

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS TECNOLÓGICOS EN
LA OBTENCIÓN DE VINO A PARTIR DE HIGO
(*Ficus carica* Linnaeus) DESHIDRATADO
variedad *Black Mission***

TESIS

Presentada por:

Bach. SILVIA DEL ROSARIO PALZA PARI

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TACNA – PERÚ

2008

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN TACNA
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Tomo N° .. II Folio N° 279-280

El jurado calificador nominado mediante Resolución Facultativa N° 3127-2008-FAIA, Integrada por:

| | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| <u>Dr. Miguel Banea</u> | <u>Presidente</u> |
| <u>Mgr. Enrique De Florio</u> | <u>Miembro</u> |
| <u>Mgr. Bilibiana Banchipa</u> | <u>Miembro</u> |
| <u>MSc. Samuel Curo</u> | <u>Asesor</u> |

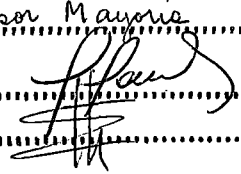
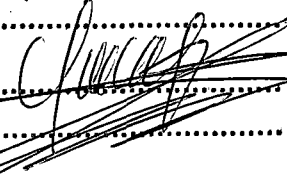
Para examinar el Trabajo de Tesis:

Evolución de Parámetros Tecnológicos en la
Obtención de Vino a partir de Higo (Ficus carica
Linnaeus) Deshidratado variedad Black Mission

presentada por Boch. Silvia del Rosario Palzo Pari

Obteniendo el siguiente veredicto: Aprobado

por Mayoría

| | |
|---|--|
|  |  |
|---|--|

Tacna, 05 de Mayo del 2008

Dedicatoria

"Mas que una dedicación quisiera entregar este trabajo a las dos personas mas importantes de mi vida, mis padres, Oswaldo y Silvia, este trabajo es fruto del esfuerzo que hicieron por mi cuando estuvieron a mi lado, esto es su obra...gracias a sus sacrificios, a su entrega, a su lucha con la vida para lograr que tenga un mejor futuro, sus esfuerzos no fueron en vano, gracias nuevamente porque siguen velando por mi bienestar, siempre les estaré agradecida...los extraño y los quiero mucho".

Agradecimientos

1. En primer lugar quiero agradecer a mi persona, porque gracias a mi esfuerzo, dedicación y perseverancia logre superar todos los obstáculos y así culminar esta etapa en mi vida.
2. A mis asesores, Ing. Samuel Cerro Ruiz y Daladier Castillo Cotrina, modelos de valor y sabiduría, por su desinteresado apoyo, acertados consejos y sugerencias, y por la confianza brindada hacia mi persona.
3. A mi familia, padrinos, amigos, compañeros de tesis y a las distintas personas, que de una u otra manera han intervenido y apoyado desinteresadamente en la realización de la misma.
4. A las personas que trataron de obstaculizar la culminación de mi tesis, he aquí la prueba de que lo único que consiguieron fue que redoblara mis esfuerzos.
5. Al amor que en un inicio tenía forma abstracta, y luego adquirió una apariencia con rostro y cuerpo, ya que su sola existencia ayudó a que siguiera con mis objetivos.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|--|----------|
| RESUMEN | |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 3 |
| 2.1. ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA..... | 3 |
| 2.1.1 ORIGEN DEL HIGO..... | 3 |
| 2.1.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICA BOTÁNICA..... | 4 |
| a) Planta..... | 4 |
| b) Flores..... | 5 |
| c) Fruto..... | 6 |
| d) Variedades..... | 7 |
| 2.1.3 HIGO DESHIDRATADO..... | 7 |
| a) Generalidades..... | 7 |
| b) Propiedades Nutricionales..... | 8 |
| 2.1.4 PRODUCCIÓN A NIVEL NACIONAL..... | 10 |
| 2.2 VINO DE FRUTAS..... | 10 |
| 2.3 LEVADURA..... | 11 |
| a) Generalidades..... | 11 |
| b) Metabolismo..... | 12 |
| c) Alimento de levadura..... | 14 |
| 2.4 OPTIMIZACIÓN DE LOS FACTORES DE PROCESO..... | 14 |
| 2.4.1 ENCUBADO..... | 14 |
| 2.4.2 ESTERILIZACIÓN POR SULFITADO..... | 15 |
| 2.4.3 PROCESO OSMÓTICO..... | 15 |
| 2.4.4 SIEMBRA DE LEVADURAS..... | 16 |
| 2.4.5 FERMENTACIÓN..... | 17 |
| 2.4.6 DESCUBE..... | 18 |
| 2.4.7 TRASIEGO..... | 19 |
| 2.4.8 MADURACIÓN..... | 19 |
| 2.4.9 ENVASADO..... | 20 |

| | |
|---|-----------|
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 21 |
| 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN..... | 21 |
| 3.2 MATERIALES Y EQUIPOS..... | 21 |
| 3.2.1 Materia prima e insumos..... | 21 |
| 3.2.2 Equipos, materiales de laboratorio y reactivos..... | 21 |
| 3.2.2.1 Equipos..... | 21 |
| 3.2.2.2 Materiales de laboratorio..... | 23 |
| 3.2.2.3 Reactivos..... | 24 |
| 3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS..... | 24 |
| 3.3.1 En la materia prima..... | 24 |
| 3.3.2 En el procesamiento..... | 26 |
| 3.3.3 En el producto final..... | 26 |
| 3.3.3.1 Análisis fisicoquímico..... | 26 |
| 3.3.3.2 Análisis microbiológico..... | 27 |
| 3.3.3.3 Análisis sensorial..... | 27 |
| 3.4 MÉTODO EXPERIMENTAL..... | 28 |
| 3.4.1 PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE VINO DE HIGO..... | 28 |
| 3.4.1.1 ETAPA I: Preparación del medio de cultivo y aislamiento de levadura.. | 28 |
| 3.4.1.2 ETAPA II: Procedimiento para la obtención del pie de cuba..... | 30 |
| 3.4.1.3 ETAPA III: Proceso de obtención del vino de higo..... | 32 |
| 3.4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE VINO DE HIGO..... | 36 |
| 3.4.2.1 Delineamiento experimental..... | 38 |
| 3.4.2.2 Procesamiento estadístico..... | 39 |
| 3.4.2.3 Método de optimización..... | 40 |
| IV. HIPÓTESIS E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES..... | 41 |
| 4.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS..... | 41 |
| 4.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES..... | 41 |
| 4.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTES..... | 41 |
| 4.2.2 VARIABLES DEPENDIENTES..... | 42 |
| 4.3 INDICADORES..... | 42 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 43 |
| 5.1 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA..... | 43 |
| 5.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES..... | 45 |

| | |
|--|-----------|
| 5.2.1 EFECTO EN LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES..... | 45 |
| 5.2.1.1 EFECTO EN EL COLOR..... | 47 |
| 5.2.1.2 EFECTO EN EL ASPECTO GENERAL..... | 49 |
| 5.2.1.3 EFECTO EN EL OLOR..... | 51 |
| 5.2.1.4 EFECTO EN EL SABOR..... | 53 |
| 5.2.2 EFECTO EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS..... | 55 |
| 5.2.2.1 GRADO ALCOHÓLICO..... | 57 |
| 5.2.2.2 ACIDEZ TOTAL..... | 59 |
| 5.2.3 OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO..... | 61 |
| 5.2.4 EVALUACIÓN DEL PROCESO FERMENTATIVO EN EL TRATAMIENTO ÓPTIMO.. | 64 |
| 5.2.4.1 Densidad..... | 64 |
| 5.2.4.2 pH y acidez..... | 65 |
| 5.2.4.3 °Brix y azúcares reductores..... | 67 |
| 5.2.4.4 Temperatura..... | 68 |
| 5.3 DEL PRODUCTO FINAL..... | 69 |
| 5.3.1 Análisis proximal..... | 69 |
| 5.3.2 Análisis microbiológico..... | 70 |
| 5.3.3 Balance de materia del vino de higo deshidratado..... | 71 |
| CONCLUSIONES..... | 73 |
| RECOMENDACIONES..... | 75 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 76 |
| ANEXOS..... | 82 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Cuadro N° 01: Composición proximal del higo fresco y deshidratado..... | 9 |
| Cuadro N° 02: Producción de higo deshidratado por regiones..... | 10 |
| Cuadro N° 03: Niveles de las variables independientes estudiadas durante el estudio del vino de higo deshidratado a temperatura de 22° a 26°C y de 17° a 21°C..... | 38 |
| Cuadro N° 04: Delineamiento experimental para la evaluación de las variables independientes estudiadas a temperatura de 22° a 26°C y de 17° a 21°C..... | 39 |
| Cuadro N° 05: Análisis proximal y fisicoquímico del higo deshidratado..... | 43 |
| Cuadro N° 06: Resultados del análisis sensorial según prueba de preferencia para las muestras de vino de higo fermentados a temperatura de 22° a 26°C y de 17° a 21°C..... | 46 |
| Cuadro N° 07: Resultados fisicoquímicos correspondientes a las muestras fermentadas a temperatura de 22° a 26°C y de 17° a 21°C | 56 |
| Cuadro N° 08: Proceso de fermentación a temperatura de 22° a 26°C..... | 62 |
| Cuadro N° 09: Proceso de fermentación a temperatura de 17° a 21°C..... | 62 |
| Cuadro N° 10: Análisis proximal del vino de higo deshidratado..... | 69 |
| Cuadro N° 11: Balance de materia para el tratamiento óptimo del vino de higo deshidratado..... | 71 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | Pág. |
|----------------------|--|------|
| Figura N° 01: | Diagrama de un sicono de <i>Ficus carica</i> | 5 |
| Figura N° 02: | Interior de un higo (<i>Ficus carica</i> L.) con sus flores fecundadas..... | 6 |
| Figura N° 03: | Análisis sensorial del vino de higo deshidratado..... | 28 |
| Figura N° 04: | Aislamiento de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 29 |
| Figura N° 05: | Inoculación de la levadura en el mosto de higo y diseño del bioreactor utilizado para la fermentación..... | 31 |
| Figura N° 06: | Vino de higo fermentado a temperaturas de 22° a 26°C (bloque A) y de 17° a 21°C (bloque B)..... | 34 |
| Figura N° 07: | Flujo para la elaboración del vino de higo deshidratado..... | 35 |
| Figura N° 08: | Diseño experimental para la elaboración del vino de higo deshidratado..... | 37 |
| Figura N° 09: | Superficie de respuesta del modelo completo para la variable respuesta color, para muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)..... | 48 |
| Figura N° 10: | Superficie de respuesta del modelo completo para la variable respuesta aspecto, para muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)..... | 50 |
| Figura N° 11: | Superficie de respuesta del modelo completo para la variable respuesta olor, para muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)..... | 52 |
| Figura N° 12: | Superficie de respuesta del modelo completo para la variable respuesta sabor, para muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)..... | 55 |
| Figura N° 13: | Superficies de respuesta de los modelos completos para la variable grado alcohólico del vino de higo deshidratado a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)..... | 59 |
| Figura N° 14: | Superficies de respuesta de los modelos completos para la variable acidez total del vino de higo deshidratado a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)..... | 60 |

| | | |
|----------------------|---|----|
| Figura N° 15: | Optimización por la metodología de la función deseada del vino de higo deshidratado..... | 63 |
| Figura N° 16: | Curvas de nivel mostrando el efecto de la concentración de cultivo y concentración de higo deshidratado durante la optimización numérica del vino de higo deshidratado..... | 64 |
| Figura N° 17: | Variación de la densidad en relación con el tiempo durante la fermentación..... | 65 |
| Figura N° 18: | Variación del pH en relación con el tiempo durante la fermentación. | 66 |
| Figura N° 19: | Variación de la acidez en relación con el tiempo durante la fermentación..... | 66 |
| Figura N° 20: | Variación de los °Brix en relación con el tiempo durante la fermentación..... | 67 |
| Figura N° 21: | Variación de los azúcares reductores en relación con el tiempo durante la fermentación..... | 68 |
| Figura N° 22: | Variación de la temperatura en relación con el tiempo durante la fermentación..... | 68 |
| Figura N° 23: | Flujo definitivo para la elaboración del vino de higo deshidratado..... | 72 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|------|
| Anexo N° 01: Propiedades del anhídrido sulfuroso beneficiosas para la vinificación..... | 83 |
| Anexo N° 02: Curva patrón de glucosa para determinar azúcares reductores..... | 84 |
| Anexo N° 03: Comportamiento fisicoquímico del mosto de higo durante la fermentación..... | 85 |
| Anexo N° 04: Coeficientes de los modelos de regresión completos para los atributos sensoriales y fisicoquímicos..... | 89 |
| Anexo N° 05: Análisis de varianza para las variables independientes y dependientes..... | 93 |
| Anexo N° 06: Ficha de análisis sensorial..... | 97 |
| Anexo N° 07: Pruebas de identificación de levadura..... | 98 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad principal determinar los parámetros tecnológicos para la obtención de vino a partir de higo deshidratado para el cual se utilizó un cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* variedad *ellipsoideus*.

Se empleó la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) con el Diseño Central Compuesto Centrado en las Caras a fin de encontrar los parámetros fisicoquímicos óptimos, siendo las variables independientes la concentración del cultivo y la proporción de higo deshidratado. Así mismo se evaluó el efecto de la temperatura en el proceso de fermentación.

En primer lugar se realizó una caracterización físico química de la materia prima (higo deshidratado) con los siguientes resultados: humedad 13,68 %; proteína 2,59 %; grasa 2,48 %; carbohidratos 67,76 %; cenizas 2,76 %; fibra 10,73 %; acidez total 0,10 %; pH 4,9; °Brix 31,4 y azúcares reductores 13,23 %.

El diseño experimental incluyó once tratamientos para cada rango de temperatura de 22° a 26°C y 17° a 21°C con sus respectivas variables independientes, como son la concentración de cultivo (0,05; 0,10 y 0,15 %) y la proporción de higo deshidratado (20; 25 y 30 %).

Las muestras fueron evaluadas mediante análisis sensorial, utilizando la escala hedónica de 9 puntos, evaluando color, aspecto, olor y sabor. Al optimizar los resultados las mejores condiciones operacionales fueron 0,09 % de concentración de cultivo, 30 % en la proporción de higo deshidratado a un rango de temperatura de 17° a 21°C. Dichos parámetros reportan un pH de 4,53; °Brix 21,8; acidez total 0,75 g/ml; grado alcohólico 16,44 °GL y azúcares reductores 107,4 g/l.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del higo (*Ficus carica L.*) alcanza cada vez mayores áreas de producción en el país especialmente en los departamentos de Ica, Tacna, Arequipa, Lima, Moquegua, Ayacucho, Huancavelica, La Libertad, Ancash, Piura y Apurímac, debido a la forma silvestre de crecimiento y fácil propagación por estacas. Su producción es a partir del mes de diciembre hasta la primera semana de mayo.

El crecimiento del mercado de productos fermentados en el país se ha visto incrementado en los últimos años usando diversos tipos de materia prima; el higo por sus características funcionales y sensoriales es el producto que tiene mayor similitud a la uva negra, es por esto que se plantea una alternativa de consumo del higo como el vino de higo con características similares al vino tinto, el cual tiene muy buena aceptación en el mercado nacional.

Debido a que se trata del aprovechamiento integral del higo, se busca desarrollar un proceso industrial para obtener una bebida alcohólica. Por otro lado este trabajo trata de incentivar el desarrollo en vinificación de nuevos productos en la región Sur, puesto que se dará una alternativa frente a la producción artesanal, con la finalidad de obtener vinos de calidad que permita en un futuro competir en el mercado nacional e internacional.

Finalmente el trabajo determinó los parámetros tecnológicos para la elaboración de un vino a partir de higo (*Ficus carica* L.) deshidratado, evaluándose las características físico - químicas y sensoriales, desde la materia prima hasta el producto terminado. Por lo tanto los objetivos del presente trabajo fueron:

- a) Evaluar las características físico-químicas de la materia prima.
- b) Evaluar la influencia de la proporción de higo deshidratado en el proceso de fermentación.
- c) Evaluar el efecto de la concentración del cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* en el proceso de fermentación del vino de higo (*Ficus carica* L.) deshidratado.
- d) Evaluar las características físicoquímicas y sensoriales del producto final.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

2.1.1. ORIGEN DEL HIGO

La higuera es originaria de Caria (Asia Menor) y fue introducida de Oriente a Europa traída a América por los franciscanos hacia el año 1520. Se conoce más de 750 especies, de todas las regiones cálidas, siendo la más conocida la higuera ordinaria (*Ficus carica* L.), de la familia de las Moráceas, que se encuentra en estado silvestre en la India, Oriente Medio y África Oriental, donde constituye uno de los frutales cultivados más antiguos y ha contribuido desde los tiempos más remotos a la alimentación humana.

Este árbol de deliciosos frutos posee una corteza grisácea y hojas verde oscuro que son ásperas al tacto. Sus flores son pequeñas y son propias de época de lluvia. Ésta planta debe ser cultivada con mucha agua, aunque con clima seco y terreno soleado; la higuera es una planta tolerante a condiciones ambientales difíciles, soporta horas de frío y heladas leves, crecen en diferentes tipos de suelo y tienen buena resistencia a la salinidad (Coloma, 2004).

2.1.2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICA BOTÁNICA

De acuerdo a Bustamante citado por **Gianelli (2007)**, se muestra la siguiente clasificación taxonómica:

| | | |
|-------------------|---|------------------------------|
| REINO | : | Vegetal |
| DIVISIÓN | : | Fanerógamas |
| SUB DIVISIÓN | : | Angiospermas |
| SUB CLASE | : | Arquiclámidas |
| ORDEN | : | Urticales |
| FAMILIA | : | Moráceas |
| GÉNERO | : | Ficus |
| ESPECIE | : | Carica |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : | <i>Ficus carica</i> Linnaeus |

a) Planta

La higuera es un árbol perenne de la familia de las moráceas que puede alcanzar los 8 a 10 metros de altura, los tallos son lisos de corteza gris, hojas alternas palmatolobuladas con 3 a 5 lóbulos redondeados de color verde intenso, de tacto áspero por el haz y con pubescencia por el envés (**Coloma, 2004**).

Las higueras se clasifican en dos grupos, según el número de cosechas al año y son partenocárpicas:

- Higueras bíferas: Con dos clases de frutos brevas e higos. Las brevas tienen un alto valor comercial por su tamaño y precocidad superior al de los higos.
- Higueras uníferas: solamente dan higos **(Coloma, 2004)**.

b) Flores

Las flores, unisexuadas están distribuidas por la superficie interna de un receptáculo, tras la fecundación, se hinchan y se vuelven carnosas, formando una masa rica en materias azucaradas; el conjunto es un fruto múltiple (sicono), llamado breva o higo según la fecha de maduración **(Moore y Janick, 1993)**; en la figura N° 01 se puede distinguir las partes de un sicono de higo.

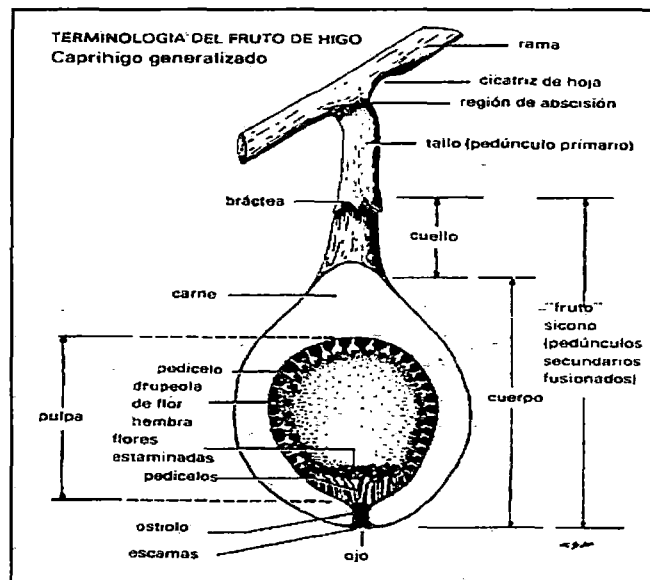


Figura N° 01: Diagrama de un sicono de *Ficus carica* L.

c) Fruto

El fruto de la higuera es un pedúnculo carnoso denominado sicono en forma de pera que sirve de soporte a las flores masculinas y femeninas que originarán pequeños frutos denominados asquenos que vulgarmente llamamos pepitas, es por tanto una infrutescencia. La parte carnosa y dulce del higo o sicono corresponde a las flores que después de la fecundación se hinchan y se vuelven carnosas; el higo es de color verde, púrpura o azulado y de tamaño variable, curiosamente requieren de un mosquito para ser fecundadas; se puede observar en la figura N° 02 el interior de un higo maduro.

Los frutos de la higuera ofrecen la ventaja de poder ser consumidos en fresco y en estado seco, conservándose estos últimos perfectamente por periodos largos (Coloma, 2004).

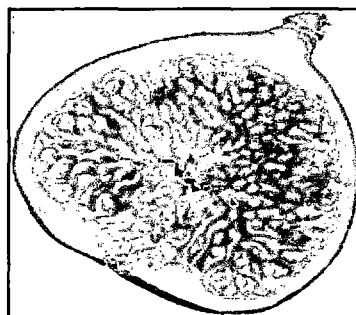


Figura N° 02: Interior de un higo con sus flores fecundadas

d) Variedades

La higuera es un árbol frutal típico en los países mediterráneos, sin embargo, ha logrado su aclimatación en América debido a su fácil multiplicación, rusticidad y poco cuidado requerido se hace apropiado para el cultivo extensivo **(Eroski, 1999)**.

Existen alrededor de 600 variedades de higo, entre ellas destacan:

- Mission; higo oscuro y jugoso
- Peretjal; higo colorado y muy apreciado
- Bordissot blanca; higo blanco de sabor dulce
- Vacal; higo blanco de sabor dulce
- Botja; higos negros muy dulces
- Kadota, Adriatic, Calimyma, entre otros.

2.1.3. HIGO DESHIDRATADO

a) Generalidades

Las frutas secas no sólo prolongan el sabor del verano sino que no proporcionan un dulzor diferente. La desecación o deshidratación a la que son sometidas algunas frutas frescas es una operación destinada a reducir al máximo el contenido de agua en la constitución de la fruta, con el fin de paralizar la acción de los gérmenes que necesitan humedad para vivir. Para lograr este propósito, se recurre al calor natural (exposición al sol) o bien al artificial (combustión de leña o de carbón, gas o electricidad) **(Eroski, 1999)**.

Existen diferentes tipos de desecación entre ellos:

- **Desecación natural al sol:** Las frutas se dejan secar al aire libre, por lo que este proceso sólo se puede llevar a cabo en las regiones muy favorecidas por el clima. Este procedimiento da excelentes resultados, conservando los aromas y cualidades de la fruta.
- **Desecación por calor artificial:** Tanto el horno como el microondas garantizan buenos resultados, porque permite regular la evaporación de manera progresiva. Se comienza a una temperatura baja, de 45 a 50 grados, que se va elevando progresivamente hasta 65 ó 70, según la clase de fruta tratada. Con el secado artificial la operación se termina en 8 ó 10 horas; en el microondas, según la fruta de 30 minutos a 1 hora, mientras que al aire libre hay que contar con 6 u 8 días o más (Eroski, 1999).

b) Propiedades nutricionales y funcionales

El higo seco se presenta aplastado y puede ser de color gris violeta o pardo, y con pulpa amarillenta y viscosa, cubierto en muchas ocasiones de una fina capa de azúcar. Durante la desecación de la fruta fresca su contenido en agua se reduce, lo que da lugar a la concentración de nutrientes. El valor calórico de las frutas desecadas es elevado por su abundancia en hidratos de carbono simples.

Los higos son fuente excelente de potasio, calcio, hierro y de provitamina A (betacaroteno) y niacina o B3. La vitamina C, se encuentra en mayor cantidad

en la fruta fresca por lo que se pierde durante el desecado. Constituyen una fuente por excelencia de fibra soluble e insoluble, lo que le confiere propiedades saludables para mejorar el tránsito intestinal (**Eroski, 1999**). En el cuadro N° 01 se aprecia la composición proximal del higo fresco y seco.

Los higos secos proporcionan seis veces más calorías que los higos frescos; tiene la pectina que ayuda a disminuir los niveles de colesterol en la sangre, así como también enzimas y flavonoides; es una rica fuente de benzaldehído que es un agente anti-cancerígeno y una sustancia especial llamada Cradina que actúa como digestivo (**Somoza, 2005**).

Cuadro N° 01: Composición proximal de higo fresco y deshidratado en 100 g

| Composición | Higo fresco | Higo seco |
|-------------------------|-------------|-----------|
| Energía (kcal) | 61 | 241 |
| Agua (g) | 80,2 | 24,6 |
| Proteína (g) | 1,3 | 3,5 |
| Grasa (g) | 0,5 | 1,3 |
| Hidratos de carbono (g) | 12,9 | 52,9 |
| Fibra (g) | 2,0 | 9,6 |
| Salas minerales (g) | 0,7 | 2,4 |
| Sodio (mg) | 2 | 40 |
| Potasio (mg) | 240 | 850 |
| Calcio (mg) | 55 | 195 |
| Fierro (mg) | 600 | 3 300 |
| Magnesio (mg) | 20 | 70 |

Fuente: Souci, 1999

2.1.4. PRODUCCIÓN A NIVEL NACIONAL

Actualmente las higueras se encuentran distribuidas en nuestro país en los departamentos de Ica, Tacna, Arequipa, Lima, Moquegua, Ayacucho, Huancavelica, La Libertad, Ancash, Piura y Apurímac. A continuación se presenta las principales regiones productoras de higo en el país:

Cuadro N° 02: Producción de higo deshidratado por regiones (en Tn)

| REGIÓN | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ica | 1 187,00 | 940,00 | 929,00 | 602,18 | 765,59 | 819,19 |
| Arequipa | 848,00 | 707,00 | 526,00 | 505,79 | 473,10 | 433,90 |
| Tacna | 533,00 | 389,00 | 365,00 | 395,00 | 447,00 | 463,00 |
| Lima | 269,00 | 247,00 | 313,00 | 298,60 | 275,10 | 295,90 |
| Ayacucho | 163,00 | 176,00 | 211,00 | 196,25 | 185,00 | 213,00 |
| Moquegua | 275,00 | 227,00 | 208,00 | 192,00 | 200,00 | 220,40 |
| TOTAL | 3 275,00 | 2 686,00 | 2 552,00 | 2 012,82 | 2 345,79 | 2 445,39 |

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2006

2.2. VINO DE FRUTAS

Según **Vogt (1986)** y **Frazier (1975)**, la elaboración de los vinos de frutas, no difiere de la vinificación de la uva en lo que respecta al procedimiento de elaboración propiamente dicho y al tratamiento en las bodegas, es decir en cuanto a sulfuración, clarificación, filtración y embotellado de estos vinos.

Vogt (1986), indica que en muchos países se producen numerosos tipos de vinos de frutas, ya que tienen gran aceptación, por ser económicas, agradables y constituyen una de las bebidas más valiosas y apreciadas, pues contienen inalterado todo el valor nutritivo de la fruta. Para su comercialización se debe hacer referencia a la fruta de la que fueron elaboradas, es decir puede denominarse "vino" siempre que le siga el nombre de la fruta.

Según **INDECOPI (1967)**, define el vino de fruta como: "bebida proveniente de mostos de frutas frescas distintas de las uvas, sometidas a la fermentación alcohólica y que han sufrido procesos semejantes a los exigidos para los vinos". A su vez define al mosto como: "todo sustrato de origen vegetal, rico en carbohidratos, obtenido o no mediante un tratamiento químico y bioquímico". Por otra parte define también que la palabra mosto va seguida de un nombre que especifica su origen o su uso, se refiere a un líquido que contenga sustancias amiláceas o azucaradas susceptibles de transformarse en alcohol por fermentación.

2.3. LEVADURA

a) Generalidades

La levadura es un organismo vivo, unicelular y microscópico, que pertenece a la familia de los hongos; científicamente se conoce como *Saccharomyces cerevisiae* y es la causante de la fermentación (**Sena, 1985**).

La levadura se reproduce por gemación que consiste en la formación de una profuberancia o yema en la levadura adulta, que va creciendo poco a poco, hasta que llega el momento en que por estrangulación, se separa de la célula madre para constituir un individuo independiente, quien a su vez, llegado el momento de su completo desarrollo, se reproducirá de la misma manera. También se reproducen por división del núcleo de una célula resultante de la copulación de 2 células (gameto) o sin ningún proceso fecundativo dando lugar a 2 – 8 esporas interiores, llamadas ascosporas, contenidas en una célula que recibe el nombre de asca (**Ibar, 1980**).

Este grupo de microorganismos comprende unos 60 géneros y unas 500 especies. Las células de las levaduras son generalmente ovoides o esféricas, a veces cilíndricas o con formas específicas: ojivales, triangulares, en forma de limón. Su tamaño varía de 2 – 3 a 20 – 25 micras. La estructura celular es de tipo eucariótico pero sin sistema fotosintético. La pared rígida, se caracteriza por la presencia, en su composición, de dos polisacáridos: el manano y el glucano. El núcleo está rodeado de una membrana que persiste durante la división celular. El número de cromosomas es variable unas de otras (*Saccharomyces*: 17); las levaduras en ningún caso son móviles (**Sena, 1985**).

b) Metabolismo

La *Saccharomyces cerevisiae* es responsable de la fermentación alcohólica del vino y las utilidades industriales más importantes de esta levadura son la producción de cerveza, pan y vino, gracias a su capacidad de generar

dióxido de carbono y etanol durante el proceso de fermentación. Básicamente este proceso se lleva a cabo cuando esta levadura se encuentra en un medio muy rico en azúcares. En condiciones de escasez de nutrientes, la levadura utiliza otras rutas metabólicas que le permiten obtener un mayor rendimiento energético, y por tanto no realiza la fermentación **(Wikipedia, 2007)**.

La levadura más importante, y se puede decir que la auténtica levadura del vino, es la *Saccharomyces ellipsoideus* o levadura elíptica, de gran tamaño (7 – 10 micras), llega a producir alcohol hasta los 18°, domina la fermentación desde la forma tumultuosa hasta casi el final, siendo sustituida por el *S. oviformes*, de tamaño parecido y que puede producir más alcohol, incluso más allá de 18°.

En el fondo, el proceso de la fermentación alcohólica es el resultado de la respiración de las levaduras empleando el oxígeno del aire (respiración aerobia) o lo más corriente que se empleen el oxígeno combinado en los azúcares (respiración anaerobia). Ésta respiración es parte del metabolismo de las levaduras del vino, se verifica de una manera algo más complicada y su resultado final es:

Glucosa = alcohol + ácido carbónico

Pero al final, no toda la glucosa queda transformada en alcohol (sólo en un 95%), el resto son otras sustancias que ayudan a caracterizar los distintos vinos. Estas sustancias son: glicerina, alcoholes superiores, aldehído acético y ácidos láctico, succínico y acético **(Ibar, 1980)**.

c) Alimento de levadura

La concentración óptima de azúcar que fermenta la levadura es de 10 – 12 %. Son necesarias sustancias nitrogenadas solubles, tal como peptonas y compuestos aminados derivados de proteínas, en cantidades que no excedan el 2 %, son necesarias sales minerales, especialmente fosfatos de potasio de magnesio y amonio en concentraciones que no pasen del 1% (**Bennion, 1970**).

2.4. OPTIMIZACIÓN DE LOS FACTORES DE PROCESO

2.4.1. ENCUBADO

Negre – Francot (1980), lo definen como el inicio de la vinificación donde el mosto obtenido de la fruta, por procedimientos mecánicos, es llevado a una cuba de fermentación hasta realizarse el proceso de descube.

Ibar (1980), refiere que los más adecuados para vinificación son los depósitos de madera cónicos siempre que estén elevados del suelo por su correspondiente apoyatura, ya que son los tradicionales y facilitan la fermentación, sin embargo pueden utilizarse también los depósitos de acero inoxidable. Por su parte Sanino citado por **Figueroa (1998)**, aconseja llenar las $\frac{3}{4}$ partes de la capacidad de la cuba de fermentación, porque durante la fermentación el mosto aumenta de volumen y su superficie se recubre de espuma.

2.4.2. ESTERILIZACIÓN POR SULFITADO

La esterilización antes de la fermentación, se lleva a cabo debido a que el mosto se contamina con microorganismos ajenos al vino, aportados por frutas dañadas y manipulación inadecuada durante el proceso de extracción, lo cual conllevará a trastornos en la fermentación o defectos del sabor **(Muller, 1981)**. Después de esterilizado el mosto, se pueden incorporar fermentos seleccionados y puros que permiten una fermentación determinada sin peligro de que los acompañen otros secundarios.

Toledo (1989), señala que el anhídrido sulfuroso (SO_2) es el antiséptico utilizado por las normas legales. Se utilizan en la limpieza, desinfección de los envases binarios, en el tratamiento de los mostos de uva y otros zumos para su elaboración en vino. Las numerosas propiedades del anhídrido sulfuroso lo convierten en un producto de vinificación indispensable y prácticamente irremplazable cuando se emplea en dosis adecuadas y su dosis varía de 10 – 20 g/Hl dependiendo del estado del fruto.

Según **Noguera (1973)**, se emplea el anhídrido sulfuroso ya sea gas o líquido (SO_2), o forma de metabisulfito potásico en polvo ($\text{S}_2\text{O}_5\text{K}_2$); este último resulta más práctico en su manejo para su empleo directo.

2.4.3. PROCESO OSMÓTICO

La ósmosis es un fenómeno físico-químico relacionado con el comportamiento del agua, como solvente de una solución, ante una membrana

semipermeable para el solvente (agua) pero no para los solutos. Tal comportamiento entraña una difusión simple a través de la membrana de agua, sin gasto de energía. El resultado final, dicho de otro modo, es que dando el suficiente tiempo, parte del agua de la zona sin azúcar habrá pasado a la de agua con azúcar, el agua pasa de la zona de baja concentración a la de alta concentración. Las moléculas del agua atraviesan la membrana plasmática desde la disolución de menor concentración, a esto se le llama disolución hipotónica a la de mayor concentración, disolución hipertónica. Cuando el paso de agua iguala las dos concentraciones, las disoluciones reciben el nombre de isotónicas.

Este movimiento del agua a través de la membrana plasmática puede producir que algunas células se arruguen por una pérdida excesiva de agua, o bien, se hinchen por un aumento también excesivo en el contenido celular de agua. Para evitar estas dos situaciones, de consecuencias desastrosas para las células, estas poseen mecanismos para expulsar el agua o los iones mediante un transporte que requiere gasto de energía (**Wikipedia, 2007**).

2.4.4. SIEMBRA DE LEVADURAS

Consiste en la adición de cultivos puros de levaduras activadas a los mostos, inmediatamente después de la esterilización para eliminar del medio toda la población de flora salvaje, dando de esta forma las condiciones para que desarrolle su actividad la especie seleccionada donde la fermentación cursa entonces con mayor rapidez, más limpia y proporcionando bouquet mas

puros. Para la elaboración de vino de frutas es muy importante el empleo de levaduras seleccionadas con la finalidad de obtener un producto de buena calidad organoléptica (**Vogt, 1986**).

Según **Coloma (2004)** en el estudio de licor de higo deshidratado se obtuvo una concentración óptima de levadura de 0,05 % y a temperatura óptima de fermentación de 25 °C.

2.4.5. FERMENTACIÓN

Según **Suárez - Iñigo (1990)**, la degradación de azúcares por las levaduras, vía glicolítica, comprende todo un conjunto de reacciones que permiten a las células transformar la glucosa en ácido pirúvico, gracias a un importante contenido enzimático elaborado en el citoplasma.

Para que el proceso fermentativo se lleve a cabo, se hace indispensable considerar la temperatura de fermentación y los remontados en el proceso.

- Temperatura de fermentación

Ibar (1980), manifiesta que la vida de las levaduras se paraliza a temperaturas inferiores a los 10°C, a partir de ello, y a medida que va aumentando la temperatura, la vitalidad de las levaduras también crece, siendo su producción intensiva desde 20°C a 25°C.

- **Remontados**

Suárez – Iñigo (1990), indica que la velocidad de fermentación al comienzo depende de las condiciones de aireación. Comienza más a prisa y se desarrolla más rápidamente cuando las levaduras están mejor aireadas. La utilización de oxígeno por las levaduras, sólo tiene lugar al comienzo de la fermentación, una vez arrancada, éstas no necesitan oxigenación. Una aireación excesiva favorece el crecimiento de microorganismos aerobios que consumen los azúcares sin producir alcohol.

Según Yang, citado por **Tasayco (1985)**, la aireación no es necesaria durante los 2 o 3 primeros días de iniciada la fermentación, ya que hay oxígeno disuelto en la pulpa de la fruta, después de esto la aireación estará condicionada al proceso de la fermentación del vino de fruta.

2.4.6. DESCUBE

Peynaud (1984), lo define como la separación de la parte líquida o flor del vino de toda la parte sólida, y que se realiza una vez terminada la fermentación. En su defecto **Magistocchi (1955)**, señala que las heces, lías o sedimentos (parte sólida) se encuentran además de las levaduras muertas, sustancias orgánicas fácilmente alterables, susceptibles de originar productos de olor y sabor desagradables, transmisibles al vino.

Según **Ibar (1980)**, el descube debe hacerse lo antes posible, después de que haya terminado la fermentación, ya que de lo contrario, los vinos resultan

demasiado ácidos o astringentes. Al respecto **Magistocchi (1955)**, refiere que la inevitable aireación que recibe el vino durante la operación resulta en general beneficiosa, ya que reactivará el proceso fermentativo de los últimos residuos de azúcar que pudieran quedar. Además permite la eliminación del CO₂ y las pequeñas cantidades de ácido sulfhídrico que se hubieran formado durante la fermentación. Terminado el descube, se le mantendrá aislada del contacto directo del aire, con azufrados o adición de SO₂.

2.4.7. TRASIEGO

El vino después de terminar de fermentar, contiene en suspensión materias tenues que no han podido precipitar por la presencia de anhídrido carbónico. Estas sustancias y fermentos se depositan más, o menos rápidamente en el fondo del recipiente, formándose las heces. Por lo tanto es indispensable separarlos mediante trasiegos ya que su contacto con el mismo es perjudicial.

El segundo trasiego del vino suele realizarse como el llamado trasiego de clarificación, es decir, que se lleva a cabo según el tratamiento o clarificación habituales (**Toledo, 1989**).

2.4.8. MADURACIÓN

Peynaud (1984), sostiene que los vinos al envejecer sufren una serie de transformaciones muy profundas. Desaparece el aroma del vino joven, el bouquet se vuelve más intenso, más fino y más agradable.

Desrosier (1986), indica que el añejamiento puede durar desde unos cuantos meses hasta varios años. Oreglia citado por **Delgado (1995)**, aclara que durante la maduración o añejamiento, el vino gana finura o aroma, en esta etapa se dan sutiles procesos químicos en los diversos componentes de los vinos que son evidenciables mediante análisis y que se manifiestan en un sensible aumento de la calidad del vino.

2.4.9. ENVASADO

Negre – Francot (1980) señala que el embotellado del vino debe realizarse de preferencia en botellas de vidrio oscuro y de buena calidad con cuello redondo y reforzado. Así mismo **Vogt (1986)**, señala que en las botellas de vidrio se conserva el vino fresco, claro, aromático y fuerte. En los buenos vinos se genera en la botella una fina y noble calidad, jamás alcanzada con la permanencia en la cuba.

Los tapones de corcho, deben ser de buena calidad, es conveniente tenerlas remojando en solución de metabisulfito al 2% o en agua hirviendo, después en agua fría y dejar secar 12 horas para luego usarlas (**Toledo, 1989**).

Félix citado por **Lucero (1989)**, sostiene que los vinos de fruta después de embotellados y dejado madurar por dos meses, en una bodega bien ventilada y a baja temperatura, estará apta para su venta.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo se realizó en los laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias y la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materia prima e insumos

- Higo (*Ficus carica L.*) deshidratado variedad *Black Mission*, procedente de la provincia Jorge Basadre Grohmann, Locumba.
- Aditivos químicos: metabisulfito de potasio y metabisulfito de sodio
- Levadura: *Saccharomyces cerevisiae* variedad *ellipsoideus*
- Medio de cultivo: agar mosto higo

3.2.2 Equipos, materiales de laboratorio y reactivos

3.2.2.1 Equipos

- Alcoholímetro de Gay Lussac a 15 °C/15 °C
- Autoclave, marca G.C.A, 120 voltios, 2000 watts, presión de 0 – 60 Kpa, rango de temperatura de 0 °C a 150 °C, USA.

- Balanza digital, marca METTLER A.J., 150 precisión 0,00001; 200 – 240 voltios, USA.
- Baño María, marca J.P. SELECTA S.A., rango de temperatura 0 °C – 100°C, 200 voltios, España.
- Cámara de Neubauer, marca Brand, diámetros de 0,100 mm; 0,0025 mm², Germany.
- Cocina eléctrica doméstica, 220 voltios, Perú.
- Equipo Extractor Soxhlet, marca LAB-LINE, de seis hornillas.
- Equipo MicroKjeldahl, digestor, marca LACONCO, Modelo 603000.
- Equipo simple de destilación para alcohol
- Espectrofotómetro HEWLETT PACKARD, UV/ vis-8453.
- Estufa, marca MEMMERT, 220 voltios, rango de temperatura de 0 °C – 220 °C, WEST GERMANY.
- Microscopio óptico, H.W.KESSEL S.A. ZEISS, Germany.
- Mostímetro, escala 1 000 – 2 000.
- Mufla, marca THERMOLINE CORPORATION SIBRON, rango de temperatura de 0 °F – 2200 °F en 0 – 6 horas, modelo FD 1520M, 240 voltios, USA.
- Potenciómetro, marca ALLIED FISHER CIENTIFIC, modelo 800, con rango de pH 4 -14, USA.
- Refractómetro ABBE. POLAND. Modelo RL 3.
- Refrigeradora- FAEDA. ¼ Hp. Termostato doble función.
- Termómetro, escala 0 °C – 200 °C.

3.2.2.2 Materiales de laboratorio

- Algodón
- Asa de Kolle
- Bagueta
- Baldes de plástico de 4 litros
- Balones
- Bécquer de 150 ml y 250 ml
- Bureta de 25ml
- Crisoles de porcelana
- Desecador de silica gel
- Espátula de metal
- Fiolas de 50ml y 100ml
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml y 500 ml
- Mechero de alcohol
- Pipetas volumétricas de 1 ml; 5 ml y 10 ml
- Piceta de agua destilada
- Placas petri
- Porta y cubre objetos
- Probetas de 50ml; 100 ml y 250 ml
- Tapones de jebe
- Tubos Follin
- Tubos para espectrofotometría
- Viales 5 ml

3.2.2.3 Reactivos

- Alcohol de 90°
- Éter de petróleo
- Fenolftaleína 1 %
- Hidróxido de sodio 0,1 N; 2 N
- Reactivo arsenomolibdico de Nelson (SN2)
- Reactivo cúprico de Somogyi (SN1)
- Indicador rojo de metilo y verde bromocresol
- Ácido sulfúrico 1: 3
- Ácido bórico 2 %
- Sulfato de cobre
- Sulfato de potasio
- Almidón 2 %
- Yodo 0,02 N

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.3.1 En la materia prima

- **Extracto seco:** Se determinó en estufa a 105°C hasta peso constante, de acuerdo A.O.A.C. (1993).
- **Extracto etéreo:** Se determinó por el método de Soxhlet, para lo cual se pesó 5 g de muestra seca, que se empaqueta en un papel filtro, de acuerdo A.O.A.C. (1993).

- **Proteína total:** Se determinó por el método micro Kjeldahl, se pesó 0,3 g de muestra seca, para el cálculo se usa el factor 6,25 para llevar el nitrógeno a proteína total, de acuerdo A.O.A.C. (1993).
- **Fibra bruta:** Se determinó por digestión ácida y luego alcalina, para lo cual se pesa 1 g de muestra seca, de acuerdo A.O.A.C. (1993).
- **Ceniza:** Se determinó calcinando la muestra en mufla en una temperatura de 600 °C, de acuerdo A.O.A.C. (1993).
- **Carbohidratos:** Se calcula por diferencia restando a 100 los porcentajes de humedad, grasa, fibra y cenizas de acuerdo A.O.A.C. (1993).
- **Sólidos solubles:** Este análisis se realizó utilizando 2 gotas de zumo de higo hidratado, por medio del refractómetro ABBE, para luego medir directamente la concentración expresada en °Brix. Federation Internacional des Producteurs de Jus de Fruits (1968) y Methods A.O.A.C. (1993).
- **Azúcares reductores:** Se determinó por el método de Somogyi Nelson, a la muestra se realizó diluciones hasta la concentración adecuada y la curva patrón glucosa, se observa en el Anexo N° 02.
- **Acidez titulable total:** Se expresó en ácido tartárico. Método número 3. Federation Internacional des Producteurs de Jus de Fruits (1968).
- **pH:** Se determinó empleando el método del potenciómetro. Método número 11. Federation Internacional des Producteurs de Jus de Fruits (1968).

00369

3.3.2 En el procesamiento

- **Sólidos solubles:** Se determinó por medio del refractómetro ABBE, para luego medir directamente la concentración expresada en °Brix. Federation Internacional des Producteurs de Jus de Fruits (1962) y Methods A.O.A.C. (1993).
- **Acidez titulable total:** Se expresó en ácido tartárico. Método número 3. Federation Internacional des Producteurs de Jus de Fruits (1968).
- **pH:** Se determinó empleando el método del potenciómetro. Método número 11. Federation Internacional des Producteurs de Jus de Fruits (1968).
- **Azúcares reductores:** Se determinó por el método de espectrofotometría de Somogyi Nelson, a la muestra se realizó diluciones hasta la concentración adecuada.
- **Densidad:** Se determinó con el mostímetro de líquidos pesados con escala de 1 000 – 2 000.

3.3.3 En el producto final

3.3.3.1 Análisis fisicoquímico

- **Sólidos solubles:** Se determinó por medio del refractómetro ABBE, para luego medir directamente la concentración expresada en °Brix. Federation Internacional des Producteurs de Jus de Fruits (1962) y Methods A.O.A.C. (1993).
- **Acidez titulable total:** Se expresó en ácido tartárico. Método número 3. Federation Internacional des Producteurs de Jus de Fruits (1968).

- **Acidez volátil:** Según Negre – Francot (1980).
- **pH:** Se determinó empleando el método del potenciómetro. Método número 11. Federation Internacional des Producteurs de Jus de Fruits (1968).
- **Ceniza:** Se determinó calcinando la muestra en mufia en una temperatura de 550 °C, de acuerdo A.O.A.C. (1993).
- **Extracto seco:** Se determinó en estufa a 105°C hasta peso constante, de acuerdo A.O.A.C. (1993).
- **Grado alcohólico:** Según Normas Técnicas (INDECOPI, 1967)
- **Sulfuroso total:** Según Amerine – Dugh (1976)
- **Azúcares reductores:** Se determinó por el método de espectrofotometría de Somogyl Nelson. A la muestra se realizó diluciones hasta la concentración adecuada.

3.3.3.2 Análisis microbiológico

- Numeración de Hongos y Levaduras (según la ICMSF, 2000)

3.3.3.3 Análisis sensorial

Este tipo de prueba se realizó para tener información sobre la aceptabilidad de los atributos (color, aspecto, olor y sabor) del producto obtenido por los 11 tratamientos de cada grupo de temperatura realizados. Se utilizó 5 panelistas semientrenados aplicándose el test hedónico, con una escala de 1 a 9 puntos. Los resultados fueron analizados con el programa Statística 5.0. En la figura N° 03 se observa el análisis sensorial del vino de higo deshidratado.



Figura N° 03: Análisis sensorial del vino de higo deshidratado

3.4 MÉTODO EXPERIMENTAL

3.4.1 PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE VINO DE HIGO

La presente investigación se dividió en tres etapas:

3.4.1.1 ETAPA I: Preparación del medio de cultivo y aislamiento de levadura

A) Preparación del medio de cultivo

El medio que se preparó fue el agar mosto higo, pesándose 3 g de agar agar y se diluyó en 120 ml de mosto de higo; se llevó a calentar para la completa dilución del agar, previa regulación del pH con NaOH 2N, dicho medio fue esterilizado en el autoclave a 121°C por 15 minutos.

B) Aislamiento de levadura

- A. **Cepa:** La levadura utilizada es la *Saccharomyces cerevisiae* variedad *ellipsoideus* que ha sido obtenida de un vino de higo (*Ficus carica* L.).
- B. **Aislamiento:** El agar mosto higo se adicionó a la placa petri aproximadamente 20 ml; se esperó que solidifique para que por medio del asa de Kolle se siembre por estrías para su aislamiento.
- C. **Incubación:** La placa petri se llevó a la estufa a 29°C por un tiempo de 48 horas.

En la figura N° 04 se observa el procedimiento para el aislamiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Así mismo, se hizo pruebas adicionales para la identificación de la levadura como la prueba de crecimiento, estudio de pseudomicelio, prueba de ascospogénesis y la fermentación de glúcidos. La descripción de las pruebas se muestra en el anexo N° 07.



Figura N° 04: Aislamiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*

3.4.1.2 ETAPA II: Procedimiento para la obtención del pie de cuba

- A. **Materia prima:** Los higos (*Ficus carica L.*) deshidratados variedad Black Mission, fueron cuantificados en peso promedio, así como en sus dimensiones. Con la finalidad de conocer la constitución físico - químico de la materia prima, se realizaron diferentes análisis.
- B. **Recepción:** Se recibieron los higos deshidratados y se realizó el pesado.
- C. **Selección:** Se seleccionaron los higos deshidratados, que reunían las características organolépticas y condiciones apropiadas para obtener un vino constituido de higos sanos y limpios. Se realizó un pesado final.
- D. **Lavado:** Los higos fueron lavados por inmersión en agua fría, a fin de despojar la tierra, materias extrañas e impurezas adheridas al higo por un breve periodo de tiempo. De ésta manera se disminuyó la carga microbiana y favoreció la fermentación.
- E. **Cortado:** Se realizó en forma manual con ayuda de cuchillos de acero inoxidable. Los higos fueron cortados en cuartos sobre una tabla de picar. Esta labor facilitó la extracción de los sólidos solubles del higo.
- F. **Hidratación:** Se adicionó al bioreactor los higos cortados y el agua en una proporción de 1:3 (higo:agua); se dejó reposar por un periodo de 48 horas, para la ganancia de humedad y peso.
- G. **Descube:** Esta etapa se realizó con la finalidad de separar el mosto de la parte sólida, se retiró los higos prensándolos manualmente para extraer el mosto.

- H. Pasteurización:** El mosto de higo obtenido se lleva a baño María a 60°C por un tiempo de 15 minutos para eliminar los microorganismos que puedan alterar el producto.
- I. Siembra:** Después de enfriarse el mosto pasteurizado se siembra levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, que previamente han sido aisladas.
- J. Incubación:** Luego de la siembra se llevó el mosto a la incubadora para su reproducción a 29°C por un tiempo de 48 horas.

En la figura N° 05 se puede observar la inoculación de la levadura (pie de cuba) en el mosto de higo y a mano derecha se muestra el diseño del bioreactor que se utilizó para la fermentación en un ambiente acondicionado para el mismo.

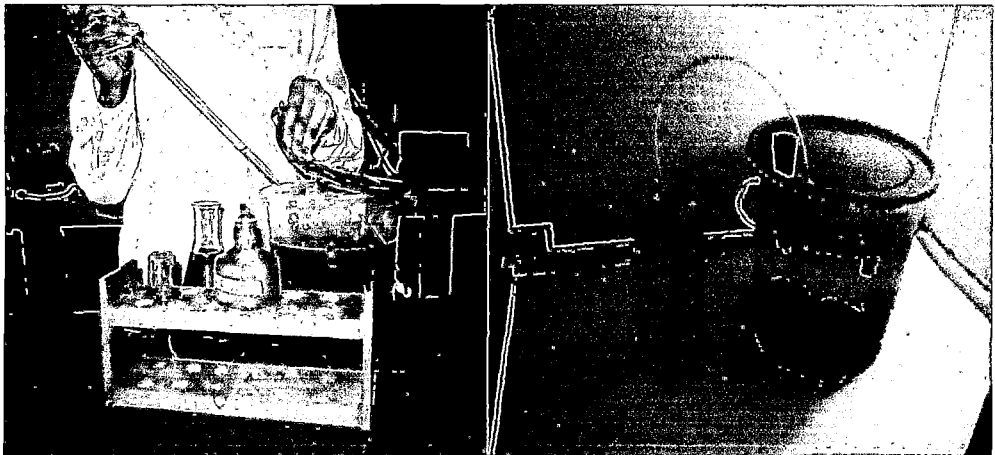


Figura N° 05: Inoculación de la levadura en el mosto de higo y diseño del bioreactor utilizado para la fermentación.

3.4.1.3 ETAPA III: Proceso de obtención del vino de higo

- A. **Materia prima:** Los higos (*Ficus carica* L.) deshidratados variedad Black Mission, fueron cuantificados en peso promedio, así como en sus dimensiones. Con la finalidad de conocer la constitución físico-química de la materia prima, se realizaron diferentes análisis ya descritos.
- B. **Recepción:** Se recibieron los higos deshidratados y se realizó el pesado.
- C. **Selección:** Se seleccionaron los higos deshidratados, que reunían las características organolépticas y condiciones apropiadas para obtener un vino constituido de higos sanos y limpios.
- D. **Lavado:** Los higos fueron lavados por inmersión en agua fría, a fin de despojar la tierra, materias extrañas e impurezas adheridas al higo y disminuir su carga microbiana lo cual favorecerá la posterior inoculación de levaduras.
- E. **Cortado:** Se realizó en forma manual con ayuda de cuchillos de acero inoxidable y fueron cortados en cuartos; esta labor facilitó la posterior extracción de los sólidos solubles del higo.
- F. **Hidratación y sulfitado:** En depósitos acondicionados se vertieron los higos cortados y el agua en una proporción como se indica en el diseño experimental; con la finalidad de disminuir la carga bacteriana se adicionó metabisulfito de potasio en dosis de 8 g/Hl.
- G. **Reposo:** Toda la solución se dejó en reposo por un periodo de 6 horas para disminuir la carga microbiana inicial.

- H. Fermentación:** Previo al inicio de la fermentación se inoculó el cultivo (pie de cuba) como se indica en el diseño experimental. Los depósitos de fermentación fueron puestos en un lugar ambientado a dos rangos de temperatura indicadas en el diseño experimental, por un tiempo determinado hasta disminuir los sólidos solubles; se realizaron los basuqueos requeridos por el producto a fin de controlar el proceso de fermentación.
- I. Descube y prensado:** Culminado el proceso de fermentación se procedió al descube separando la fase sólida de la fase líquida, contenidas en el depósito de fermentación. A los higos hidratados se les hizo un prensado manual para que al retirarlas sólo puedan llevarse una mínima proporción de líquido, obteniéndose un vino de prensa.
- J. Conservación:** Para estabilizar el vino se adicionó dosis de 15 g/Hl de metabisulfito de potasio, previo desalojo del anhídrido carbónico (CO_2) por agitación suave. Se hizo el trasvase del vino de higo de un depósito a otro, tomando las precauciones necesarias para separar el vino de los sólidos precipitados en el fondo del depósito, evitando que éstos se muevan y airear el vino de higo. El trasiego se realizó a los 15; 30 y 60 días conservándose a una temperatura promedio de 19°C.
- K. Clarificación:** En esta etapa se agregó clara de huevo (3 claras/Hl) con la finalidad de atrapar y hacer precipitar las partículas en suspensión y darle una claridad al vino con un color agradable.

- L. Filtración:** Se procedió a filtrar el vino de higo a través de un filtro de manga para liberarlo de toda partícula extraña y lograr un mejor aspecto.
- M. Envasado:** El llenado de las botellas se efectuó evitando en lo posible airear el vino de higo. Se emplearon botellas de vidrio de 750 ml de capacidad que fueron previamente lavadas, escurridas y tratadas con una dosis de 2 g/Hl de metabisulfito de sodio. El cerrado se realizó en forma manual empleando corchos tronco-cónicos, que previamente fueron esterilizados en autoclave, al igual que las botellas.
- N. Almacenaje:** En ésta etapa varió paulatinamente el carácter del vino de higo, desaparecen los olores y sabores desfavorables, consiguiendo un vino de higo con características organolépticas adecuadas. Las botellas de vino de higo se mantuvieron en un ambiente ventilado, sin luz y a temperatura ambiente por un tiempo de 3 meses. En la figura N° 06 se puede observar las muestras de vino de higo en su etapa final.



Figura N° 06: Vino de higo fermentado a temperaturas de 22° a 26°C (bloque A) y de 17° a 21°C (bloque B)

A continuación se presenta el flujo para la elaboración del vino de higo deshidratado:

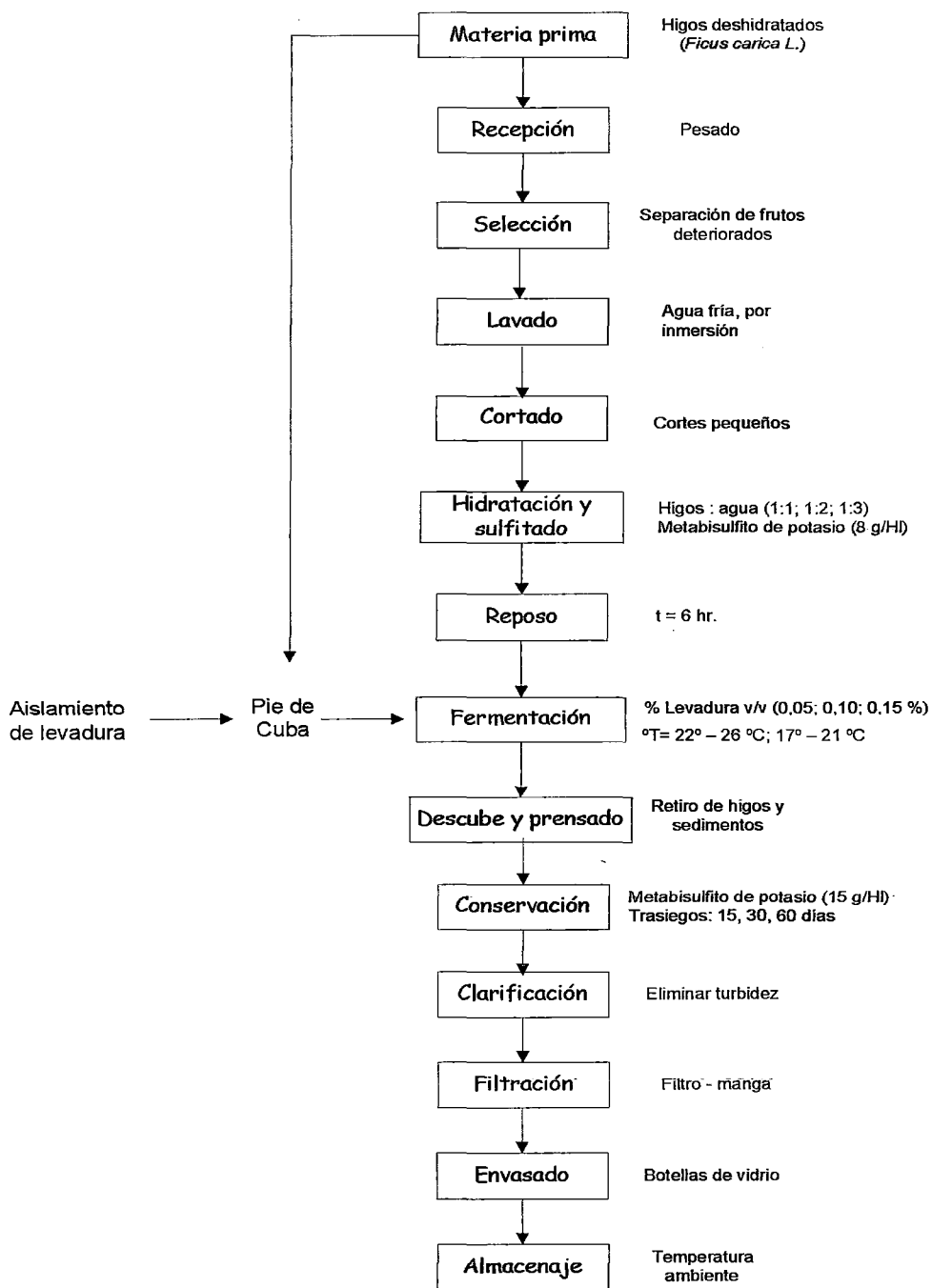


Figura N° 07: Flujo para la elaboración del vino de higo deshidratado

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE VINO DE HIGO

En la figura N° 08, se muestra el diseño experimental con las operaciones y controles realizados para la obtención del vino de higo deshidratado, el cual consistió de las siguientes operaciones:

- A. Materia prima:** Los higos (*Ficus carica L.*) deshidratados variedad Black Mission, fueron cuantificados en peso, así como en sus dimensiones; con la finalidad de conocer la constitución físico - química de la materia prima se realizaron diferentes análisis.
- B. Hidratación y sulfitado:** Para la obtención del mosto se tomó en cuenta la proporción de higo deshidratado en relación al agua. Finalmente se agregó metabisulfito de potasio (8 g/Hl), a fin de disminuir la carga bacteriana de la mezcla.
- C. Fermentación:** El mosto tratado anteriormente se le inoculó cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* el mismo que fue dosificado en relación al volumen de la materia prima y del mosto, es decir la concentración expresada en porcentaje (v/v). Los 11 tratamientos de cada grupo empiezan a fermentar a diferentes rangos temperaturas; de acuerdo a delineamiento experimental se tomaron dos rangos de temperatura de 22° a 26°C y de 17° a 21°C; para la proporción de higo deshidratado se tomaron 3 niveles 20; 25 y 30 %; y para la concentración de cultivo se tomaron 3 niveles 0,05; 0,10 y 0,15 %. Finalmente se hizo el análisis de las variables dependientes: color, aspecto, olor, sabor, grado alcohólico y acidez total.

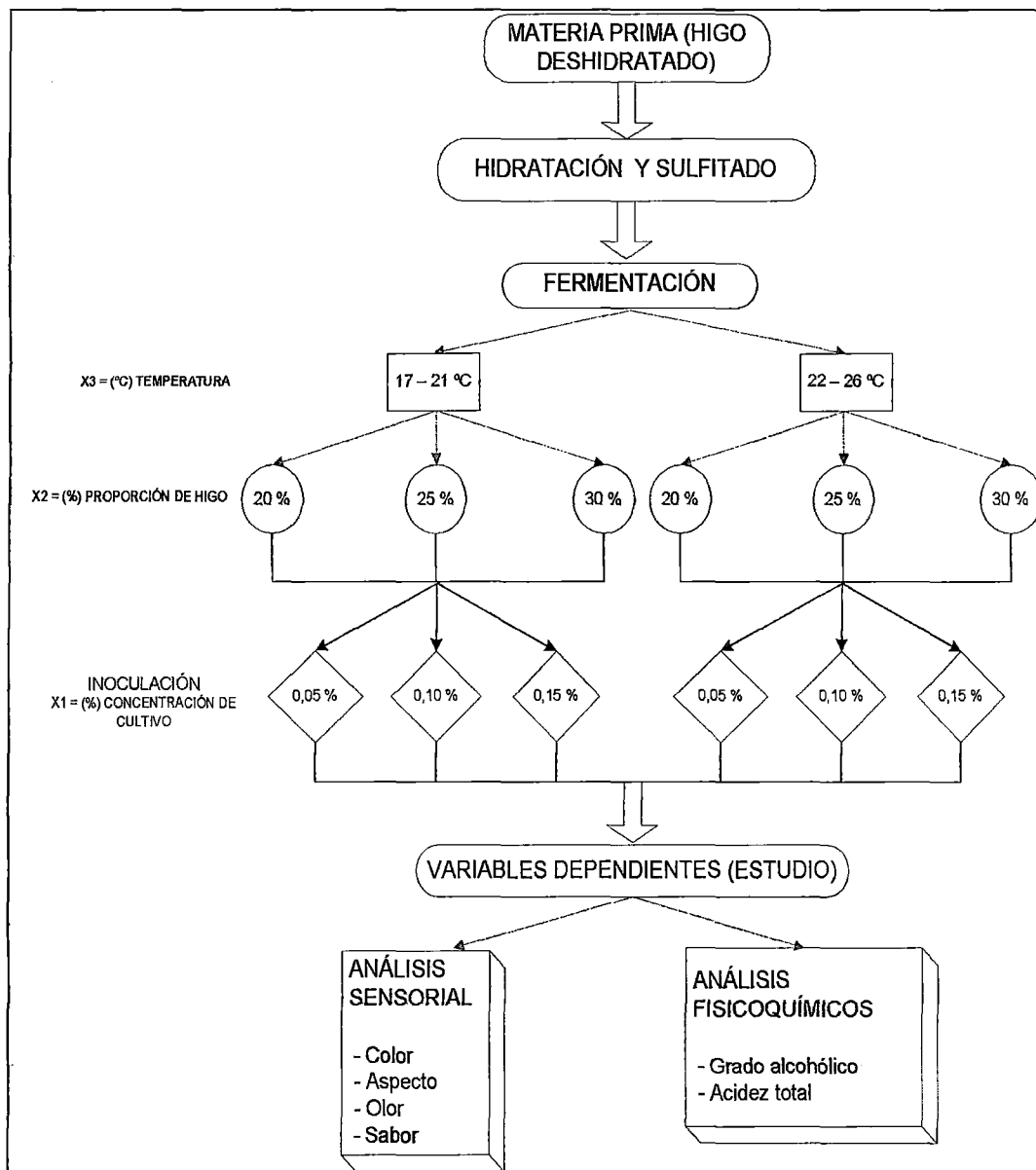


Figura N° 08: Diseño experimental para la elaboración del vino de higo deshidratado

Fuente: *Elaboración propia*

3.4.2.1 Delineamiento experimental

Para estudiar los efectos de la concentración de cultivo (%) y la proporción de higo deshidratado (%) se usó la metodología de Superficie de Respuesta y el Diseño Central Compuesto Centrado en las Caras, con el programa Statistica versión 5,0. Las variables escogidas como variables de respuesta (Y) fueron el grado alcohólico, la acidez total. Así mismo, las características sensoriales como color, aspecto, olor y sabor.

El delineamiento estadístico requirió de un mínimo de tratamientos; así fue que en la investigación fueron realizados 11 tratamientos con 3 puntos centrales para cada rango de temperatura en estudio. A continuación se muestra los niveles codificados y reales de las variables según el Diseño Central Compuesto Centrado en las Caras:

Cuadro N° 03: Niveles de las variables independientes estudiadas durante el estudio del vino de higo deshidratado a temperaturas de 22° a 26 °C y de 17° a 21 °C.

| Variables | Niveles | | |
|-----------|---------|--------|--------|
| | -1 | 0 | +1 |
| X1 | 0,05 % | 0,10 % | 0,15 % |
| X2 | 20 % | 25 % | 30 % |

X1 = Concentración de cultivo (%)

X2 = Proporción de higo (%); (20% = 1:3; 25% = 1:2; 30% = 1:1)

Fuente: Elaboración propia

Los rangos de variación entre el límite superior e inferior fueron establecidos a partir de pruebas preliminares. En el cuadro N° 04 se presentan los valores codificados y reales del delineamiento factorial.

Cuadro N° 04: Delineamiento experimental para la evaluación de las variables independientes estudiadas a temperaturas de 22° a 26 °C y de 17° a 21 °C.

| Tratamientos | Variables Independientes en Estudio | | | |
|--------------|-------------------------------------|------------|------|------------|
| | X1 | | X2 | |
| | real | codificado | real | codificado |
| 1 | 0,05 % | -1 | 20 % | -1 |
| 2 | 0,10 % | 0 | 20 % | -1 |
| 3 | 0,15 % | +1 | 20 % | -1 |
| 4 | 0,05 % | -1 | 25 % | 0 |
| 5 | 0,10 % | 0 | 25 % | 0 |
| 6 | 0,15 % | +1 | 25 % | 0 |
| 7 | 0,05 % | -1 | 30 % | +1 |
| 8 | 0,10 % | 0 | 30 % | +1 |
| 9 | 0,15 % | +1 | 30 % | +1 |
| 10 | 0,10 % | 0 | 25 % | 0 |
| 11 | 0,10 % | 0 | 25 % | 0 |

X1 = Concentración de cultivo (%)

X2 = Proporción de higo (%); (20% = 1:3; 25% = 1:2; 30% = 1:1)

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.2 Procesamiento estadístico

Para el análisis de los efectos combinados de las variables independientes (X) en las respuestas evaluadas (Y) se empleó la metodología de Superficie de Respuesta. El promedio de los datos de cada uno de los 11 tratamientos para cada rango de temperatura en las variables de respuesta fueron tratados por el análisis de regresión múltiple para desarrollar un modelo matemático de primer y segundo orden conteniendo términos lineales, cuadráticos y de interacciones. Para ello fue utilizado el programa Statistica versión 5,0.

El efecto significativo del modelo fue validado por análisis de varianza con la ayuda de la prueba de Fisher y el análisis del coeficiente de determinación (R^2). En ella se observó el grado de significación y la falta de ajuste de la regresión al 95 % de confianza, El modelo para ser considerado predictivo a fin de describir determinada característica en la región analizada debe presentar regresión significativa al nivel del 95 % de confianza, falta de ajuste no significativo en el mismo nivel de confianza y alto valor R^2 .

3.4.2.3 Método de optimización

Es la optimización de las variables dependientes por el método de la función deseada. Para la etapa de optimización se contó con la ayuda del software estadístico Design – Expert 7,02. La metodología de la función deseada, es una técnica analítica desarrollada para la optimización de sistemas de factores múltiples y respuestas múltiples, donde cada respuesta se estandariza en funciones deseadas.

Las funciones a estandarizar son las variables dependientes: grado alcohólico, acidez total y características organolépticas (color, aspecto, olor y sabor).

IV. HIPÓTESIS E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

4.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Sí es posible evaluar los parámetros tecnológicos en la elaboración de vino a partir de higo (*Ficus carica* L.) deshidratado variedad Black Mission.

4.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

4.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

Para el diseño experimental descrito se consideró 3 variables independientes, éstos son:

- Concentración de cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* variedad *ellipsoideus*, con niveles de 0,05; 0,10 y 0,15 %.
- Proporción de higo deshidratado, con niveles de 20; 25 y 30 %.
- Temperatura de fermentación, con rangos de 22° a 26°C y 17° a 21°C.

4.2.2 VARIABLES DEPENDIENTES

Como variables dependientes se consideró las siguientes:

- Acidez total
- Grado alcohólico
- Características sensoriales: color, aspecto, olor y sabor.

4.3 INDICADORES

Según Norma Técnica Peruana NTP 212.014 para vinos (INDECOPI, 1967) se consideró los siguientes indicadores:

a) Características organolépticas:

- Color: De acuerdo a su clase.
- Aspecto: Límpido al momento de librarse al consumo.
- Olor: Característico de su clase.
- Sabor: Característico de su clase.

b) Características fisicoquímicas:

- | | |
|--|-------|
| • Título alcohólico mínimo en %/vol a 15°C – 15°C | 10,00 |
| • Acidez acética volátil en g/l de ácido acético, máximo | 1,80 |

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Al inicio del presente trabajo de investigación se propuso un conjunto de objetivos dirigidos a demostrar que es posible evaluar los parámetros tecnológicos para obtener un vino a partir de higo deshidratado, es por eso que a continuación se muestran los resultados obtenidos.

5.1 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA

En el cuadro N° 05 se presentan los análisis efectuados a la materia prima y los resultados obtenidos.

Cuadro N° 05: Análisis proximal y fisicoquímico del higo deshidratado

| Análisis | higo deshidratado |
|-------------------------|--------------------------|
| Humedad (%) | 13,68 |
| Proteínas (%) | 2,59 |
| Cenizas (%) | 2,76 |
| Grasa (%) | 2,48 |
| Carbohidratos (%) | 67,76 |
| Fibra (%) | 10,73 |
| Acidez total (%) | 0,098 |
| pH | 4,9 |
| °Brix | 31,4 |
| Azúcares reductores (%) | 13,23 |

Fuente: Elaboración propia

Las ventajas del higo deshidratado, como materia prima, está relacionado básicamente con su composición, además de las propiedades funcionales de la misma.

Según **Coloma (2004)**, utilizó como materia prima el higo deshidratado con una humedad de 23,2 % y un contenido de proteínas de 1,1 %. En relación a este trabajo se utilizó la materia prima con una humedad de 13,68 % y 2,59 % de proteínas. Tomando como referencia al mismo autor, el contenido de grasa fue de 0,22 %; en este estudio fue de 2,48 % en este caso. Así mismo, se obtuvo un valor de 67,76 % de carbohidratos y 0,098 % de acidez total. Los valores obtenidos de la materia prima para el presente estudio difiere de los valores dados por el autor, se puede deber a la zona de cultivo, factores climatológicos y procesos de deshidratación, aunque la variedad de higo sea la misma.

Así mismo **CICA (2000)** trabajó como materia prima al higo deshidratado con un pH de 4,0 y 18 °Brix. En relación a este trabajo reportó 4,9 de pH y 31,4 °Brix.

Coloma (2004), reportó un higo deshidratado con 25 % de azúcares reductores y en el presente estudio se encontró 13,23 % el cual depende de la zona de cultivo, método de deshidratación y factores climatológicos.

En cuanto a la materia prima utilizada, se encuentra en etapa de sobremaduración al presentarse como fruto deshidratado; la cual presenta un

elevado contenido de sólidos solubles dando una condición deseada para la fermentación.

5.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

La Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) es una técnica que ha sido aplicada con éxito en la optimización de procesos alimenticios, y consiste en un grupo de procedimientos matemáticos y estadísticos que son usados para estudiar la relación entre una o más respuestas (variables independientes); se usa esta técnica para realizar ensayos experimentales.

5.2.1 EFECTO EN LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

Para la evaluación de las características sensoriales del vino de higo, se agruparon las muestras según los rangos establecidos. Y de esta manera agrupar sus respuestas y comparar los resultados obtenidos.

Los análisis de aceptabilidad sensorial se realizaron con un grupo de panelistas semientrenados los cuales evaluaron la preferencia de los atributos color, aspecto, olor y sabor en base a la escala hedónica de 9 puntos. En el cuadro N° 06, se registran los promedios para los 11 tratamientos ejecutados para cada rango de temperatura.

Cuadro N° 06: Resultados del análisis sensorial según prueba de preferencia para las muestras de vino de higo fermentados a temperaturas de 22° a 26 °C y de 17° a 21°C

| T | Variables independientes | | 22° - 26 °C | | | | 17° - 21°C | | | |
|----|--------------------------|----|-------------|-----|------|-----|------------|-----|-----|-----|
| | X1 | X2 | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 |
| 1 | -1 | -1 | 5,4 | 5,6 | 3,1 | 3,2 | 5,8 | 5,1 | 5,0 | 2,2 |
| 2 | 0 | -1 | 5,4 | 3,8 | 3,4 | 3,4 | 5,3 | 4,8 | 4,3 | 3,8 |
| 3 | 1 | -1 | 6,0 | 5,8 | 3,7 | 4,6 | 4,8 | 4,2 | 4,0 | 3,8 |
| 4 | -1 | 0 | 6,4 | 6,2 | 5,6 | 5,1 | 6,6 | 5,8 | 5,2 | 5,0 |
| 5 | 0 | 0 | 6,15 | 6,0 | 5,9 | 4,8 | 6,0 | 5,2 | 5,2 | 5,5 |
| 6 | 1 | 0 | 7,0 | 6,4 | 5,78 | 4,9 | 6,2 | 5,0 | 4,8 | 4,0 |
| 7 | -1 | 1 | 7,2 | 7,6 | 7,3 | 6,6 | 6,8 | 7,1 | 7,4 | 6,4 |
| 8 | 0 | 1 | 7,0 | 7,3 | 6,7 | 6,4 | 7,0 | 6,9 | 6,8 | 7,3 |
| 9 | 1 | 1 | 6,8 | 7,8 | 5,9 | 6,0 | 7,8 | 6,8 | 6,2 | 6,2 |
| 10 | 0 | 0 | 6,35 | 5,8 | 5,86 | 4,8 | 6,2 | 5,3 | 4,9 | 5,0 |
| 11 | 0 | 0 | 6,35 | 6,3 | 5,35 | 4,5 | 6,4 | 5,0 | 5,2 | 5,7 |

T = tratamientos

X1 = Concentración de cultivo (%)

X2 = Proporción de higo (%);
(20% = 1:3; 25% = 1:2; 30% = 1:1)

Y1 = Color

Y2 = Aspecto

Y3 = Olor

Y4 = Sabor

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 06 se muestra los resultados obtenidos por los panelistas de la evaluación del análisis sensorial, según la evaluación de los panelistas las muestras de mayor preferencia a alta y baja temperatura son los tratamientos 7; 8 y 9, que presentan un color adecuado, aspecto bueno, con olor acentuado y de sabor agradable a vino semiseco. Las muestras 1; 2 y 3 a alta temperatura presentan una coloración intermedia y de aspecto aceptable, en relación a los atributos olor y sabor son calificados como muy pobres. Las muestras 1; 2 y 3 a baja temperatura presentan una coloración intermedia, de aspecto y olor no tan aceptable, en relación al atributo sabor es calificado como muy pobre.

5.2.1.1 EFECTO EN EL COLOR

- En la figura N° 09 (A) de superficie de respuesta construida a partir del modelo de regresión del color para muestras fermentadas de 22° a 26°C, se visualiza la tendencia de que a mayor proporción de higo y menor concentración de cultivo se obtienen las máximas respuestas con un valor máximo de 7,034 en la aceptación del atributo color. Esto indica la preferencia de los consumidores por un vino de higo con un color intenso. El valor de coeficiente de correlación múltiple al cuadrado (R^2) es de 0,95 indicando una buena calidad del ajuste de los puntos experimentales.
- En la figura N° 09 (B) de superficie de respuesta construida a partir del modelo de regresión del color para las muestras fermentadas de 17° a 21°C, se visualiza la tendencia de que a mayor proporción de higo y mayor concentración de cultivo se obtienen las máximas respuestas con un valor máximo de 7,428 en la aceptación del atributo color. Esto confirmaría la preferencia de los consumidores por un vino de higo con un color intenso. Un valor de coeficiente de correlación múltiple (R^2) es de 0,975 que indica una buena calidad del ajuste de los puntos experimentales.

A continuación los modelos matemáticos de las muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B) para la variable color:

$$Y_{\text{color (A)}} = 6,34 + 0,13 X_1 + 0,28 X_1^2 + 0,70 X_2 - 0,22 X_2^2 - 0,25 X_1 X_2$$

$$Y_{\text{color (B)}} = 6,21 - 0,07 X_1 + 0,17 X_1^2 + 0,95 X_2 - 0,08 X_2^2 + 0,50 X_1 X_2$$

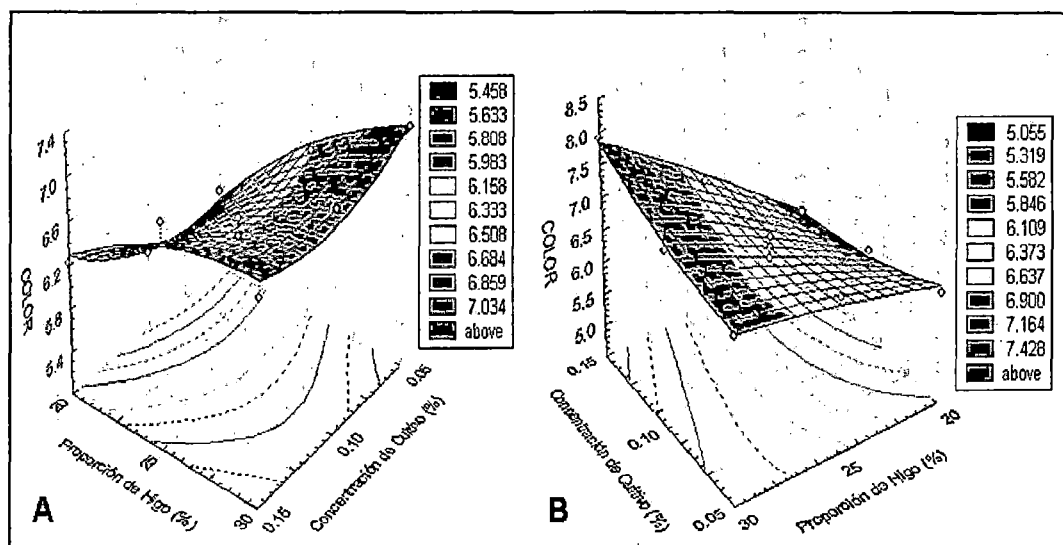


Figura N° 09: Superficie de respuesta del modelo completo para la variable respuesta color para muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B).

Según **Pérez (2006)**, en su estudio del color para el vino de piña se observó que no existen diferencias significativas entre los cinco vinos evaluados, aunque el criterio está en el cercano al límite con un valor p de 0,0655 apenas mayor a 0,05.

Para el caso del vino de higo la apreciación del color se puede suponer que los cambios ocurridos fueron producto de la oxidación del vino durante el trasiego, de lo cual las muestras fermentadas a temperaturas de 17° a 21°C reportaron mejores valores de aceptabilidad.

5.2.1.2 EFECTO EN EL ASPECTO GENERAL

- La figura N° 10 (A) muestra las curvas de nivel y superficie de respuesta correspondiente al modelo completo para muestras fermentadas a temperatura de 22° a 26°C, muestra la variación de la aceptabilidad del aspecto en función de las variables independientes, concentración de cultivo (%) y proporción de higo deshidratado (%), manteniendo condiciones de fermentación en un rango de temperatura comprendido entre 22° a 26°C. En dicha figura se observa la relación directa entre la proporción de higo y la aceptación del aspecto; además se puede obtener un valor de 7,608 para un rango de concentración de cultivo (%) 0,05 a 0,06 % y 0,14 a 0,15 %; y para un rango de proporción de higo deshidratado de 29 a 30 %.
- La figura N° 10 (B) muestra las curvas de nivel y superficie de respuesta correspondiente al modelo completo para las muestras fermentadas a temperatura de 17° a 21°C la variación del aspecto en función de las variables independientes concentración de cultivo (%) y proporción de higo deshidratado (%), manteniendo una temperatura de fermentación en el mismo rango. En dicha figura se observa la relación directa entre la proporción de higo y la aceptación del aspecto que se puede obtener un valor de 6,881 para un rango de concentración de cultivo (%) 0,05 a 0,095 % y para un rango de proporción de higo deshidratado de 29,4 a 30 %.

A continuación los modelos matemáticos de las muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B) para la variable aspecto:

$$Y_{\text{aspecto (A)}} = 5,85 + 0,10 X_1 + 0,73 X_1^2 + 1,25 X_2 - 0,22 X_2^2 + 0,00 X_1X_2$$

$$Y_{\text{aspecto (B)}} = 5,23 - 0,33X_1 + 0,09 X_1^2 + 1,12 X_2 + 0,53 X_2^2 + 0,15 X_1X_2$$

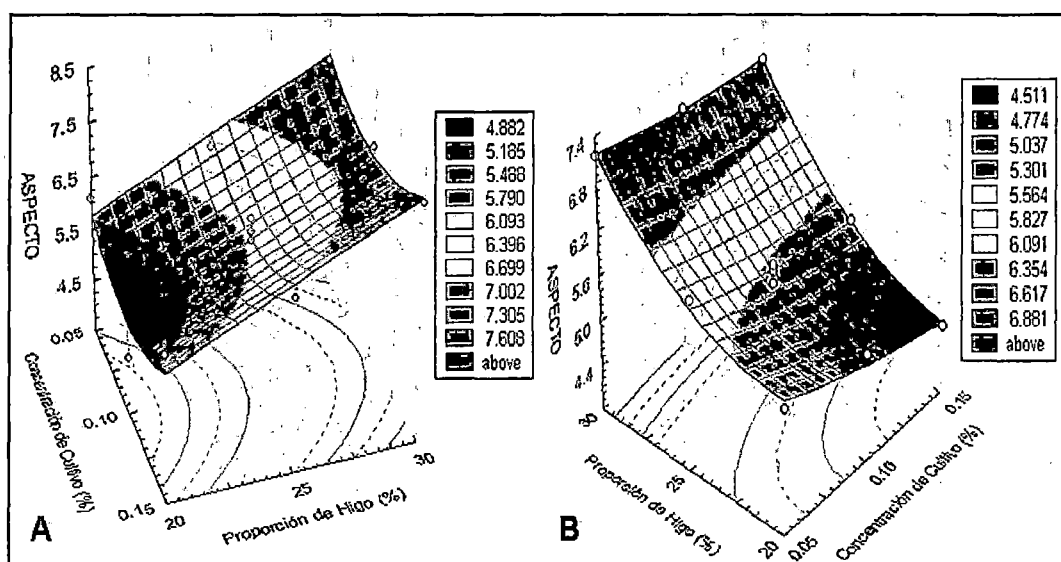


Figura N° 10: Superficie de respuesta del modelo completo para la variable respuesta aspecto, para muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)

Según **Pérez (2006)**, para la apariencia del vino de piña se puede observar que no existen diferencias significativas entre los vinos evaluados, la prueba de Fisher propone una ligera diferencia de los vinos con respecto a la apariencia en función a las cepas de levaduras.

Para el caso del vino de higo no se encontró diferencia sustancial con respecto a los efectos por la concentración del cultivo de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* ni de la proporción de higo deshidratado.

5.2.1.3 EFECTO EN EL OLOR

- En la siguiente figura N° 11 (A) correspondiente al modelo completo para la variación del olor del vino de higo en función de las variables independientes: concentración de cultivo (%) y proporción de higo deshidratado (%) que corresponden al rango de temperatura de 22° a 26°C, en dicha figura se comprueba que el factor más importante es la proporción de higo (%) y del que se puede obtener una región de máxima respuesta en un rango con valor máximo de 6,841.
- En la siguiente figura N° 11 (B) correspondiente al modelo completo para las muestras fermentadas a temperatura de 17° a 21°C, la variación del olor del vino de higo en función de las variables independientes concentración de cultivo (%) y proporción de higo deshidratado (%), se comprueba que el factor más importante y del que además se puede obtener una región de máxima respuesta con un valor de 6,991 es también la proporción de higo deshidratado.

A continuación los modelos matemáticos de las muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B) para la variable olor:

$$Y_{\text{olor (A)}} = 5,71 - 0,10 X_1 - 0,03 X_1^2 + 1,62 X_2 - 0,67 X_2^2 - 0,50 X_1 X_2$$

$$Y_{\text{olor (B)}} = 5,06 - 0,43 X_1 + 0,01 X_1^2 + 1,18 X_2 + 0,56 X_2^2 - 0,05 X_1 X_2$$

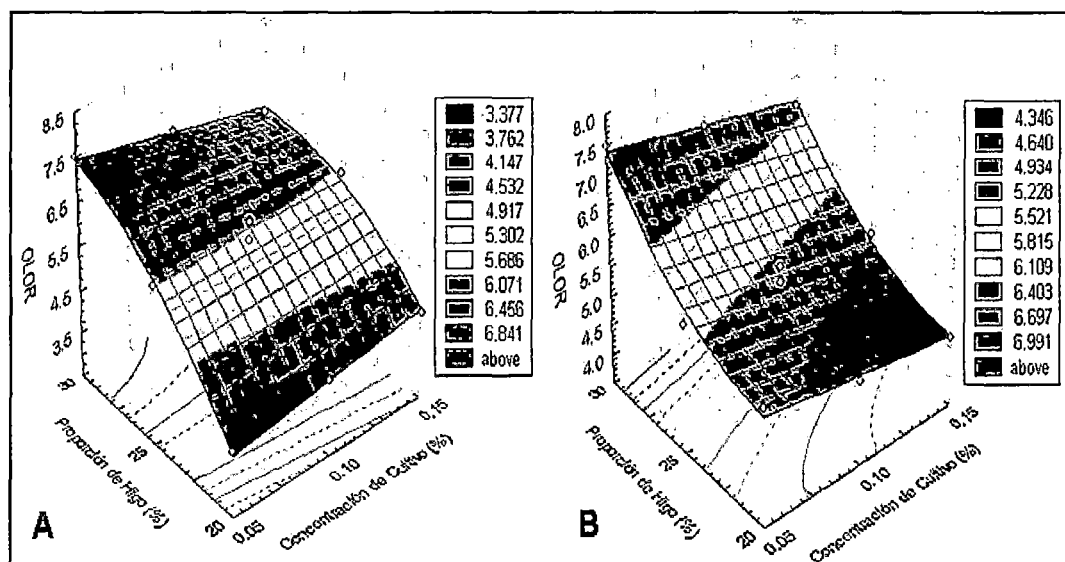


Figura N° 11: Superficie de respuesta del modelo completo para la variable respuesta olor, para muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)

Según **Pérez (2006)**, para el caso del vino de piña no encontró diferencias significativas entre los ensayos efectuados, sin embargo para el presente estudio las muestras presentan una marcada diferencia en la aceptabilidad de olor; donde las desagradables se presentan para los niveles más bajos de concentración de cultivo.

Según **Aumatell (2005)**, en el caso de las frutas, las macromoléculas mayoritarias que actúan de soporte de los volátiles son los polisacáridos, los cuáles también pueden ser útiles como criterio de calidad. Los polisacáridos que posteriormente se encuentran presentes en las bebidas derivadas de frutas son

principalmente de tipo hidrosoluble y mayoritariamente se tratará de pectinas. El aroma que se percibe de un alimento depende del equilibrio entre las diferentes concentraciones de sustancias volátiles,

La temperatura debería ser aquella que permitiera la mejor expresión de las sustancias volátiles aromáticas y, a la vez, asegurará el desarrollo correcto del proceso fermentativo. La temperatura es un factor importante para las levaduras y el óptimo para su desarrollo se sitúa en torno a los 25°C, dependiendo de la especie e incluso de la cepa; temperaturas inferiores suponen una ralentización de la fermentación producida por la disminución del número máximo de levaduras viables. Esta disminución se debe a una asimilación más lenta del nitrógeno, y a una mayor producción por parte de las propias levaduras de compuestos inhibidores (ácidos grasos de cadena media y sus ésteres) **(Epifanio, 2005)**.

5.2.1.4 EFECTO EN EL SABOR

- Para las muestras fermentadas a temperatura de 17° a 21°C, la figura N° 12 (A) de superficie de respuesta muestra el efecto significativo de ambas variables independientes para el criterio del sabor, aunque el efecto de proporción de higo es más preponderante y positiva. La región de máxima respuesta se encuentra a mayor proporción de higo y menor concentración de cultivo donde el valor con la ecuación de regresión es de 6,489.

- La figura N° 12 (B) de superficie de respuesta para el criterio del sabor muestra el efecto significativo de ambas variables independientes en la variabilidad de la aceptación del vino de higo deshidratado donde el efecto de la proporción de higo y la concentración de cultivo son significativas aunque la proporción de higo tiene mayor significancia. La región de máxima respuesta muestra un valor 6,832 para un rango de cultivo entre 0,054 % a 0,12 % y de 29 % a 30 % de proporción de higo deshidratado. Estos análisis del sabor muestra que los panelistas prefieren en general un vino de higo elaborado a condiciones de temperatura (17° a 21°C).

Para el caso del vino de higo fermentados a temperatura de 22° a 26°C y de 17° a 21°C, se puede observar la influencia que tiene la proporción de higo en el sabor, debido a que mayor proporción de higo se puede obtener mejores respuestas de aceptación ya que el sabor es mas intenso.

A continuación los modelos matemáticos de las muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B) para la variable sabor:

$$Y_{\text{sabor (A)}} = 4,72 + 0,10 X_1 + 0,25 X_1^2 + 1,30 X_2 + 0,15 X_2^2 - 0,50 X_1 X_2$$

$$Y_{\text{sabor (B)}} = 5,40 + 0,07 X_1 - 0,90 X_1^2 + 1,68 X_2 + 0,15 X_2^2 - 0,45 X_1 X_2$$

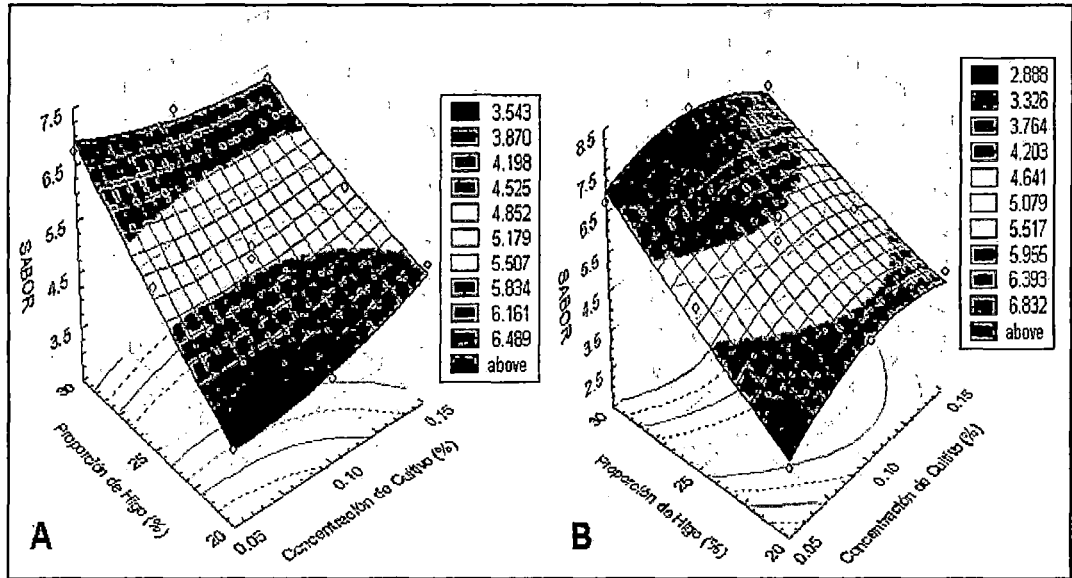


Figura N° 12: Superficie de respuesta del modelo completo para la variable respuesta sabor, para muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)

5.2.2 EFECTO EN LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

Una vez concluido el proceso fermentativo y realizadas las operaciones de trasiego con adición de clara de huevo necesarias para clarificar el producto final, así como el proceso de madurado con un tiempo 3 meses, se obtuvieron los siguientes resultados fisicoquímicos:

Cuadro N° 07: Resultados fisicoquímicos correspondientes a las muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C y de 17° a 21°C

| T | Variables independientes | | 22° - 26°C | | 17° - 21°C | |
|----|--------------------------|----|------------|--------|------------|--------|
| | X1 | X2 | °GL | Acidez | °GL | Acidez |
| 1 | -1 | -1 | 10,0 | 0,428 | 7,0 | 0,790 |
| 2 | 0 | -1 | 10,0 | 0,420 | 9,5 | 0,525 |
| 3 | 1 | -1 | 10,0 | 0,420 | 7,0 | 0,330 |
| 4 | -1 | 0 | 15,0 | 0,420 | 11,4 | 0,650 |
| 5 | 0 | 0 | 12,0 | 0,517 | 10,0 | 0,590 |
| 6 | 1 | 0 | 13,0 | 0,480 | 10,0 | 0,450 |
| 7 | -1 | 1 | 13,2 | 0,690 | 15,0 | 0,720 |
| 8 | 0 | 1 | 12,0 | 0,720 | 16,5 | 0,960 |
| 9 | 1 | 1 | 15,0 | 0,690 | 17,0 | 0,720 |
| 10 | 0 | 0 | 12,0 | 0,450 | 10,0 | 0,500 |
| 11 | 0 | 0 | 13,0 | 0,480 | 11,0 | 0,500 |

T: tratamientos

X 1: Concentración de cultivo (%)

X 2: Proporción de higo deshidratado (%); (20% = 1:3; 25% = 1:2; 30% = 1:1)

Fuente: *Elaboración propia*

El cuadro N° 07 indica los resultados fisicoquímicos; en los tratamientos de alta temperatura la acidez total obtuvo su mayor valor en las muestras 7; 8 y 9. El grado alcohólico obtuvo valores mínimos de 10° en las muestras 1; 2 y 3 con respecto a las demás muestras que obtuvieron valores más altos. En los tratamientos de baja temperatura la acidez total obtuvo sus mayores valores en las muestras 1; 7; 8 y 9 resaltando la muestra 8 con un valor de 0,96. En las muestras 7; 8 y 9 se obtuvieron los valores más altos de grado alcohólico diferenciándose de las demás que obtuvieron valores mínimos.

Los resultados obtenidos del grado alcohólico se puede relacionar con la temperatura de fermentación en 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 más fácil conseguir una mayor graduación alcohólica, debido que a altas temperaturas las levaduras hacen fermentar los sustratos llegando a agotarse más rápidamente. En los tratamientos 7; 8 y 9 de los dos rangos de temperatura se puede observar que se obtuvieron los mayores valores de grado alcohólico debido a que la proporción de higo utilizada en los mismos es de 1:1; es decir que existe una mayor concentración de sólidos solubles.

En el caso de la acidez tota se puede observar que es mayor en los tratamientos 7; 8 y 9, es decir donde la proporción de higo es de 1:1. Este resultado se debe probablemente a una mayor cantidad de nutrientes para las levaduras hubo un mayor crecimiento de los mismos generando como consecuencia una mayor acidez. Lo cual no ocurrió en los tratamientos en los cuales hubo menor contenido de nutrientes.

5.2.2.1 GRADO ALCOHÓLICO

La figura N° 13 muestra el comportamiento del grado alcohólico con respecto a las condiciones de fermentación de 22° a 26°C (A) y de 17° a 21°C (B) temperatura bajo el efecto de la concentración de cultivo (%) y proporción de higo deshidratado (%) donde se muestra que el grupo de muestras fermentadas

a temperatura de 22° a 26°C, tiene una región de máxima respuesta en grado alcohólico con un valor de 13,971; mientras que el otro grupo de muestras fermentadas a temperatura de 17° a 21°C, muestra una tendencia a que se puede seguir aumentando el nivel de proporción de higo a favor del incremento del grado alcohólico tal es así que alcanza un valor de 15,858 dentro de los niveles de estudio, para el vino de higo deshidratado.

En el vino de higo, el grado alcohólico está influenciado por la proporción de higo deshidratado y esto se debe a la mayor concentración de azúcares en el higo que se han convertido y producido etanol.

A continuación los modelos matemáticos de las muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B) para la variable grado alcohólico:

$$Y_{gl(A)} = 12,46 - 0,03 X_1 + 1,34 X_1^2 + 1,7 X_2 - 1,66 X_2^2 + 0,45 X_1 X_2$$

$$Y_{gl(B)} = 10,73 + 0,10 X_1 - 0,62 X_1^2 + 4,17 X_2 + 1,68 X_2^2 + 0,50 X_1 X_2$$

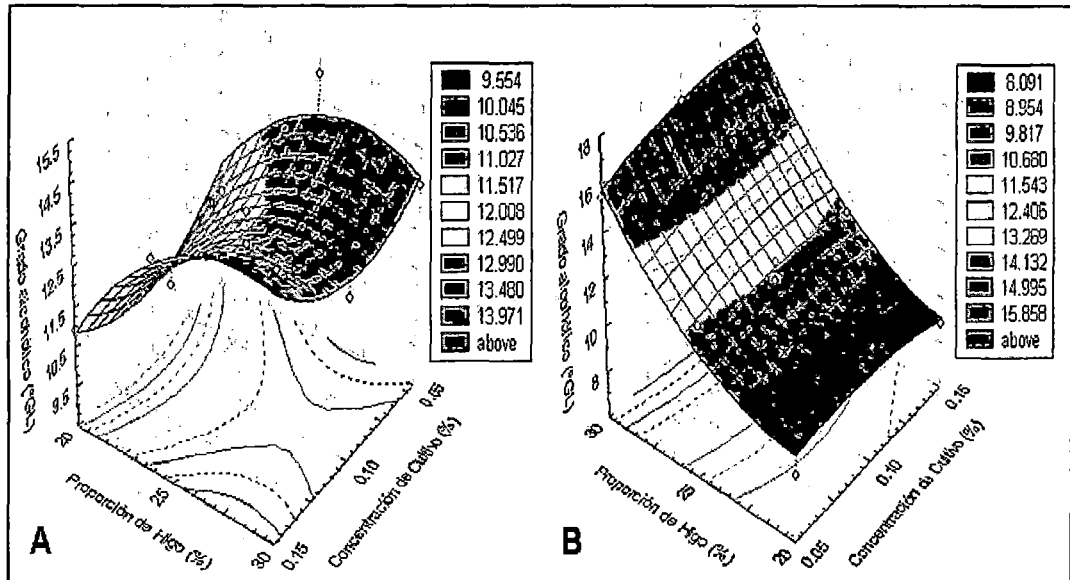


Figura N° 13: Superficies de respuesta de los modelos completos para la variable grado alcohólico del vino de higo deshidratado a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)

5.2.2.2 ACIDEZ TOTAL

La acidez total se define como la suma de los ácidos en estado libre que existen en el vino y que sean valorables, los resultados que se obtienen de esta valoración corresponden a la suma de los ácidos minerales y orgánicos.

El análisis de coeficientes de los modelos de regresión muestra que solo el efecto de la proporción de higo y la concentración de cultivo en sus formas lineal y cuadrática tiene importancia sobre la variación de la acidez.

Con los modelos de regresión completos se desarrollaron las figuras de superficie de respuesta correspondientes a la acidez total desarrollada; hay que

recordar que la acidez de las muestras de vino de higo corresponden a la acidez fija y volátil juntas.

En la figura N° 14, se muestra para el grupo a temperatura de 22° a 26°C (A) presenta un nivel de acidez total inferior a 0,687 %. Para el grupo que se fermentó a temperatura de 17° a 21°C (B) dio 0,782 % lo que demuestra una mayor actividad fermentativa del cultivo a temperaturas por debajo de 22°C.

A continuación los modelos matemáticos de las muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B) para la variable acidez:

$$Y_{\text{acidez(A)}} = 0,48 + 0,009 X_1 - 0,02 X_1^2 + 0,14X_2 + 0,10 X_2^2 + 0,002 X_1X_2$$

$$Y_{\text{acidez(B)}} = 0,56 - 0,11 X_1 - 0,04 X_1^2 + 0,13 X_2 + 0,15 X_2^2 + 0,12 X_1X_2$$

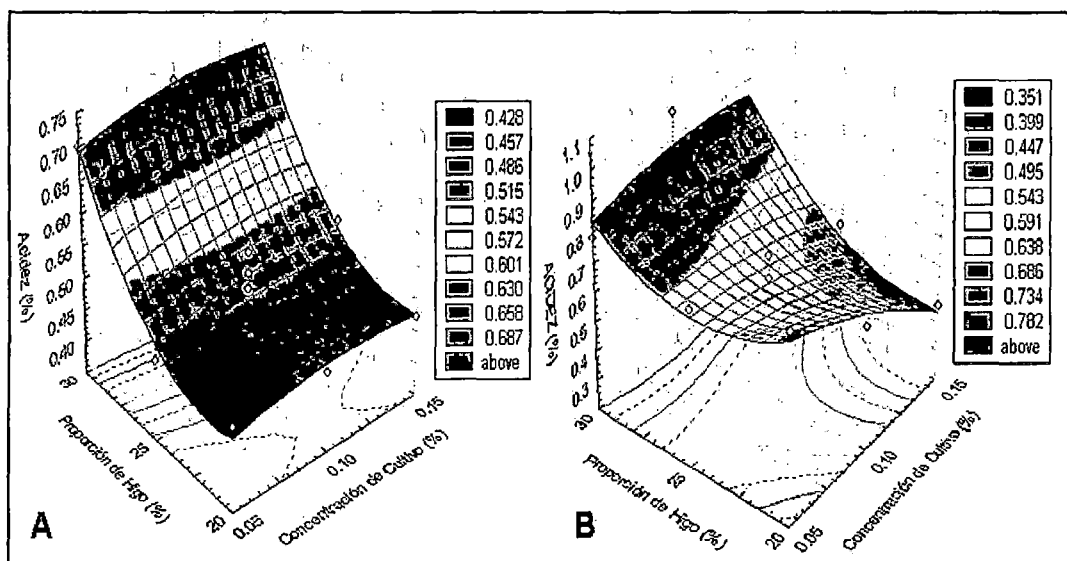


Figura N° 14: Superficies de respuesta de los modelos completos para la variable acidez total del vino de higo deshidratado a temperaturas de 22° a 26 °C (A) y de 17° a 21°C (B)

Según **Olivero (2006)**, para el análisis de la acidez del vino de naranja criolla (*Citrus sinensis*) registro una diferencia significativa ($P < 0,05$). De acuerdo con el DMS de Fisher no se detectaron diferencias significativas respecto a la acidez para el grupo de vinos con las levaduras 71-B1122, Montrachet y K1-V1116, así mismo para los provenientes de las levaduras EC-118 y IVC-GRE. Pero al comparar estos dos con los tres anteriores se observa una diferencia aunque no muy marcada. El menor valor de acidez se registró en el jugo de naranja de 0,72 %, un resultado esperado para un producto de fruta no fermentado y así como un valor máximo para el vino de naranja de 0,89 %.

Para el vino de higo se reportaron valores desde 0,428 hasta 0,687 % a temperatura de 22° a 26°C; así mismo para la temperatura de 17° a 21°C se obtuvieron valores de 0,351 hasta 0,782 % pudiéndose decir que el vino de higo no reportó una acidez total muy alta en promedio.

5.2.3 OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

A fin de encontrar la combinación de concentración de cultivo y la concentración de higo deshidratado que generen un vino de higo deshidratado óptimo, se procedió a realizar la optimización numérica con ayuda del software Design Expert 7,2; en cual se establecieron criterios que el producto final debería presentar basados en la aceptación sensorial, graduación alcohólica y acidez. En los cuadros N° 08 y N° 09 se establecen los criterios y sus valores óptimos encontrados para las muestras fermentadas a temperaturas de 22° a 26 °C y de 17° a 21°C.

Cuadro N° 08: Proceso de fermentación a temperatura de 22° a 26°C.

| Factores | Criterio 1 | Optimo |
|----------------------------------|------------|-------------|
| X1: Concentración de cultivo (%) | en rango | -1,00 |
| X2: Proporción de higo (%) | en rango | 0,98 |
| Y1: color | maximizar | 7,20 |
| Y2: aspecto | maximizar | 7,69 |
| Y3: olor | maximizar | 7,21 |
| Y4: sabor | maximizar | 6,78 |
| Y5: grado alcohólico | maximizar | 13,47 |
| Y6: acidez | en rango | 0,68 |
| Función deseada | | 0,92 |

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 09: Proceso de fermentación a temperatura de 17° a 21°C

| Factores | Criterio 2 | Optimo |
|----------------------------------|------------|-------------|
| X1: Concentración de cultivo (%) | en rango | - 0,19 |
| X2: Proporción de higo (%) | en rango | 1,00 |
| Y1: color | maximizar | 7,01 |
| Y2: aspecto | maximizar | 6,91 |
| Y3: olor | maximizar | 6,89 |
| Y4: sabor | maximizar | 7,27 |
| Y5: grado alcohólico | maximizar | 16,44 |
| Y6: acidez | en rango | 0,83 |
| Función deseada | | 0,89 |

Fuente: *Elaboración propia*

De los resultados obtenidos, el criterio de optimización que se escogió fue el criterio 2 correspondiente a las muestras fermentadas a temperatura de 17° a 21°C por presentar valores que demuestran un equilibrio en su aceptación sensorial además de que reportan una mayor graduación alcohólica. En la figura N° 15, se observa la optimización con la metodología de la función deseada para obtener los valores óptimos. Las variables independientes fueron decodificadas obteniéndose 0,09 % de concentración de cultivo y 30 % de proporción de higo como valores óptimos.

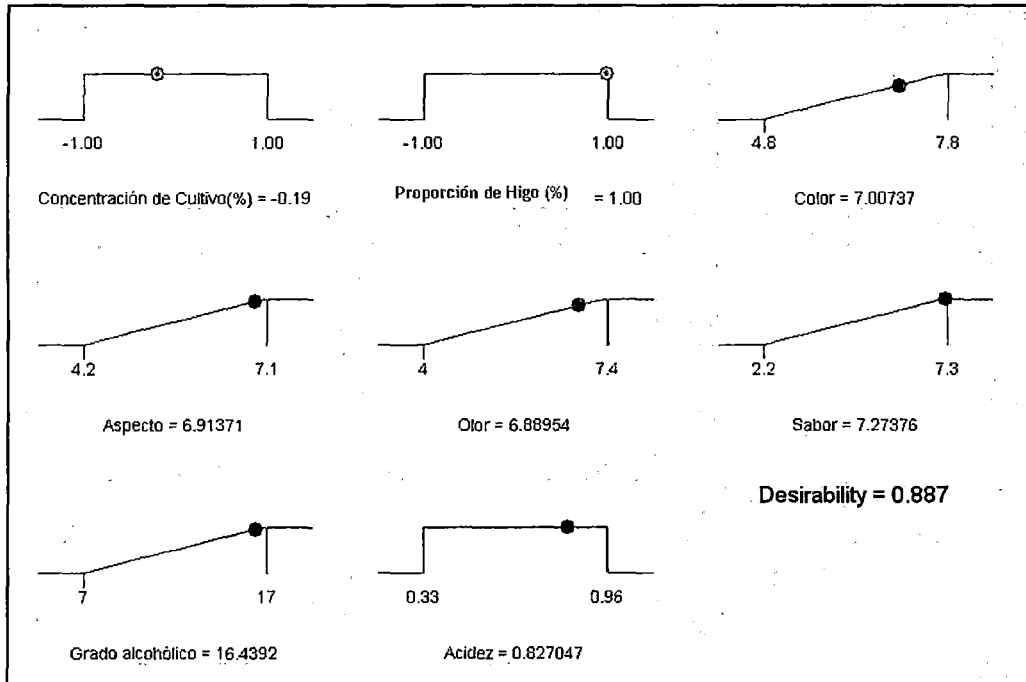


Figura N° 15: Optimización por la metodología de la función deseada del vino de higo deshidratado a temperatura de 17° a 21°C.

La figura N° 16 de optimización numérica muestra la región en la cual se encuentra la combinación óptima de variables independientes según el criterio 2 donde se puede observar el mayor efecto de la proporción de higo en relación a la concentración de cultivo en la mezcla fermentada.

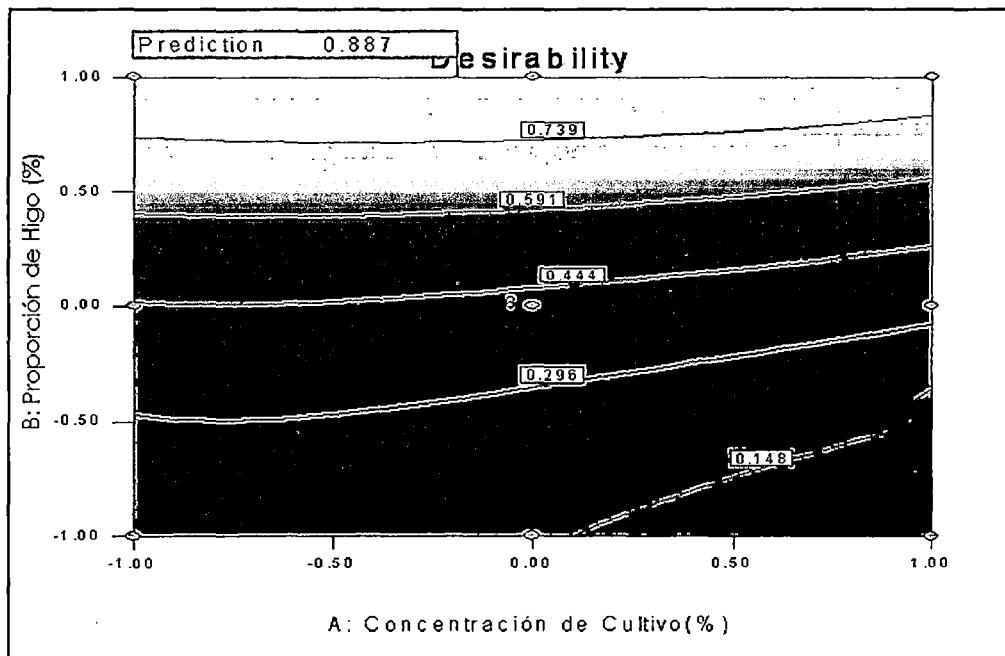


Figura N° 16: Curvas de nivel mostrando el efecto de la concentración de cultivo y la proporción de higo deshidratado durante la optimización numérica del vino de higo deshidratado.

5.2.4 EVALUACIÓN DEL PROCESO FERMENTATIVO EN EL TRATAMIENTO ÓPTIMO

5.2.4.1 Densidad

La evolución de la densidad del medio fermentativo se vio favorecido por la constante migración de los solutos solubles del higo deshidratado al medio de menor concentración como es el mosto, este fenómeno se pone de manifiesto durante los 2 primeros días para luego ir disminuyendo debido al proceso fermentativo en la cual se pierde masa por desprendimiento de CO_2 y evaporación de agua, éste fenómeno se observa en la figura N° 17.

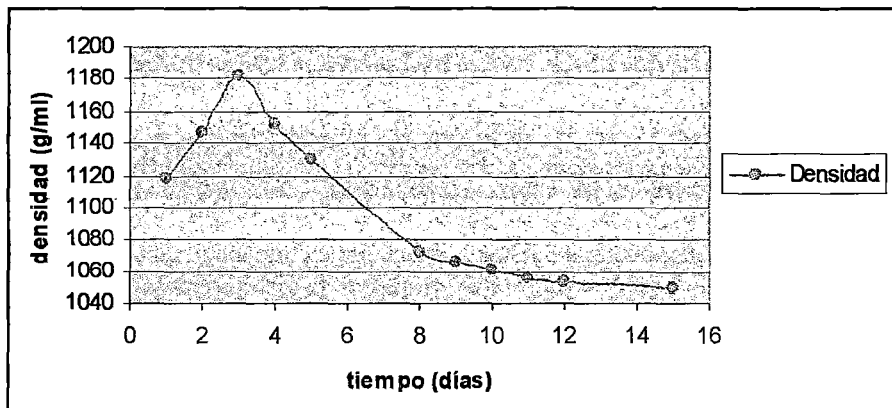


Figura N° 17: Variación de la densidad en relación con el tiempo durante la fermentación

5.2.4.2 pH y acidez

En la figura N° 18 se observa la evolución del pH a lo largo del proceso fermentativo donde se muestra el brusco descenso del pH debido a la fermentación tumultuosa de los azúcares por parte de las levaduras, para luego empezar una ascenso de su valor debido a las posibles reacciones de combinación de los ácidos producidos por los iones de las sales minerales presentes en el mosto que son producto del fenómeno osmótico que ocurre de manera simultánea, este fenómeno se explica con la figura N° 19 donde se muestra que el incremento de la acidez que ocurre entre el sexto y décimo día no corresponde con un descenso del pH como pudiera esperarse si no por el contrario ocurre un ascenso del valor pH, lo que demuestra que la reacción de los ácidos producidos y los iones aportados por la materia prima generan sales de los ácidos orgánicos formando de esta manera un sistema tampón o buffer que tiene la propiedad de amortiguar la variación del pH por efecto de una variación de los ácidos del medio.

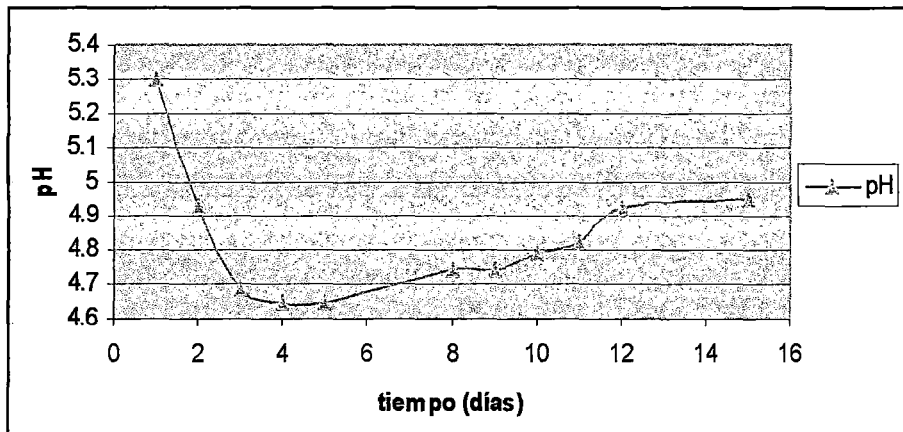


Figura N° 18: Variación del pH en relación con el tiempo durante la fermentación

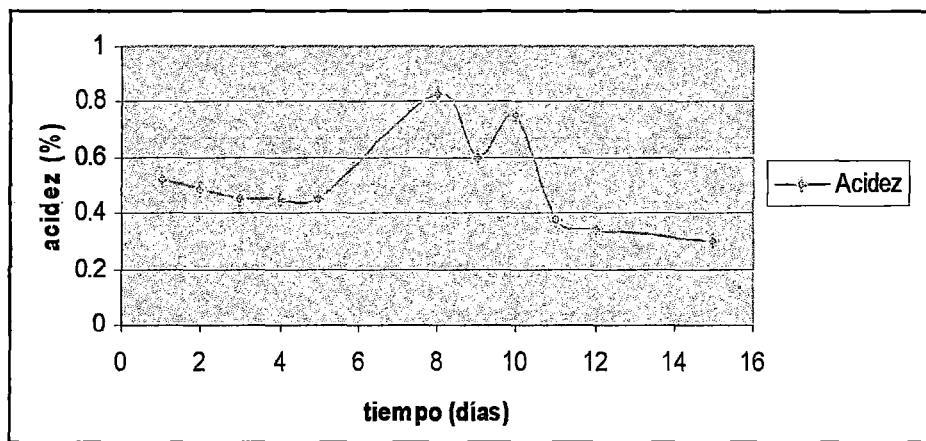


Figura N° 19: Variación de la acidez en relación con el tiempo durante la fermentación

5.2.4.3 °Brix y azúcares reductores

La evolución de los grados °Brix con respecto a la variación de la concentración de los azúcares de reductores se explica con la siguiente hipótesis: el contenido de azúcares presente en el higo deshidratado entre ellos dextrinas y azúcares simples que se manifiestan mediante los grados °Brix se mantiene constante durante los 4 primeros días de fermentación para luego observar un descenso de grados °Brix y azúcares reductores debido a que se van agotando los sólidos (dextrinas y azúcares simples) que migran del higo al medio fermentativo y que al mismo tiempo estos azúcares van siendo consumidos por la levaduras y las dextrinas se van desdoblando por la misma acidez que se va desarrollando generando una hidrólisis de estas dextrinas, esta evolución se puede observar en las figuras N° 20 y N° 21.

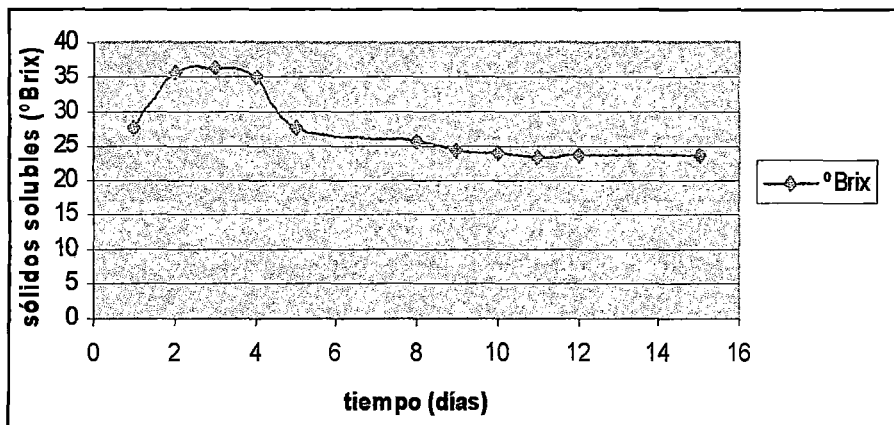


Figura N° 20: Variación de los sólidos solubles en relación con el tiempo durante la fermentación

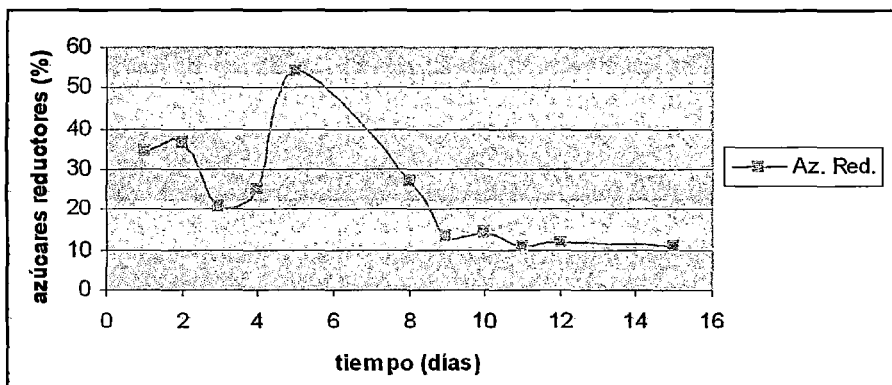


Figura N° 21: Variación de los azúcares reductores en relación con el tiempo durante la fermentación

5.2.4.4 Temperatura

En la figura N° 22 se observa la evolución de la temperatura del mosto y del medio ambiente con respecto al tiempo de fermentación, la diferencia de las curvas se puede explicar por la reacción exotérmica provocada por la fermentación bioquímica debido a la conversión de los azúcares del mosto de higo.

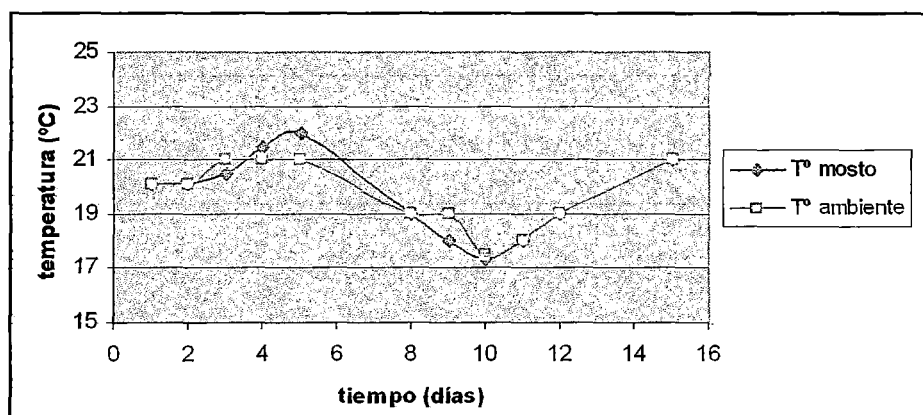


Figura N° 22: Variación de la temperatura en relación con el tiempo durante la fermentación

5.3 DEL PRODUCTO FINAL

5.3.1 Análisis proximal

Cuadro N° 10: Análisis proximal del vino de higo deshidratado

| ANÁLISIS | VINO DE HIGO |
|---------------------------|--------------|
| Extracto seco (%) | 17,56 |
| Cenizas (%) | 0,0056 |
| pH | 4,53 |
| °Brix | 21,8 |
| Acidez total (g/ml) | 0,75 |
| Acidez volátil (g/ml) | 0,03275 |
| Sulfuro total (g/l) | 0,1376 |
| Grado alcohólico | 16,44° |
| Azúcares reductores (g/l) | 107,4 |

Fuente: *Elaboración propia*

Teóricamente el extracto seco del vino es el peso del residuo fijo obtenido después de la evaporación de las sustancias volátiles obteniendo como valor para el vino de higo 17,56 %. El valor del pH, en este caso, es la expresión del grado de acidez en el vino de higo, obteniendo un valor de 4,53; el contenido de sólidos solubles indica el grado de dulzor que presenta el vino obteniendo un valor de 21,8 aunque la Norma Técnica Peruana no estipula acerca del pH ni de los °Brix sin embargo se procedió a trabajar éstas características y completar el presente trabajo (**Amerine y Ough, 1976**).

La acidez total es la valoración acidimétrica de la concentración de hidrógenos ácidos totales en los distintos componentes de una muestra, con relación al vino de higo se obtuvo como valor 0,75 g/ml. La acidez volátil es el conjunto de ácidos grasos de la serie acética que se hallan en los vinos en estado libre, en el caso del vino de higo presentó un valor de 0,03275 g/ml **(Peynaud, 1984)**.

El grado alcohólico está determinado por el alcohol etílico que en el presente trabajo obtuvo una riqueza alcohólica de 16,44. Los valores 0,1376 g/l de sulfuro total y 107,4 g/l de azúcares reductores se encuentran dentro de los valores permitidos para vinos según la Norma Técnica Peruana calificando al vino de higo como dulce y generoso.

5.3.2 Análisis microbiológico

En los análisis microbiológicos para el tratamiento de mejores condiciones dio como resultado la ausencia de hongos y levaduras, por lo tanto cumple con los rangos de aceptación de calidad sanitaria e inocuidad del alimento.

5.3.3 Balance de materia del vino de higo deshidratado

A continuación se muestra el balance de materia obtenido del tratamiento óptimo de 0,09 % de concentración de cultivo y 30 % de proporción de higo deshidratado fermentado a temperatura de 17° a 21°C:

Cuadro N° 11: Balance de materia para el tratamiento óptimo del vino de higo deshidratado

| OPERACIONES | Materia que ingresa | | Materia que sale | | Materia que continúa | |
|----------------------------------|---------------------|------|------------------|-----|----------------------|----------------|
| | g | % | g | % | g | % |
| RECEPCIÓN (higo deshidratado) g | 2000 | 100% | 0 | 0% | 2000 | 100,000% |
| SELECCIÓN | 2000 | 100% | 125 | 6% | 1875 | 93,750% |
| LAVADO | 1875 | 94% | 45 | 2% | 1830 | 91,500% |
| CORTADO | 1830 | 92% | 30 | 2% | 1800 | 90,000% |
| HIDRATACIÓN Y SULFITADO (mezcla) | 1800 | 90% | 0 | 0% | 1800 | 90,000% |
| agua 1:1 | 1800 | 90% | 0 | 0% | 3600 | 180,000% |
| * metabisulfito (8g/Hl) | 0,144 | 0% | 0 | 0% | 3600,144 | 180,007% |
| REPOSO | 3600,144 | 180% | 0 | 0% | 3600,144 | 180,007% |
| INOCULACIÓN (0,09 % p/p) | 3600,144 | 180% | 0 | 0% | 3600,144 | 180,007% |
| * cultivo (pie de cuba) | 3,24 | 0% | 0 | 0% | 3603,38 | 180,169% |
| FERMENTACIÓN | 3603,38 | 180% | 0 | 0% | 3603,38 | 180,169% |
| DESCUBE Y PRENSADO | 3603,38 | 180% | 1960 | 98% | 1643,38 | 82,169% |
| CONSERVACIÓN | 1643,38 | 82% | 0 | 0% | 1643,38 | 82,169% |
| * metabisulfito (15g/Hl) | 0,2465 | 0% | 0 | 0% | 1643,63 | 82,182% |
| TRASIEGO | 1643,63 | 82% | 1383 | 69% | 260,63 | 13,032% |
| CLARIFICACIÓN | 260,63 | 13% | 0 | 0% | 260,63 | 13,032% |
| * clara de huevo (100 g/Hl) | 0,26 | 0% | 0 | 0% | 260,89 | 13,045% |
| FILTRACIÓN | 260,89 | 0% | 1 | 0% | 259,89 | 12,995% |
| ENVASADO (g) | 259,89 | 0% | 0 | 0% | 259,89 | 12,995% |
| ® ALMACENAJE (g) | 259,89 | 0% | 0 | 0% | 259,89 | 12,995% |

® rendimiento obtenido en base a peso inicial de materia prima

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 23 se muestra el flujo definitivo para la elaboración del vino de higo deshidratado:

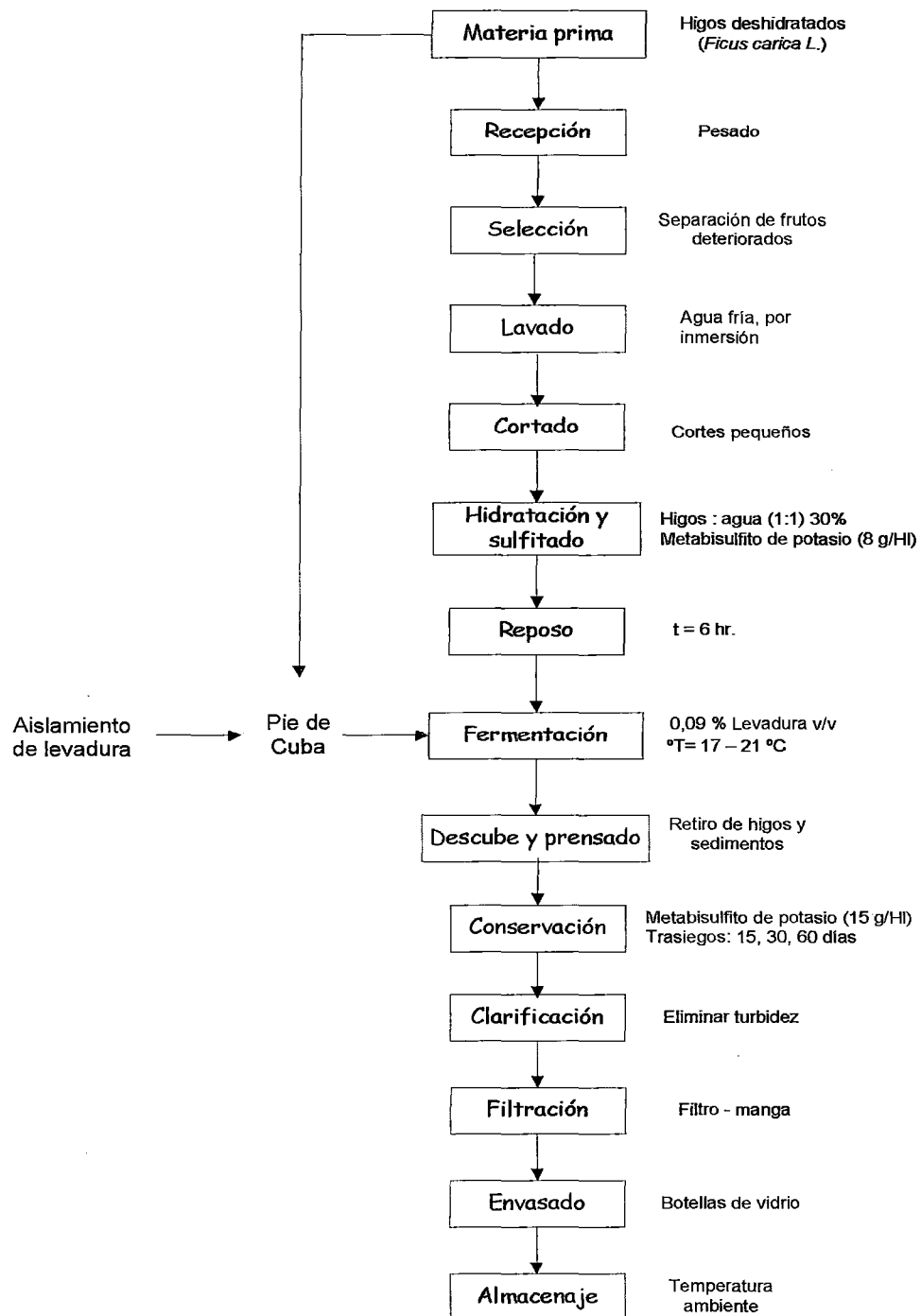


Figura N° 23: Flujo definitivo para la elaboración del vino de higo deshidratado

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. El higo deshidratado utilizado como materia prima presenta una humedad de 13,68 %; sólidos solubles 31,4 °Brix; acidez total 0,10 %; pH 4,9; proteínas 2,59 %; cenizas 2,76 %; grasa 2,48 %; carbohidratos 67,76 %; fibra 10,73 % y azúcares reductores 13,23 %.
2. La proporción de higo deshidratado es importante en la variación de las propiedades sensoriales y fisicoquímicas tanto a altas temperaturas (22° a 26°C) como a bajas temperaturas de fermentación (17° a 21°C).
3. El efecto de la concentración de cultivo se manifestó en las propiedades fisicoquímicas (grado alcohólico y acidez) mayormente a bajas temperaturas de fermentación (17° - 21 °C).
4. Para la elaboración del vino de higo se obtuvo como mejores condiciones operacionales 0,09 % concentración de cultivo y 30 % proporción de higo deshidratado a un rango de temperatura de fermentación de 17° a 21° C.
5. El vino de higo de mejores condiciones presenta los siguientes resultados fisicoquímicos: 16,44° grado alcohólico, 21,8 sólidos solubles, 4,53 pH, 17,56 % extracto seco, 0,0056 % cenizas, 0,75 g/ml acidez total, 0,03275 g/ml acidez

volátil y 107,4 g/l azúcares reductores por el cual es considerado como un vino dulce y generoso.

6. El producto final de mejores condiciones evaluado con el test hedónico en una escala de 1 a 9, reportó los siguientes resultados de aceptabilidad: color = 7; olor = 6,9; aspecto = 6,8 y sabor = 7,3.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios para mejorar la elaboración del vino de higo y así llevar a una fase productiva con un mayor valor agregado.
2. Debe realizarse estudios acerca del uso que se le puede dar al residuo del higo fermentado eliminado después del proceso de descube.
3. De acuerdo a las variables evaluadas, se puede hacer estudios para ver que otras variables independientes aparte de la proporción de higo tiene mayor significancia.
4. Hacer estudios de la variación del pH y acidez en el proceso de elaboración del vino de higo.
5. Se recomienda evaluar el proceso de ósmosis en el proceso tecnológico especialmente en el proceso de hidratación y fermentación.
6. Hacer estudios con otras cepas de levadura que puedan producir una mejor calidad de vino de higo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Amerine M.A. (1976)** Análisis de Vinos y Mostos, Editorial Acribia, Zaragoza - España.
2. **AMV (1994)** Métodos Oficiales de Análisis de los Alimentos, Ediciones Mundi Prensa, España.
3. **A.O.A.C. (1993)** Official Methods of Analysis, 15ava edición, Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
4. **Aumatell, Montserrat (2005)** Caracterización de compuestos volátiles en bebidas derivadas de fruta, Tesis para optar el grado de doctor en la Universidad de Barcelona, España.
5. **Bautista, Ana (2005)** Técnicas Enológicas para la obtención de vinos de Monastrell de alto contenido polifenólico, Tesis para optar el grado de doctor en la Universidad de Murcia, España.
6. **Bedoya Chipoco, Hernan Gustavo (1998)** Determinación y Evaluación de Parámetros para la Elaboración de Licor de Guinda (*Prunus cerasi* Acidae), Tacna - Perú.
7. **Bennion (1970)** Fabricación de pan, Editorial Acribia, Zaragoza - España.
8. **CICA (2000)** Elaboración de Vino de Higo, VÉRITAS, N° 4, Arequipa - Perú, Pág. 93 - 96.
9. **CICA (2001)** Elaboración de Crema de Higo por Hidrólisis Enzimática, VÉRITAS, N° 5, Arequipa - Perú, Pág. 41 - 44.

10. **CICA (2005)** Elaboración de panetón utilizando camote (*Ipamoea batata* L.) y sustitución de la fruta confitada y pasas por higo (*Ficus carica* L.), VÉRITAS, Volumen 9 N° 1, Arequipa – Perú, Pág. 55 – 59.
11. **Coloma, D. y Fernández, M. (2004)** Elaboración de un licor fermentado a partir de higo (*Ficus carica* L.) Diseño, Construcción y Operación de un reactor de fermentación, Tesis para optar el título de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Católica de Santa María, Arequipa - Perú.
12. **Delgado, T. (1995)** Elaboración de vino de melón, Tesis para optar el título de Ingeniería en Industrias Alimentarias, UNJBG, Tacna – Perú.
13. **De rosa, Tullio (1988)** Tecnología del Vino Tinto, Ediciones Mundi – Prensa, Madrid – España.
14. **Desrosier, N. (1986)** Elementos de Tecnología de Alimentos, 2da edición, Editorial CECSA, México D.F. – México, Pág. 623, 627 y 630.
15. **Díaz, I. (2007)** Estudio del efecto de la adición de una cepa prebiótica *Lactobacillus Rhamnosus*, en el zumo de Yacón para obtener una bebida funcional, Tesis para optar el título de Ingeniería en Industrias Alimentarias, UNJBG, Tacna - Perú.
16. **Epifanio Fernández, Sara (2005)** Influencia de la tecnología de Vinificación en la microbiología y el desarrollo de la fermentación alcohólica, Tesis para optar el grado de doctor en la Universidad de La Rioja, España.
17. **Federation International des Producteurs de Jus de Fruits - FIPJF (1968)** Métodos de Análisis.

18. **Figueroa, R. (1998)** Elaboración de una bebida alcohólica fermentada a base de tuna, variedad blanca, Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, UNJBG, Tacna - Perú.
19. **Frazier, W.C. (1975)** Microbiología de Alimentos, Editorial Acribia, Zaragoza – España, Pág. 382 y 383.
20. **Gianelli, A. (2007)** Determinación de la Formulación óptima y atributos sensoriales en la elaboración de mermelada de zapallo var. Pachia con higo deshidratado var. Black Mission, Tesis para optar el título de Ingeniería en Industrias Alimentarias, UNJBG, Tacna – Perú, Pág. 8
21. **Hart, L y Fisher, H. (1984)** Análisis Moderno de los Alimentos, Editorial Acribia, Zaragoza – España, Pág. 36, 37 y 40.
22. **Ibar, L. (1980)** El libro del vino, 1ra edición, Editorial deVecchi, Barcelona – España, Pág. 50, 52 – 56.
23. **ICMSF (2000)** Microorganismos de los Alimentos, Técnicas de Análisis Microbiológico, Editorial Acribia, Zaragoza – España.
24. **Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual – INDECOPI (1967)** Norma Técnica Peruana de Vinos – Requisitos, Métodos de ensayo.
25. **Lema, P. (2002)** Evaluación de la calidad de vinos tintos secos elaborados y embotellados en la ciudad de Tacna, Tesis para optar el título de Ingeniería en Industrias Alimentarias, UNJBG, Tacna – Perú.
26. **Lucero, R. L. (1989)** Elaboración de vino de Pera, Tesis para optar el título de Ingeniería en Industrias Alimentarias, UNJBG, Tacna – Perú.

27. **Madrid, A. (1985)** Modernas Técnicas Enológicas, 1ra edición, Editorial Yragra, Madrid – España, Pág. 81 – 83, 110, 189 y 190.
28. **Magistocchi, G. (1955)** Tratado de Enología, 1ra edición, Editorial Ateneo, Buenos Aires – Argentina, Pág. 201, 205, 330 – 332, 337 – 343.
29. **Meyer, M. (1999)** Control de calidad de productos agropecuarios, 3ra edición, Editorial Trillas, México, Pág. 60.
30. **Moore, J. y Janick, J. (1993)** Avances en la genotecnia de frutales, 1ra edición, Editorial AGT, México, Pág. 721 – 727.
31. **Muller, G. (1981)** Microbiología de los Alimentos Vegetales, Editorial Acribia, Zaragoza – España, Pág. 38, 195 – 198.
32. **Negre, E. y Francot, P. (1980)** Vinificación y Conservación de los Vinos, Editorial Monteso, Barcelona – España, Pág. 56 – 60, 73 y 85.
33. **Noguera, J. (1973)** Enotecnia Industrial, 1ra edición, Editorial Milagro, Lerida – España, Pág. 120 – 122, 175, 179 – 181, 589 y 604.
34. **Olivero, Rafael (2006)** Optimización del proceso de clarificación en la elaboración de vino de naranja criolla (*citrus sinensis*), Tesis para optar el grado en maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos en la Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico.
35. **Perez, Juan (2006)** Efecto de pasteurización y adición de sulfitos en la fermentación de vino de piña, Tesis para optar el grado en maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos en la Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico.

36. **Peynaud, E. (1984)** Enología Práctica, Conocimiento y Elaboración del Vino, 2da edición, Editorial Mundi Prensa, Madrid – España, Pág. 119, 140, 144, 178, 316 – 320.
37. **Ramírez, Miguel Ángel (2006)** Caracterización de vino de piña (variedad española roja) pasteurizados y sin pasteurizar elaborados con diferentes cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, Tesis para optar el grado en maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos en la Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico.
38. **Sena (1985)** Balanceamiento de fórmulas, Editorial Sena, Bogotá - Colombia.
39. **Souci – Fachmann – Krant (1999)** Tablas de Composición de Alimentos, Editorial Acribia, Zaragoza – España.
40. **Suarez, J. e Iñigo, B. (1990)** Microbiología Enológica, Fundamentos de Vinificación, Editorial Mundi Prensa, Madrid – España, Pág. 188 - 192, 21 y 213.
41. **Tasayco, E. (1985)** Elaboración de una bebida alcohólica fermentada a base de ciruelas, Tesis para optar el título de Ingeniería en Industrias Alimentarias, UNALM, Lima - Perú.
42. **Toledo - CORDETACNA - PNUD (1989)** Manual Técnico de Enología, Fondo de Cooperación Técnica Peruana – Argentina, Tacna – Perú, Pág. 67, 78 y 112.
43. **Vogt, E. (1986)** El vino, obtención, elaboración y análisis, Editorial Acribia, Zaragoza – España.

Páginas consultadas:

44. **Arango**, "Frutales" bajado de internet en la página:
<http://www.lablaa.org/blaavirtual/historia/puti/puti7a.htm>
45. **Ascoytia**, "Historia de la higuera y lo higos" bajado de internet en la página: <http://www.historiacocina.com/historia/articulos/higo.htm>
46. **Bolotin**, "La Cava de Bolotin" bajado de internet en la página:
http://www.lacavadebolotin.com.ar/fermetacion__.htm
47. **EROSKI**, "Frutas" bajado de internet en la página:
http://frutas.consumer.es/documentos/desecadas/higo_seco/intro.php
48. **Infoagro**, "El cultivo de la higuera breval" bajado de internet en la página:
http://canales.hoy.es/canalagro/datos/frutas/frutas_tradicionales/breva2.htm
49. **Mendiburu**, "Reactores químicos" bajado de internet en la página:
<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EplVFukuZyDhBkhsiu.php>
50. **Somoza, Manuel**, "Alimentación complementaria" bajado de internet en la página: <http://www.glosterbcn.com/alimentos-complementarios.htm#higoseco>
51. **Wikipedia (Enciclopedia)**, "Ósmosis" bajado de internet en la página:
<http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93smosis>

ANEXOS

ANEXO N° 01: PROPIEDADES DEL ANHÍDRIDO SULFUROSO BENEFICIOSAS PARA LA VINIFICACIÓN

| | |
|----------------------|--|
| Efecto Antioxidante | El anhídrido sulfuroso es una barrera protectora entre el oxígeno del aire y el vino. Oxidable, acapara el oxígeno y protege así de la oxidación. |
| Efecto Antioxidásico | El anhídrido sulfuroso destruye la oxidas, catalizador enzimático de oxidación. Evita la quiebra oxidásica, la forma más grave de la oxidación enzimática y evita también sus formas atenuadas: sensibilidad gustativa al aire, pérdida de frescura. |
| Efecto Disolvente | Con este término se expresa la activación de la maceración por el anhídrido sulfuroso. Facilita la disolución del color y de los diversos polifenoles. |
| Efecto Antiséptico | El anhídrido sulfuroso ejerce una acción inhibitoria polivalente sobre los microorganismos: levaduras, bacterias acéticas, bacterias lácticas. En dosis suficientes los inhibe completamente. |
| Efecto Estimulante | En pequeñas dosis el anhídrido sulfuroso ejerce un efecto estimulante sobre las levaduras y activa la transformación de azúcar. |
| Efecto Selectivo | El efecto selectivo del anhídrido sulfuroso es doble en dosis convenientes; provoca una selección entre las levaduras, favoreciendo el desarrollo de las levaduras elípticas y obstaculizando en general a las especies poco alcohógenas. |

Fuente: Peynaud, 1984

ANEXO N° 02: CURVA PATRÓN DE GLUCOSA PARA DETERMINAR AZÚCARES REDUCTORES

| Concentración (x) | Absorvancia (y) |
|------------------------------|----------------------------|
| 0,02 | 0,0498 |
| 0,04 | 0,0935 |
| 0,08 | 0,1622 |
| 0,10 | 0,2070 |
| 0,12 | 0,2517 |

Por regresión lineal:

$$A = 0,0106$$

$$B = 1,9758$$

$$R^2 = 0,9972$$

$$Y = Bx + A$$

$$Y = 1,9758 x + 0,0106$$

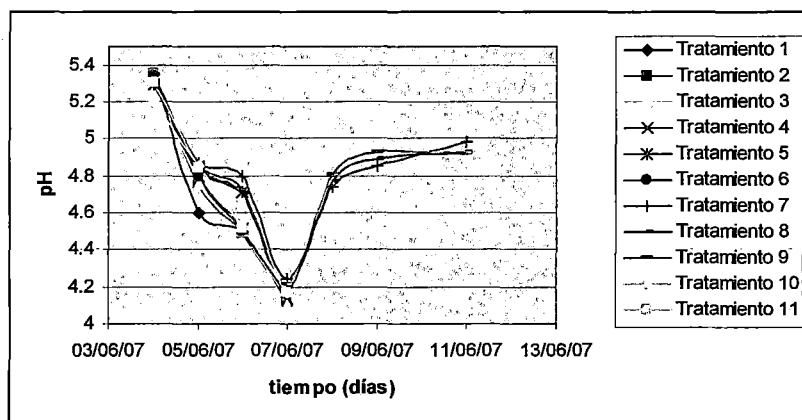
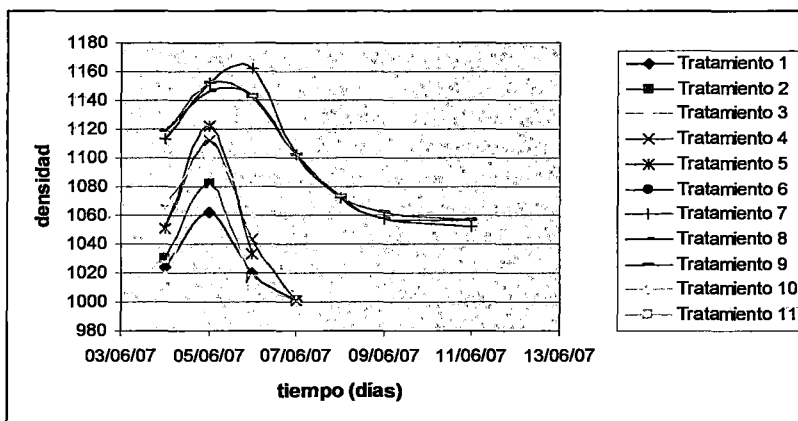
Donde:

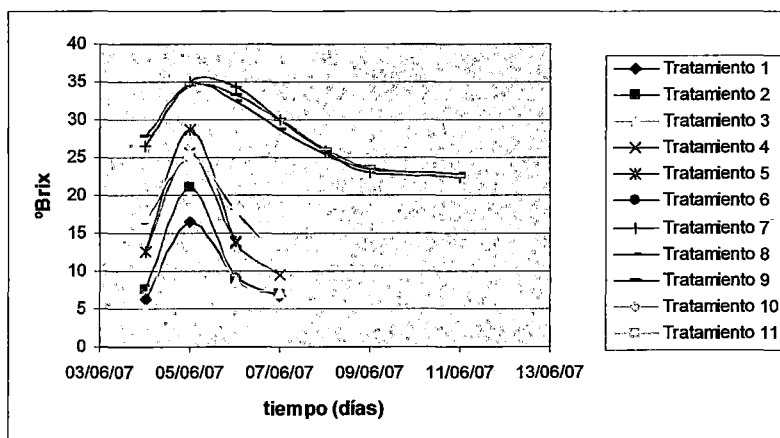
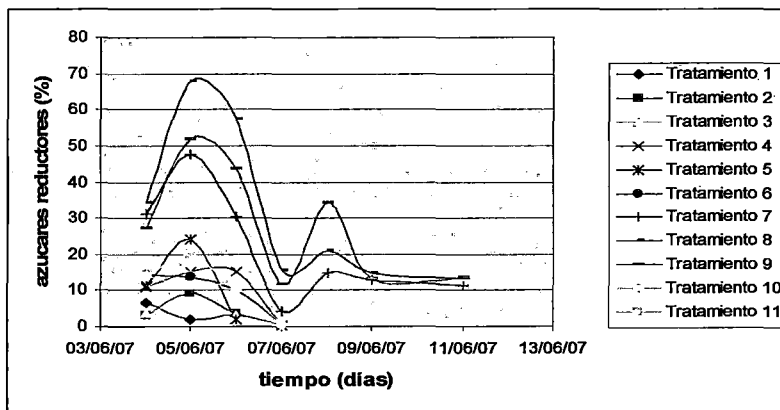
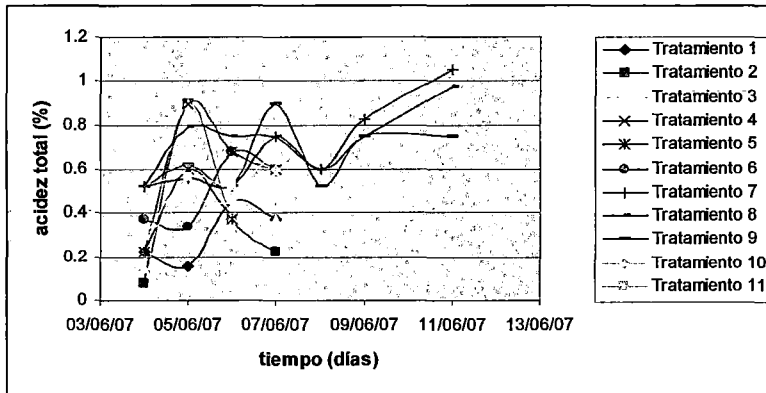
Y = Absorvancia a 540 nm

x = Concentración de glucosa en mg

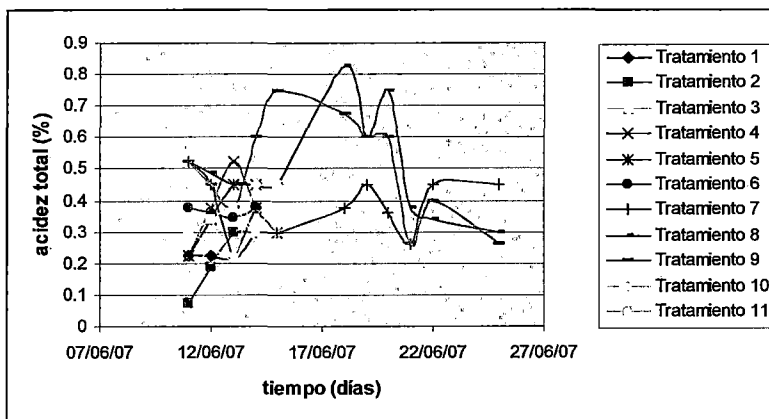
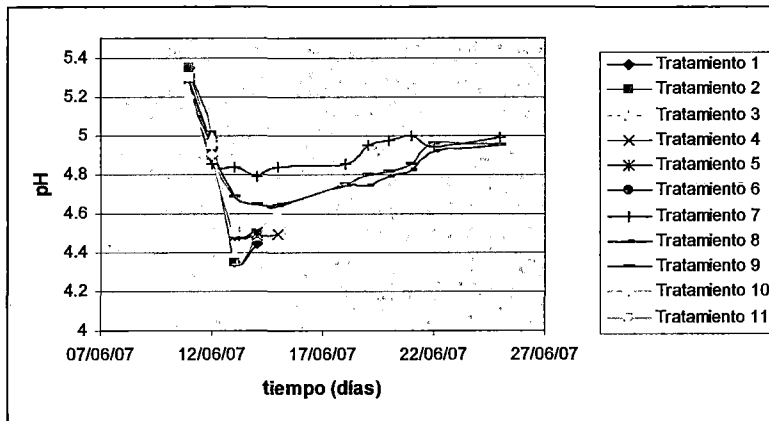
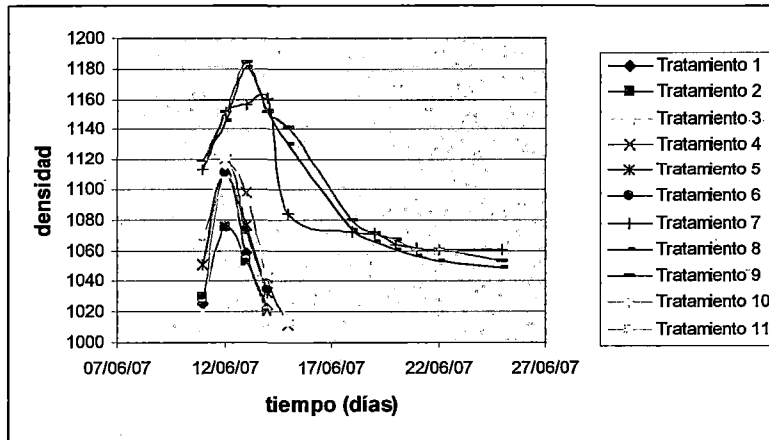
ANEXO N° 03: COMPORTAMIENTO FISICOQUÍMICO DEL MOSTO DE HIGO DURANTE LA FERMENTACIÓN

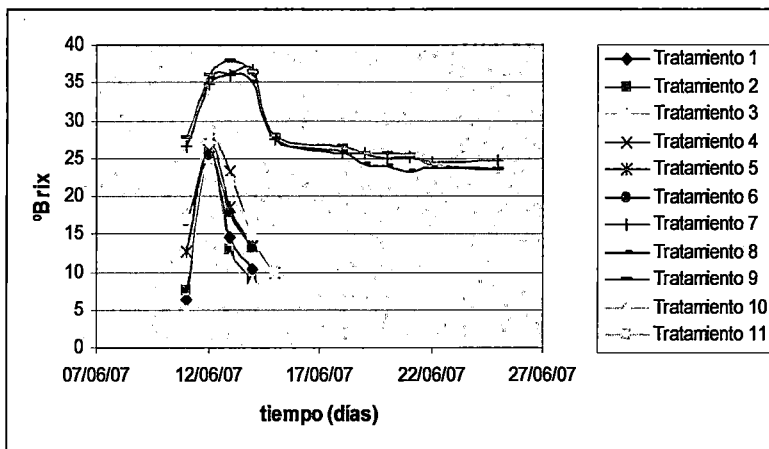
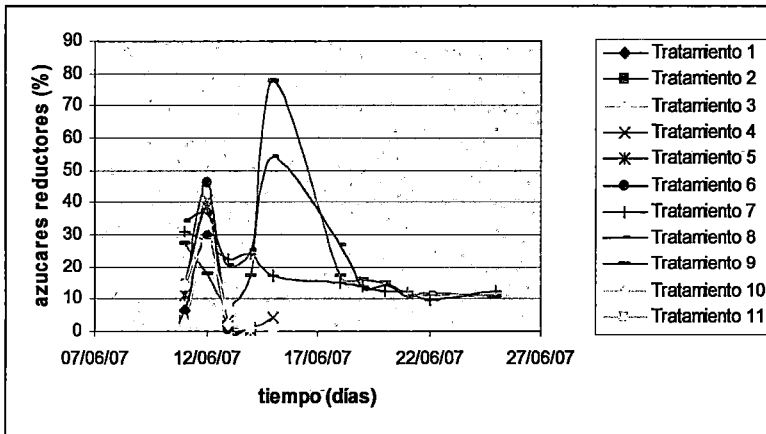
- **TEMPERATURA DE 22° - 26°C**





• TEMPERATURA DE 17° - 21°C





**ANEXO Nº 04: COEFICIENTES DE LOS MODELOS DE REGRESIÓN COMPLETOS PARA
LOS ATRIBUTOS SENSORIALES Y FÍSICOQUÍMICOS**

• **TEMPERATURA DE 22° - 26°C**

- Características Sensoriales

| VARIABLES DEPENDIENTES | PROMEDIO DE RESPUESTAS | | DESVIACIÓN NORMAL | | R² | C.V. | | | | | |
|---|---|-------|------------------------------|-------|-----------------------------|-------------|----------------|-------|-----------------------------|-------|-------------------------------|
| COLOR | 6,33 | | 0,19 | | 0,95 | 3,00% | | | | | |
| ASPECTO | 6,24 | | 0,52 | | 0,89 | 8,33% | | | | | |
| OLOR | 5,33 | | 0,25 | | 0,98 | 4,69% | | | | | |
| SABOR | 4,94 | | 0,25 | | 0,97 | 5,06% | | | | | |
| RESPUESTAS | MODELOS DE REGRESION COMPLETOS | | | | | | | | | | |
| COLOR | 6,34 | 0,13 | X ₁ | 0,28 | X ₁ ² | 0,70 | X ₂ | -0,22 | X ₂ ² | -0,25 | X ₁ X ₂ |
| ASPECTO | 5,85 | 0,10 | X ₁ | 0,73 | X ₁ ² | 1,25 | X ₂ | -0,02 | X ₂ ² | 0,00 | X ₁ X ₂ |
| OLOR | 5,71 | -0,10 | X ₁ | -0,03 | X ₁ ² | 1,62 | X ₂ | -0,67 | X ₂ ² | -0,50 | X ₁ X ₂ |
| SABOR | 4,72 | 0,10 | X ₁ | 0,25 | X ₁ ² | 1,30 | X ₂ | 0,15 | X ₂ ² | -0,50 | X ₁ X ₂ |
| EFFECTOS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES | Nivel de Significancia (p < 0,05) | | | | | | | | | | |
| | COLOR | | ASPECTO | | OLOR | | SABOR | | | | |
| INTERCEPTO | 0,0001 * | | 0,0005 * | | 0,0008 * | | 0,0004 * | | | | |
| X₁ | 0,11 | | 0,43 | | 0,50 | | 0,29 | | | | |
| X₁² | 0,06 | | 0,04 * | | 0,88 | | 0,15 | | | | |
| X₂ | 0,005 * | | 0,01 * | | 0,01 * | | 0,003 * | | | | |
| X₂² | 0,09 | | 0,92 | | 0,07 | | 0,31 | | | | |
| X₁X₂ | 0,05 | | 1,00 | | 0,08 | | 0,03 * | | | | |

(*) = Significativo al 95 % de confianza, X₁ = Concentración de cultivo,
X₂ = Proporción de higo deshidratado

- Grado alcohólico y acidez

| VARIABLES DEPENDIENTES | PROMEDIO DE RESPUESTAS | DESVIACIÓN NORMAL | R² | C.V. | | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|----------------------|-------------|-----------------------------|------|----------------|-------|-----------------------------|-------|-------------------------------|---|
| °GL | 12,29 | 1,02 | 0,84 | 8,28% | | | | | | | | |
| Acidez | 0,52 | 0,03 | 0,97 | 5,59% | | | | | | | | |
| RESPUESTAS | MODELOS DE REGRESION COMPLETOS | | | | | | | | | | | |
| °GL | 12,46 | -0,03 | X ₁ | 1,34 | X ₁ ² | 1,70 | X ₂ | -1,66 | X ₂ ² | 0,45 | X ₁ X ₂ | |
| Acidez | 0,48 | 0,009 | X ₁ | -0,02 | X ₁ ² | 0,14 | X ₂ | 0,10 | X ₂ ² | 0,002 | X ₁ X ₂ | |
| EFFECTOS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES | Nivel de Significancia (p < 0,05) | | | | | | | | | | | |
| | °GL | | | | | | | | | | Acidez | |
| INTERCEPTO | 0,0006 | * | | | | | | | | | 0,001 | * |
| X ₁ | 0,90 | | | | | | | | | | 0,59 | |
| X ₁ ² | 0,07 | | | | | | | | | | 0,40 | |
| X ₂ | 0,02 | * | | | | | | | | | 0,01 | * |
| X ₂ ² | 0,04 | * | | | | | | | | | 0,04 | * |
| X ₁ X ₂ | 0,26 | | | | | | | | | | 0,92 | |

(*) = Significativo al 95 % de confianza, X1 = Concentración de cultivo, X2 = Proporción de higo deshidratado

- TEMPERATURA DE 17° - 21°C

- Características Sensoriales

| VARIABLES DEPENDIENTES | PROMEDIO DE RESPUESTAS | | DESVIACIÓN NORMAL | | R ² | C.V. | | | | | |
|--|-----------------------------------|-------|-------------------|-------|-----------------------------|-------|----------------|-------|-----------------------------|-------|-------------------------------|
| COLOR | 6,26 | | 0,18 | | 0,98 | 2,90% | | | | | |
| ASPECTO | 5,56 | | 0,16 | | 0,99 | 2,84% | | | | | |
| OLOR | 5,36 | | 0,23 | | 0,98 | 4,27% | | | | | |
| SABOR | 6,26 | | 0,50 | | 0,94 | 9,96% | | | | | |
| RESPUESTAS | MODELOS DE REGRESION COMPLETOS | | | | | | | | | | |
| COLOR | 6,21 | -0,07 | X ₁ | 0,17 | X ₁ ² | 0,95 | X ₂ | -0,08 | X ₂ ² | 0,50 | X ₁ X ₂ |
| ASPECTO | 5,23 | -0,33 | X ₁ | 0,09 | X ₁ ² | 1,12 | X ₂ | 0,53 | X ₂ ² | 0,15 | X ₁ X ₂ |
| OLOR | 5,06 | -0,43 | X ₁ | 0,01 | X ₁ ² | 1,18 | X ₂ | 0,56 | X ₂ ² | -0,05 | X ₁ X ₂ |
| SABOR | 5,40 | 0,07 | X ₁ | -0,90 | X ₁ ² | 1,68 | X ₂ | 0,15 | X ₂ ² | -0,45 | X ₁ X ₂ |
| EFFECTOS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES | Nivel de Significancia (p < 0,05) | | | | | | | | | | |
| | COLOR | | ASPECTO | | OLOR | | SABOR | | | | |
| INTERCEPTO | 0,0003 | * | 0,0002 | * | 0,0003 | * | 0,001 | * | | | |
| X ₁ | 0,50 | | 0,03 | * | 0,03 | * | 0,70 | | | | |
| X ₁ ² | 0,30 | | 0,46 | | 0,97 | | 0,06 | | | | |
| X ₂ | 0,01 | * | 0,003 | * | 0,004 | * | 0,01 | * | | | |
| X ₂ ² | 0,61 | | 0,03 | * | 0,04 | * | 0,58 | | | | |
| X ₁ X ₂ | 0,04 | * | 0,19 | | 0,62 | | 0,13 | | | | |

(*) = Significativo al 95 % de confianza, X₁ = Concentración de cultivo, X₂ = Proporción de higo deshidratado

- Grado alcohólico y acidez

| VARIABLES DEPENDIENTES | PROMEDIO DE RESPUESTAS | DESVIACIÓN NORMAL | R² | C.V. | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|----------------------|-------------|-----------------------------|------|----------------|------|-----------------------------|------|-------------------------------|--|
| °GL | 11,31 | 1,11 | 0,95 | 9,78% | | | | | | | | |
| Acidez | 0,61 | 0,09 | 0,87 | 14,68% | | | | | | | | |
| RESPUESTAS | MODELOS DE REGRESION COMPLETOS | | | | | | | | | | | |
| °GL | 10,73 | 0,10 | X ₁ | -0,62 | X ₁ ² | 4,17 | X ₂ | 1,68 | X ₂ ² | 0,50 | X ₁ X ₂ | |
| Acidez | 0,56 | -0,11 | X ₁ | -0,04 | X ₁ ² | 0,13 | X ₂ | 0,15 | X ₂ ² | 0,12 | X ₁ X ₂ | |
| EFFECTOS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES | | Nivel de Significancia (p < 0,05) | | | | | | | | | | |
| | °GL | | | | | | | | | | | |
| INTERCEPTO | 0,001 | * | | | | | | | | | | |
| X ₁ | 0,71 | | | | | | | | | | | |
| X ₁ ² | 0,23 | | | | | | | | | | | |
| X ₂ | 0,003 | * | | | | | | | | | | |
| X ₂ ² | 0,04 | * | | | | | | | | | | |
| X ₁ X ₂ | 0,23 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

(*) = Significativo al 95 % de confianza, X1 = Concentración de cultivo,
X2 = Proporción de higo deshidratado

**ANEXO N° 05: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES Y
DEPENDIENTES**

TEMPERATURA DE 22° - 26°C

• **COLOR:**

| ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| promedio : | 6,33 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,9505 | |
| desviación : | 0,19 | Coef. de Variación C.V. : | | | 3,04% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | Importancia |
| Regresión | 3,55 | 5,0 | 0,71 | 19,21 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 0,18 | 5,0 | 0,04 | | | |
| Falta de ajuste | 0,16 | 3,0 | 0,05 | 3,96 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,03 | 2,0 | 0,01 | | | |
| Total | 3,74 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 95,051% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 99,286% | | | | |

• **ASPECTO:**

| ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| promedio : | 6,24 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,8882 | |
| desviación : | 0,52 | Coef. de Variación C.V. : | | | 8,39% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | Importancia |
| Regresión | 10,88 | 5,0 | 2,18 | 7,94 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 1,37 | 5,0 | 0,27 | | | |
| Falta de ajuste | 1,24 | 3,0 | 0,41 | 6,54 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,13 | 2,0 | 0,06 | | | |
| Total | 12,25 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 88,816% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 98,966% | | | | |

• **OLOR:**

| ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| promedio : | 5,33 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,9834 | |
| desviación : | 0,25 | Coef. de Variación C.V. : | | | 4,63% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | Importancia |
| Regresión | 18,01 | 5,0 | 3,60 | 59,18 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 0,30 | 5,0 | 0,06 | | | |
| Falta de ajuste | 0,12 | 3,0 | 0,04 | 0,41 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,19 | 2,0 | 0,09 | | | |
| Total | 18,32 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 98,338% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 98,973% | | | | |

• SABOR:

| ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|-------------------|----------------------------|----------------|-------------|---------|------------------|
| promedio : | 4,94 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,9740 | |
| desviación : | 0,25 | Coef. de Variación C.V. : | | | 5,01% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | Importancia |
| Regresión | 11,48 | 5,0 | 2,30 | 37,47 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 0,31 | 5,0 | 0,06 | | | |
| Falta de ajuste | 0,25 | 3,0 | 0,08 | 2,74 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,06 | 2,0 | 0,03 | | | |
| Total | 11,79 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 97,401% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 99,491% | | | | |

• GRADO ALCOHÓLICO:

| ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|-------------------|----------------------------|----------------|-------------|---------|------------------|
| promedio : | 12,29 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,8407 | |
| desviación : | 1,02 | Coef. de Variación C.V. : | | | 8,28% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | importancia |
| Regresión | 27,33 | 5,0 | 5,47 | 5,28 | 4,53 | significativo |
| Residuo | 5,18 | 5,0 | 1,04 | | | |
| Falta de ajuste | 4,51 | 3,0 | 1,50 | 4,51 | 19,24 | no significativo |
| Error puro | 0,67 | 2,0 | 0,33 | | | |
| Total | 32,51 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 84,065% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 97,949% | | | | |

• ACIDEZ TOTAL:

| ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|-------------------|----------------------------|----------------|-------------|---------|------------------|
| promedio : | 0,52 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,9708 | |
| desviación : | 0,03 | Coef. de Variación C.V. : | | | 5,59% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | importancia |
| Regresión | 0,1402 | 5,0 | 0,0280 | 33,23 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 0,0042 | 5,0 | 0,0008 | | | |
| Falta de ajuste | 0,0020 | 3,0 | 0,0007 | 0,58 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,0023 | 2,0 | 0,0011 | | | |
| Total | 0,14 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 97,079% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 98,441% | | | | |

TEMPERATURA DE 17° - 21°C

• **COLOR:**

| ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|--------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| promedio : | 6,26 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,9753 | |
| desviación : | 0,18 | Coef. de Variación C.V. : | | | 2,90% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | Importancia |
| Regresión | 6,52 | 5,0 | 1,30 | 39,54 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 0,16 | 5,0 | 0,03 | | | |
| Falta de ajuste | 0,08 | 3,0 | 0,03 | 0,71 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,08 | 2,0 | 0,04 | | | |
| Total | 6,69 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 97,533% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 98,803% | | | | |

• **ASPECTO:**

| ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|--------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| promedio : | 5,56 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,9865 | |
| desviación : | 0,16 | Coef. de Variación C.V. : | | | 2,84% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | Importancia |
| Regresión | 9,09 | 5,0 | 1,82 | 72,99 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 0,12 | 5,0 | 0,02 | | | |
| Falta de ajuste | 0,08 | 3,0 | 0,03 | 1,11 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,05 | 2,0 | 0,02 | | | |
| Total | 9,21 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 98,648% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 99,494% | | | | |

• **OLOR:**

| ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|--------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| promedio : | 5,36 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,9754 | |
| desviación : | 0,23 | Coef. de Variación C.V. : | | | 4,27% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | Importancia |
| Regresión | 10,38 | 5,0 | 2,08 | 39,64 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 0,26 | 5,0 | 0,05 | | | |
| Falta de ajuste | 0,20 | 3,0 | 0,07 | 2,24 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,06 | 2,0 | 0,03 | | | |
| Total | 10,65 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 97,540% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 99,436% | | | | |

- **SABOR:**

| ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|-------------------|----------------------------|----------------|-------------|---------|------------------|
| promedio : | 4,99 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,9415 | |
| desviación : | 0,50 | Coef. de Variación C.V. : | | | 9,96% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | Importancia |
| Regresión | 19,91 | 5,0 | 3,98 | 16,10 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 1,24 | 5,0 | 0,25 | | | |
| Falta de ajuste | 0,98 | 3,0 | 0,33 | 2,50 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,26 | 2,0 | 0,13 | | | |
| Total | 21,15 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 94,153% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 98,771% | | | | |

- **GRADO ALCOHÓLICO:**

| ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|-------------------|----------------------------|----------------|-------------|---------|------------------|
| promedio : | 11,31 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,9484 | |
| desviación : | 1,11 | Coef. de Variación C.V. : | | | 9,78% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | Importancia |
| Regresión | 112,49 | 5,0 | 22,50 | 18,38 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 6,12 | 5,0 | 1,22 | | | |
| Falta de ajuste | 5,45 | 3,0 | 1,82 | 5,45 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,67 | 2,0 | 0,33 | | | |
| Total | 118,61 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 94,840% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 99,438% | | | | |

- **ACIDEZ TOTAL:**

| ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO | | | | | | |
|---|-------------------|----------------------------|----------------|-------------|---------|------------------|
| promedio : | 0,61 | Coef. de Determinación R2: | | | 0,8724 | |
| desviación : | 0,09 | Coef. de Variación C.V. : | | | 14,68% | |
| Fuente de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F calculado | F tabla | Importancia |
| Regresión | 0,28 | 5,0 | 0,06 | 6,84 | 5,05 | significativo |
| Residuo | 0,04 | 5,0 | 0,01 | | | |
| Falta de ajuste | 0,03 | 3,0 | 0,01 | 4,319 | 19,16 | no significativo |
| Error puro | 0,01 | 2,0 | 0,00 | | | |
| Total | 0,32 | 10,0 | | | | |
| Varianza explicada : | | 87,239% | | | | |
| Máxima Varianza explicada : | | 98,294% | | | | |

ANEXO N° 06: FICHA DE ANÁLISIS SENSORIAL

PRUEBA DE ESCALA HEDÓNICA

Nombre: Fecha:.....

Pruebe y evalúe cada muestra usando la escala hedónica, según su criterio, para describir su nivel de agrado y desagrado para cada atributo.

- 9 Me gusta muchísimo
- 8 Me gusta mucho
- 7 Me gusta bastante
- 6 Me gusta un poco
- 5 No me gusta ni me disgusta
- 4 Me desagrada un poco
- 3 Me desagrada bastante
- 2 Me desagrada mucho
- 1 Me disgusta muchísimo

| Atributo | N° muestras | | | | | | | | | | |
|----------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 436 | 128 | 504 | 343 | 724 | 811 | 605 | 467 | 951 | 236 | 802 |
| Color | | | | | | | | | | | |
| Aspecto | | | | | | | | | | | |
| Olor | | | | | | | | | | | |
| Sabor | | | | | | | | | | | |

Comentarios:.....

PRUEBA DE ESCALA HEDÓNICA

Nombre: Fecha:.....

Pruebe y evalúe cada muestra usando la escala hedónica, según su criterio, para describir su nivel de agrado y desagrado para cada atributo.

- 9 Me gusta muchísimo
- 8 Me gusta mucho
- 7 Me gusta bastante
- 6 Me gusta un poco
- 5 No me gusta ni me disgusta
- 4 Me desagrada un poco
- 3 Me desagrada bastante
- 2 Me desagrada mucho
- 1 Me disgusta muchísimo

| Atributo | N° muestras | | | | | | | | | | |
|----------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 235 | 469 | 831 | 653 | 942 | 186 | 709 | 561 | 816 | 173 | 329 |
| Color | | | | | | | | | | | |
| Aspecto | | | | | | | | | | | |
| Olor | | | | | | | | | | | |
| Sabor | | | | | | | | | | | |

Comentarios:.....

ANEXO N° 07: PRUEBAS DE IDENTIFICACIÓN DE LEVADURA

1. Prueba de crecimiento:

En un matraz de erlenmeyer de 100 ml de capacidad, que contenía 30 ml de mosto de higo se inoculó con un asa de Kolle la levadura de un cultivo de agar inclinado relativamente reciente. El matraz se incubó durante tres días a 25 °C, tras lo cual de ella se extrajo una gota de muestra y se observaron las levaduras al microscopio a 500 aumentos. Esto confirmó la presencia del crecimiento de levaduras. Siendo las características típicas de *Saccharomyces cerevisiae* células redondas o elípticas de tamaño variado entre 3 – 7 por 4 – 14 μ , de multiplicación por gemación y la formación de una delgada película.

2. Estudio de Pseudomicelio:

Se utilizó 2 placas petri, una contuvo dos portaobjetos colocados sobre la varilla de vidrio en la forma de U, de unas dimensiones aproximadas al diámetro de la placa. Se vertió agar mosto higo en un lado de los portaobjetos con una pipeta de manera que quedaron cubiertos de agar, después de lo cual se volvió a llevar sobre la varilla de vidrio en U. Una vez solidificado el agar, con una aguja de inyección, sumergida en una suspensión de levadura, se rayó el agar con tres líneas paralelas a los lados longitudinales en la capa de agar un cubreobjetos flameado se colocó sobre la parte de estas rayas, y tras verter un poco de agua en la cápsula petri, ésta se dejó a 25 °C. A los 5 días se observó el crecimiento vegetativo al microscopio en donde se estudió las diversas formas reproductivas debajo y fuera del cubreobjetos. El pseudomicelio aparece principalmente fuera del cubreobjeto.

Una de las características de *Saccharomyces cerevisiae* es la formación de pseudomicelio.

3. Prueba de Ascosporogénesis:

Se empleó el método de agar Gorodkova. El agar fundido se vertió en una placa petri, y una o varias asadas del cultivo de levaduras depositándose sobre la superficie del agar solidificado. Transcurridos 40 horas, con un asa de kolle se tomó una colonia de levadura para observarla al microscopio en una preparación en fresco a 500 aumentos. Cuando no se encontró esporas se repitió el examen cada 24 horas durante 10 días. Al final de este tiempo cuando no se encontró esporas, en la levadura correspondiente, ésta se consideró como incapaz de formar esporas, asporógenas. Es característica de *Saccharomyces cerevisiae* la formación de 1 a 4 esporas en un asca. Las esporas se hicieron visibles mediante la tinción con verde malaquita.

4. Fermentación de glúcidos:

Para la fermentación de glúcidos se empleó los siguientes azúcares: glucosa, galactosa, sacarosa, maltosa y lactosa, éstos se encontraron diluidos en solución al 2% en agua de levadura, a cada tubo se le inoculó los cultivos de levaduras.

La fermentación de cada cultivo de levadura se hizo en cada uno de los cinco azúcares después de 3 días a 25 °C. Los resultados obtenidos se compararon con las características que se muestran en las claves de identificación los cuales son: glucosa (+), galactosa (+), sacarosa (+) maltosa (+) y lactosa (-) (**Jorgensen – Hansen, 1959**).