.

2.2.4 Tipos de maíz

2.2.4.1 Clasificación estructural

Según indica (www.monografias.com/maiz-harina.shtml) Consulta: 2007, Diciembre 11 se clasifican en:

Maíz Tunicado (*Zea mays tunicata* Sturt): Es un tipo escaso de maíz, cuyos granos están encerrados en una vaina. La mazorca está cubierta por una envoltura foliar como las de otros tipos de maíz. Normalmente no se cultiva en forma comercial.

Maíz Reventón (*Zea mays everata* Sturt): Los granos son pequeños, redondeados, amarillo intenso o anaranjado, o aguzados y blanquecinos. Este maíz es una forma extrema del maíz duro, cuyo endosperma sólo contiene una pequeña parte de almidón blando. Se usa para pop corn en la industria.

Maíz Cristalino (*Zea mays indurata* Sturt): Sus granos son córneos y duros, vítreos de forma redondeada o puntuda. El color del grano es amarillento o anaranjado y su velocidad de secado comparativamente más lenta.

Maíz Dentado (*Zea mays indenata* Sturt): Es el tipo más extensamente cultivado. Se caracteriza por una depresión en la corona del grano. El almidón

córneo está acumulado en la periferia del grano, mientras que el blanco o harinoso llega hasta la corona, produciendo el indentado a la madurez.

Maíz Amiláceo (*Zea mays amilacea* Sturt): Maíz harinoso o amiláceo, algo parecido al maíz cristalino en las características de la planta y de la mazorca. Los granos están constituidos principalmente por almidón blando y son escasamente o no dentados. Es uno de los tipos más antiguos de maíz, es usado en la fabricación de harinas por que le confiere un color más blanco.

Maíz dulce (*Zea mays saccharata* Sturt): Granos con alto contenido de azúcar, de aspecto transparente y consistencia córnea cuando están inmaduros. Al madurar la superficie se arruga, el maíz dulce difiere del dentado por un gen que permite la conversión de parte del almidón en azúcar; se consume fresco, congelado o enlatado.

Maíz Cereoso o ceroso (*Zea mays ceritina* Kulesh): Granos de aspecto ceroso. El almidón está constituido exclusivamente por amilopectina, mientras que en los otros tipos el almidón es 73% amilopectina, 27 % amilasa, se cultiva para producir almidón semejante a la tapioca.

2.2.4.2 Tipos maíces cultivados en la sierra del Ecuador

Según el Ministerio de Agricultura de Ibarra; la clasificación según los tipos de maíz es:

“**Maíces suaves amarillos amiláceos:** Tienen un alto contenido de almidón y de azúcar, son de ciclo vegetativo largo: 10 meses para grano seco y 7 meses para choclo, son los cultivos más extendidos.

Maíces blancos de grano vitrio (morochó): Aspecto cristalino, resistente al frío ciclo más largo siendo de 11 meses para grano seco, se cultiva hasta 3000m de altura, de arquitectura diferente: tallos grandes, hoja ancha, colores blancos o morados intensos.

Criollos tradicionales: Son cultivados en alturas hasta de 3200m, priman los de grano pintado: jaspeado rojo, negros de tallo pequeño 1.20m, resistentes a plagas y enfermedades estos en ocasiones son llevados a otros países para ser cruzados con otras variedades el rendimiento de estos es de 400 a 450kg de grano seco por Ha, de aquí que se obtienen subespecies como los:

Maíces reventones: Color blancos cristalinos, plantas pequeñas, mazorca pequeña.

- **Los chulpis:** Se caracterizan por tener el grano chupado recogido por la presencia de de gránulos de almidón y que al salir el agua tiene un aspecto arrugado.
- **Maíces forrajeros:** Maíz con hijuelos no son muy comunes”.

2.2.5 Usos del maíz

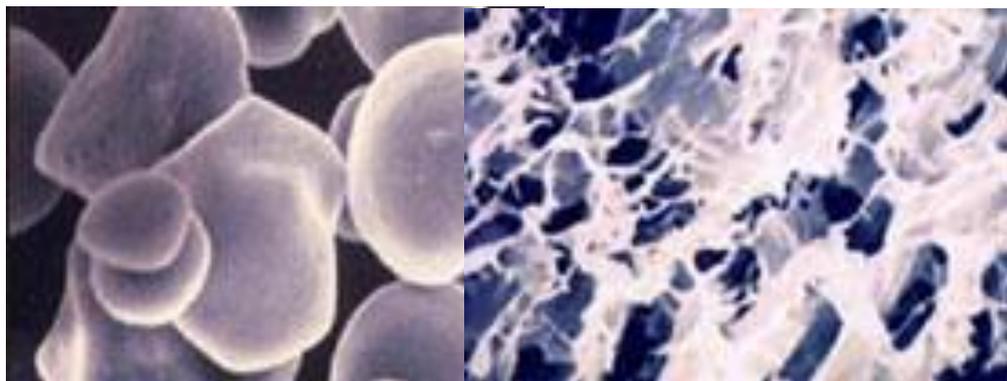
“El principal destino del maíz es para la alimentación animal (las 2/3 partes de la producción mundial). Además, a partir del maíz se obtienen: harinas, sémolas, almidones, edulcorantes, alcohol industrial, bebidas alcohólicas, “tortillas”, “snacks”, alimentos para desayuno y otros productos” (Callejo M., 2002, p114).

2.3 EL ALMIDÓN

2.3.1 Definición

“El almidón es un hidrato de carbono complejo $(C_6H_{10}O_5)_n$ inodoro e insípido, en forma de grano o polvo. El almidón es el principal carbohidrato de reserva de las plantas” (Owen F., 1982 p. 1).

Grafico 3: Vista microscópica del gránulo de almidón



Gránulo de almidón

Almidón gelatinizado

FUENTE: www.nupig.com Consulta: 2008 Enero17

2.3.2 Características del gránulo de almidón

Las propiedades del gránulo de almidón se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 3: Características del gránulo de almidón.

Tipo de almidón	Maíz
Amilosa	27 %
Forma del gránulo	Angular poligonal, esférico
Tamaño	5-25 micras
Temperatura de gelatinización	62-72 °C
Características del gel	Tiene una viscosidad media, es opaco y tiene una tendencia muy alta a gelificar

FUENTE: <http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n> Consulta: 2007, Octubre 15

2.3.3 Composición

“El gránulo de almidón es un sistema heterogéneo que consiste principalmente en dos compuestos distintos:

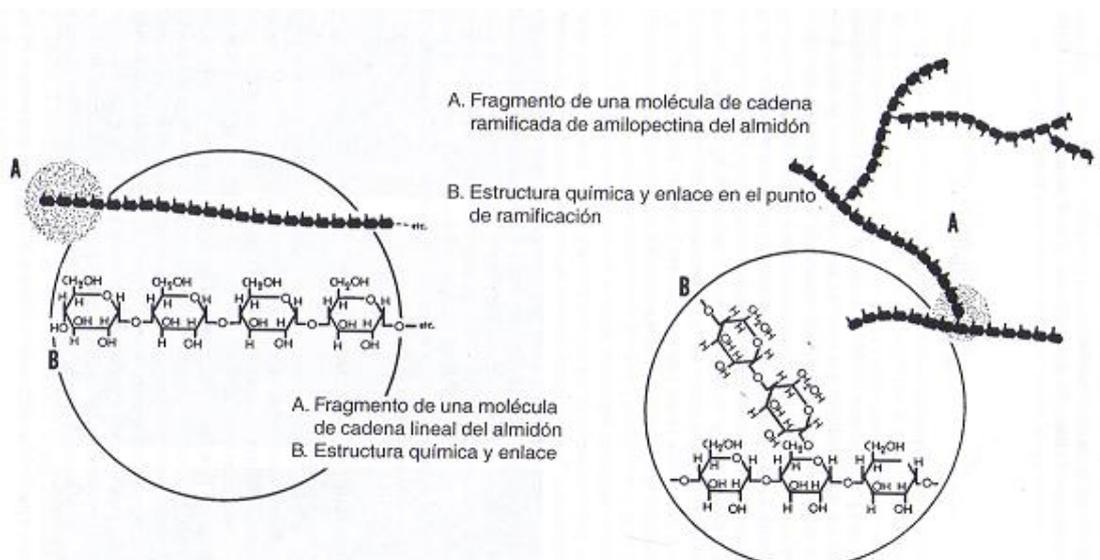
La *amilosa*, que es esencialmente un polímero lineal; y la amilopectina, que es un polímero muy ramificado.

Según sea la fuente, la molécula de *amilosa* contiene de 1000 a 5000 unidades de monosacáridos unidos en general por uniones $\alpha - (1 \rightarrow 4)$ ” (Braverman J.B.S 1980 p.129).

“La *amilopectina*, por otro lado, es una molécula mucho más grande, está formada por cadena cortas de amilosa, interconectadas a través de uniones $\alpha - (1 \rightarrow 6)$ ” (Braverman J.B.S 1980 p.130, 131).

A continuación se muestra un fragmento de la cadena lineal de la amilosa y la cadena ramificada de la amilopectina:

Gráfico 4: Cadena lineal (amilosa) y cadena ramificada (amilopectina) del almidón.



FUENTE: Potter N. Y Hotchkiss J (1999);p. 31.

2.3.4 Propiedades

“Los almidones importantes de los alimentos son en primer lugar de origen vegetal y exhiben las siguientes propiedades: no son dulces, no se disuelven fácilmente en agua fría, forman engrudos y geles en agua caliente, sirven como fuente de reserva de energía en las plantas y suministran energía en nutrición, se encuentran en las semillas y tubérculos como gránulos de almidón característicos. Cuando se calienta una suspensión de gránulos de almidón en agua, los gránulos se hinchan debido a la absorción de agua y gelatiniza; esto produce un aumento de la viscosidad de la suspensión y, finalmente se forma un engrudo. Engrudos y geles pueden revertir o retrogradar hacia la forma insoluble durante la refrigeración y el envejecimiento, dando lugar a cambios en la textura del alimento” (Potter N y Hotchkiss J, 1999 p. 33).

Según Velasteguí R. (1992) indica que “durante un tratamiento hidrotérmico (agua y temperatura máxima 80°C), el almidón tiene una serie de modificaciones que van a influir sobre su estructura” p. 138.

Cuadro 4: Propiedades funcionales del almidón

Temperatura	Pasos	Fenómenos Observados	Estructura
20-50 / 60 °C	Sorción	Absorción de agua	Cristalina
50 / 60 °C 50 / 60-80 °C 80-100 °C	Gelatinización	Temperatura de Gelatinización pérdida del cruce de birrefringencia. Hinchamiento de los granos (Absorción de agua) Dispersión y solubilidad	Coloidal
100-60 °C	Gelificación	Reorganización molecular	Gel
60-20 °C	Retrogradación	Recristalización del almidón	Cristalina de la estructura inicial

FUENTE: Velasteguí R., 1992 p. 138

2.4 LAS ENZIMAS

“Las enzimas son proteínas presentes en todas las células vivas de plantas, animales y microorganismos. Funcionan como catalizadores para las miles de reacciones químicas que se produce en la naturaleza. Las enzimas ejercen su actividad sin que sean consumidas ellas mismas como parte de la reacción, pero su presencia produce un gran incremento en la velocidad de dicha reacción.” (Pozo N. y Gallegos L.(2006) Tesis: Determinación de parámetros óptimos en la elaboración de una bebida alcohólica a partir de yuca, p 18).

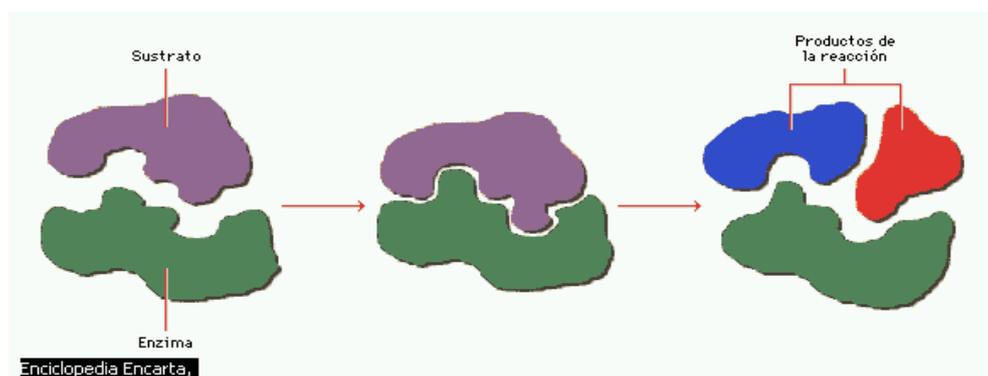
2.4.1 Funciones de las enzimas

“En su estructura globular, se entrelazan y se pliegan a una o más cadenas polipeptídicas, que aportan con un pequeño grupo de aminoácidos para formar el sitio activo, o lugar donde se adhiere el sustrato, y donde se realiza la reacción.

Una enzima y un sustrato no llegan a adherirse si sus formas no encajan con exactitud, este hecho asegura que la enzima no participa en reacciones equivocadas.

La enzima misma no se ve afectada por la reacción cuando los productos se liberan, la enzima vuelve a unirse con un nuevo sustrato”. (<http://www.monografias.com>) Consulta: 2008 Enero17.

Gráfico 5: Reacción de las enzimas ante un sustrato.



FUENTE: Enciclopedia Encarta

2.4.2 Factores que afectan la actividad de las enzimas

La temperatura

La temperatura juega un papel muy importante para el desarrollo de las enzimas, por lo que si son sometidas a temperaturas altas estas se desnaturalizan, por el contrario, si se encuentran a temperaturas bajas pierden su poder sin alterar su naturaleza.

pH

Las enzimas son muy susceptibles a la concentración de iones hidrógeno en la que se encuentran, de acuerdo a su naturaleza requieren de un pH determinado, por lo que, para que presenten su mayor actividad se debe conocer el pH óptimo, que mayormente son cercanos al punto neutro.

Humedad

“La humedad es un factor crítico que influye en las reacciones enzimáticas:

Una de las formas en las que el agua influye en la actividad enzimática es como reactivo. Además el agua puede actuar como solvente, solubilizando reactivos y cofactores que participan en la actividad enzimática.

El agua también influye en la estabilidad de las enzimas. Las enzimas son más susceptibles a la desnaturalización e inactivación a altos contenidos de humedad. Por ejemplo, la desnaturalización térmica de la lisozima se produce de forma progresiva a medida que baja la temperatura y aumenta el contenido de humedad. La inactivación enzimática podría reducir los cambios cualitativos asociados con estas reacciones.” (www.lab-ferrer.com/documentacio/enzima.pdf) Consulta: 2008, Enero 17.

Cuadro 5: Medio sobre el cual actúan las enzimas

Producto/ Sustrato	Enzima	T(°C)	a _w
Almidón	Amilasas	37	0.40/0.75
Glucosa	Glucosa oxidasa	30	0.40

FUENTE: www.lab-ferrer.com/documentacio/enzima.pdf Consulta: 2008, Enero 17

2.4.3 Clasificación

Las enzimas adquieren su nombre de acuerdo al sustrato + el sufijo: -asa.

Según el tipo de reacción involucrada las enzimas se clasifican en seis grupos:

- Oxidoreductasas.

- Transferasas.
- Hidrolasas.
- Liasas.
- Isomerasas.
- Ligasas.

2.4.3.1 Hidrolasas

“Enzimas que catalizan la ruptura hidrolítica de uniones C-O, C-N, C-C, anhídridos fosfóricos.

Las subclases de hidrolasas son las siguientes:

1. Las que actúan sobre enlaces éster.
2. Glucosidasas.
3. Las que actúan sobre enlaces éter.
4. Las que actúan sobre enlaces peptídicos.
5. Las que actúan sobre uniones carbono-nitrógeno diferentes de los peptídicos.
6. Las que actúan sobre anhídridos de ácidos.
7. Las que actúan sobre enlaces carbono-carbono.
8. Las que actúan sobre enlaces de haluros.
9. Las que actúan sobre enlaces nitrógeno-fósforo.
10. Las que actúan sobre enlaces sulfuro-nitrógeno.
11. Las que actúan sobre enlaces carbono-fósforo.
12. Las que actúan sobre enlaces sulfuro-sulfuro.”²

2.4.3.1.1 Amilasas

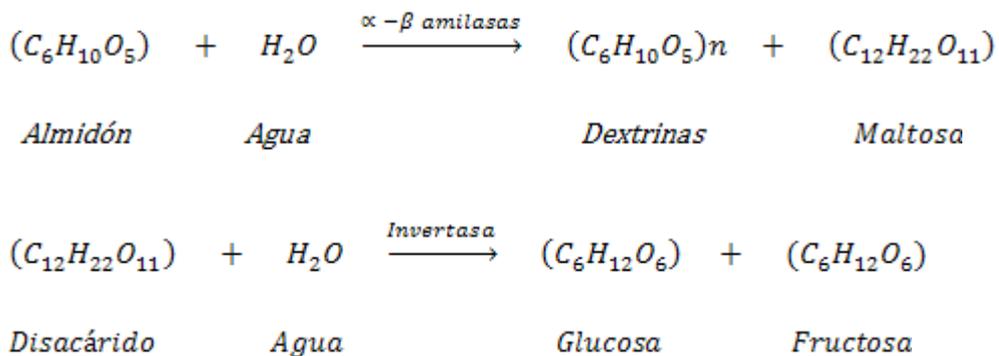
Actúan hidrolizando el almidón, proporcionando azúcares fermentables por las levaduras. Tiene influencia positiva en su conservación, retrasando la retrogradación del almidón. Las más utilizadas son las amilasas de origen fúngico.

“Son hidrolasas las que catalizan la degradación del almidón; rompen el enlace glucosídico con ayuda de agua.” (<http://es.wikipedia.org/wiki/Amilasa>).

² <http://www.biopsicologia.net/fichas/fic-45-1.html> (Consulta: 2008 Enero17)

Quezada W. (2000), con respecto al uso de las enzimas en la panadería indica, “la acción de las diastasas consisten en licuar el almidón y degradar a dextrina y maltosa, por efecto de la alfa y beta amilasa; la maltosa se desdobra en dos moléculas de disacáridos por efecto de la maltasa; mientras que, la invertasa desdobra el disacárido en azúcares simples como es glucosa y fructosa. (p. 63).

En el siguiente esquema se aprecia el desdoblamiento del almidón por hidrólisis enzimática:



2.4.4 Termamyl 120 L

Novo Nordisk señala “Termamyl es una enzima líquida, se basa en un preparado de amilasa bacteriana purificado, producido a partir de una cepa seleccionada del Bacilo Licheniformis. La enzima es una endoamilasa que hidroliza los enlaces glucosídicos alfa 1, 4 de amilosa y amilopectina. El almidón por consiguiente rápidamente se rompe en dextrinas solubles y oligosacaridos”. (Ficha técnica p. 1).

Según Schenck F. (1992), “bajo las condiciones de ensayo de laboratorio, la temperatura óptima de la enzima Termamyl es de 85°C y el pH óptimo esta en un rango de 6.0 a 7.0”.

2.4.5 Fungamyl 800 L

Novo Nordisk indica “Fungamyl se basa en un preparado de amilasa fúngica purificado, producido a partir de una cepa seleccionada Aspergillus Oryzae. La enzima hidroliza los enlaces alfa 1-4 glucosídicos de amilosa y amilopectina, formando dextrinas y maltosa”. (Ficha técnica p.1) 2007.

La enzima Fungamyl 800 L, tienen la máxima actividad a una temperatura de 50 a 60°C y a valores de pH comprendidos entre 4.5 a 5.5.

2.4.6 AMG 300L

Novo Nordisk indica “AMG-Amiloglucosidasa es una exoamilasa, se obtuvo de una cepa seleccionada de *Aspergillus Níger* por fermentación sumergida. La enzima hidroliza los enlaces alfa 1-4 y 1-6 de almidón. Durante la hidrólisis libera unidades de glucosa de la cadena de almidón. (Ficha técnica p.1) 2007.

La enzima AMG presenta un mejor porcentaje de actividad a un pH de 3.5 a 4.5 y la temperatura óptima está situada en los 75°C. Sin embargo a temperaturas inferiores a los 50°C la enzima no se inhibe.

2.4.7 Especificación del producto

El producto se conforma con FAO/WHO JECFA y la FCC recomendó las especificaciones para las enzimas de la categoría alimenticia, suplementó con límites máximos de 0.0005 g para la cuenta viable total y de 0.01g para los moldes.

2.4.8 Determinación de actividad:

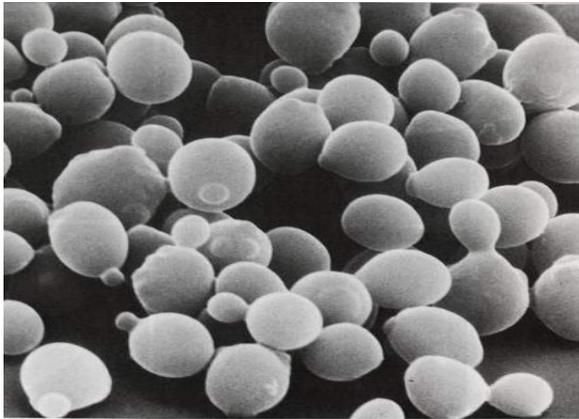
Una unidad de la amilasa alfa de Novo del kilo (1KNU) es la cantidad de enzima que analice el almidón de 5.26 g (Merck, Amylum Solubile Erg. B. 6, hornada 9947275) por hora en el método estándar de Novo Nordisk (Ficha técnica p.1)2007.

2.5 LAS LEVADURAS

2.5.1 Definición.

Levadura es el nombre genérico dado a un grupo de hongos Ascomicetes pertenecientes al orden Endomicetales. Las levaduras son micro hongos que se encuentran generalmente en forma de células únicas y que se reproducen mediante gemación.

Gráfico 6: Vista microscópica de células de levadura.



FUENTE: www.google.com Consulta: 2008 Enero17

Comprende este grupo multitud de microorganismos, los cuales tienen en común, el carecer de clorofila, ser unicelulares y microscópicos. Se encuentran muy difundidos en la naturaleza, en mayor abundancia en las capas que están a nivel del suelo, en el polvo y en las frutas en general.

“Las levaduras son microorganismos fúngicos unicelulares, dotados de especial facultad cimógena. Esto último se refiere a la capacidad de biosíntesis del complejo enzimático responsable de la fermentación alcohólica.” (De Rosa T., 1998, p. 141)

Según Jorgensen L. Esta es la levadura específica para la fermentación alcohólica las células son de forma redondas ovals u oviformes los límites de temperatura para la formación de células se encuentra entre 3 y 40 °C. El óptimo de temperatura para su desarrollo se encuentra alrededor de 30°C (p. 121, 122).

La *forma* de las levaduras es muy variable y depende tanto de la especie como de las condiciones de cultivo. En condiciones normales se distinguen cuatro tipos:

Cuadro 6: Tipos de levadura.

Tipo de levadura	Forma
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	células redondas
<i>Saccharomyces ellipsoideus</i>	células elípticas
<i>Saccharomyces apiculatus</i>	forma de limones
<i>Saccharomyces uvarum</i>	forma de salchichas

“El tamaño de las levaduras suele estar comprendido entre 5 y 8 micras” (Palacios H., 1956, p. 61)

2.5.2 Clasificación

En la naturaleza existen numerosas especies de levadura, pero las de mayor interés industrial en el campo de las bebidas alcohólicas corresponden al género *Saccharomyces*: este género comprende 30 especies y 3 variedades que se distinguen por su acción fermentativa y su capacidad de asimilación de diversos azúcares.

Las levaduras que mayormente se utilizan en la industria de bebidas fermentadas son:

2.5.2.1 *Saccharomyces cerevisiae*

“Esta especie es típica de fermentación alta de la industria cervecera, sus colonias son blandas, húmedas y de color crema. Fermentan la galactosa, sacarosa, maltosa, rafinosa y no utiliza nitritos.” (González S., 1978, p. 4)

De Rosa T. (1998) contribuye “las células son redondeadas o característicamente elipsoides. Las dimensiones más frecuentes son 5 a 9 por 6 a 14 micras. (p. 147)

2.5.3 Factores que afectan la actividad de las Levaduras

Temperatura

Para una buena acción la temperatura óptima es de 26 °C, a temperaturas bajas detendrán su acción, temperaturas altas sobre los 35°C debilitan su acción y sobre los 60°C se mueren completamente, su conservación es a 5°C.

pH

Las levaduras actúan en un rango de pH que va desde 4.5 a 7; en el caso de la fermentación por tener peligro de ataques de microorganismos indeseables es conveniente manejar un pH que se encuentre entre los 4,5 a 5,5.

Aireación

“Durante mucho tiempo se pensó que las levaduras eran microorganismos anaerobios estrictos, es decir, debía realizarse la fermentación en ausencia de oxígeno. Sin embargo, es un hecho erróneo ya que requieren una cierta aireación. Esta oxigenación se consigue en los procesos previos a la fermentación. Una

aireación sumamente excesiva es totalmente absurda ya que no obtendríamos alcohol sino agua y anhídrido carbónico debido a que las levaduras, cuando viven en condiciones aeróbicas, no utilizan los azúcares por vía fermentativa sino oxidativa”. (<http://www.verema.com/opinamos/tribuna/articulos/levaduras02.asp>) Consulta: 2007, Octubre 18.

Nutrientes y Activadores

“Las levaduras fermentativas necesitan los azúcares para su catabolismo, es decir para obtener la energía necesaria para sus procesos vitales, pero además necesitan otros substratos para su anabolismo como son nitrógeno, fósforo, carbono, azufre, potasio, magnesio, calcio y vitaminas, especialmente tiamina (vitamina B1). Por ello es de vital importancia que el medio disponga de una base nutricional adecuada para poder llevar a cabo la fermentación alcohólica.

El nitrógeno es de todos el más importante, siendo necesario que el mosto contenga inicialmente nitrógeno amoniacal y en forma de aminoácidos por encima de 130-150 ppm”. (<http://www.verema.com/articulos/levadura02.asp>) Consulta: 2007, Octubre 18.

Humedad

Necesitan de un sustrato húmedo para su activación, por lo que es necesario de la presencia del agua para conseguir las reacciones deseadas.

2.6 FERMENTACIÓN

2.6.1 Definición.

Fermentación, cambios químicos en las sustancias orgánicas producidos por la acción de las enzimas, incluye prácticamente todas las reacciones químicas de importancia fisiológica.

Actualmente, los científicos suelen reservar dicha denominación para la acción de ciertas enzimas específicas, llamadas fermentos, producidas por organismos diminutos tales como el moho, las bacterias y la levadura. Por ejemplo, la lactasa, un fermento producido por una bacteria que se encuentra generalmente en la leche, hace que ésta se agrie, transformando la lactosa (azúcar de la leche) en ácido láctico.

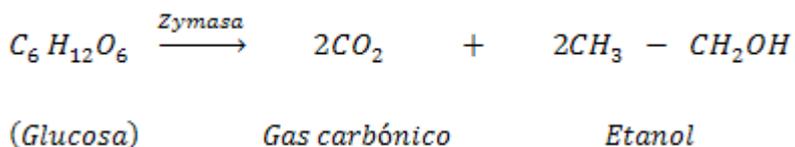
2.6.2 Fermentación alcohólica

“El tipo de fermentación más importante es la fermentación alcohólica, en donde la acción de la zymasa segregada por la levadura convierte los azúcares simples, como la glucosa y la fructosa, en alcohol etílico y dióxido de carbono. Hay otros muchos tipos de fermentación que se producen de forma natural, como la formación de ácido butanóico cuando la mantequilla se vuelve rancia, y de ácido etanóico (acético) cuando el vino se convierte en vinagre.

Generalmente, la fermentación produce la descomposición de sustancias orgánicas complejas en otras simples, gracias a una acción catalizada. Por ejemplo, debido a la acción de la diastasa, la zimasa y la invertasa, el almidón se descompone (hidroliza) en azúcares complejos, luego en azúcares simples y finalmente en alcohol.”(Enciclopedia Microsoft Encarta 2007).

2.6.2.1 Ecuación general de la fermentación alcohólica

Los trabajos de Gay Lussac condujeron a establecer la ecuación de la fermentación alcohólica la cual es la siguiente:



“El etanol representa el producto principal de la fermentación alcohólica y puede alcanzar concentraciones de hasta 12 a 14 % vol. La síntesis de un grado de etanol (1 % vol) en fermentación alcohólica representa el consumo comprendido entre 16.5 y 17 g / lt de azúcares reductores.” (Flanzy C., 2000, p. 284).

2.6.2.2 Condiciones necesarias de la fermentación alcohólica

Algunos de los factores que deben ser tomados en cuenta en la fermentación son:

Cultivo indicador

“No es aconsejable superar las dosis citadas dado que, además de los costos suplementarios, se corre el riesgo de un proceso excesivamente rápido, con rendimientos menores como: graduación alcohólica y calidad del producto terminado. Es considerado que para el caso de la utilización de levadura fresca es aconsejable agregar 1 g/lt de mosto.” (Pozo N. y Gallegos L.(2006) Tesis:

Determinación de parámetros óptimos en la elaboración de una bebida alcohólica a partir de yuca, p 28).

pH del mosto

“La fermentación continua satisfactoriamente cuando el pH del mosto ha sido ajustado entre 4 y 4.5. Este pH favorece a las levaduras y es lo suficientemente bajo para inhibir el desarrollo de muchos tipos de bacterias.” (González S., 1978, p. 26).

Concentración de azúcar

“Una concentración de azúcar de 10 a 22 ° Brix es satisfactoria, aunque a veces se emplean concentraciones demasiado altas que actúan de forma adversa sobre las levaduras, pues el alcohol producido puede inhibir su acción.” (Pozo N. y Gallegos L.(2006) Tesis: Determinación de parámetros óptimos en la elaboración de una bebida alcohólica a partir de yuca, p 28).

Cantidad de Oxígeno

“La producción de alcohol no requiere oxígeno, en los primeros momentos de la fermentación es necesario una gran cantidad de este gas para la reproducción de las células de levadura en condiciones óptimas. Durante la fermentación pronto se desprende dióxido de carbono y establece pronto las condiciones anaerobias.” (González S., 1978, p. 27).

Temperatura

“Las levaduras son microorganismos mesófilos, esto hace que la fermentación pueda tener lugar en un rango de temperaturas desde los 13-14 °C hasta 33-.35 °C.

Dentro de este intervalo, cuanto mayor sea la temperatura mayor será la velocidad del proceso fermentativo siendo también mayor la proporción de productos secundarios.

Sin embargo, a menor temperatura es mas fácil conseguir un mayor grado alcohólico, ya que las altas temperaturas hacen fermentar mas rápido a las levaduras llegando a agotarlas antes” (Pozo N. y Gallegos L.(2006) Tesis: Determinación de parámetros óptimos en la elaboración de una bebida alcohólica a partir de yuca, p 29).

2.7 DESTILACIÓN

“Las bebidas destiladas son las descritas generalmente como aguardientes y licores; sin embargo la destilación, agrupa a la mayoría de las bebidas alcohólicas que superen los 20° de carga alcohólica.

Entre ellas se encuentran bebidas de muy variadas características, y que van desde los diferentes tipos de brandy y licor, hasta los de whisky, anís, tequila, ron, vodka, cachaca y gin entre otras”. (www.zonadiet.com/bebidas/destilacion.htm)
Consulta: 2007, Octubre 9.

2.7.1 Concepto

Destilación, proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. El objetivo principal de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, o bien separar los materiales volátiles de los no volátiles.

Para comprender el proceso de destilación, se deduce que los mayores componentes de las bebidas destiladas son el alcohol etílico (C_2H_5OH) y el agua.

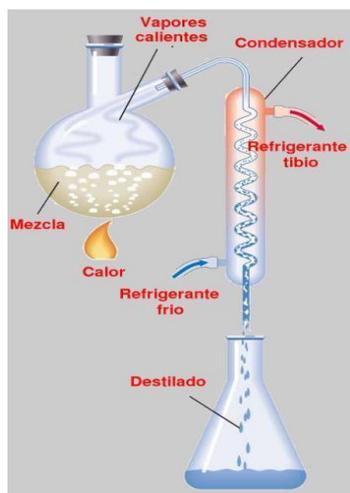
A los componentes más volátiles se le denomina flemas y al residuo agotado se le denomina vinazas.

Dentro de las flemas están contenidas todas las impurezas volátiles entre las que se puede encontrar a partir de los alcoholes homólogos del alcohol etílico, tales como alcoholes propílicos, isobutíricos, amílicos, etc, son:

- El aldehído acético formado por oxidación de los distintos alcoholes existentes.
- Los ácidos, formados por oxidación de los aldehídos.
- Los ésteres procedentes de la reacción de los alcoholes con los ácidos.

El furfural procedente de las pentosanas contenidas en el mosto y que por hidrólisis se transforman en pentosas.

Gráfico 7: Esquema de destilación.



2.7.2 Clasificación de las bebidas alcohólicas destiladas.

La página (www.zonadiet.com/bebidas/destilacion.htm indica) Consulta: 2007, Octubre 9.

Las bebidas alcohólicas que incluyen destilación en su proceso de elaboración son muchas, y se distinguen las siguientes:

- **Whisky:** Incluye todas sus variedades; Escocés (Scotch), Irlandés, Whiskies Estadounidenses y Canadienses. Incluyen cierto añejamiento según sea su productor. Siempre a partir de fermento de cereales, cerveza o malta.
- **Vodka:** Los de Europa oriental y báltica a base de papa y cereales, y los occidentales a partir de cereales solamente.
- **Tequila:** Obtenido a partir del mezcal o agave, variedades de cactus del país azteca y desierto del sur de Estados Unidos. Su añejamiento aumenta su calidad. Se comercializa con graduaciones alcohólicas que van desde los 37° hasta los 50°.
- **Rum:** Ron español o Rhum Francés. Partiendo todos de la caña de azúcar, son agrupados en tres variantes. (1) los secos y de cuerpo liviano. Producidos en Cuba, Puerto Rico, México, Argentina, Brasil y Paraguay; (2) los de cuerpo intenso producidos principalmente en Jamaica, Barbados y Demerara (Guyana Británica); (3) los tipo Brandy pero aromáticos de Java e Indonesia, Haití y Martinica.

- **Licores:** Es el grupo quizá de menor graduación alcohólica. y que incluye las bebidas más dulces y aromáticas. La cantidad de combinaciones y sabores existentes es ilimitada. En muchos casos es estandarizada y en otros es asociado a una marca. Su graduación alcohólica comienza en los 27° y termina con los más fuertes en los 40°.

2.7.3 Aparato de destilación

Gráfico 8: Esquema de un alambique.



“Técnicamente el término alambique se aplica al recipiente en el que se hierven los líquidos durante la destilación, pero a veces se aplica al aparato entero, incluyendo la columna fraccionadora, el condensador y el receptor en el que se recoge el destilado. Este término se extiende también a los aparatos de destilación destructiva o craqueo. Los alambiques para trabajar en el laboratorio están hechos normalmente de vidrio, pero los industriales suelen ser de hierro o acero. En los casos en los que el hierro podría contaminar el producto se usa a menudo el cobre, y los alambiques pequeños para la destilación de whisky están hechos frecuentemente de vidrio y cobre. También se usa el término retorta para designar a los alambiques.”(http://www.alambiques.com/técnicas_destilacion.htm)
Consulta: 2008, Enero 7.



Fotografía 1: Equipo de Destilación Fraccionada

2.7.4 Normas básicas de la destilación

“El resultado de cualquier destilación se divide en tres fracciones en el siguiente orden cabeza, cuerpo y cola.

Cabeza

Son las sustancias más volátiles, primeras en salir por cuanto tienen puntos de ebullición más bajos, se trata de sustancias como la acetona, metanol, y varios ésteres pues tales productos pueden producir ceguera y muerte si son consumidos por el hombre.

Normalmente se separan los primeros 50 ml por cada 25 l de destilado cuando se utiliza un alambique de columna, o 100 ml por cada 20 l cuando se utiliza un alambique tradicional.

Para evitar que las cabezas contaminen el resto del destilado se debe controlar la temperatura, pues éstas entran en ebullición a partir de los 55 - 78.4°C, normalmente tienen un sabor amargo.

Cuerpo

Es la mejor parte de la destilación y entra en ebullición a partir de los 78.4 a 82°C a una concentración de 45 a 65 % de alcohol.

El cuerpo es reconocido por el destilador a través de su color ampliamente transparente.

Colas

Las colas o rabos tienen alcoholes con un punto de ebullición más elevado como son los furfurales que producen en el destilado un mal sabor”³.

2.7.5 Tipos de destilación

2.7.5.1 Destilación simple

“Es el método que se usa para la separación de líquidos con punto de ebullición inferior a 150°C. Es importante que la ebullición de la mezcla sea homogénea y no se produzcan proyecciones. Para evitar estas proyecciones suele introducirse en el interior del aparato de destilación nódulos de materia que no reaccione con los componentes. Normalmente se suelen utilizar pequeñas bolas de vidrio”. (http://www.bedri.es/la_destilacion.htm) Consulta: 200, Septiembre 19.

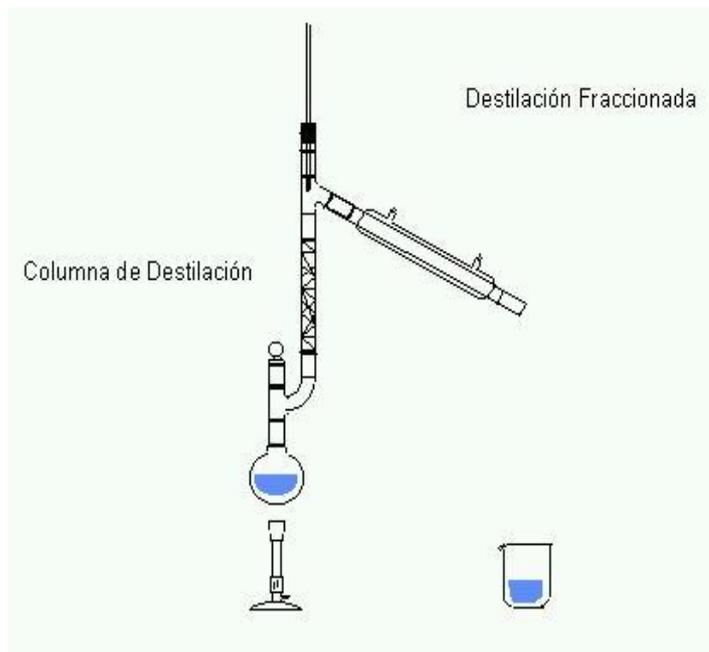
2.7.5.2 Destilación fraccionada

“La destilación fraccionada es una variante de la destilación simple que se emplea principalmente cuando es necesario separar líquidos con punto de ebullición cercanos.

La principal diferencia que tiene con la destilación simple es el uso de una columna de fraccionamiento. Ésta permite un mayor contacto entre los vapores que ascienden con el líquido condensado que desciende, por la utilización de diferentes "platos". Esto facilita el intercambio de calor entre los vapores (que ceden) y los líquidos (que reciben). Ese intercambio produce un intercambio de masa, donde los líquidos con menor punto de ebullición se convierten en vapor, y los vapores con mayor punto de ebullición pasan al estado líquido.” (<http://es.wikipedia.org/wiki/Destilaci%C3%B3n>) Consulta: 2008, Enero 7.

Gráfico 9: Esquema de destilación fraccionada.

³ Tesis: “Obtención de pisco utilizando un Alambique de Destilación”



FUENTE: <http://www.monografias.com/separacion-mezclas/html>. Consulta: 2008, Enero 7

2.8 CONTENIDO DE CONGÉNERES

2.8.1 Definición

“La cromatografía es un método físico de separación en el cual los componentes a ser separados son distribuidos entre dos fases, una de las cuales es estacionaria mientras la otra se mueve en una dirección definida. Los componentes son separados por sus diferentes tasas de migración (IUPAC). La cromatografía puede ser clasificada por su utilidad y en base al material que se utilice como eluyente para separar los solutos. De acuerdo a su utilidad la cromatografía se clasifica en: analítica, utilizada para determinar los químicos presentes en una mezcla y en que concentración; y preparativa, utilizada para purificar grandes cantidades de químicos”.(<http://www.cromatografiadegases.htm>) Consulta: 2008, Septiembre 19.

2.8.2 Mecanismos de la cromatografía

“El movimiento de las sustancias durante la cromatografía es el resultado de dos fuerzas oponibles, la fuerza de manejo de la fase móvil y la fuerza resistente o acción de retardo del sorbente. La fuerza de manejo mueve las sustancias del origen de la columna en dirección del flujo de la fase móvil. La acción de retardo impide el movimiento de las sustancias arrastrándolas del flujo y adhiriéndolas al

adsorbente. Las moléculas se encuentran alternando entre estar pegadas al adsorbente o despegadas en el flujo, esto da como consecuencia que pese a que el flujo es constante, solo una fracción de las moléculas se está moviendo. Las sustancias que se mueven más lentamente es porque están siendo unidas más fuertemente a la fase estacionaria, mientras que aquellas que se mueven más rápidamente es por que son menos solubles o de poca afinidad”. (<http://www.cromatografiadegases.htm>) Consulta: 2008, Septiembre 19.

2.8.3 Influencia del contenido de congéneres en las bebidas alcohólicas

“El alcohol presente en las bebidas espirituosas, vino y cerveza se conoce como etanol o alcohol etílico. Durante su proceso de obtención se generan además otras sustancias congéneres que lo acompañarán en diferente proporción según la bebida alcohólica de qué se trate.

Estos congéneres varían según el origen de los azúcares fermentados (mosto, remolacha azucarera, restos agrícolas, caña de azúcar ó cereales) y la actividad biológica de las levaduras. Su presencia es la que confiere a la bebida sus características organolépticas. Entre ellos encontramos: ácido acético, acetato de etilo, acetaldehído, metanol, alcoholes isoamílicos.

Algunos de estos congéneres en concentraciones elevadas pueden resultar tóxicos como es el caso del metanol. Se cree que son estos subproductos los que favorecen una mayor intensidad de la resaca.

El proceso de destilación disminuye la concentración de estas sustancias (como en el caso del vodka); pero existen bebidas en las que interesa potenciar sus caracteres organolépticos, como el brandy o el whisky, por lo que la concentración de metanol, acetaldehído, etc. se encuentra en concentraciones superiores.

La cantidad de estos subproductos en la bebida dependerá de: el origen del alcohol utilizado en su elaboración, el tipo y calidad del proceso de destilación y la concentración de ese alcohol en la bebida. En general, aquellas bebidas elaboradas a partir de alcohol vínico (brandy, oporto, moscatel, vino de mesa, etc.) son las que presentan un mayor potencial resacoso”(<http://www.eureka.htm>) Consulta: 2008, Septiembre 19.

CAPÍTULO III

Materiales y Métodos

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MÉTODOS EN ESTUDIO

3.1.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Ibarra y los análisis correspondientes se efectuaron en las instalaciones de la Industria Licorera y Embotelladora del Norte Sociedad Anónima ILENSA.

3.1.2 Ubicación

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	Caranqui

3.1.3 Características climatológicas

Temperatura promedio	18 °C
Humedad relativa	60 %
Precipitación anual	625 mm
Altitud	2225 msnm

Fuente: Instituto geográfico militar (2006)

3.2 MATERIALES

3.2.1 Materia prima

Harina de maíz amarillo.

Harina de maíz blanco.

3.2.2 Insumos

Enzimas amilasas (Termamyl[®] 120L, Fungamyl[®] 800L, AMG[®] 300L).

Levadura (*saccharomyces cerevisiae*).

Ácido cítrico.

Agua destilada.

Agua embotellada.

3.1.3 Materiales de Proceso

Tanques de fermentación plásticos de 30 l de capacidad.

Ollas de aluminio.

Jarra plástica.

Espátula de madera.

Botellas de vidrio.

Tapas rosca.

3.1.4 Equipos

Equipo de destilación fraccionada (vidrio).

Fuente de calor.

Refractómetro.

Termómetro.

Alcoholímetro.

Cromatógrafo de gases.

Balanza.

Potenciómetro.

3.3 FACTORES EN ESTUDIO

La presente investigación estudió los siguientes factores:

3.3.1 Factor A: Tipo de maíz (TM)

Se estudió dos tipos que se comercializan en los principales mercados de la ciudad:

TM1: Maíz amarillo amiláceo (*Zea mays*) (A1).

TM2: Maíz blanco de grano vitrio (A2).

3.3.2 Factor B: Temperatura de fermentación (TF)

Se evaluó dos temperaturas de fermentación para determinar cual de ellas es mejor:

TF1: 18 ± 2 °C Ambiente (B1).

TF2: 23 ± 2 °C (B2).

3.3.3 Factor C: Tipo de enzima (TE).

Se comparó dos enzimas amilasas comerciales, la una de origen bacteriano y la otra de procedencia fúngica:

TE1: Termamyl[®] 120L (C1).

TE2: Fungamyl[®] 800L (C2).

3.3.4 Tratamientos

Las interacciones de los niveles se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 7: Tratamientos en estudio

Nro.	TM	TF	TE	COMBINACIONES
1	A1	B1	C1	A1B1C1
2	A1	B1	C2	A1B1C2
3	A1	B2	C1	A1B2C1
4	A1	B2	C2	A1B2C2
5	A2	B1	C1	A2B1C1
6	A2	B1	C2	A2B1C2
7	A2	B2	C1	A2B2C1
8	A2	B2	C2	A2B2C2

TM = Tipo de maíz.

TF = Temperatura.

TE = Tipo de enzima.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1 Tipo de diseño

El diseño utilizado en la investigación para las variables contenido de almidón, rendimiento de alcohol, grado alcohólico, acidez total, fue un diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial A x B x C.

3.4.2 Número de repeticiones por tratamientos

Tres (3)

3.4.3 Número de unidades experimentales

Veinte y cuatro (24)

3.4.4 Unidad experimental

Cada unidad experimental tuvo un volumen de 18 litros de mosto (5 kg de harina en 15 l de agua).

3.4.5 Esquema de análisis de varianza

El esquema del análisis estadístico se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 8: Esquema de análisis de varianza

FUENTE DE VARIACIÓN	GL
TOTAL	23
Tratamientos	7
(F A) TM	1
(F B) TF	1
(F C) TE	1
A x B	1
A x C	1
B x C	1
(A x B x C)	1
Error experimental	16

3.4.6 Análisis funcional

Se detectó diferencia estadística significativa al 5% en tratamientos y factores, para lo cual se realizaron las siguientes pruebas de significación:

- TUKEY para tratamientos.
- DMS para factores.

3.5 VARIABLES EVALUADAS

3.5.1 Variables cuantitativas

- Contenido de almidón.
- Variación del potencial hidrógeno.
- Variación del porcentaje de sólidos solubles.

- Tiempo de fermentación.
- Rendimiento de alcohol obtenido del mosto.
- Grado alcohólico.
- Acidez total.
- Contenido de congéneres (metanol, alcoholes superiores, ésteres, furfural y aldehídos).

3.5.1.1 Contenido de Almidón

Se aplicó al inicio y final del proceso de fermentación, para determinar el rendimiento de alcohol de acuerdo a la cantidad de almidón desdoblado: azúcar – alcohol, al inicio se tomó una sola muestra estándar, mientras que al final se hizo a todas las unidades experimentales.

Procedimiento:

1. Pesar 5g de la muestra.
2. Disolver en unos 50 ml de agua destilada.
3. Agregar 10 ml de ácido clorhídrico concentrado y someter a reflujo por espacio de 3 horas.
4. Llevar a un vaso de precipitación y neutralizar (pH 7) con Hidróxido de Sodio concentrado.
5. Llevar a un balón de 250 ml agregar 5 ml de acetato de plomo, aforar.
6. Filtrar y titular con solución de Feeling.
7. El resultado multiplicar por el factor 0,9 y expresar como % de almidón.

3.5.1.2 Variación del potencial hidrógeno

Se tomó la medida de pH durante todo el proceso de fermentación a la misma hora 17:00 horas, haciendo uso de un potenciómetro digital, cuando el valor del potencial hidrógeno se estabilizó determinó el tiempo de fermentación.



Fotografía 2: Toma de pH.

3.5.1.3 Variación del porcentaje de sólidos solubles

Se determinó el porcentaje de sólidos solubles durante todo el proceso de fermentación, se midió con el refractómetro de Abbe escala 0-95 °Brix, diariamente y a la misma hora 17:00 horas.

3.5.1.4 Tiempo de Fermentación

Esta variable indica el período de tiempo en el cual los almidones se desdoblaron en azúcares simples y luego a alcohol, para posteriormente ser destilado. El tiempo de fermentación fue medido desde la adición de levadura sin tratamiento previo hasta cuando el porcentaje de sólidos solubles se estabilizó.

3.5.1.5 Rendimiento de Alcohol Obtenido del Mosto

Para obtener datos del rendimiento de alcohol se partió del volumen inicial de mosto que es 18 litros y el volumen únicamente del cuerpo del destilado. Esta variable se calculó en base a la cantidad obtenida al finalizar el proceso de destilación en cada una de las repeticiones.

$$R = \frac{dfc}{mi} \times 100$$

Donde:

R = Rendimiento del destilado

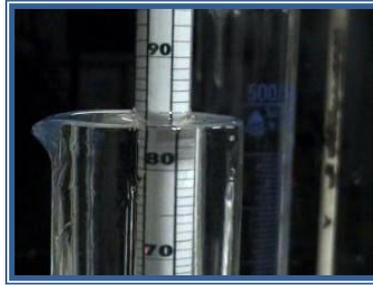
df_c = Destilado final (cuerpo)

mi = Mosto inicial

3.5.1.6 Grado Alcohólico

Se determinó el contenido de etanol en el producto destilado. Esta variable se midió con el fin de determinar el tratamiento que presenta el mayor contenido de alcohol etílico.

Se colocó la muestra de alcohol en una probeta de 500ml y se procedió a medir el grado alcohólico con un alcoholímetro centesimal de Gay-Lussac a una temperatura de 15°C.



Fotografía 3: Medida grado alcohólico.

3.5.1.7 Acidez Total

Esta variable se evaluó después de la destilación, se la realizó para conocer la cantidad de ácido acético producido. Se aplicó la norma INEN 341, ver Anexo10.

Acidez Total. Es la suma de los ácidos valorables obtenida cuando se lleva la bebida alcohólica a neutralidad (pH 7), por adición de una solución alcalina.

Determinación de la Acidez Total

Se colocó 250 cm³ de agua destilada, recientemente hervida y neutralizada, en un matraz elenmeyer de 500 cm³ se añadió 25 cm³ de muestra, 5 gotas de la solución de fenoltaleina y se procedió a titular, utilizando una bureta con la solución 0,1 N de hidróxido de sodio.

La acidez total en bebidas alcohólicas destiladas se determina utilizando la ecuación siguiente:

$$AT = 2.4 \frac{V_1}{G}$$

Siendo:

AT = Acidez total expresada como ácido acético, en gramos por 100 cm³

V₁ = Volumen de solución 0,1 N de hidróxido de sodio usado en la titulación.

G = Grado alcohólico de la muestra.



Fotografía 4: Titulación de la acidez.

3.5.1.8 Contenido de Congéneres.

Se determinó el contenido de: metanol, ésteres, alcoholes superiores y aldehídos en los 8 tratamientos, con el objeto de conocer la presencia de estos productos secundarios de la fermentación en la bebida alcohólica de acuerdo al método de ensayo que establece la norma INEN 2014 “Bebidas Alcohólicas Determinación de Productos Congéneres por Cromatografía de Gases”, ver Anexo 10

Las muestras se analizaron en un cromatógrafo de gases cuyo fundamento es separar sustancias de una mezcla basándose en la diferencia que existe en las fuerzas bipolares.



Fotografía 5: Cromatógrafo de gases.

3.5.2 Variables cualitativas

Una vez realizados los análisis físico-químicos al producto, se procedió con la evaluación sensorial con un panel de 9 degustadores tomando en cuenta características como: aspecto, color, olor y sabor para determinar los dos mejores tratamientos.

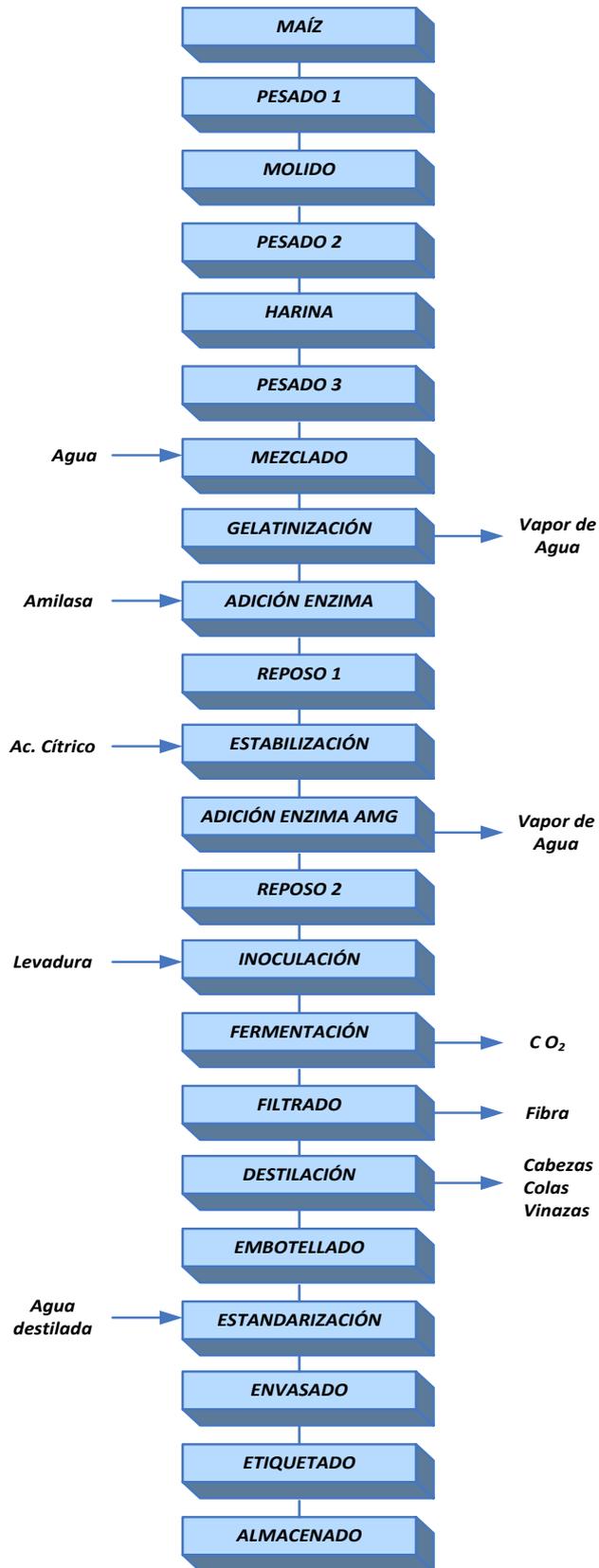
Con los dos mejores se realizó una segunda evaluación organoléptica utilizando dos productos de marcas comerciales ya reconocidas en el mercado, para determinar si el producto estudiado posee características organolépticas similares.

3.6 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.6.1 Proceso de obtención de Vodka a partir de dos Tipos de maíz.

El proceso de obtención de vodka, se realizó de acuerdo al siguiente diagrama.

Figura 1: Diagrama de bloques para la obtención de Vodka.



Materia prima (Maíz)

El maíz fue adquirido de la provincia del Carchi específicamente del sector San Gabriel.



Fotografía 6: Maíz amarillo.

Pesado 1

Se hizo con el fin de conocer la cantidad de materia prima (grano) con la que contaba para el proceso.



Fotografía 7: Pesado grano de maíz.

Molido

Se procedió a pulverizar los granos de maíz en un molino de tornillo sin fin para obtener la harina de maíz.



Fotografía 8: Molido del maíz.

Pesado 2

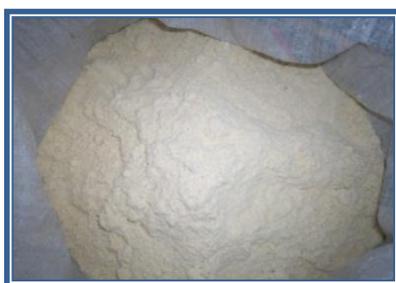
Con la ayuda de una balanza se procedió a pesar la harina, con el objetivo de conocer el porcentaje de pérdidas producidas en la etapa de molido.



Fotografía 10: Pesado de la harina de maíz.

Harina

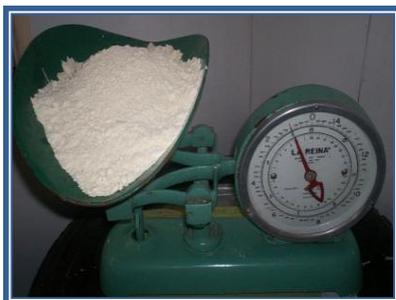
Para la elaboración de vodka la materia prima utilizada fue la harina de maíz (*Zea mays*): suave amarillo amiláceo y blanco de grano vitrio.



Fotografía 11: Harina de maíz.

Pesado 3

Se pesó la cantidad de harina para cada unidad experimental.



Fotografía 12: Pesado de la harina para cada unidad experimental.

Mezclado

La harina se mezcló con el agua fría para evitar la formación de grumos.



Fotografía 13: Adición de agua.



Fotografía 14: Mezclado.

Gelatinización

La mezcla fué llevada a ebullición, con el objetivo de gelatinizar el almidón y de esta manera facilitar su hidrólisis.



Fotografía 15: Gelatinización.

Adición de Enzima

A la solución gelatinizada se le ajustó a la temperatura y pH adecuados para que las enzimas amilasas: Termamyl o Fungamyl actúen (0.05% - 85 °C - pH 6.6 y 0.01% - 55 °C – pH 5.5) respectivamente.



Fotografía 16: Adición de enzima.

Reposo 1

Adicionada la enzima (Termamyl o Fungamyl) se dejó en reposo durante una hora para que la enzima hidrolice los enlaces glucosídicos alfa 1,4 de amilasa y amilopectina.

Adición Enzima AMG300L

La temperatura se ajustó a 75°C para agregar la enzima amilasa AMG la cual se adicionó a un 0.15%, que actuó en los enlaces alfa 1-4 y 1-6 de la cadena de almidón.



Fotografía 17: Adición de

enzima AMG.

Reposo 2

Luego de haber adicionado la enzima AMG 300L, se dejó en reposo durante una hora para que la enzima hidrolice los enlaces 1-4 y 1-6 de almidón.

Inoculación

Se redujo la temperatura hasta llegar a 35 °C, la cual es ideal para inocular las levaduras el porcentaje de adición fue 2 % con respecto a los 18 litros de mosto, las mismas que no recibieron ningún tratamiento previo.



Fotografía 18: Adición de levadura.

Fermentación

El proceso de fermentación se realizó a una temperatura ambiente $18 \pm 2^\circ\text{C}$ y $23 \pm 2^\circ\text{C}$, en el cual se produjo el desdoblamiento de los azúcares en alcohol y CO_2 .



Fotografía 19: Fermentación ambiente.



Fotografía 20: Fermentación controlada.

Filtrado

Terminada la fermentación se procedió a filtrar para eliminar todos los sedimentos.



Fotografía 21: Filtración.

Destilación

El fundamento de la destilación es que por medio del calor las sustancias más volátiles que se encuentran en mosto fermentado se transformen de líquido a gas y por medio de la condensación nuevamente en líquido, pudiendo así separar el alcohol del agua, fraccionándolo en tres partes que son: cabeza, cuerpo y cola.

Para este proceso se utilizó un equipo de destilación fraccionada elaborado en material de vidrio con capacidad de 12 litros.



Fotografía 22: Equipo de destilación.

Estandarización

El cuerpo obtenido de la destilación se estandarizó a 40°GL con agua destilada.



Fotografía 23: Estandarización.

Envasado

El cuerpo ya estandarizado, se envasó en botellas de vidrio transparente.



Fotografía 24: Envasado.

Etiquetado

La etiqueta contiene toda la información adecuada.



Fotografía 25: Etiquetado.

Almacenado

Las botellas se almacenaron al ambiente.



Fotografía 26: Almacenado.

CAPÍTULO IV

Resultados y Discusiones

CAPÍTULO IV

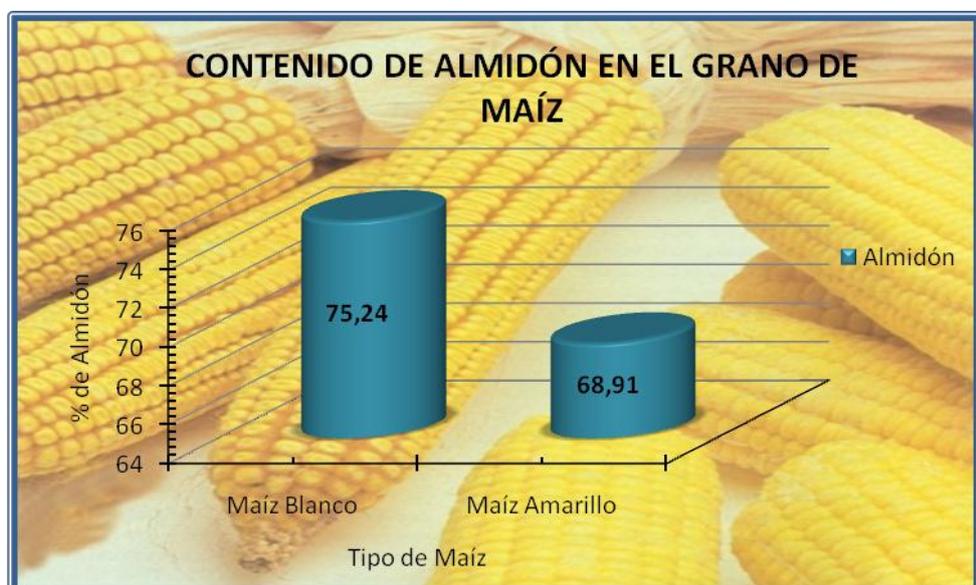
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Luego de haber realizado la investigación “Obtención de vodka a partir de dos tipos de maíz (*zea mays*): maíz amarillo amiláceo y maíz blanco de grano vitrio” se obtuvo los siguientes resultados:

4.1 CONTENIDO DE ALMIDÓN

Los datos obtenidos de esta variable se encuentran en el Anexo 7, del cual se realizó el siguiente gráfico:

Gráfico 10: Análisis del contenido de almidón de cada tipo de maíz



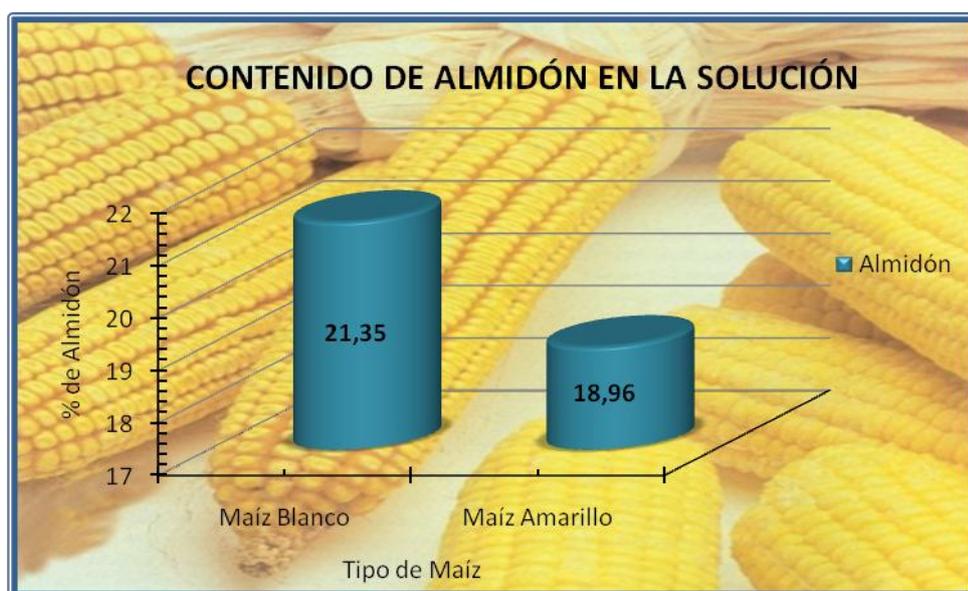
El gráfico indica que el tipo de maíz blanco contiene un alto porcentaje de almidón alcanzando un 75,24%, mientras que el tipo de maíz amarillo contiene un 68,91%.

4.2 ANTES DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA

4.2.1 Análisis de Contenido de almidón

Los datos obtenidos de esta variable se encuentran en el Anexo 8, del cual se realizó el siguiente gráfico:

Gráfico 11: Contenido de almidón antes de la hidrólisis enzimática



El gráfico indica que, el contenido de almidón al, antes de realizar la hidrólisis enzimática dio como resultado que, el tipo de maíz blanco contiene un 21,35%, mientras que el tipo de maíz amarillo contiene un 18,96%.

4.3 PRODUCTO FINAL

4.3.1 Determinación de Ésteres.

Los datos obtenidos de esta variable se detallan en el Anexo 7. De el cual se realizó el siguiente gráfico.

Gráfico 12: Comparación de Ésteres



El gráfico muestra mayor presencia de acetato de etilo en el Tratamiento 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Termamyl 120L) con un valor de 2,76 mg/100 ml de vodka. Los demás tratamientos registran valores que están comprendidos entre 2,08 y 2,65 mg/100 ml, los cuales se encuentran dentro de los parámetros permitidos de la Norma INEN 369 “Bebidas Alcohólicas Requisitos para Vodka”, ver Anexo 10.

4.3.2 Determinación de Aldehídos.

Los datos obtenidos de esta variable se detallan en el Anexo 7. De el cual se realizó el siguiente gráfico

Gráfico 13: Comparación de Aldehídos



El gráfico muestra mayor presencia de acetaldehído en el Tratamiento 4 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) y el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), con un valor de 0,17 mg/100 ml de vodka. Los demás tratamientos registran valores que están comprendidos entre 0,15 y 0,16 mg/100 ml, los cuales se encuentran dentro de los parámetros permitidos de la Norma INEN 369 “Bebidas Alcohólicas Requisitos para Vodka”, ver Anexo 10.

4.3.3 Determinación de Alcoholes Superiores.

Los datos obtenidos de esta variable se detallan en el Anexo 7. De el cual se realizó el siguiente gráfico.

Gráfico 14: Comparación de Alcoholes Superiores



El gráfico muestra mayor presencia de propanol, iso-butanol, e iso-amílico en el Tratamiento 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) y el Tratamiento 3 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Termamyl 120L), con un valor de 4,81 mg/100 ml de vodka. Los demás tratamientos registran valores que están comprendidos entre 4,7 y 4,76 mg/100 ml, los cuales se encuentran dentro de los parámetros permitidos de la Norma INEN 369 “Bebidas Alcohólicas Requisitos para Vodka”, ver Anexo 10.

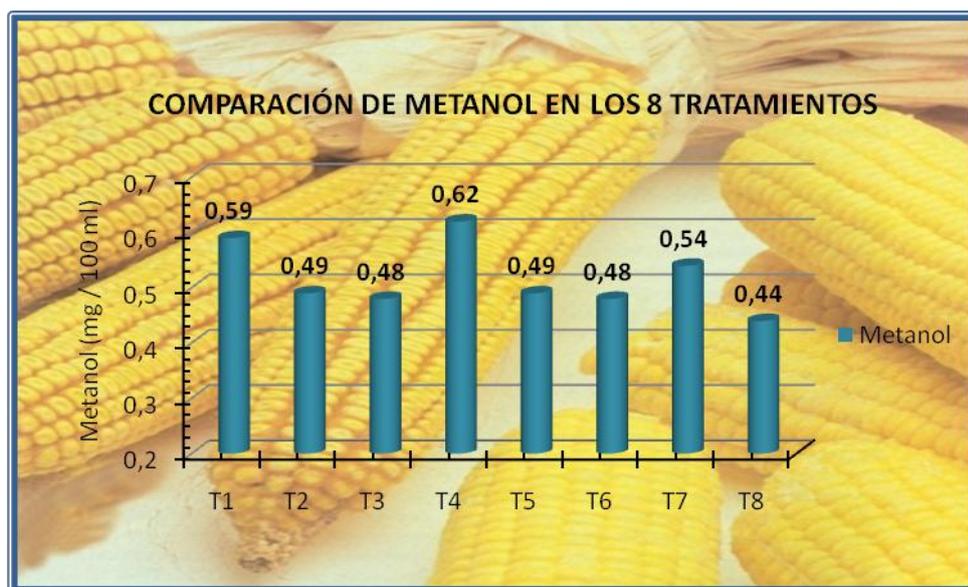
4.3.4 Determinación de Furfural

Según los datos obtenidos del Laboratorio de Control de Calidad de ILENSA, que se encuentran en el anexo 7, muestra que, en ninguno de los tratamientos en estudio registran presencia de furfural, es decir se encuentran dentro de los parámetros permitidos de la Norma INEN 369 “Bebidas Alcohólicas Requisitos para Vodka”, ver Anexo 10.

4.3.5 Determinación de Metanol

Los datos obtenidos de esta variable se detallan en el Anexo 7. De el cual se realizó el siguiente gráfico.

Gráfico 15: Comparación de Metanol



El gráfico muestra mayor presencia de metanol en el Tratamiento 4 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), con un valor de 0,62 mg/100 ml de vodka. Los demás tratamientos registran valores que están comprendidos entre 0,48 y 0,59 mg/100 ml, los cuales se encuentran dentro de los parámetros permitidos de la Norma INEN 369 “Bebidas Alcohólicas Requisitos para Vodka”, ver Anexo 10.

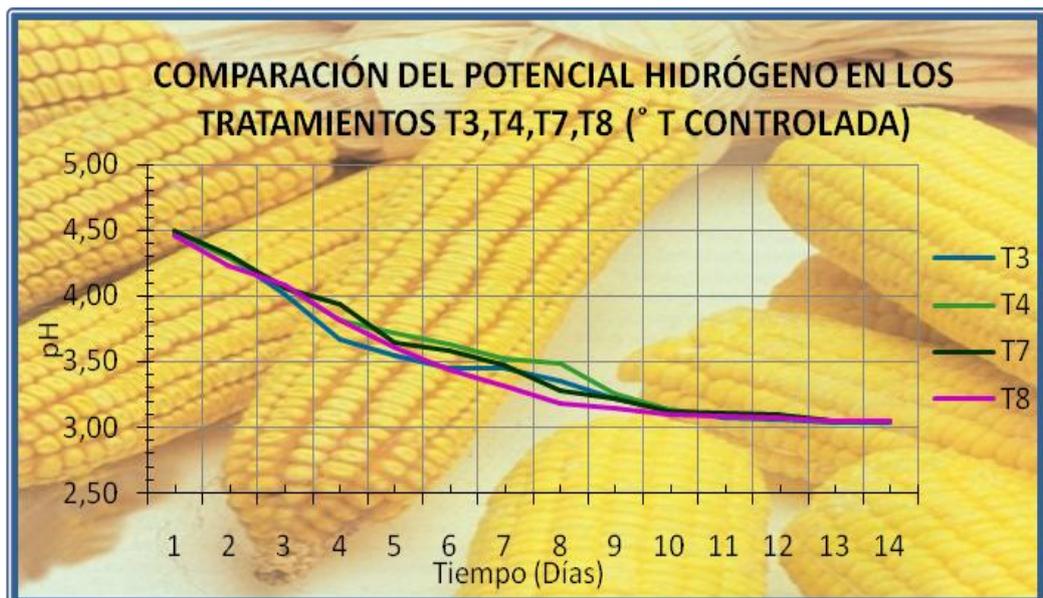
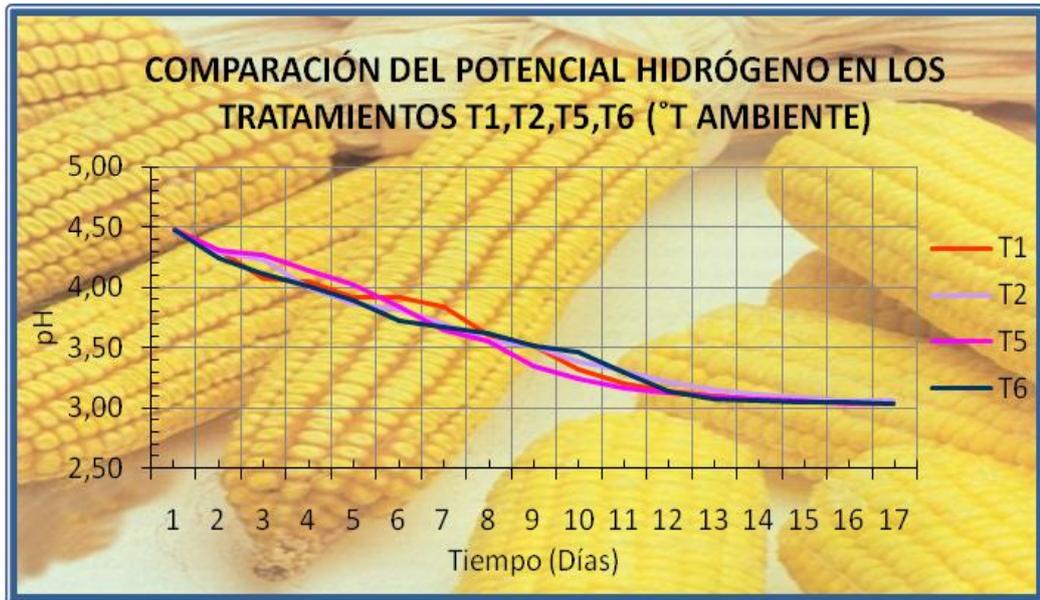
4.4 RESULTADOS ESTADÍSTICOS

4.4.1 Durante la hidrólisis enzimática

4.4.1.1 Análisis de la variable potencial hidrógeno

Los datos obtenidos de esta variable se encuentran en el Anexo 1, del cual se realizaron las siguientes gráficas:

Gráfico 16: Comparación de la Variación del Potencial Hidrógeno en los 8 Tratamientos



Cuadro 9: Análisis de varianza diario del potencial hidrógeno de los 8 tratamientos del día 1 al día 14.

DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	5%	1%
F de V	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Ft	Ft
Total																
Tratamientos	0,61 NS	0,78 NS	5,47 **	36,94 **	15,15 **	16,56 **	8,64 **	37,61 **	28,56 **	26,68 **	20,84 **	11,95 **	13,48 **	8,22 **	2,66	4,03
A	0,16 NS	1,07 NS	1,69 NS	27,09 **	0,94 NS	2,73 NS	5,80 *	24,02 **	10,74 **	0,23 NS	0,11 NS	3,11 NS	4,40 NS	2,13 NS	4,49	8,53
B	0,16 NS	0,09 NS	18,83 **	181,64 **	91,51 **	92,05 **	46,44 **	190,97 **	166,47 **	148,14 **	111,50 **	53,09 **	68,60 **	34,04 **	4,49	8,53
C	1,03 NS	2,70 NS	0,46 NS	4,18 NS	0,14 NS	2,39 NS	1,68 NS	0,24 *	2,89 NS	12,92 **	15,46 **	3,68 NS	1,48 NS	3,06 NS	4,49	8,53
AxB	0,04 NS	0,00 NS	0,00 NS	3,81 NS	1,16 NS	0,64 NS	0,10 NS	26,68 **	0,50 NS	0,54 NS	1,53 NS	9,89 **	8,89 **	6,89 *	4,49	8,53
AxC	0,66 NS	1,48 NS	9,99 **	25,19 **	4,85 *	7,68 *	0,12 NS	2,12 NS	0,29 NS	2,85 NS	0,00 NS	5,65 *	6,45 *	6,89 *	4,49	8,53
BxC	0,16 NS	0,06 NS	0,55 NS	9,41 **	6,38 *	3,89 NS	0,12 NS	0,16 NS	5,99 *	15,54 **	15,46 **	7,21 **	0,11 NS	0,34 NS	4,49	8,53
AxBxC	2,02 NS	0,03 NS	6,78 *	7,27 *	1,04 NS	6,55 *	6,21 *	19,11 **	13,03 **	6,53 *	1,82 NS	0,99 NS	4,40 NS	4,17 NS	4,49	8,53
SCE.exp																
CV=	0,45	1,57	1,60	1,12	2,01	2,09	2,77	1,34	1,47	1,46	1,15	0,85	0,60	0,46		

Cuadro 10: Análisis de varianza diario del potencial hidrógeno de los tratamientos T3, T4, T7, T8 del día 15 al día 17

DÍA	15	16	17	5%	1%
F de V	Fc	Fc	Fc	Ft	
Total					
Tratamientos	6,14 *	0,63 NS	1,14 NS	4,07	7,59
A	7,00 *	0,90 NS	2,29 NS	5,32	11,26
C	2,29 NS	0,90 NS	0,57 NS	5,32	11,26
AxC	9,14 *	0,10 NS	0,57 NS	5,32	11,26
SCE.exp					

CV= 0,50 0,60 0,50

El análisis de varianza para la variable potencial hidrógeno muestra que, en lo que se refiere a tratamientos en día 1 y 2 no existe significación, siendo de esta manera los tratamientos iguales hasta el momento, desde el día 3 hasta el 14 se detecta alta significación, lo que nos indica que los tratamientos son diferentes entre si, en el día 14 se detectó significación al 5% mientras que, los días 16 y 17 no se encontró significación. Se realizó la prueba de Tuckey obteniéndose como el mejor tratamiento el T3 seguido del T8.

Respecto al factor A (tipo de maíz) se puede decir que, se mostró en su mayoría irregular durante el proceso de fermentación, ya que en los días 1,2,3,5,6 y del 10 al 17 no hubo significación estadística, aunque se encontró significación estadística al 5% en los días 7 y 15, y al 1% en los días 4, 8 y 9, con la prueba de diferencia mínima significativa, se identificó al maíz blanco como el mejor tipo para obtener un pH bajo.

El factor B (temperatura de fermentación) no mostró significación en los días 1 y 2, mientras que, en los siguientes días, hasta el final que sería del día 3 al 14 mostró significación al 1% lo cual indica que, la temperatura de fermentación si influye en la velocidad de descenso del valor de pH, la prueba de diferencia mínima significativa indica, como la mejor temperatura de fermentación con respecto a pH es la temperatura controlada.

En el factor C (tipo de enzima), indica que de los 17 días analizados¹⁴, no muestran significación estadística, en el día 8 se detectó significación al 5% y al 1% en los días 10 y 11.

En la interacción AxB (tipo de maíz por temperatura de fermentación) se obtuvo significación al 5% en el día 14 y al 1% en los días 8, 12 y 13, los gráficos de la interacción realizados indican que, igualmente se obtiene buenos resultados a temperatura ambiente con maíz amarillo y a temperatura controlada con maíz blanco.

En la interacción AxC (tipo de maíz por tipo de enzima se obtuvo significación al 5% en los días 5, 6 del 12 al 15 y al 1%, en los días 3 y 4, en los demás días no se detectó significación estadística, los gráficos de la interacción realizados indican que, la mejor combinación es el tipo de maíz blanco con el tipo de enzima Fungamyl 800L

En la interacción BxC (temperatura de fermentación por tipo de enzima) se obtuvo significación al 5% en los días 5 y 9, y al 1% en los días 4, 10, 11 y 12 en los demás días no se detectó significación estadística, los gráficos de la interacción realizados indican que, la mejor combinación es a temperatura controlada con el tipo de enzima Fungamyl 800L.

En la interacción AxBxC (tipo de maíz por temperatura de fermentación por tipo de enzima) se obtuvo significación al 5% en los días 3, 4, 6, 7 y 10 en los demás días no se detectó significación estadística, los gráficos de la interacción realizados, indican que, la mejor combinación es el tipo de maíz blanco con el tipo de enzima Fungamyl 800L a temperatura controlada.

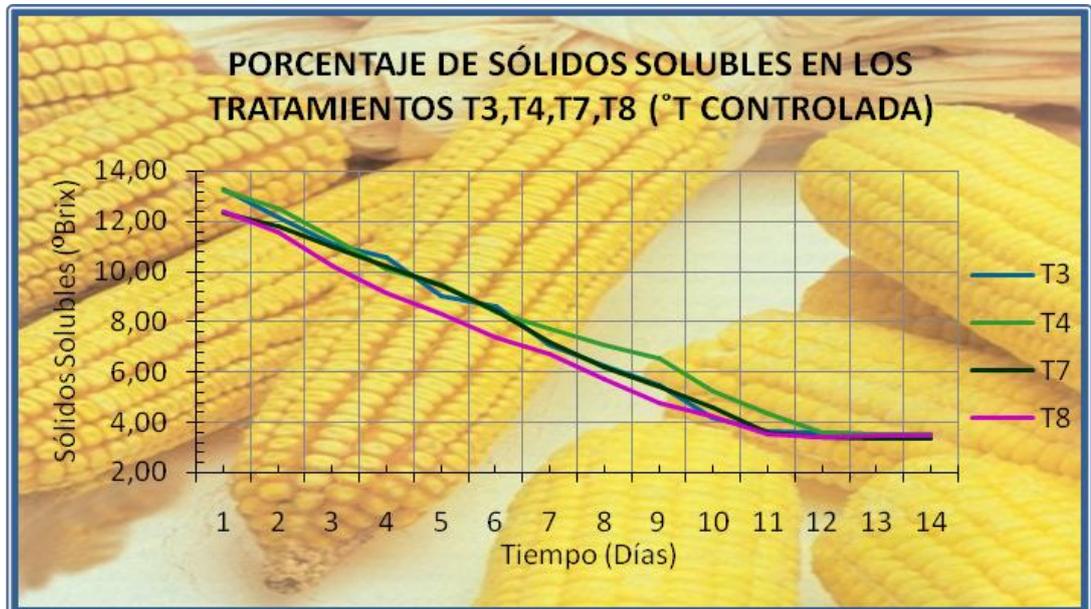
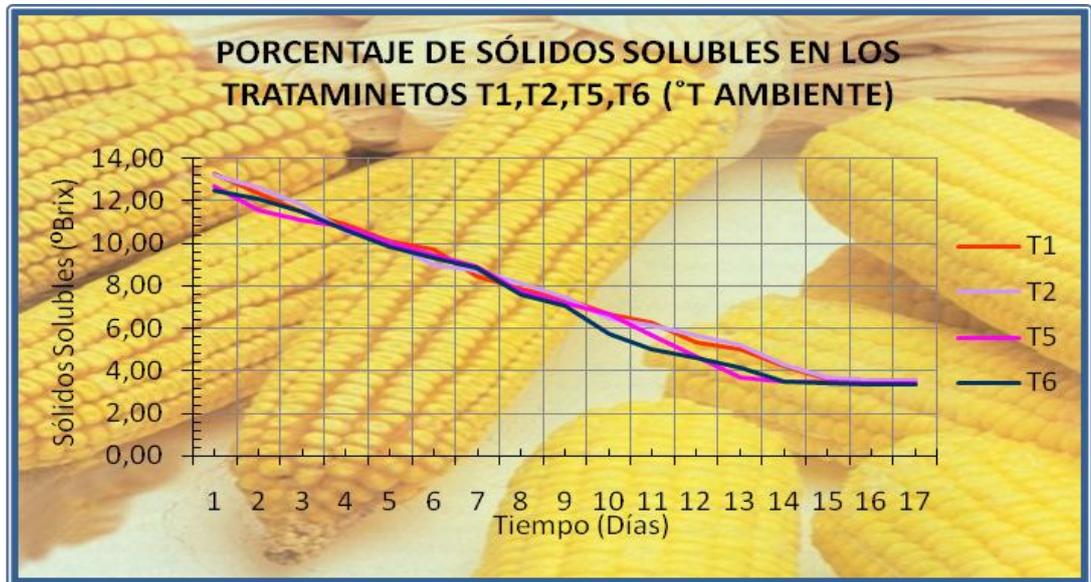
El coeficiente de variación, para la variable potencial hidrógeno, se mantuvo en un rango de 0,45 a 2,77.

Nota: Los tratamientos que estuvieron sometidos a temperatura controlada, su tiempo de fermentación duró 14 días; mientras que los tratamientos que estuvieron sometidos a temperatura ambiente, su tiempo de fermentación duró 17 días, motivo por el cual, se observa que, hay dos cuadros diferentes de ADEVA ya que son diseños distintos.

4.4.1.2 Análisis de la variable sólidos solubles

Los datos obtenidos de esta variable se encuentran en el Anexo 2, de donde se realizaron los siguientes gráficos:

Gráfico 17: Comparación de la Variación del Porcentaje de Sólidos Solubles en los 8 Tratamientos



Cuadro 11: Análisis de varianza diario de sólidos solubles de los 8 tratamientos del día 1 al día 14.

DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	5%	1%
F de V	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Ft	
Total																
Tratamientos	18,21 **	10,09 **	43,52 **	92,33 **	226,50 **	136,81 **	28,11 **	20,95 **	89,10 **	48,97 **	51,73 **	34,31 **	24,30 **	22,62 **	2,66	4,03
A	115,38 **	54,29 **	83,83 **	69,71 **	268,01 **	44,91 **	0,04 NS	13,94 **	83,71 **	10,43 **	24,29 **	21,06 **	39,67 **	68,34 **	4,49	8,53
B	5,74 *	3,39 NS	133,31 **	296,89 **	963,97 **	664,41 **	167,81 **	118,81 **	469,33 **	285,29 **	324,17 **	206,24 **	100,45 **	55,81 **	4,49	8,53
C	2,26 NS	5,58 *	0,16 NS	152,77 **	43,58 **	137,98 **	0,06 NS	0,69 NS	8,99 **	0,90 NS	0,23 NS	0,28 NS	2,64 NS	0,45 NS	4,49	8,53
AxB	0,96 NS	0,00 NS	5,79 *	54,27 **	198,45 **	43,93 **	4,64 *	1,10 NS	32,25 **	0,01 NS	1,82 NS	11,26 **	24,36 **	33,13 **	4,49	8,53
AxC	0,21 NS	0,76 NS	21,18 **	7,97 *	6,10 *	0,85 *	17,24 **	9,14 **	11,19 **	24,68 **	4,05 NS	0,52 NS	1,11 NS	0,13 NS	4,49	8,53
BxC	0,73 NS	2,56 NS	32,49 **	37,69 **	91,33 **	4,10 NS	0,44 NS	0,19 NS	11,98 **	18,63 **	5,77 *	0,26 NS	1,55 NS	0,00 NS	4,49	8,53
AxBxC	2,18 NS	4,04 NS	27,88 **	27,02 **	14,04 **	61,52 **	6,56 *	2,76 NS	6,24 *	2,86 NS	1,78 NS	0,54 NS	0,30 NS	0,45 NS	4,49	8,53
SCE.exp																
CV=	1,28	1,82	1,13	0,96	1,31	1,26	3,50	4,81	3,35	4,81	5,88	6,27	6,46	6,46		

Cuadro 12: Análisis de varianza diario de sólidos solubles de los tratamientos T3, T4, T7, T8 del día 15 al día 17

DÍA	15	16	17	5%	1%
F de V	Fc	Fc	Fc	Ft	
Total					
Tratamientos	4,11 *	7,28 *	7,17 *	4,07	7,59
A	11,47 **	20,87 **	20,41 **	5,32	11,26
C	0,07 NS	0,81 NS	0,94 NS	5,32	11,26
AxC	0,78 NS	0,17 NS	0,14 NS	5,32	11,26
SCE.exp					

CV= 3,15 2,04 1,98

Al realizar el análisis de varianza, para la variable porcentaje de sólidos solubles muestra que para tratamientos en los días 1 hasta el 14 existe una significación al 1% y en los días 15,16 Y 17 cambió a una significación al 5% , al realizar la prueba de Tuckey se pudo detectar que, los mejores tratamientos fueron el T8 y el T7.

Con respecto al factor A (tipo de maíz) inició en el día 1 con una significación al 5% y del día 2 al día 17 se produjo una significación al 1%, al realizar la prueba diferencia mínima significativa DMS se pudo detectar que, el mejor nivel de dicho factor fue el maíz amarillo ya que se obtuvo el menor valor en °Brix.

Respecto al factor B (temperatura de fermentación) en los días 1 y 2 no existió significación estadística, posteriormente desde los días 3 al 14 se produjo una significación al 1% , al realizar la prueba, diferencia mínima significativa DMS se pudo detectar que, el mejor nivel de este factor es la temperatura controlada 23±2°C, ya que se obtuvo el menor valor en °Brix.

El factor C (tipo de enzima) mostró gran variabilidad durante la fermentación, en los días 1,2,7,8,10 hasta el 17 no presento significación estadística, en el día 2 se dio una significación al 5% y en los días 4 al 6 y 9 manifestó una significación al 1%, al realizar

la prueba diferencia mínima significativa DMS se pudo detectar que, el mejor nivel de dicho factor es la enzima Termamyl 120L ya que se obtuvo el menor valor en °Brix.

La interacción A x B (tipo de maíz por temperatura de fermentación) se obtuvo una significación al 5% en los días 3 y 7, en los días 4 al 6, 9 y 12 al 14 existió significación al 1% el resto de días no presentó significación, los gráficos de la interacción realizados indican, que las tendencias de los mismos se cruzan en el nivel 1, indicando que, el maíz amarillo y la temperatura ambiente $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ es la mejor combinación para un °Brix bajo.

En los días 4 al 6 la interacción A x C (tipo de maíz por tipo de enzima) presentó significación al 5% en los días 3, 7 al 10 presentó significación al 1% y el resto de días no hubo significación estadística, los gráficos de la interacción realizados indican que las tendencias de los mismos se cruzan en el nivel 2, indicando que el maíz blanco y la enzima Fungamyl 800L es la mejor combinación para un °Brix bajo.

La interacción B x C (temperatura de fermentación por tipo de enzima) se obtuvo una significación al 5% en el día 11, en los días 3 al 5, 9 y 10 existió significación al 1% el resto de días no presentó significación estadística, los gráficos de la interacción realizados indican que, las tendencias de los mismos se cruzan en el nivel 2, indicando que la temperatura controlada $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ es la mejor combinación para un °Brix bajo.

La interacción A x B x C (temperatura de fermentación por temperatura de fermentación por tipo de enzima) se obtuvo una significación al 5% en los días 7 y 9 en los días 3 al 6, existió significación al 1% el resto de días no presentó significación estadística, los gráficos de la interacción realizados indican que, las tendencias de los mismos se cruzan en el nivel 2, indicando que el maíz blanco, la temperatura controlada $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ y la enzima Fungamyl 800L es la mejor combinación para un °Brix bajo.

El coeficiente de variación para la variable porcentaje de sólidos solubles se mantuvo en un rango de 0,96 hasta 6,46%, mostrando que, el procedimiento fue conducido de manera satisfactoria.

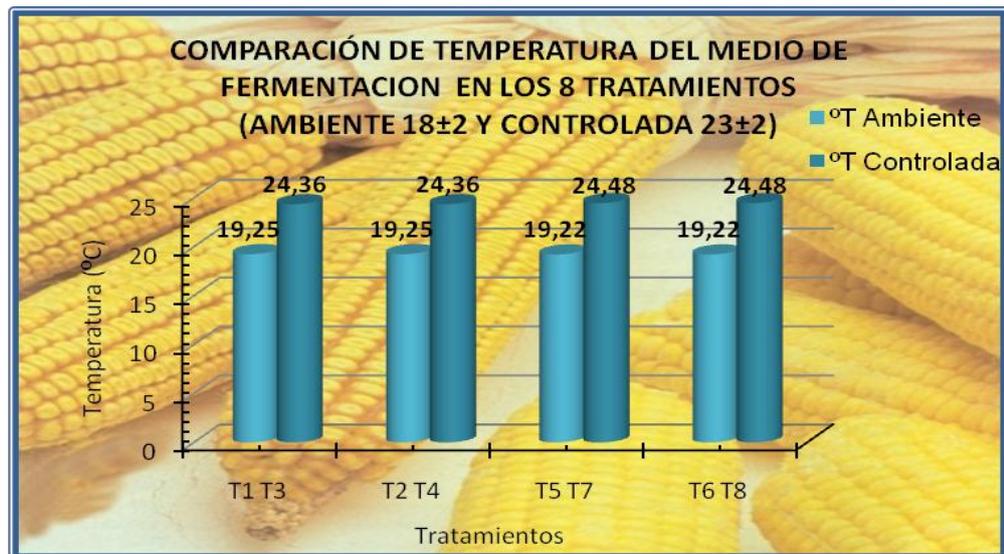
Nota: Los tratamientos que estuvieron sometidos a temperatura controlada, su tiempo de fermentación duró 14 días; mientras que los tratamientos que estuvieron sometidos a temperatura ambiente, su tiempo de fermentación duró 17 días, motivo por el cual se observa que, hay dos cuadros diferentes de ADEVA ya que son diseños distintos.

4.4.1.3 Análisis de la variable tiempo de fermentación

4.4.1.3.1 Temperatura del medio de fermentación

Los datos obtenidos de esta variable se encuentran en el Anexo 3, de donde se realizó el siguiente gráfico.

Gráfico 18: Comparación de temperatura del medio de fermentación

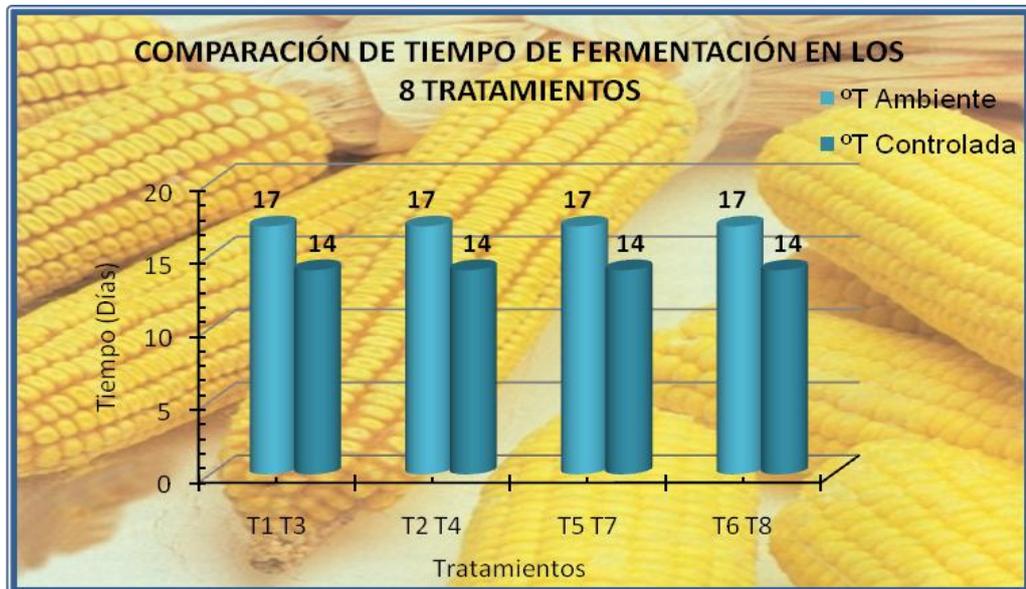


La gráfica indica que, la temperatura de fermentación: Ambiente ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) para los Tratamiento 1 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$)+ Enzima Termamyl 120L), Tratamiento 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L), Tratamiento 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Termamyl 120L) y el Tratamiento 6 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L) se mantuvo dentro del rango establecido.

Mientras que la temperatura controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) para los Tratamiento 3 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Termamyl 120L), Tratamiento 4 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L), Tratamiento 7 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Termamyl 120L) y el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L) se conservo dentro de los parámetros establecidos.

Los datos obtenidos de esta variable se encuentran en el Anexo 3, de donde se realizó el siguiente gráfico.

Gráfico 19: Comparación del tiempo de fermentación



La gráfica indica que, la temperatura de fermentación: Ambiente $\pm 2^{\circ}\text{C}$ para: el Tratamiento 1 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$)+ Enzima Termamyl 120L), Tratamiento 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L), Tratamiento 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Termamyl 120L) y el Tratamiento 6 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L) permitió un alargamiento en los días de fermentación. Mientras que para los tratamientos que se estudiaron a una temperatura controlada $\pm 2^{\circ}\text{C}$ como son: Tratamiento 3 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Termamyl 120L), Tratamiento 4 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L), Tratamiento 7 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Termamyl 120L) y el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L) se redujo el tiempo de fermentación en tres días.

Cuadro 13: Análisis de varianza diario de temperatura de fermentación de los 8 tratamientos del día 1 al día 14.

DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	5%	1%
F de V	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Fc	Ft	Ft
Total																
Tratamientos	26,29 **	13,54 **	17,33 **	55,49 **	39,31 **	34,63 **	9,35 **	14,21 **	14,29 **	12,28 **	16,32 **	10,83 **	34,63 **	17,50 **	2,66	4,03
A	8,00 *	2,25 NS	6,00 *	0,40 NS	0,29 NS	0,22 NS	1,14 NS	0,90 NS	0,00 NS	0,30 NS	0,00 NS	0,62 NS	0,22 NS	0,42 NS	4,49	8,53
B	174,22 **	90,25 **	112,67 **	384,40 **	274,57 **	242,00 **	64,29 **	96,10 **	99,69 **	85,63 **	113,78 **	75,10 **	242,00 **	121,68 **	4,49	8,53
C	0,22 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	4,49	8,53
AxB	0,89 NS	2,25 NS	2,67 NS	3,60 NS	0,29 NS	0,22 NS	0,00 NS	2,50 NS	0,31 NS	0,00 NS	0,44 NS	0,07 NS	0,22 NS	0,42 NS	4,49	8,53
AxC	0,22 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	4,49	8,53
BxC	0,22 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	4,49	8,53
AxBxC	0,22 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	4,49	8,53
SCE.exp																
CV=	3,94	3,78	4,62	2,90	3,46	3,92	7,10	5,94	6,74	6,92	5,61	7,20	3,92	5,76		

Cuadro 14: Análisis de varianza diario de temperatura de fermentación de los tratamientos T3, T4, T7, T8 del día 15 al día 17.

DÍA	15	16	17	5%	1%
F de V	Fc	Fc	Fc	Ft	
Total					
Tratamientos	0,13 NS	0,05 NS	0,35 NS	4,07	7,59
A	0,40 NS	0,15 NS	1,06 NS	5,32	11,26
C	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	5,32	11,26
AxC	0,00 NS	0,00 NS	0,00 NS	5,32	11,26
SCE.exp					

CV= 9,61 7,68 8,78

Al realizar el análisis de varianza, para la variable tiempo de fermentación muestra que, a partir del día 1 hasta el día 14 existe una significación al 1%, al realizar la prueba de Tuckey, se pudo detectar que, los mejores tratamientos que estuvieron a una temperatura más adecuada fueron el T6 y el T2.

Con respecto al factor A (tipo de maíz) en el día 1 y el 3 existió una significación al 5% al realizar la prueba diferencia mínima significativa DMS se pudo detectar que, se obtiene el mismo resultado con el maíz blanco y con el maíz amarillo para obtener el menor valor de sólidos solubles.

Respecto al factor B (temperatura de fermentación) existió significación al 1% a partir del día 1 hasta el día 14, al realizar la prueba diferencia mínima significativa DMS se pudo detectar que, el mejor nivel de este factor, es la temperatura controlada $18 \pm 2^\circ\text{C}$, ya que se obtuvo el menor valor en °Brix.

El coeficiente de variación, para la variable porcentaje de sólidos solubles se mantuvo en un rango de 2,90 hasta 9,61%, mostrando que el procedimiento fue conducido de manera satisfactoria.

Nota: Los tratamientos que estuvieron sometidos a temperatura controlada, su tiempo de fermentación duró 14 días; mientras que los tratamientos que estuvieron sometidos a

temperatura ambiente, su tiempo de fermentación duró 17 días, motivo por el cual se observa que, hay dos cuadros diferentes de ADEVA ya que son diseños distintos.

4.4.2 Análisis de Contenido de almidón al término de la fermentación

Cuadro 15: Contenido de almidón

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Σ_t	Media
	R1	R2	R3		
T1 (A1B1C1)	2,54	2,08	2,85	7,47	2,49
T2 (A1B1C2)	3,01	3,25	3,20	9,46	3,15
T3 (A1B2C1)	3,12	3,21	3,11	9,44	3,15
T4 (A1B2C2)	2,65	2,89	2,08	7,62	2,54
T5 (A2B1C1)	2,03	1,98	1,97	5,98	1,99
T6 (A2B1C2)	2,12	2,04	2,31	6,47	2,16
T7 (A2B2C1)	3,01	2,98	3,00	8,99	3,00
T8 (A2B2C2)	2,24	2,20	2,12	6,56	2,19
Σ_r	20,72	20,63	20,64	61,99	2,58

Cuadro 16: Análisis de varianza del contenido de almidón

F de V	gl	SC	CM	Fc	Ft	
Total	23	5,266			5%	1%
Tratamientos	7	4,533	0,648	14,14 **	2,66	4,03
A	1	1,495	1,495	32,63 **	4,49	8,53
B	1	0,435	0,435	9,49 **	4,49	8,53
C	1	0,131	0,131	2,85 NS	4,49	8,53
AxB	1	0,368	0,368	8,02 *	4,49	8,53
AxC	1	0,186	0,186	4,05 NS	4,49	8,53
BxC	1	1,887	1,887	41,19 **	4,49	8,53
AxBxC	1	0,033	0,033	0,72 NS	4,49	8,53
SCE.exp	16	0,733	0,046			

CV= 8,29%

* : Significativo

** : Altamente significativo

NS : No significativo

En el análisis de varianza, para la variable contenido de almidón permite detectar significación al 1% para tratamientos, tipo de maíz, temperatura de fermentación, las interacción: tipos de maíz por temperatura de fermentación y temperatura de fermentación por enzima, se realizó las pruebas de significación correspondientes; Tuckey para tratamientos y DMS para factores, el CV muestra que, el procedimiento fue conducido de manera satisfactoria.

Cuadro 17: Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos

TRATAMIENTOS	AxBxC	MEDIAS	RANGOS
T2	A1B1C2	3,15	a
T3	A1B2C1	3,15	a
T7	A2B2C1	3,00	a
T4	A1B2C2	2,54	a
T1	A1B1C1	2,49	b
T8	A2B2C2	2,19	b
T6	A2B1C2	2,16	b
T5	A2B1C1	1,99	b

Una vez realizada la prueba de Tuckey para esta variable se obtuvo 2 rangos (a,b), lo que significa que, el Tratamiento 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Termamyl 120L) presenta el mayor consumo de azúcares, con relación al almidón desdoblado, seguido de los tratamientos T6, T8 y T1.

Cuadro 18: Prueba DMS al 5% para el Factor A (Tipo de Maíz)

TIPO	MEDIAS	RANGOS
Maíz Amarillo (A1)	2,83	a
Maíz Blanco (A2)	2,33	b

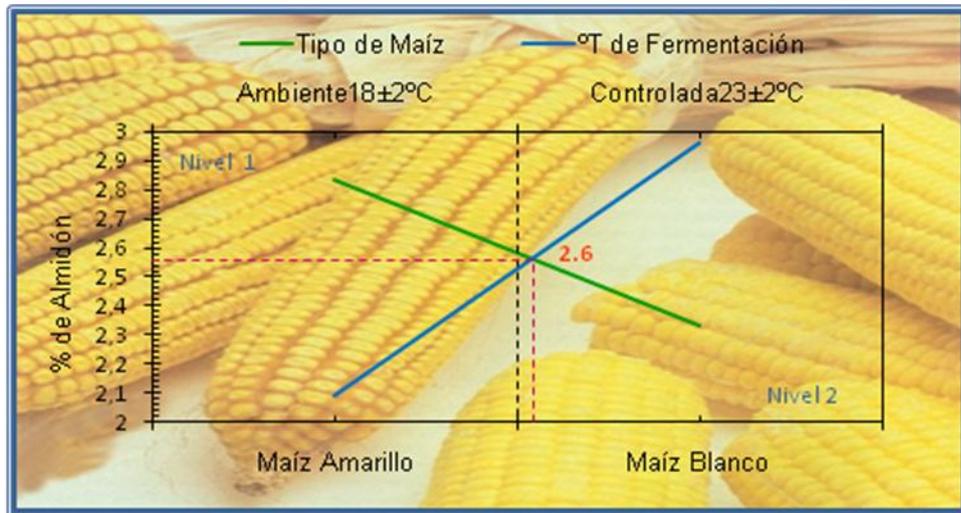
Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 % para Tipos de Maíz indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el tipo maíz blanco es el mejor tipo de maíz para el desdoblamiento del almidón en azúcares y posteriormente su consumo.

Cuadro 19: Prueba DMS al 5% para el Factor B (Temperatura de Fermentación)

TEMPERATURA	MEDIAS	RANGOS
Controlada ± 2 °C (B2)	2,72	a
Ambiente ± 2 °C (B1)	2,45	b

Al realizar la prueba, Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 % para Temperatura de fermentación indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, la temperatura ambiente (18 ± 2 °C) es la mejor para el desdoblamiento del almidón en azúcares y posteriormente su consumo.

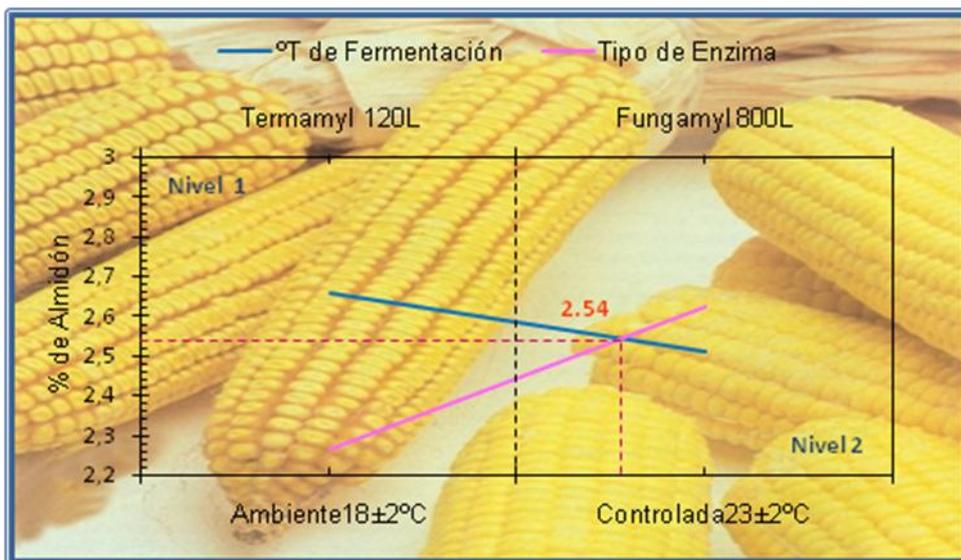
Gráfico 20: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación) para el Contenido de Almidón



El gráfico indica que, existe interacción entre los factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación), debido a que las tendencias de los mismos, se cruzan en el nivel 2.

Además, se consigue un consumo del porcentaje de almidón óptimo de 2,56 a una temperatura controlada (23±2 °C) y con el tipo de maíz blanco.

Gráfico 21: Interacción de los Factores B (Temperatura de Fermentación) y C (Tipo de Enzima) para el Contenido de Almidón



El gráfico indica que, existe interacción entre los factores B (Temperatura de Fermentación) y C (Tipo de Enzima), debido a que las tendencias de los mismos, se cruzan en el nivel 2.

Además, se consigue un consumo del porcentaje de almidón óptimo de 2,54 a una temperatura controlada (23 ± 2 °C) y con el tipo de enzima Fungamyl 800L.

Gráfico 22: Comparación de Contenido de almidón al término de la fermentación en los 8 tratamientos



El gráfico de comparación del contenido de almidón al finalizar la fermentación en los 8 tratamientos presenta una similitud entre el Tratamiento 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Termamyl 120L), Tratamiento 6 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) y el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L).

4.4.3 Análisis de Rendimiento de alcohol.

Cuadro 20: Rendimiento de alcohol.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	\sum_t	Media
--------------	--------------	----------	-------

	R1	R2	R3		
T1 (A1B1C1)	823,00	815,00	820,00	2458,00	819,33
T2 (A1B1C2)	813,00	814,00	826,00	2453,00	817,67
T3 (A1B2C1)	725,00	729,00	714,00	2168,00	722,67
T4 (A1B2C2)	732,00	735,00	730,00	2197,00	732,33
T5 (A2B1C1)	840,00	818,00	820,00	2478,00	826,00
T6 (A2B1C2)	812,00	846,00	811,00	2469,00	823,00
T7 (A2B2C1)	811,00	788,00	815,00	2414,00	804,67
T8 (A2B2C2)	817,00	819,00	821,00	2457,00	819,00
∑_r	6373	6364	6357	19094,00	795,58

Cuadro 21: Análisis de varianza de rendimiento de alcohol.

F de V	gl	SC	CM	Fc	Ft	
Total	23	39823,833			5%	1%
Tratamientos	7	38030,500	5432,929	48,47 **	2,66	4,03
A	1	12240,167	12240,167	109,21 **	4,49	8,53
B	1	16120,167	16120,167	143,82 **	4,49	8,53
C	1	140,167	140,167	1,25 NS	4,49	8,53
AxB	1	9204,167	9204,167	82,12 **	4,49	8,53
AxC	1	4,167	4,167	0,04 NS	4,49	8,53
BxC	1	308,167	308,167	2,75 NS	4,49	8,53
AxBxC	1	13,500	13,500	0,12 NS	4,49	8,53
SCE.exp	16	1793,333	112,083			

CV= 1,33%

* : Significativo

** : Altamente significativo

NS : No significativo

En el análisis de varianza para la variable rendimiento de alcohol, permite detectar significación al 1% para tratamientos, tipo de maíz, enzimas, las interacción: tipos de maíz por temperatura de fermentación, se realizó las pruebas de significación correspondientes; Tuckey para tratamientos y DMS para factores, el CV muestra que el procedimiento fue conducido de manera satisfactoria.

Cuadro 22: Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos

TRATAMIENTOS	AxBxC	MEDIAS	RANGOS
T5	A2B1C1	826,00	a
T6	A2B1C2	823,00	a
T1	A1B1C1	819,33	a
T8	A2B2C2	819,00	a

T2	A1B1C2	817,67	a
T7	A2B2C1	804,67	a
T4	A1B2C2	732,33	b
T3	A1B2C1	722,67	b

Una vez realizada la prueba de Tuckey para esta variable se obtuvo 2 rangos (a,b), lo que significa que, el Tratamiento 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (18±2 °C) + Enzima Termamyl 120L) presenta el mayor valor en la variable rendimiento de alcohol, seguido de los tratamientos T6, T1, T8, T2 y T7. Existiendo una diferencia de 103,33 ml entre el mayor y el menor rendimiento.

Cuadro 23: Prueba DMS al 5% para el Factor A (Tipo de Maíz)

TIPO	MEDIAS	RANGOS
Maíz Blanco (A2)	818,17	a
Maíz Amarillo (A1)	773,00	b

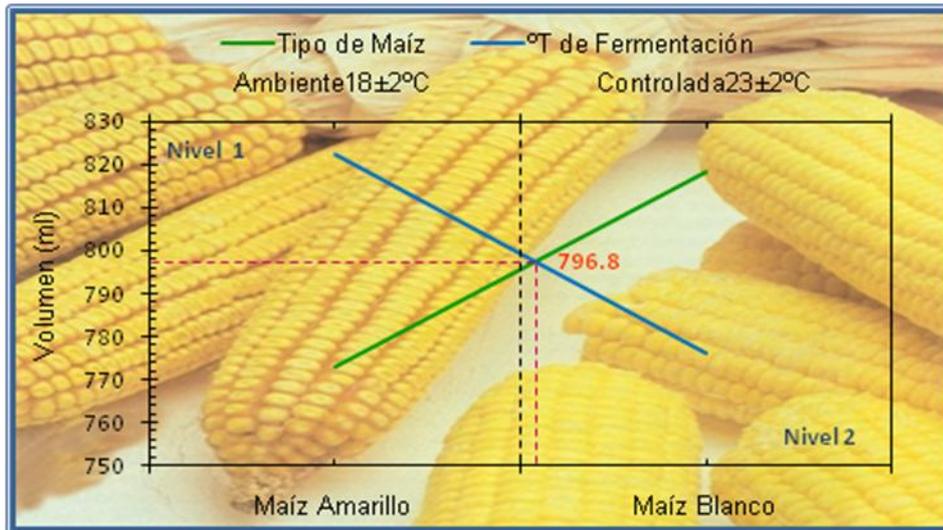
Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 % para Tipos de Maíz indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el tipo maíz blanco es el mejor tipo de maíz para la obtención de alcohol con respecto al rendimiento.

Cuadro 24: Prueba DMS al 5% para el Factor B (Temperatura de Fermentación)

TEMPERATURA	MEDIAS	RANGOS
Ambiente ± 2 °C (B1)	821,50	a
Controlada ± 2 °C (B2)	769,67	b

Al realizar la prueba, Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 % para Temperatura de Fermentación indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, la temperatura Ambiente 18±2 °C es la mejor temperatura para la obtención de alcohol con respecto al rendimiento.

Gráfico 23: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación) para el Rendimiento de Alcohol



El gráfico indica que, existe interacción entre los factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación), debido a que las tendencias de los mismos, se cruzan en el nivel 2.

Además, se consigue un volumen óptimo de 796,8 ml a una temperatura controlada ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) y con el tipo de maíz blanco.

Gráfico 24: Comparación del Rendimiento de alcohol de los 8 tratamientos



El gráfico de comparación de rendimiento de alcohol en los 8 Tratamientos presenta una similitud entre el Tratamiento 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente ($18 \pm 2^\circ\text{C}$) + Enzima Termamyl 120L) Tratamiento 6 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente ($18 \pm 2^\circ\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L) y el Tratamiento 1

(Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Fermentación Ambiente (18±2 °C) + Enzima Termamyl 120L).

4.4.4 Análisis de Grado alcohólico

Cuadro 25: Grado alcohólico

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Σ_t	Media
	R1	R2	R3		
T1 (A1B1C1)	78,20	79,10	76,50	233,80	77,93
T2 (A1B1C2)	74,80	73,10	72,40	220,30	73,43
T3 (A1B2C1)	69,70	69,20	68,70	207,60	69,20
T4 (A1B2C2)	68,40	69,70	67,50	205,60	68,53
T5 (A2B1C1)	84,50	81,30	80,60	246,40	82,13
T6 (A2B1C2)	85,50	82,70	79,90	248,10	82,70
T7 (A2B2C1)	80,50	83,20	85,00	248,70	82,90
T8 (A2B2C2)	82,60	85,00	85,50	253,10	84,37
Σ_r	624,2	623,3	616,1	1863,60	77,65

Cuadro 26: Análisis de varianza de grado alcohólico

F de V	gl	SC	CM	F _c	F _t	
Total	23	920,840			5%	1%
Tratamientos	7	871,967	124,567	40,78 **	2,66	4,03
A	1	693,375	693,375	226,99 **	4,49	8,53
B	1	47,040	47,040	15,40 **	4,49	8,53
C	1	3,682	3,682	1,21 NS	4,49	8,53
AxB	1	96,802	96,802	31,69 **	4,49	8,53
AxC	1	19,440	19,440	6,36 *	4,49	8,53
BxC	1	8,402	8,402	2,75 NS	4,49	8,53
AxBxC	1	3,227	3,227	1,06 NS	4,49	8,53
SCE.exp	16	48,873	3,055			

CV= 2,25%

* : Significativo

** : Altamente significativo

NS : No significativo

En el análisis de varianza, para la variable rendimiento de alcohol, permite detectar significación al 1% para tratamientos, tipo de maíz, temperatura de fermentación, las interacción: tipos de maíz por temperatura de fermentación y tipos de maíz por enzimas, se realizó las pruebas de significación correspondientes; Tuckey para tratamientos y DMS para factores, el CV muestra que el procedimiento fue conducido de manera satisfactoria.

Cuadro 27: Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos

TRATAMIENTOS	AxBxC	MEDIAS	RANGOS
T8	A2B2C2	84,37	a
T7	A2B2C1	82,90	a
T6	A2B1C2	82,70	a
T5	A2B1C1	82,13	a
T1	A1B1C1	77,93	b
T2	A1B1C2	73,43	b
T3	A1B2C1	69,20	c
T4	A1B2C2	68,53	c

Una vez realizada la prueba de Tuckey para esta variable se obtuvo 3 rangos (a,b,c), lo que significa que, el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) presenta el mayor valor en la variable grado alcohólico, seguido de los tratamientos T7, T6 y T5.

Cuadro 28: Prueba DMS al 5% para el Factor A (Tipo de Maíz)

TIPO	MEDIAS	RANGOS
Maíz Blanco (A2)	83,03	a
Maíz Amarillo (A1)	72,28	b

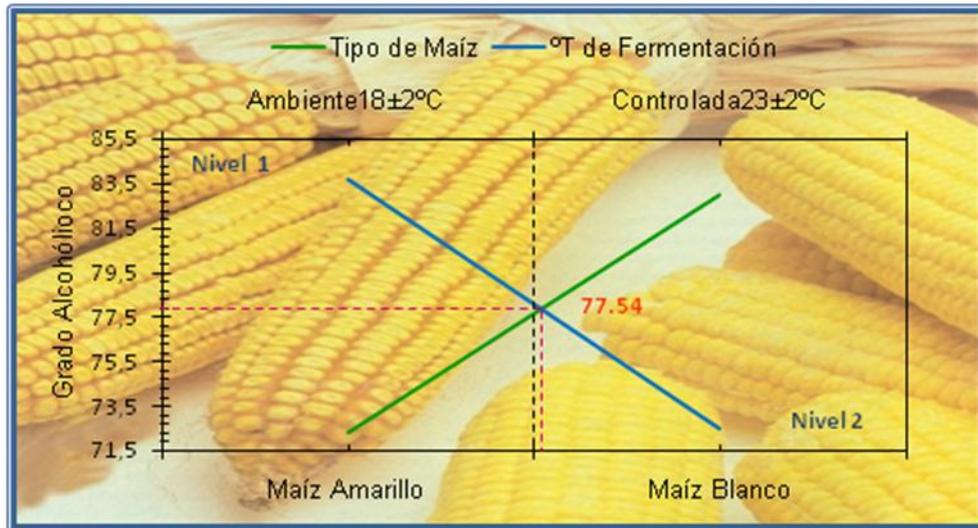
Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 % para Tipo de Maíz indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, con el tipo de maíz blanco, tuvo mayor influencia en la producción de alcohol etílico.

Cuadro 29: Prueba DMS al 5% para el Factor B (Temperatura de Fermentación)

TEMPERATURA	MEDIAS	RANGOS
Ambiente ± 2 °C (B1)	79,05	a
Controlada ± 2 °C (B2)	76,25	b

Al realizar la prueba, Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 % para Temperatura de Fermentación indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, con la temperatura ambiente (18 ± 2 °C) tuvo mayor influencia en la producción de alcohol etílico.

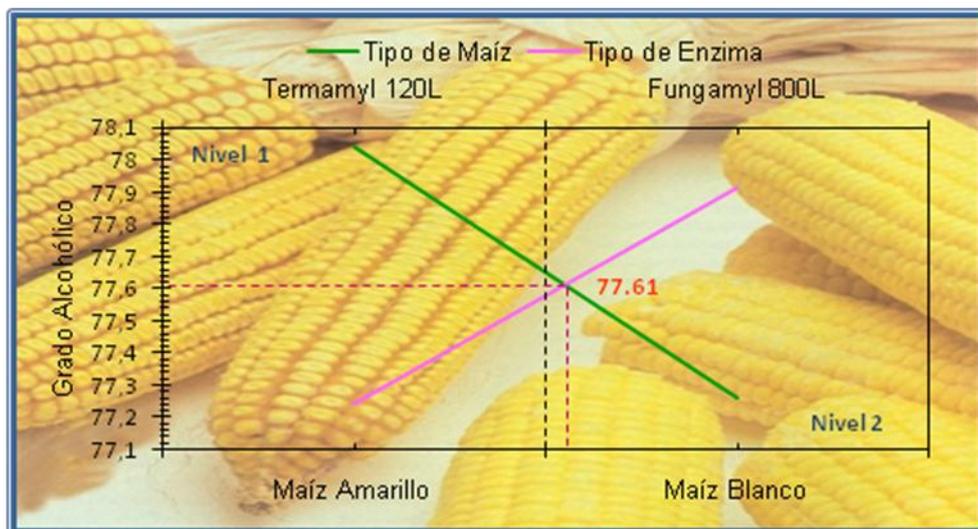
Gráfico 25: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación) para Grado Alcohólico



El gráfico indica que, existe interacción entre los factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación), debido a que las tendencias de los mismos se cruzan en el nivel 2.

Además, se consigue un grado alcohólico óptimo de 77,54 a una temperatura controlada (23 ± 2 °C) y con el tipo de maíz blanco.

Gráfico 26: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y C (Tipo de Enzima) para el Grado Alcohólico



Al representar gráficamente la interacción A x C, se observa que, las tendencias de los mismos se cruzan en el nivel 2, indicando que, el maíz Blanco y la enzima Fungamyl 800 L producen el mayor incremento de grado alcohólico.

Gráfico 27: Comparación del Grado alcohólico



Al comparar los valores del contenido de grado alcohólico, del producto terminado en la presente investigación, observamos que existe diferencia, el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) el cual presenta un grado alcohólico muy elevado, caso contrario con el Tratamiento 4 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) el cual presenta el valor mas bajo 68,53.

4.4.5 Análisis de Acidez total.

Los resultados se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 30: Resultados de acidez total.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Σ_t	Media
	R1	R2	R3		
T1 (A1B1C1)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T2 (A1B1C2)	6,40	6,20	6,30	18,90	6,30
T3 (A1B2C1)	7,10	7,10	7,10	21,30	7,10
T4 (A1B2C2)	6,90	6,30	6,90	20,10	6,70
T5 (A2B1C1)	6,40	6,50	6,60	19,50	6,50
T6 (A2B1C2)	6,60	6,60	6,40	19,60	6,53
T7 (A2B2C1)	6,60	6,20	6,40	19,20	6,40
T8 (A2B2C2)	5,60	5,80	5,70	17,10	5,70
Σ_r	52,1	51,2	51,9	155,20	6,47

Cuadro 31: Análisis de varianza de acidez total.

F de V	gl	SC	CM	F _c	F _t
--------	----	----	----	----------------	----------------

Total	23	3,653			5%	1%
Tratamientos	7	3,247	0,464	18,25 **	2,66	4,03
A	1	0,807	0,807	31,74 **	4,49	8,53
B	1	0,002	0,002	0,07 NS	4,49	8,53
C	1	0,602	0,602	23,67 **	4,49	8,53
AxB	1	1,402	1,402	55,15 **	4,49	8,53
AxC	1	0,002	0,002	0,07 NS	4,49	8,53
BxC	1	0,327	0,327	12,85 **	4,49	8,53
AxBxC	1	0,107	0,107	4,20 NS	4,49	8,53
SCE.exp	16	0,407	0,025			

CV= 2,47%

NS : No significativo

* : Significativo

** : Altamente significativo

En el análisis de varianza para la variable acidez total, permite detectar significación al 1% para tratamientos, tipo de maíz, enzima, la interacción: tipos de maíz por temperatura de fermentación y temperatura de fermentación por enzimas, se realizó las pruebas de significación correspondientes; Tuckey para tratamientos y DMS para factores, el CV muestra que, el procedimiento fue conducido de manera satisfactoria.

Cuadro 32: Prueba de Tuckey al 5% para Tratamientos

TRATAMIENTOS	AxBxC	MEDIA	RANGOS
T3	A1B1C1	7,10	a
T4	A2B1C1	6,70	a
T6	A1B1C2	6,53	b
T1	A1B2C1	6,50	b
T5	A2B1C2	6,50	b
T7	A1B2C2	6,40	b
T2	A2B2C1	6,30	b
T8	A2B2C2	5,70	c

Una vez realizada la prueba de Tuckey para esta variable se obtuvo 3 rangos (a,b,c), lo que significa que el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23±2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) presenta el menor contenido de ácido acético.

Cuadro 33: Prueba DMS al 5% para el Factor A (Tipo de Maíz)

TIPO	MEDIAS	RANGOS
Maíz Amarillo (A1)	6,65	a
Maíz Blanco (A2)	6,28	b

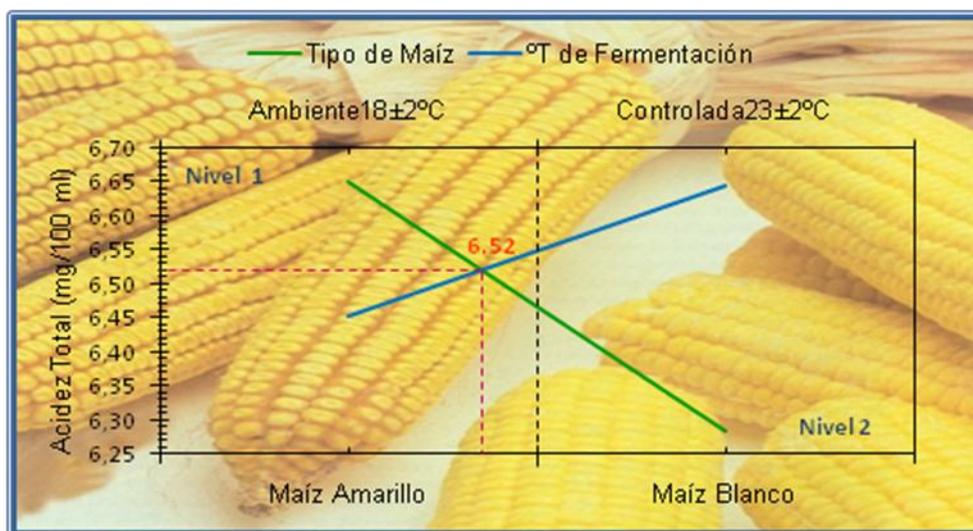
Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 % para Tipos de Maíz indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el tipo de maíz amarillo presenta mayor influencia en el incremento de ácido acético.

Cuadro 34: Prueba DMS al 5% para el Factor C (Tipo de Enzima)

ENZIMA	MEDIAS	RANGOS
Termamyl 120L	6,62	a
Fungamyl 800L	6,31	b

Al realizar la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 % para Tipo de Enzima indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, la enzima Termamyl 120 L presenta mayor influencia en el incremento de ácido acético.

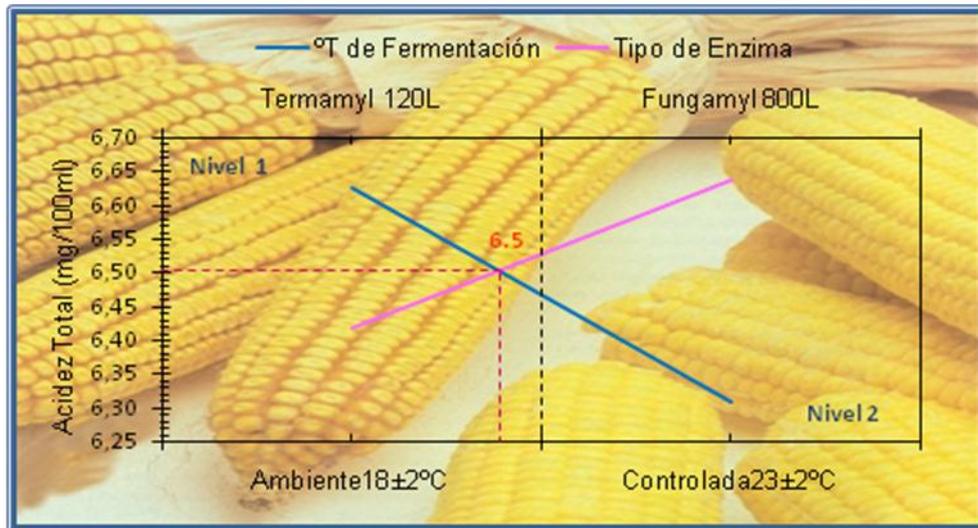
Gráfico 28: Interacción de los Factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación) para la Acidez Total



El gráfico indica que, existe interacción entre los factores A (Tipo de Maíz) y B (Temperatura de Fermentación), debido a que las tendencias de los mismos, se cruzan en el nivel 1.

Además, se consigue un volumen óptimo de 6,52 mg/100ml a una temperatura ambiente (18±2 °C) y con el tipo de maíz amarillo.

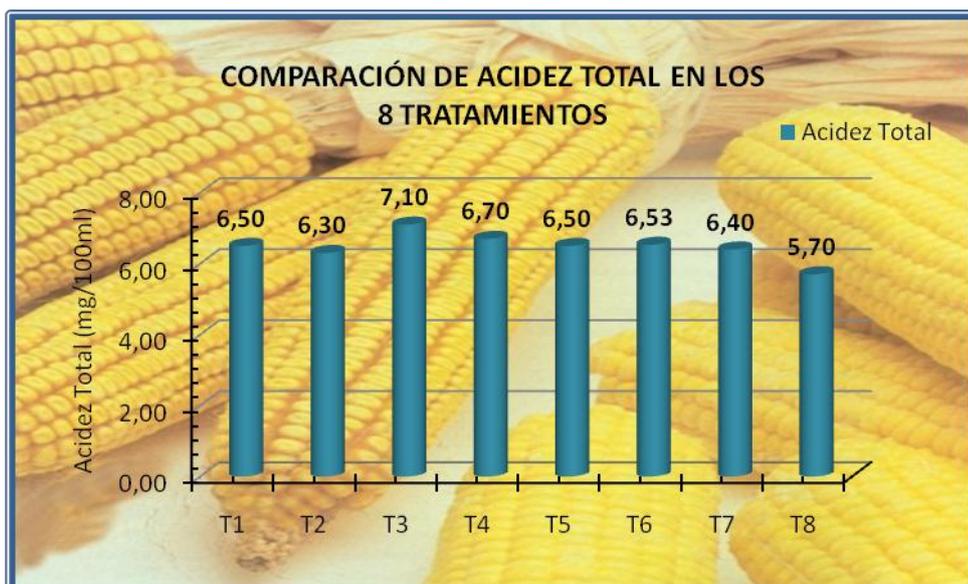
Gráfico 29: Interacción de los Factores B (Temperatura de Fermentación) y C (Tipo de Enzima) para la Acidez Total



El gráfico indica que, existe interacción entre los factores A (Tipo de Maíz) y C (Tipo de Enzima), debido a que las tendencias de los mismos, se cruzan en el nivel 1.

Además, se consigue un volumen óptimo de 6,5 mg/100ml a una temperatura ambiente (18 ± 2 °C) y con el tipo de enzima Termamyl.

Gráfico 30: Comparación de Acidez Total en los 8 tratamientos



Al comparar los valores de acidez total del producto terminado en la presente investigación se observa que, los Tratamiento 3 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Termamyl 120L), Tratamiento 4 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación

Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) presentan la mayor cantidad de ácido acético, en un rango intermedio se encuentran los Tratamientos T6, T1, T5, T7 y T2, mientras que el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) presentan la acidez más baja es decir la menor cantidad de ácido acético, los se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la norma INEN 341 “Bebidas Alcohólicas Determinación de la Acidez Total”, Anexo 10.

4.6 Análisis Organoléptico

Para el análisis organoléptico, se utilizó un panel de nueve catadores con conocimientos básicos en bebidas alcohólicas.

Para determinar esta variable, se manejó una escala hedónica para apreciar las siguientes características: Aspecto, Color, Olor y Sabor.

Para realizar la guía instructiva que nos permitió evaluar y determinar estas características, se tomó como referencia la norma INEN 350 “Bebidas alcohólicas, Ensayo de catado” ver Anexo 10.

Para la medición estadística de las características organolépticas, se utilizó la ecuación matemática de FRIEDMAN.

$$X^2 = \frac{12}{rt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

X^2 = Chi – cuadrado.

R = Rango.

t =Tratamientos.

r = Número de catadores.

4.6.1 Variable Aspecto de la bebida Alcohólica Vodka

La valoración de la característica Aspecto, ver Anexo 4.

Cuadro 35: Datos ranqueados de Aspecto

CATADOR	MUESTRAS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Σ
1	5,5	5,5	5,5	1,5	5,5	1,5	5,5	5,5	36
2	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	36
3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	36
4	5,5	5,5	5,5	1,5	5,5	1,5	5,5	5,5	36
5	6	6	2	6	6	2	2	6	36
6	2	6	6	2	6	6	2	6	36
7	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	36
8	3	3	7	3	3	7	3	7	36
9	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	36
Σ	40	44	44	32	44	36	36	48	324
X	4,44	4,89	4,89	3,56	4,89	4,00	4,00	5,33	36,00
Σ ²	1600	1936	1936	1024	1936	1296	1296	2304	13328

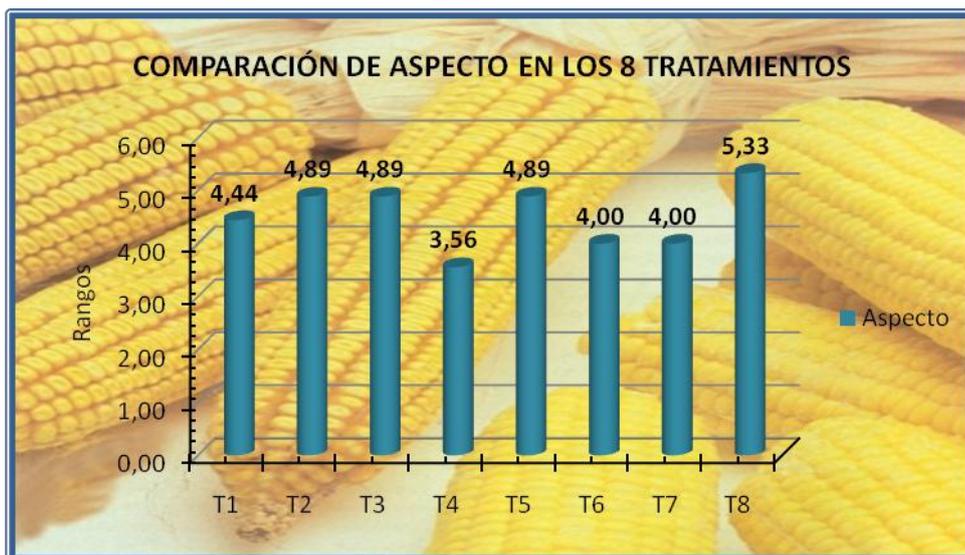
Cuadro 36: Comparación Estadística

X_C^2	1%	5%
3,81 ^{NS}	20,1	15,5

Al realizar la prueba de FRIEDMAN para la característica organoléptica de aspecto, se encontró que no existe diferencia estadística, por lo que se concluye que todos los tratamientos son iguales estadísticamente.

Para ver de mejor manera esta característica, se expone un gráfico a continuación.

Gráfico 31: Comparación de Aspecto



Como se puede observar en el gráfico, el Tratamientos 8 (Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura Controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L), tiene la medida más alta, por lo tanto la característica de color tiene buena aceptación por parte del consumidor.

4.6.2 Variable Color de la bebida Alcohólica Vodka

La valoración de la característica Color, ver Anexo 4.

Cuadro 37: Datos ranqueados de Color

CATADOR	MUESTRAS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Σ
1	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	36
2	5,5	5,5	1,5	5,5	5,5	5,5	1,5	5,5	36
3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	36
4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	36
5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	1,5	1,5	5,5	36
6	2	6	2	6	6	2	6	6	36
7	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	36
8	1	5,5	2	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	36
9	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	36
Σ	36,5	45	33,5	45	45	37	37	45	324
\bar{X}	4,06	5,00	3,72	5,00	5,00	4,11	4,11	5,00	36,00
Σ^2	1332,25	2025	1122,25	2025	2025	1369	1369	2025	13292,5

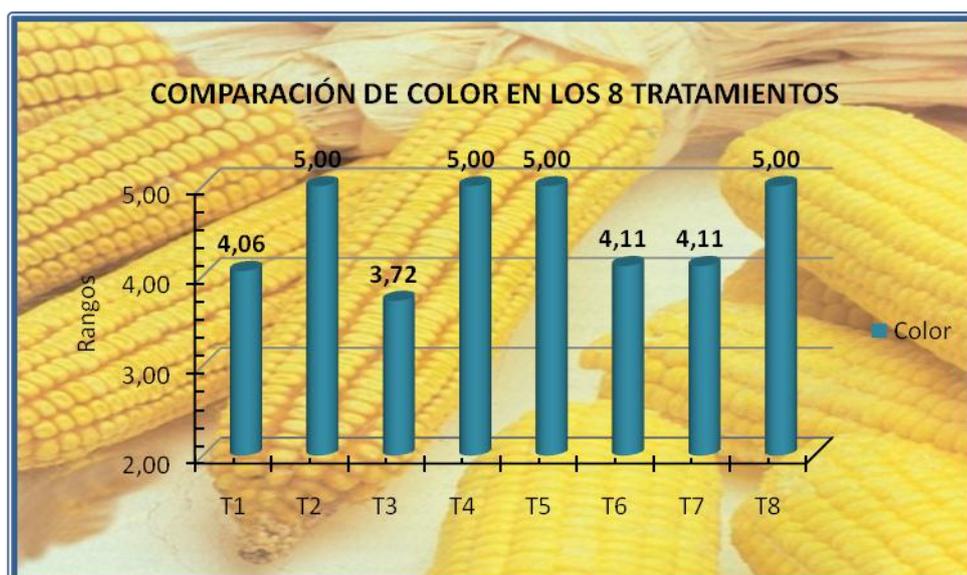
Cuadro 38: Comparación Estadística.

X_C^2	1%	5%
3,16 ^{NS}	20,1	15,5

Al realizar la prueba de FRIEDMAN para la característica organoléptica de color, se encontró que, no existe diferencia estadística, por lo que se concluye que todos los tratamientos son iguales estadísticamente.

Para ver de mejor manera esta característica, se expone un gráfico a continuación.

Gráfico 32: Comparación de Color



Como se puede observar en el gráfico, Tratamientos 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), Tratamiento 4 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), Tratamiento 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Termamyl 120L), y el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), tienen la medida más alta, por lo tanto la característica de color tiene buena aceptación por parte del consumidor.

4.6.3 Variable Olor de la bebida Alcohólica Vodka

La valoración de la característica Olor, ver Anexo 4.

Cuadro 39: Datos ranqueados de Olor

CATADOR	MUESTRAS								Σ
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
1	4,5	1	4,5	8	4,5	4,5	4,5	4,5	36

2	2,5	6,5	6,5	6,5	2,5	6,5	2,5	2,5	36
3	5,5	5,5	1,5	5,5	1,5	5,5	5,5	5,5	36
4	4	7,5	4	7,5	4	1	4	4	36
5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	1,5	1,5	5,5	36
6	3	6,5	3	6,5	6,5	3	1	6,5	36
7	6,5	2,5	2,5	6,5	2,5	6,5	2,5	6,5	36
8	1	4	4	4	4	7,5	4	7,5	36
9	2,5	2,5	2,5	2,5	6,5	6,5	6,5	6,5	36
Σ	35	41,5	34	52,5	37,5	42,5	32	49	324
\bar{X}	3,89	4,61	3,78	5,83	4,17	4,72	3,56	5,44	36,00
Σ^2	1225	1722,25	1156	2756,25	1406,25	1806,25	1024	2401	13497

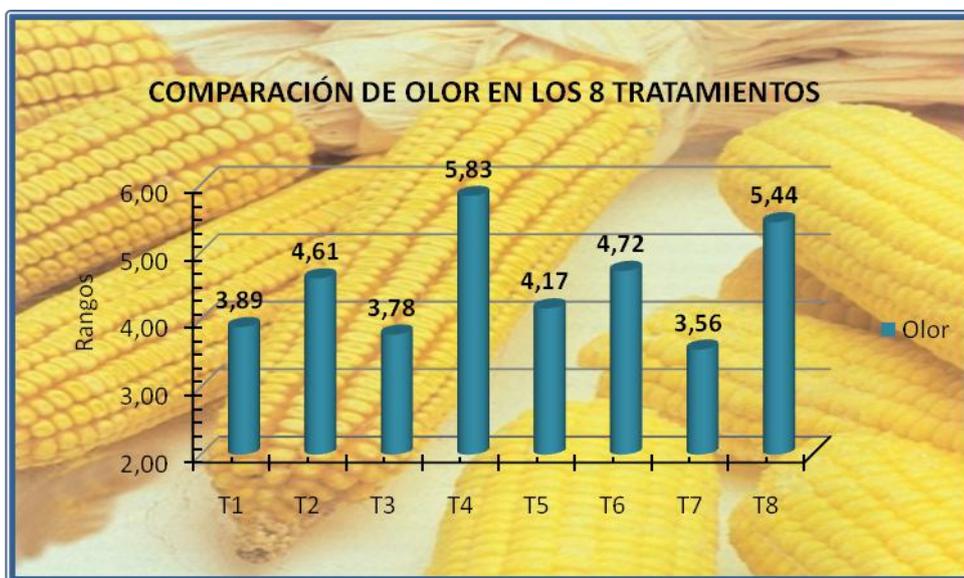
Cuadro 40: Comparación Estadística.

X_C^2	1%	5%
6,94 ^{NS}	20,1	15,5

Al realizar la prueba de FRIEDMAN para la característica organoléptica de olor, se encontró que no existe diferencia estadística, por lo que se concluye que todos los tratamientos son iguales estadísticamente.

Para ver de mejor manera esta característica, se expone un gráfico a continuación.

Gráfico 33: Comparación de Olor.



Como se puede observar en el gráfico, Tratamiento 4 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23±2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), y el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23±2 °C) + Enzima Fungamyl 800L),

tienen la medida más alta, por lo tanto la característica de color tiene buena aceptación por parte del consumidor.

4.6.4 Variable Sabor de la bebida Alcohólica Vodka

La valoración de la característica Sabor, ver Anexo 4.

Cuadro 41: Datos ranqueados de Sabor

CATADOR	MUESTRAS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Σ
1	5,5	1,5	5,5	1,5	5,5	5,5	5,5	5,5	36
2	6,5	6,5	2,5	2,5	2,5	6,5	2,5	6,5	36
3	4	4	4	7,5	4	1	4	7,5	36
4	4	4	7,5	4	1	4	7,5	4	36
5	6	6	2	6	6	2	2	6	36
6	1,5	6,5	3,5	1,5	6,5	6,5	3,5	6,5	36
7	1,5	4,5	4,5	7,5	1,5	4,5	7,5	4,5	36
8	1	3,5	7	3,5	7	3,5	3,5	7	36
9	4,5	8	4,5	4,5	4,5	4,5	1	4,5	36
Σ	34,5	44,5	41	38,5	38,5	38	37	52	324
X	3,83	4,94	4,56	4,28	4,28	4,22	4,11	5,78	36,00
Σ ²	1190,25	1980,25	1681	1482,25	1482,25	1444	1369	2704	13333

Cuadro 42: Comparación Estadística.

X ²	1%	5%
3,91 ^{NS}	20,1	15,5

Al realizar la prueba de FRIEDMAN para la característica organoléptica de sabor, se encontró que no existe diferencia estadística, por lo que se concluye que todos los tratamientos son iguales estadísticamente.

Para ver de mejor manera esta característica, se expone un gráfico a continuación.

Gráfico 34: Comparación de Sabor



Como se puede observar en el gráfico, Tratamientos 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), y el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), tienen la medida más alta, por lo tanto la característica de color tiene buena aceptación por parte del consumidor.

4.6.5 Aceptación General de los 8 Tratamientos

La valoración de todas las características, ver Anexo 4.

Cuadro 43: Datos ranqueados de todas las variables organolépticas.

Características	MUESTRAS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Σ
Aspecto	4	6	6	1	6	2,5	2,5	8	36
Color	1,5	6,5	1,5	6,5	6,5	3,5	3,5	6,5	36
Olor	2,5	5,5	2,5	8	4	5,5	1	7	36
Sabor	1	7	6	3,5	3,5	3,5	3,5	8	36
Σ	9	25	16	19	20	15	10,5	29,5	144
\bar{X}	2,25	6,25	3,2	4,75	5	3,75	2,63	7,38	36
%	6,25	17,36	8,89	13,19	13,89	10,4	7,31	20,5	100

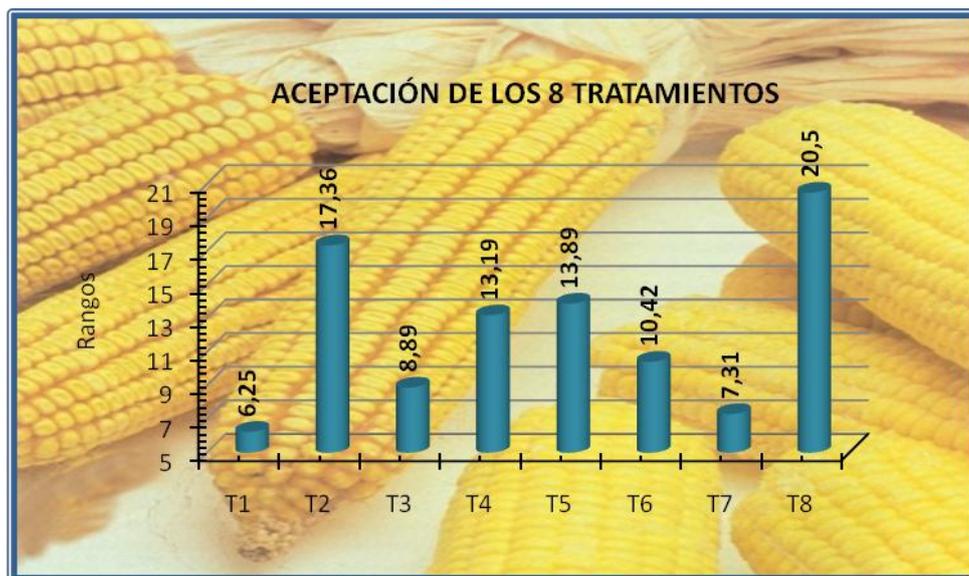
Cuadro 44: Tabulación estadística de las variables organolépticas

VARIABLE	F_c	F_t	
		5%	1%
ASPECTO	3,81 ^{NS}	15,5	20,1
COLOR	3,16 ^{NS}	15,5	20,1
OLOR	6,94 ^{NS}	15,5	20,1
SABOR	3,91 ^{NS}	15,5	20,1

El cuadro 45 indica que, los productos tuvieron aceptación, ya que, no existió significación estadística al 5% en ninguna de las características organolépticas, demostrándose que hay aceptabilidad por parte del consumidor hacia esta nueva alternativa en vodka.

Para ver mejor la aceptación, se expone un gráfico a continuación.

Gráfico 35: Aceptación general



Como se puede observar en el gráfico, Tratamientos 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), y el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), tienen el mayor porcentaje de aceptación por parte del consumidor.

4.7 Comparaciones comerciales

Para la realización de este análisis, se tomó a los mejores tratamientos de este producto Tratamiento 2 (Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 120L) y Tratamiento 8 (Maíz Blanco de Grano Vitrio + Temperatura Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 120 L) y se realizó las pruebas organolépticas correspondientes con 7 catadores.

Las muestras corresponden a:

A = Tratamiento 2

B = Tratamiento 8

C = Vodka Aira

D = Vodka Konik

4.7.1 Variable Aspecto de las comparaciones comerciales

La valoración de la característica Aspecto, ver Anexo 5.

Cuadro 45: Datos ranqueados de Aspecto

CATADOR	MUESTRAS				
	A	B	C	D	Σ
1	3,5	1,5	1,5	3,5	10
2	2	4	2	2	10
3	3	1	3	3	10
4	2,5	2,5	2,5	2,5	10
5	2,5	2,5	2,5	2,5	10
6	3,5	1,5	1,5	3,5	10
7	2,5	2,5	2,5	2,5	10
Σ	19,5	15,5	15,5	19,5	70
\bar{X}	2,79	2,21	2,21	2,79	10,00
Σ^2	380,25	240,25	240,25	380,25	1241

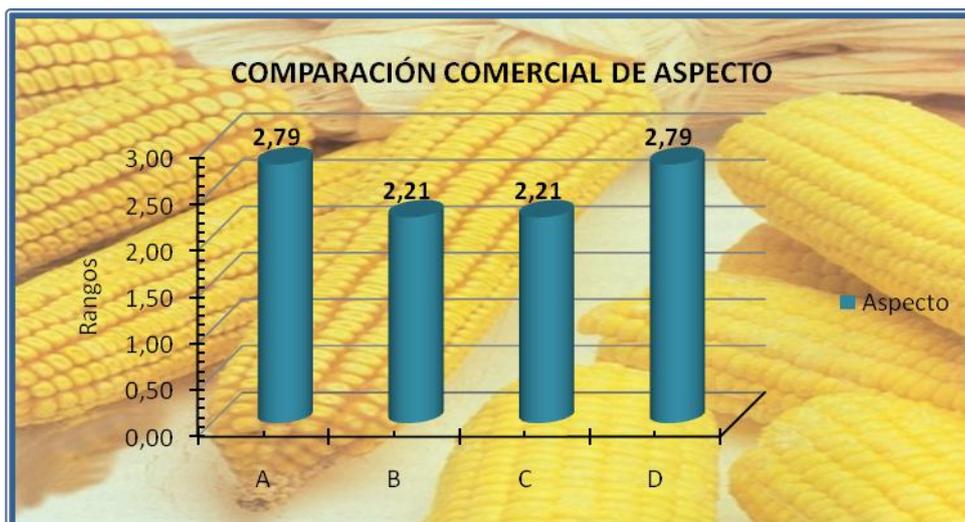
Cuadro 46: Comparación Estadística.

χ^2_C	1%	5%
1,37 ^{NS}	13,3	9,49

Al realizar la prueba de FRIEDMAN para la característica organoléptica de aspecto, se encontró que no existe diferencia estadística, por lo que se concluye que todos los tratamientos son iguales estadísticamente.

Para ver de mejor manera esta característica, se expone un gráfico a continuación.

Gráfico 36: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, Aspecto



Como se puede observar en el gráfico, Tratamientos 2 (A) (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), y el Vodka Konik tienen la medida más alta, superando a las demás marcas.

4.7.2 Variable Color de las comparaciones comerciales

La valoración de la característica Color, ver Anexo 5.

Cuadro 47: Datos ranqueados de Color

CATADOR	MUESTRAS				
	T1	T2	T3	T4	Σ
1	2,5	2,5	2,5	2,5	10
2	3,5	1,5	3,5	1,5	10
3	3,5	1,5	1,5	3,5	10
4	2,5	2,5	2,5	2,5	10
5	2,5	2,5	2,5	2,5	10
6	2,5	2,5	2,5	2,5	10
7	2	4	2	2	10
Σ	19	17	17	17	70
\bar{X}	2,71	2,43	2,43	2,43	10,00
Σ^2	361	289	289	289	1228

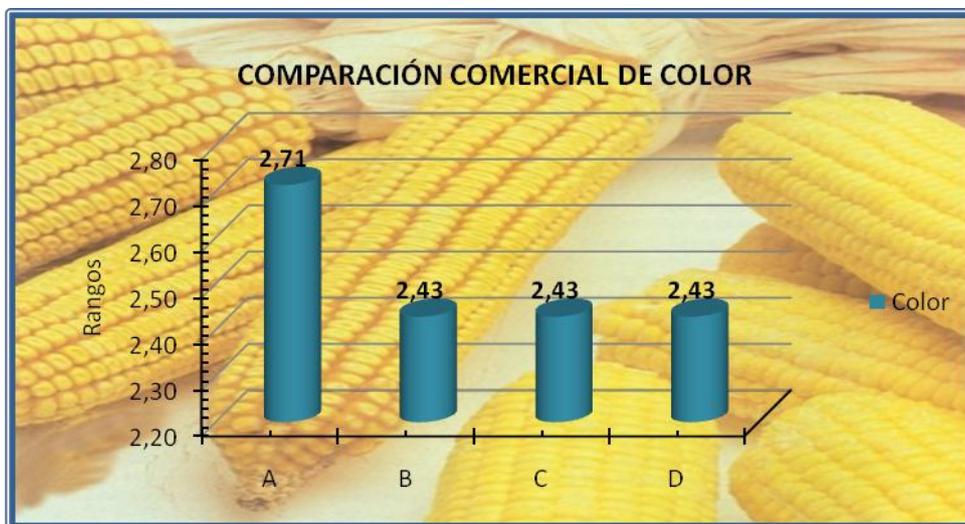
Cuadro 48: Comparación Estadística.

X_C^2	1%	5%
0,26 ^{NS}	13,3	9,49

Al realizar la prueba de FRIEDMAN para la característica organoléptica de color, se encontró que no existe diferencia estadística, por lo que se concluye que todos los tratamientos son iguales estadísticamente.

Para ver de mejor manera esta característica, se expone un gráfico a continuación.

Gráfico 37: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, Color



Como se puede observar en el gráfico, Tratamientos 2 (A) (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C)), tiene la medida más alta, superando a las demás marcas.

4.7.3 Variable Olor de las comparaciones comerciales

La valoración de la característica Olor, ver Anexo 5.

Cuadro 49: Datos ranqueados de Olor

CATADOR	MUESTRAS				
	T1	T2	T3	T4	Σ
1	2	2	4	2	10
2	3,5	3,5	1,5	1,5	10
3	1,5	3,5	3,5	1,5	10
4	3	3	1	3	10
5	2,5	2,5	2,5	2,5	10
6	2	4	2	2	10
7	1,5	3,5	3,5	1,5	10
Σ	16	22	18	14	70
\bar{X}	2,29	3,14	2,57	2,00	10,00
Σ^2	256	484	324	196	1260

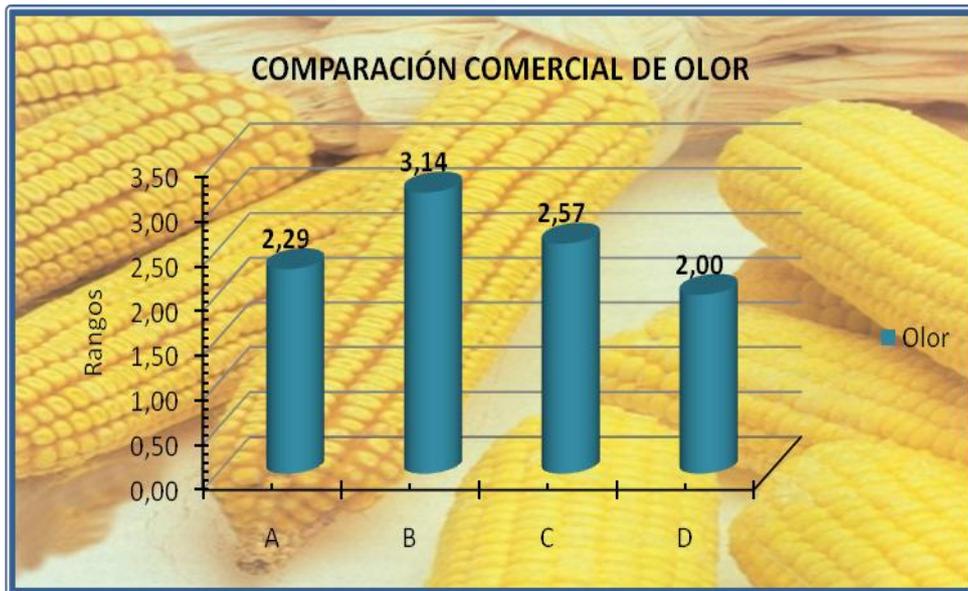
Cuadro 50: Comparación Estadística

X_C^2	1%	5%
3,00 ^{NS}	13,3	9,49

Al realizar la prueba de FRIEDMAN para la característica organoléptica de olor, se encontró que no existe diferencia estadística, por lo que se concluye que todos los tratamientos son iguales estadísticamente.

Para ver de mejor manera esta característica, se expone un gráfico a continuación.

Gráfico 38: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, Olor



Como se puede observar en el gráfico, Tratamientos 8 (B) (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C)), tiene la medida más alta superando a las demás marcas.

4.7.4 Variable Sabor de las comparaciones comerciales

La valoración de la característica Sabor, ver Anexo 5.

Cuadro 51: Datos ranqueados de Sabor

CATADOR	MUESTRAS				Σ
	T1	T2	T3	T4	
1	1	3	3	3	10
2	1,5	4	3	1,5	10
3	3,5	3,5	1	2	10
4	1,5	3,5	1,5	3,5	10
5	3	3	3	1	10
6	2	3,5	3,5	1	10
7	1,5	4	1,5	3	10
Σ	14	24,5	16,5	15	70
\bar{X}	2,00	3,50	2,36	2,14	10,00
Σ^2	196	600,25	272,25	225	1293,5

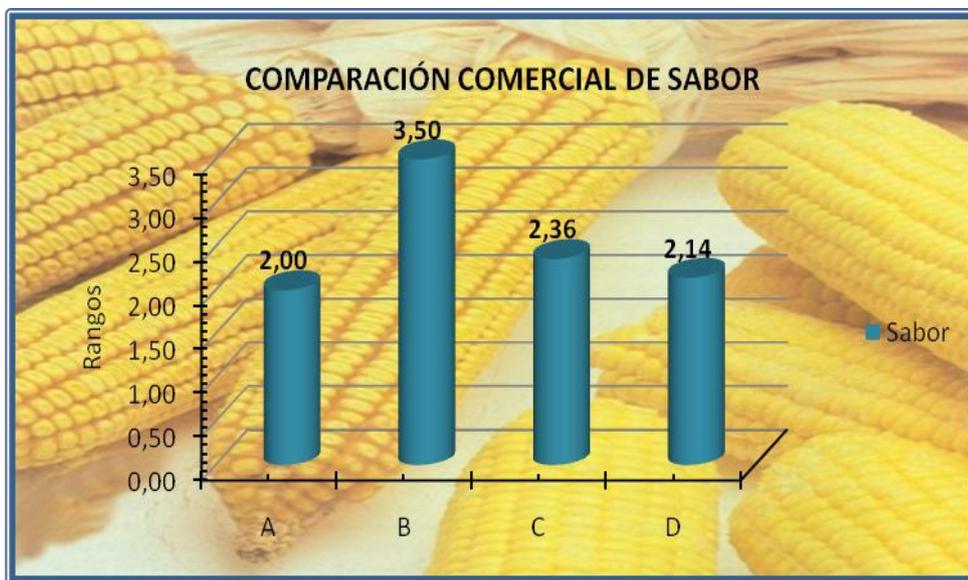
Cuadro 52: Comparación Estadística

X_C^2	1%	5%
5,87 ^{NS}	13,3	9,49

Al realizar la prueba de FRIEDMAN para la característica organoléptica de sabor, se encontró que no existe diferencia estadística, por lo que se concluye que todos los tratamientos son iguales estadísticamente.

Para ver de mejor manera esta característica, se expone un gráfico a continuación.

Gráfico 39: Comparaciones comerciales de las 4 muestras, Sabor



Como se puede observar en el gráfico, Tratamientos 8 (B) (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C)), tiene la medida más alta, superando a las demás marcas.

4.7.5 Aceptación Comercial General

La valoración comercial general de todas las características, ver Anexo 4.

Cuadro 53: Datos ranqueados de las variables organolépticas

Características	MUESTRAS				Σ
	A	B	C	D	
Aspecto	3,5	1,5	1,5	3,5	10
Color	4	2	2	2	10
Olor	2	4	3	1	10
Sabor	1,5	4	3	1,5	10
Σ	11,5	11,5	9,5	8	40
\bar{X}	2,87	2,87	2,38	2	10
%	27,5	28,7	23,8	20	100

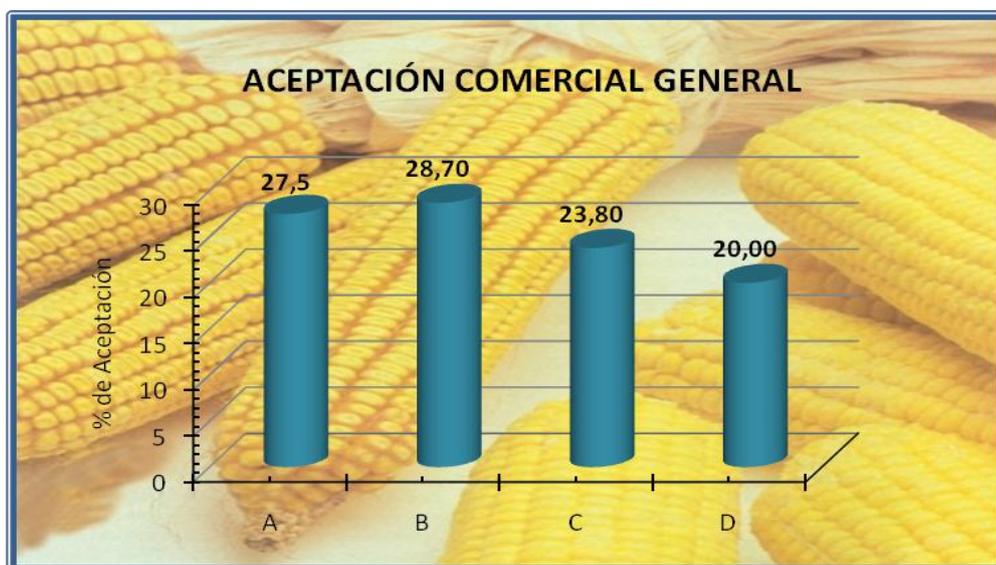
Cuadro 54: Tabulación estadística de las variables organolépticas

VARIABLE	F _c	F _t	
		5%	1%
ASPECTO	3,81 ^{NS}	15,5	20,1
COLOR	3,16 ^{NS}	15,5	20,1
OLOR	6,94 ^{NS}	15,5	20,1
SABOR	3,91 ^{NS}	15,5	20,1

El cuadro 54, indica que los Tratamientos (T2 y T8) tuvieron aceptación, ya que no existió significación estadística al 5% en ninguna de las características organolépticas, demostrándose que hay aceptabilidad por parte del consumidor hacia esta nueva alternativa en vodka.

Para ver mejor la aceptación, se expone un gráfico a continuación.

Gráfico 40: Aceptación General de los tratamientos 2 y 8 vs. los comerciales.

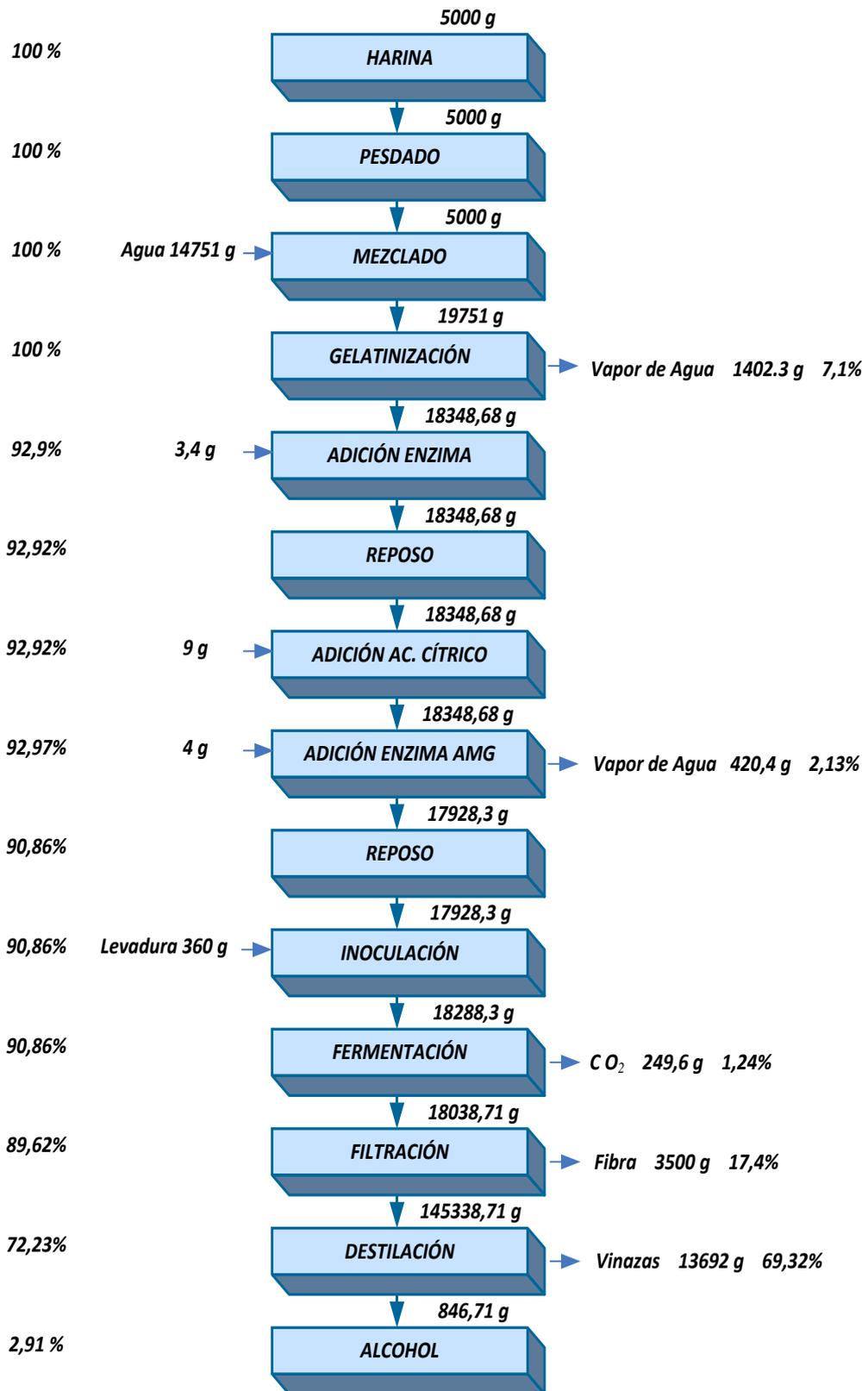


Como se puede observar en el gráfico, Tratamiento 8 (B) (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), tiene el porcentaje de aceptación mas alto, superando a las demás marcas.

4.8 BALANCE DE MATERIALES.

A continuación se presenta el balance de materiales para la elaboración de vodka.

Figura 2 :Diagrama de bloques para la obtención de bebida alcohólica de maíz (Vodka)



En la figura 2, se presenta el balance de materiales de elaboración de la bebida alcohólica destilada del Tratamiento 6 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), la cual indica que para obtener 0,846 Kg similar a 846ml de bebida destilada se parte de 5 Kg de harina con 14,751Kg de agua, obteniendo una mezcla equivalente a 19,751Kg. Durante el proceso, las pérdidas en cuanto a vapor de agua fueron de 9,23% en las fases de gelatinización y adición de enzima, en la fase de fermentación también se perdió 1,24% por liberación de CO_2 , en el proceso de filtración, las pérdidas alcanzaron un 17,4% lo que corresponde a fibra, las vinazas desechadas del proceso de destilación que no son más que pérdidas correspondieron a un 69,32%, obteniendo de esta manera un 2,91% de rendimiento de alcohol a partir del mosto. Para este proceso se utilizó un equipo de vidrio con una columna de rectificación y dos de concentración.

4.9 COSTOS DEL PROCESO.

En el siguiente cuadro, se aprecia los costos de las materias primas e insumos utilizados en la elaboración de vodka.

Cuadro 55: Costos de producción del mejor tratamiento

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Maíz blanco	Kg	5	0,88	4,40
Molida del grano de maíz	Kg	5	0,09	0,44
Enzima Termamyl.	g	3,4	0,016	0,054
Enzima AMG	g	4,00	0,016	0,064
Levadura	g	360	0,006	2,16
Acido cítrico	g	9,00	0,0026	0,023
Agua fermentación	l	15	0,13	1,95
Agua estandarización	l	1	0,60	0,60
Botellas	c/u	2	0.05	0.1

Costo total: 9,79 USD

Volumen obtenido: 846,71 ml a 82,7 °GL

Volumen total obtenido: 1750,47 ml a 40 °GL

Numero de botellas de 750 ml: 2

Precio estimado de cada botella de 750 ml: 4,90 USD

CAPÍTULO V

Conclusiones

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la investigación se plantea las siguientes conclusiones.

1. Se determinó que las mejores condiciones de fermentación se dieron en el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) por que su valor de acidez fué el mas bajo siendo de 5,70 mg/100ml , que corresponde a la cantidad de ácido acético producido durante la fermentación valor que esta dentro de la Norma INEN 369 “Vodka Requisitos”(Anexo 10).
2. El análisis de contenido de almidón en el maíz determinó que; la mejor variedad para la elaboración de vodka es el maíz blanco, alcanzando un 75,24% , siendo mayor que el maíz amarillo el cual obtuvo el 68,91 %.
3. Bajo las condiciones de pH y temperatura establecidas por Novo Nordisk (anexo 13 y 14), las enzimas Termamyl 120L y Fungamyl 800L hidrolizan efectivamente las cadenas de almidón de los dos tipos de maíz.
4. La temperatura de fermentación no influye en las características organolépticas del producto final.
5. El Tratamiento 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Termamyl 120L) obtuvo el rendimiento en volumen más alto siendo 826,00 ml, mientras los restantes tratamientos se mantuvieron en un rango de 823,00ml y 722,67ml.

6. El mayor grado alcohólico logró el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) con 84,37 °GL debido a que existió un buen desdoblamiento del almidón en azúcares fermentables.
7. En el caso del pH, los tratamientos llegaron a estabilizarse en un rango de 3,04 a 3,06, previo a su destilación.
8. Referente a porcentaje de sólidos solubles, el consumo más acelerado de azúcares se observó entre los días cero y uno, dado que en el día cero se hallaban en 16 °Brix mientras que, para el día uno se encontraban en 13°Brix, en los días siguientes tuvieron un descenso lento hasta llegar a un rango de 3,34 a 3,56 °Brix.
9. En lo que respecta a ésteres se presentaron como mejores tratamientos el 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) y el 8(Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) con 2,08mg/100ml y 2,09mg/100ml respectivamente. Los demás tratamientos registran valores entre 2,24 mg/100ml y 2,76 mg/100ml, los cuales están comprendidos dentro de la Norma INEN 369 “Vodka Requisitos”(Anexo 10).
10. En el análisis de presencia de metanol, el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) se presentó con el contenido más bajo por lo que se lo considera como el mejor con 0,44mg/100ml y los tratamientos restantes obtuvieron valores superiores pero no más de lo que indica la norma INEN 369 “Vodka Requisitos”(Anexo 10).
11. En los 8 tratamientos no se registró presencia de furfural tal como lo manifiesta el límite permitido por la norma INEN 369 “Vodka Requisitos”(Anexo 10).

12. Para contenido de aldehídos el tratamiento 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) presentó un 0,15 mg/ml mostrándose como el menor, por otro lado los demás tratamientos se mantuvieron en (0,16 y 0,17)mg/100ml encontrándose dentro de los valores de la norma INEN 369 “Vodka Requisitos”(Anexo 10).
13. El tratamiento 4 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) presentó el valor mínimo en contenido de alcoholes superiores con 4,61mg/100ml los demás tratamientos se encuentran entre (4,66 y 4,76)mg/100ml, cumpliendo con la norma INEN 369 “Vodka Requisitos”(Anexo 10).
14. En lo que se refiere a características organolépticas obtenidas de la primera catación de los 8 tratamientos se presentaron como mejores el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) y el Tratamiento 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L).
15. A los mejores tratamientos obtenidos de la primera catación que fueron el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) y el Tratamiento 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L), se comparó con dos comerciales, (Konik y Aira), teniendo una mejor aceptación los tratamientos por encima de las marcas comerciales.
16. Finalmente se considera que el mejor tratamiento en general de acuerdo a las variables evaluadas, análisis químicos y organolépticos realizados es el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L).
17. El costo de producción de una botella de 750 ml tiene un valor de 4,90 USD.

18. En la presente investigación se pudo obtener como mejor tratamiento al T8 (Maíz Blanco de Grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Enzima Fungamyl 800L), es decir el tipo de maíz, la temperatura de fermentación si influyen para la obtención de la bebida alcohólica Vodka.

CAPÍTULO VI

Recomendaciones

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a esta investigación, para la producción de vodka en forma comercial se recomienda usar el tipo de maíz blanco, por poseer un porcentaje mayor de almidón, permitiendo así obtener un mejor rendimiento en la obtención de alcohol y, además por presentar mejores características organolépticas en el producto final.
2. Se debe recoger un volumen mayor de cabezas para de esta manera eliminar una mayor cantidad de metabolitos secundarios, también se debe realizar los análisis químicos del producto como son contenido de congéneres y así, se obtendrá un mayor margen de seguridad para que se demuestre que el producto es apto para el consumo humano
3. Las fracciones de la destilación como: cabezas y colas que no son consideradas como bebidas alcohólicas por tener compuestos nocivos para el ser humano, pueden tener un uso industrial como solventes para el caso de las cabezas y de las colas se puede hacer una redestilación y obtener un alcohol de mayor grado que también puede tener uso industrial.
4. En lo que se refiere a la fibra y vinazas que, son productos de desecho de la filtración y destilación se recomienda hacer análisis de contenido nutricional para darle un aprovechamiento adecuado sea para alimentación animal o como abono orgánico.

5. Para disminuir costos se recomienda usar en todo el proceso agua potable y adquirir materia prima en época de mayor producción.

CAPÍTULO VII

Resumen

CAPÍTULO VII

RESUMEN

El vodka es una bebida alcohólica obtenida a partir de la fermentación y destilación de maíz, trigo, otros cereales y de la papa, se caracteriza por su pureza química por lo que presenta un olor y sabor suaves.

La presente investigación se basó en la evaluación de dos tipos de maíz (maíz blanco y maíz amarillo) para la obtención de vodka probando dos tipos de enzimas amilasas (Termamyl 120 Type L y Fungamyl 800 L) y a diferentes temperaturas (Ambiente 18 ± 2 °C y Controlada 23 ± 2 °C).

La fase de fermentación se llevo a cabo en la Parroquia de Caranqui, la destilación y análisis físico-químicos se realizaron en la Industria Licorera y Embotelladora del Norte SA, ILENSA, en la Ciudad de Ibarra.

Para el análisis estadístico se empleó, un diseño completamente al azar con arreglo factorial $A \times B \times C$, el mismo que se utilizó para las variables: contenido de almidón, grado alcohólico, acidez total, porcentaje de sólidos solubles, potencial hidrógeno, tiempo de fermentación, rendimiento de alcohol, contenido de congéneres y pruebas organolépticas (aroma, color, sabor, aspecto). La determinación de diferencia significativa se realizó con la prueba de TUKEY para el caso de tratamientos y DMS en el caso de factores.

Con los resultados obtenidos se pudo identificar los mejores tratamientos siendo: en grado alcohólico el T8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) con 84,37 °GL

mientras que para el caso de rendimiento el mejor fue el T5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Termamyl 120L) con 826,00 ml, en lo que corresponde a acidez el tratamiento que obtuvo menor contenido de ácido acético fue el T8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) considerándose como mejor, por otro lado al final de la fermentación se realizó análisis de contenido de almidón presentándose como el tratamiento que tuvo un adecuado desdoblamiento de almidón en azúcar el 5 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Termamyl 120L).

Con el objeto de conocer la calidad química del vodka se hizo análisis de contenido de congéneres (ésteres, aldehídos, metanol, alcoholes superiores y furfural) resultando como el mejor tratamiento el 2 (Tipo de Maíz Amarillo Amiláceo + Temperatura de Fermentación Ambiente (18 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L).

Para conocer la aceptación del vodka se lo sometió a pruebas organolépticas presentándose el Tratamiento 8 (Tipo de Maíz Blanco de grano Vitrio + Temperatura de Fermentación Controlada (23 ± 2 °C) + Enzima Fungamyl 800L) como el mejor frente a los demás tratamientos y a los productos comerciales.

CAPÍTULO VIII

Summary

CAPÍTULO VIII

SUMMARY

Vodka is an alcoholic drink obtained through the fermentation and distillation of corn, wheat, and other cereals and potatoes. It is characterized by its chemical pureness so that it presents soft taste and flavor.

This research is based on the evaluation of two kinds of corn (white corn and yellow corn) to obtain vodka trying two different kinds of amylase enzymes (Termamyl 120 Type L and Fungamyl 800L) at different temperatures (room temperature $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ and controlled temperature $23\pm 2^{\circ}\text{C}$).

The fermentation stage was carried out in Caranqui parish, the distillation and physical-chemical analysis in Industria Licorera factory and Embotelladora of Norte SA, ILENSA, in Ibarra City.

For the statistic analysis, a complete at random design was used with the factorial arrangement $A \times B \times C$, which was used for the variables: starch content, alcohol degree, total acidity, percentage of soluble solids, hydrogen potential, fermentation time, alcohol yield, congener content and tasting proof (flavor, color, taste, appearance). The determination of a significant difference was carried out with the TUKEY proof with regard to the treatments and DMS in regard with factors.

With the obtained results, as the best treatments were identified: for the alcohol degree it was T8 (White corn, Vitrio grain + controlled fermentation temperature ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Fungamyl enzyme 800L) with 84,37 °GL, while with regard to the best yield was T5 (White corn, Vitrio grain + fermentation at room temperature

($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Termamyl Enzyme 120L) with 826,00 ml. Referring to the acidity, the treatment with the lowest content of acetic acid was 8 (White corn, Vitrio grain + controlled fermentation temperature ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Fungamyl enzyme 800L) considered as the best one. On the other hand, at the end of the fermentation, an analysis of the starch content was carried out proving as the treatment with an appropriate division of starch into sugar treatment 5 (White corn, Vitrio grain + fermentation at room temperature ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Termamyl enzyme 120L).

In order to know about the chemical quality of vodka, the content of congeners (esters, aldehydes, methanol, superior and furfural alcohols) was analyzed giving as a result that the best treatment is 2 (yellow amylaceous corn + fermentation at room temperature ($18\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Fungamyl enzyme 800L).

To know about the acceptance of vodka, it was submitted to tasting proofs presenting the treatment 8 (White corn, Vitrio grain + controlled fermentation temperature ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) + Fungamyl enzyme 800L) as the best one compared to the other treatments and the commercial products.

CAPÍTULO IX

Referencias Bibliográficas

CAPÍTULO IX

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Libros consultados:

1. **BRAVERMAN J.B.S. (1980);** Introducción a la Bioquímica de los Alimentos; Editorial El Manual Moderno; México D.F.
2. **CALLEJO MARÍA (2002);** Industrias de Cereales y Derivados; Colección Tecnología De Alimentos; Ediciones AMV.
3. **CASTAÑEDA PEDRO (1990);** El Maíz y su Cultivo; Agt. Editor, S.A., México, D.F.
4. **CORDOVÍ EDUARDO (1988);** Bebidas Notables; Editorial Oriente; Santiago De Cuba.
5. **DE ROSA TULLIO (1998);** Tecnología de los Vinos Blancos; Ediciones Mundi-Prensa; Barcelona-España.
6. **FLANZY CLAUDE (2000);** Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos; Ediciones Mundi-Prensa; Madrid-España.
7. **GONZÁLES REYMUNDO (1978);** Microbiología de la Bebidas; Pueblos Y Educación Ediciones; La Habana-Cuba.
8. **LARRAÑAGA, otros (1999);** Control e Higiene de los Alimentos; España.
9. **OWEN FENNERA (1982);** Introducción a la Ciencia de los Alimentos; Barcelona-España.
10. **PALACIO HERNÁN (1956);** Fabricación del Alcohol; SALVAT Editores S.A.; Barcelona-España.
11. **POTTER N. Y HOTCHKISS J (1999);** Ciencia de los Alimentos; Editorial Acribia S.A.; Zaragoza-España.
12. **POZO N. Y GALLEGOS L. (2006);** Tesis: Determinación de los Parámetros Óptimos en la Elaboración de una Bebida Alcohólica a Partir de Yuca.
13. **QUEZADA WALTER (2000);** Determinación de los Parámetros Óptimos para la Producción de Harina de Chonta y la utilización en la Alimentación Humana; Proyecto De Investigación Financiado UTN-CONESUP.

14. **VELASTEGUÍ RAMIRO (1992);** El Cultivo de la Yuca en el Ecuador Comercialización, Impacto en la Agroindustria, Aspectos Socio-Económicos y de Organización de Productores; FUNDAGRO-INIAP-CIAT; Quito-Ecuador.

Consulta en el Ministerio al Ing. Ángel Maila:

15. **MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEL ECUADOR;**
Imbabura-Ecuador.

Páginas Web consultadas:

16. **ACTIVIDAD ENZIMÁTICA;** [Página web en línea]; Disponible: www.lab-ferrer.com/documentacio/enzima.pdf [Consulta: 2008, Enero 17].
17. **AMILASA;** [Página web en línea]; Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Amilasa>; [Consulta: 2008 Enero17].
18. **ALMIDÓN;** [Página web en línea]; Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>; [Consulta: 2007, Octubre 15].
19. **BEBIDAS VODKA / WODKA;** [Página web en línea]; Disponible: <http://www.zonadiet.com/bebidas/a-vodka.htm>; [Consulta: 2007, Octubre 9].
20. **CROMATORAFÍA DE GASES;** [Página web en línea]; Disponible: <http://www.cromatografiadegases.htm>; [Consulta: 2008, Septiembre 24].
21. **DESTILACIÓN;** [Página web en línea]; Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Destilaci%C3%B3n>; [Consulta: 2008, Enero 7].
22. **DESTILACIÓN, TEORÍA Y TIPOS;** [Página web en línea]; Disponible: http://www.alambiques.com/tecnicas_destilacion.htm ; [Consulta: 2008, Enero 7].
23. **EL MAÍZ Y SU TRANSFORMACIÓN EN HARINA;** [Página web en línea]; Disponible: <http://www.monografías.com/maiz-harina.shtml>; [Consulta: 2007, Diciembre 11].
24. **EL MAÍZ;** [Página web en línea]; Disponible: <http://www.nutrimiento.com/apuntes-27.html.ElMaiz>; [Consulta: 2007, Octubre 18].
25. **FERMENTACIÓN;** Disponible: Microsoft Encarta 2007 Biblioteca Premium; [Consulta: 2007, Diciembre 21].

26. **HARINA REFINADA DE MAIZ / HARINA INTEGRAL DE MAIZ;**
[Página web en línea]; Disponible: <http://www.sightandlife.org/ffbasics/maiz.pdf>
[Consulta: 2007, Octubre 18].
27. **HIDROLASA - CLASES DE ENZIMA;** [Página web en línea]; Disponible:
<http://www.biopsicología.net/fichas/fic-45-1.html> [Consulta: 2008 Enero17].
28. **HISTORIA DEL VODKA;** [Página web en línea]; Disponible:
<http://www.lavina.com.mx/vodka/indexvodk.html> [Consulta: 2008 Enero17].
29. **INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE CONGÉNERES EN LAS BEBIDAS ALCOHÓLICAS** [Página web en línea]; Disponible: <http://www.eureka.htm>
[Consulta: 200, Septiembre 19].
30. **LA DESTILACIÓN;** [Página web en línea]; Disponible:
http://www.bedri.es/La_destilacion.htm [Consulta: 200, Septiembre 19].
31. **LEVADURAS Y LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA (II)** ; [Página web en línea];
Disponible: <http://www.verema.com/opinamos/tribuna/articulos/levaduras02.asp>
[Consulta: 2007, Octubre 18].
32. **TÉCNICAS DE SEPARACIÓN DE MEZCLAS;** [Página web en línea];
Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos15/separacion-mezclas/separacion-mezclas.shtml> [Consulta: 2008, Enero 7].
33. **ZEA MAYS;** [Página web en línea]; Disponible:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Ma%C3%ADz> [Consulta: 2007, Octubre 18].

CAPÍTULO X

Anexos

ANEXO 1
Resultados de pH del mosto durante la fermentación alcohólica.

Tratamiento T1				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	4,48	4,46	4,49	4,48
2	4,29	4,36	4,28	4,31
3	4,05	4,09	4,10	4,08
4	4,05	4,03	4,05	4,04
5	3,77	3,99	4,00	3,92
6	3,77	3,98	3,99	3,91
7	3,57	3,98	3,99	3,85
8	3,52	3,64	3,67	3,61
9	3,36	3,58	3,59	3,51
10	3,25	3,33	3,38	3,32
11	3,18	3,21	3,23	3,21
12	3,14	3,10	3,17	3,14
13	3,09	3,10	3,13	3,11
14	3,05	3,07	3,10	3,07
15	3,04	3,05	3,07	3,05
16	3,03	3,04	3,06	3,04
17	3,03	3,04	3,06	3,04

Tratamiento T2				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	4,45	4,49	4,46	4,47
2	4,28	4,27	4,35	4,30
3	4,20	4,27	4,23	4,23
4	3,95	4,00	4,03	3,99
5	3,90	3,80	3,90	3,87
6	3,90	3,76	3,77	3,81
7	3,67	3,72	3,69	3,69
8	3,55	3,54	3,58	3,56
9	3,52	3,51	3,50	3,51
10	3,28	3,43	3,44	3,38
11	3,22	3,30	3,39	3,30
12	3,18	3,27	3,22	3,22
13	3,11	3,16	3,19	3,15
14	3,11	3,12	3,11	3,11
15	3,10	3,10	3,08	3,09
16	3,07	3,07	3,03	3,06
17	3,07	3,07	3,03	3,06

Tratamiento T3				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	4,49	4,47	4,46	4,47
2	4,31	4,35	4,25	4,30
3	4,05	4,09	3,90	4,01
4	3,71	3,68	3,60	3,66
5	3,56	3,52	3,56	3,55
6	3,45	3,47	3,42	3,45
7	3,45	3,47	3,41	3,44
8	3,30	3,38	3,39	3,36
9	3,20	3,20	3,24	3,21
10	3,10	3,15	3,13	3,13
11	3,06	3,06	3,09	3,07
12	3,05	3,06	3,08	3,06
13	3,04	3,03	3,05	3,04
14	3,04	3,03	3,05	3,04

Tratamiento T4				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	4,50	4,45	4,49	4,48
2	4,33	4,32	4,22	4,29
3	4,07	4,04	4,09	4,07
4	3,86	3,80	3,80	3,82
5	3,73	3,70	3,71	3,71
6	3,64	3,61	3,63	3,63
7	3,53	3,51	3,52	3,52
8	3,53	3,51	3,41	3,48
9	3,27	3,24	3,27	3,26
10	3,15	3,11	3,15	3,14
11	3,09	3,08	3,10	3,09
12	3,08	3,07	3,06	3,07
13	3,06	3,05	3,04	3,05
14	3,06	3,05	3,04	3,05

Tratamiento T5				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	4,49	4,48	4,46	4,48
2	4,31	4,30	4,32	4,31
3	4,25	4,27	4,29	4,27
4	4,17	4,15	4,11	4,14
5	4,01	4,00	4,05	4,02
6	3,80	3,92	3,81	3,84
7	3,68	3,66	3,61	3,65
8	3,56	3,59	3,53	3,56
9	3,35	3,37	3,32	3,35
10	3,26	3,27	3,20	3,24
11	3,16	3,18	3,15	3,16
12	3,11	3,13	3,12	3,12
13	3,10	3,11	3,10	3,10
14	3,07	3,08	3,08	3,08
15	3,05	3,06	3,06	3,06
16	3,03	3,04	3,04	3,04
17	3,03	3,04	3,04	3,04

Tratamiento T6				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	4,47	4,46	4,5	4,48
2	4,33	4,11	4,29	4,24
3	4,23	4,05	4,06	4,11
4	4,02	4,00	4,01	4,01
5	3,95	3,86	3,87	3,89
6	3,86	3,60	3,72	3,73
7	3,71	3,60	3,70	3,67
8	3,64	3,59	3,62	3,62
9	3,50	3,52	3,52	3,51
10	3,42	3,47	3,52	3,47
11	3,25	3,32	3,33	3,30
12	3,12	3,10	3,18	3,13
13	3,10	3,07	3,07	3,08
14	3,09	3,05	3,05	3,06
15	3,07	3,03	3,03	3,04
16	3,07	3,03	3,03	3,04
17	3,05	3,03	3,03	3,04

Tratamiento T7				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	4,49	4,49	4,5	4,49
2	4,31	4,31	4,32	4,31
3	4,02	4,02	4,15	4,06
4	3,88	3,88	4,03	3,93
5	3,58	3,58	3,77	3,64
6	3,58	3,58	3,60	3,59
7	3,44	3,44	3,54	3,47
8	3,25	3,25	3,33	3,28
9	3,23	3,23	3,21	3,22
10	3,13	3,13	3,10	3,12
11	3,11	3,11	3,09	3,10
12	3,10	3,10	3,08	3,09
13	3,05	3,05	3,05	3,05
14	3,05	3,05	3,05	3,05

Tratamiento T8				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	4,43	4,47	4,49	4,46
2	4,33	4,23	4,11	4,22
3	4,17	4,07	4,02	4,09
4	3,82	3,83	3,78	3,81
5	3,71	3,51	3,61	3,61
6	3,47	3,37	3,46	3,43
7	3,44	3,24	3,28	3,32
8	3,17	3,19	3,19	3,18
9	3,15	3,17	3,12	3,15
10	3,09	3,10	3,10	3,10
11	3,08	3,08	3,09	3,08
12	3,06	3,08	3,07	3,07
13	3,04	3,06	3,06	3,05
14	3,04	3,06	3,06	3,05

ANEXO 2
Resultados de Sólidos Solubles del mosto durante la fermentación alcohólica.

Tratamiento T1				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	13,00	13,40	13,48	13,29
2	12,15	12,50	12,46	12,37
3	11,61	11,40	11,54	11,52
4	10,96	10,90	10,82	10,89
5	10,13	10,20	10,03	10,12
6	9,76	9,76	9,72	9,75
7	8,64	8,40	8,43	8,49
8	8,04	7,82	7,75	7,87
9	7,55	7,30	7,33	7,39
10	6,72	6,72	6,53	6,66
11	6,45	6,20	6,21	6,29
12	5,43	5,43	5,23	5,36
13	5,03	5,03	5,06	5,04
14	4,45	4,10	4,11	4,22
15	3,77	3,52	3,56	3,62
16	3,65	3,51	3,54	3,57
17	3,63	3,51	3,54	3,56

Tratamiento T2				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	13,15	13,20	13,26	13,20
2	12,65	12,60	12,62	12,62
3	11,85	11,82	11,72	11,80
4	10,70	10,50	10,43	10,54
5	10,04	10,04	10,03	10,04
6	9,20	8,90	8,88	8,99
7	8,75	8,70	8,71	8,72
8	8,29	8,00	8,05	8,11
9	7,52	7,43	7,33	7,43
10	6,51	6,46	6,36	6,44
11	6,21	6,10	6,12	6,14
12	5,66	5,62	5,63	5,64
13	5,26	5,11	5,15	5,17
14	4,40	4,20	4,22	4,27
15	3,75	3,61	3,59	3,65
16	3,55	3,53	3,56	3,55
17	3,52	3,53	3,56	3,54

Tratamiento T3				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	13,17	13,2	13,35	13,24
2	12,25	12,10	12,15	12,17
3	11,20	11,00	11,00	11,07
4	10,52	10,52	10,55	10,53
5	9,27	8,90	8,80	8,99
6	8,65	8,65	8,55	8,62
7	7,32	6,90	6,90	7,04
8	6,06	6,06	6,53	6,22
9	5,53	5,53	5,43	5,50
10	4,36	4,10	4,10	4,19
11	3,56	3,65	3,65	3,62
12	3,53	3,58	3,57	3,56
13	3,51	3,56	3,55	3,54
14	3,50	3,56	3,55	3,54

Tratamiento T4				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	13,00	13,20	13,43	13,21
2	12,00	12,80	12,68	12,49
3	11,11	11,40	11,40	11,30
4	10,00	10,10	10,21	10,10
5	9,45	9,55	9,45	9,48
6	8,29	8,49	8,39	8,39
7	7,67	7,67	7,77	7,70
8	7,04	7,06	7,02	7,04
9	6,40	6,69	6,59	6,56
10	4,97	5,56	5,26	5,26
11	4,06	4,63	4,33	4,34
12	3,60	3,53	3,55	3,56
13	3,55	3,52	3,51	3,53
14	3,52	3,52	3,51	3,52

Tratamiento T5				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	12,72	12,65	12,75	12,71
2	11,86	11,43	11,53	11,61
3	11,29	11,03	11,08	11,13
4	10,80	10,77	10,70	10,76
5	10,15	10,03	10,03	10,07
6	9,64	9,34	9,31	9,43
7	9,18	8,82	8,82	8,94
8	8,40	7,36	7,30	7,69
9	7,40	7,05	7,05	7,17
10	6,69	6,68	6,58	6,65
11	6,38	5,33	5,21	5,64
12	5,30	4,53	4,13	4,65
13	4,02	3,45	3,60	3,69
14	3,60	3,36	3,46	3,47
15	3,55	3,35	3,45	3,45
16	3,43	3,33	3,43	3,40
17	3,43	3,33	3,43	3,40

Tratamiento T6				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	12,38	12,48	12,58	12,48
2	11,90	12,19	12,10	12,06
3	11,45	11,65	11,35	11,48
4	10,50	10,75	10,55	10,60
5	9,97	9,97	9,64	9,86
6	9,27	9,34	9,30	9,30
7	8,78	8,82	8,82	8,81
8	7,60	7,56	7,50	7,55
9	7,19	7,18	6,79	7,05
10	5,90	6,25	5,05	5,73
11	5,00	5,34	4,68	5,01
12	4,30	5,11	4,41	4,61
13	3,50	4,82	4,16	4,16
14	3,28	3,80	3,40	3,49
15	3,26	3,48	3,39	3,38
16	3,24	3,45	3,34	3,34
17	3,24	3,45	3,34	3,34

Tratamiento T7				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	12,11	12,33	12,53	12,32
2	11,46	11,97	11,87	11,77
3	10,85	11,09	11,00	10,98
4	10,06	10,35	10,24	10,22
5	8,80	9,80	9,72	9,44
6	8,40	8,43	8,40	8,41
7	7,19	7,16	7,16	7,17
8	6,52	6,08	6,01	6,20
9	4,80	5,81	5,61	5,41
10	4,34	4,69	4,67	4,57
11	3,56	3,61	3,61	3,59
12	3,53	3,38	3,36	3,42
13	3,32	3,36	3,35	3,34
14	3,32	3,36	3,35	3,34

Tratamiento T8				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	12,25	12,27	12,71	12,41
2	11,67	11,47	11,59	11,58
3	10,33	10,13	10,13	10,20
4	9,19	9,11	9,11	9,14
5	8,20	8,32	8,32	8,28
6	7,49	7,24	7,44	7,39
7	6,70	6,76	6,68	6,71
8	6,40	5,39	5,40	5,73
9	5,30	4,50	4,52	4,77
10	4,20	4,17	4,27	4,21
11	3,49	3,56	3,57	3,54
12	3,35	3,46	3,47	3,43
13	3,42	3,44	3,45	3,44
14	3,42	3,44	3,45	3,44

ANEXO 3

Resultados de Temperatura de Ambiente durante la fermentación alcohólica.

Tratamiento T1				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	20	20	20	20,00
2	20	20	20	20,00
3	20	18	20	19,33
4	20	20	20	20,00
5	19	20	20	19,67
6	18	20	20	19,33
7	18	20	20	19,33
8	18	20	20	19,33
9	16	20	20	18,67
10	17	20	20	19,00
11	17	20	20	19,00
12	16	20	20	18,67
13	18	20	20	19,33
14	17	19	20	18,67
15	18	20	20	19,33
16	17	20	20	19,00
17	16	20	20	18,67

Tratamiento T2				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	20	20	20	20,00
2	20	20	20	20,00
3	20	18	20	19,33
4	20	20	20	20,00
5	19	20	20	19,67
6	18	20	20	19,33
7	18	20	20	19,33
8	18	20	20	19,33
9	16	20	20	18,67
10	17	20	20	19,00
11	17	20	20	19,00
12	16	20	20	18,67
13	18	20	20	19,33
14	17	19	20	18,67
15	18	20	20	19,33
16	17	20	20	19,00
17	16	20	20	18,67

Tratamiento T3				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	25	25	25	25,00
2	23	22	23	22,67
3	22	23	24	23,00
4	25	24	25	24,67
5	25	24	25	24,67
6	25	25	25	25,00
7	24	24	25	24,33
8	22	25	24	23,67
9	25	25	25	25,00
10	24	25	25	24,67
11	24	25	25	24,67
12	25	24	23	24,00
13	24	25	25	24,67
14	25	25	25	25,00

Tratamiento T4				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	25	25	25	25,00
2	23	22	23	22,67
3	22	22	25	23,00
4	25	24	25	24,67
5	25	24	25	24,67
6	25	25	25	25,00
7	24	24	25	24,33
8	22	25	24	23,67
9	25	25	25	25,00
10	24	25	25	24,67
11	24	25	25	24,67
12	25	24	23	24,00
13	24	25	25	24,67
14	25	25	25	25,00

Tratamiento T5				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	20	18	20	19,33
2	20	20	20	20,00
3	19	20	20	19,67
4	18	20	20	19,33
5	18	20	20	19,33
6	18	20	20	19,33
7	16	20	20	18,67
8	17	20	20	19,00
9	17	20	20	19,00
10	16	20	20	18,67
11	18	20	20	19,33
12	17	20	20	19,00
13	18	20	20	19,33
14	17	20	20	19,00
15	16	20	20	18,67
16	18	20	20	19,33
17	19	20	20	19,67

Tratamiento T6				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	20	18	20	19,33
2	20	20	20	20,00
3	19	20	20	19,67
4	18	20	20	19,33
5	18	20	20	19,33
6	18	20	20	19,33
7	16	20	20	18,67
8	17	20	20	19,00
9	17	20	20	19,00
10	16	20	20	18,67
11	18	20	20	19,33
12	17	20	20	19,00
13	18	20	20	19,33
14	17	20	20	19,00
15	16	20	20	18,67
16	18	20	20	19,33
17	19	20	20	19,67

Tratamiento T7				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	24	25	23	24,00
2	22	24	25	23,67
3	25	24	25	24,67
4	25	25	25	25,00
5	25	24	25	24,67
6	24	25	25	24,67
7	22	25	24	23,67
8	25	25	25	25,00
9	24	25	25	24,67
10	24	24	25	24,33
11	25	25	23	24,33
12	24	25	25	24,67
13	25	25	25	25,00
14	24	25	24	24,33

Tratamiento T8				
Días	R1	R2	R3	MEDIA
1	23	25	24	24,00
2	22	24	25	23,67
3	25	24	25	24,67
4	25	25	25	25,00
5	25	24	25	24,67
6	24	25	25	24,67
7	22	25	24	23,67
8	25	25	25	25,00
9	24	25	25	24,67
10	24	24	25	24,33
11	25	25	23	24,33
12	24	25	25	24,67
13	25	25	25	25,00
14	24	25	24	24,33

ANEXO 4
Instrucciones para la evaluación sensorial VODKA.
Primera Catación.

INSTRUCCIONES PARA EVALUACION SENSORIAL “VODKA”

Fecha:.....

INSTRUCCIONES

- ✓ Solicitamos su colaboración para realizar el siguiente análisis organoléptico. La información que usted nos pueda brindar es muy importante, por eso le rogamos que si tiene problemas con su salud (infección de las vías respiratorias, bucales u otra), prescindir de realizarlo.
- ✓ Para el siguiente análisis es necesario que usted este dispuesto y con la mente despejada.
- ✓ El catador no debe fumar ni ingerir alimentos o bebidas una hora antes de realizar la operación (excepto agua).
- ✓ Las manos del catador deben estar perfectamente limpias y exentas de olores, a fin de evitar confusiones en la operación.
- ✓ La copa debe llenarse como máximo en un tercio aproximado de su capacidad y sostenerse solamente por el pie con el índice y el pulgar a fin de no calentar su contenido ni interferir en la observación del color.
- ✓ Para la calificación le pedimos tomarse el tiempo necesario para analizar detenidamente cada una de las características que se detallan a continuación.

ASPECTO. Interponer la copa entre la mirada y la luz natural. Observar la porción de muestra contenida en la copa, a fin de determinar la transparencia del producto (aspecto turbio, presencia de grumos, sólidos en suspensión, o materias extrañas).

COLOR. Interponer la copa entre la mirada y la luz natural. Observar la porción de muestra contenida en la copa, a fin de determinar el color del producto (debe ser cristalino o transparente).

OLOR. En primer lugar oler el producto en reposo, luego mover la copa suavemente y en forma circular para facilitar la captación del olor.
Dejar transcurrir por lo menos 5 minutos entre cada prueba, aspirando aire profundamente en el intervalo, para evitar la fatiga del olfato.

SABOR. Probar con sorbos de igual volumen aproximadamente de 4 a 5 cm³ no debiendo permanecer la bebida más de 5 segundos en la boca.

El catador debe concentrar su atención en una propiedad particular (suavidad, acidez, amargor, dulzor, etc).

Después de cada prueba debe tomar un poco de agua, dejar pasar 5 minutos entre cada prueba.

A continuación encontrará los cuadros de alternativas establecidas con el número de muestras a evaluar.

Señale con una X las casillas que expresen su opinión de acuerdo a la escala presentada para las características de cada muestra.

COMENTARIO

Gracias por su colaboración

.....
FIRMA DEL CATADOR

ANEXO 5
Datos del ensayo de la primera catación.

Valoración de la característica de Aspecto

CATADOR	MUESTRAS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Σ
1	4	4	4	3	4	3	4	4	30
2	4	4	4	4	4	4	4	4	32
3	4	4	4	4	4	4	4	4	32
4	3	3	3	2	3	2	3	3	22
5	4	4	3	4	4	3	3	4	29
6	3	4	4	3	4	4	3	4	29
7	4	4	4	4	4	4	4	4	32
8	3	3	4	3	3	4	3	4	27
9	4	4	4	4	4	4	4	4	32
Σ	33	34	34	31	34	32	32	35	265

Valoración de la característica de Color

CATADOR	MUESTRAS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Σ
1	4	4	4	4	4	4	4	4	32
2	4	4	3	4	4	4	3	4	30
3	4	4	4	4	4	4	4	4	32
4	3	3	3	3	3	3	3	3	24
5	4	4	4	4	4	3	3	4	30
6	3	4	3	4	4	3	4	4	29
7	4	4	4	4	4	4	4	4	32
8	2	4	3	4	4	4	4	4	29
9	4	4	4	4	4	4	4	4	32
Σ	32	35	32	35	35	33	33	35	270

Valoración de la característica de Olor

CATADOR	MUESTRAS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Σ
1	3	2	3	4	3	3	3	3	24
2	3	4	4	4	3	4	3	3	28
3	4	4	3	4	3	4	4	4	30
4	3	4	3	4	3	2	3	3	25
5	4	4	4	4	4	3	3	4	30
6	3	4	3	4	4	3	1	4	26
7	4	3	3	4	3	4	3	4	28
8	2	3	3	3	3	4	3	4	25
9	3	3	3	3	4	4	4	4	28
Σ	29	31	29	34	30	31	27	33	244

Valoración de la característica de sabor

CATADOR	MUESTRAS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Σ
1	4	3	4	3	4	4	4	4	30
2	4	4	3	3	3	4	3	4	28
3	3	3	3	4	3	2	3	4	25
4	3	3	4	3	2	3	4	3	25
5	4	4	3	4	4	3	3	4	29
6	2	4	3	2	4	4	3	4	26
7	2	3	3	4	2	3	4	3	24
8	2	3	4	3	4	3	3	4	26
9	3	4	3	3	3	3	2	3	24
Σ	27	31	30	29	29	29	29	33	237

Valoración de las variables organolépticas

Características	MUESTRAS								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Σ
Aspecto	33	34	34	31	34	32	32	35	265
Color	32	35	32	35	35	33	33	35	270
Olor	29	31	29	34	30	31	27	33	244
Sabor	27	31	30	29	29	29	29	33	237
Σ	121	131	125	129	128	125	121	139	1019

ANEXO 6
Datos de ensayo de la segunda catación

Valoración de la característica de Aspecto

CATADOR	MUESTRAS				
	A	B	C	D	Σ
1	4	3	3	4	14
2	3	4	3	3	13
3	4	3	4	4	15
4	4	4	4	4	16
5	4	4	4	4	16
6	4	3	3	4	14
7	4	4	4	4	16
Σ	27	25	25	27	104

Valoración de la característica de Color

CATADOR	MUESTRAS				
	A	B	C	D	Σ
1	4	4	4	4	16
2	4	3	4	3	14
3	4	3	3	4	14
4	4	4	4	4	16
5	4	4	4	4	16
6	4	4	4	4	16
7	3	4	3	3	13
Σ	27	26	26	26	105

Valoración de la característica de Olor

CATADOR	MUESTRAS				
	T1	T2	T3	T4	Σ
1	3	3	4	3	13
2	4	4	3	3	14
3	3	4	4	3	14
4	4	4	3	4	15
5	4	4	4	4	16
6	3	4	3	3	13
7	2	3	3	2	10
Σ	23	26	24	22	95

Valoración de la característica de Sabor

CATADOR	MUESTRAS				
	T1	T2	T3	T4	Σ
1	3	4	4	4	15
2	2	4	3	2	11
3	4	4	2	3	13
4	3	4	3	4	14
5	4	4	4	3	15
6	3	4	4	2	13
7	2	4	2	3	11
Σ	21	28	22	21	92

Valoración de las variables organolépticas

Características	MUESTRAS				
	A	B	C	D	Σ
Aspecto	27	25	25	27	104
Color	27	26	26	26	105
Olor	23	26	24	22	95
Sabor	21	28	22	21	92
Σ	98	105	97	96	396

ANEXO 7
Reporte de análisis realizados en ILENSA.

ANEXO 8
Análisis de contenido de almidón y humedad de la materia prima.

ANEXO 9
Análisis de contenido de almidón al inicio y al final de la fermentación.

ANEXO 10

NORMAS INEN

Norma INEN 341 Bebidas Alcohólicas Determinación de la Acidez Total.

Norma INEN 369 Bebidas Alcohólicas Vodka Requisitos.

Norma INEN 350 Bebidas Alcohólicas Ensayo de Catado.

Norma INEN 2014 Bebidas Alcohólicas Determinación de Productos

Congéneres por Cromatógrafo de Gases.

ANEXO 11

FICHAS TÉCNICAS

Ficha Técnica Enzima Termamyl 120L

Ficha Técnica Enzima Fungamyl 800L

Ficha Técnica Enzima AMG 300L