

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería



Diseño del proceso de fermentación
para la obtención de una bebida
tipo vino a partir de melón tipo «C»

Trabajo de Graduación presentado por Elsa Figueroa
para optar al grado de Licenciada en Ingeniería Química.

Guatemala
2008

Diseño del proceso de fermentación
para la obtención de una bebida
tipo vino a partir de melón tipo «C»

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería



Diseño del proceso de fermentación
para la obtención de una bebida
tipo vino a partir de melón tipo «C»


Trabajo de Graduación presentado por Elsa Figueroa
para optar al grado de Licenciada en Ingeniería Química.


Guatemala
2008

Vo.Bo.

(f) 
Inga. Olga Contreras
Asesora

Tribunal:

(f) 
Inga. Gamaliel Zambrano

(f) 
Inga. Carmen Ortiz

(f) 
Inga. Olga Contreras
Asesora

Fecha de aprobación: 30 de enero de 2008

PREFACIO

La motivación del presente trabajo inició al conocer la situación de los exportadores de melón del país. Actualmente Guatemala no puede exportar aproximadamente el 25 % de la producción de melón. La investigación e informe se limitan al caso de una melonera guatemalteca ubicada en Jutiapa con un área de cultivo de siete hectáreas y una producción de 98,000 frutos de melón tipo *Cantaloupe* por ciclo de cosecha.

El primer paso que se tomó fue la exploración de ideas para dar un valor agregado a los frutos de melón no exportados, estas ideas incluyeron desde el pelado y empacado al vacío de la fruta, hasta la producción de vinagre de melón, escogiendo la producción de una bebida alcohólica como idea final a investigar. Teniendo una idea clara se delimitaron objetivos y se procedió a las pruebas de campo que incluyeron la caracterización del fruto, pruebas de fermentación y caracterización del vino obtenido. Se concluyó con el diseño del proceso y la redacción del presente informe.

Se agradece en especial a la melonera estudiada por la colaboración en la facilitación de información y el suministro de muestras del fruto no exportado. Así mismo, se agradece a la Universidad del Valle de Guatemala, en particular al Laboratorio de Operaciones Unitarias y su personal por la colaboración al prestar sus instalaciones y por la ayuda y apoyo brindados durante la etapa de pruebas de campo.

CONTENIDO

	Página
Prefacio	v
Lista de tablas	x
Lista de figuras y gráficas	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv

Capítulos

I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
A. La fruta de melón.....	3
1. Origen de la familia Cucurbitácea (<i>Cucurbitaceae L.</i>).....	3
2. Morfología y taxonomía	4
a. Morfología	4
b. Clasificación taxonómica	4
B. El melón de exportación	5
1. Especificaciones para exportación.....	6
a. Especificaciones técnicas del producto	6
b. Residuos químicos	6
c. Estándares de calidad	6
d. Estándares de empaque	7
2. Condiciones en Guatemala	7
C. Caracterización del melón.....	9
1. Análisis de las características físicas	10
2. Análisis de las características químicas.....	10
3. Análisis cualitativo del fruto y mosto del melón.....	12
D. El vino.....	12

1.	¿Qué es el vino?.....	12
2.	Tipos de vino	13
a.	Vinos calmos o naturales	13
b.	Vinos fortificados o fuertes	13
c.	Vinos espumantes.....	13
E.	Regulaciones para la producción de vino en Guatemala	13
1.	Reglamento de la ley y alcoholes y bebidas alcohólicas y fermentadas.....	13
2.	Código de salud	16
F.	Proceso de vinificación.....	18
1.	Diagrama de bloques de la elaboración del vino	18
2.	Lavado y selección:	18
a.	Método de selección y lavado	19
3.	Despulpado o prensado: obtención del mosto	19
a.	Equipo de despulpado y prensado	19
4.	Preparación del mosto	19
a.	Adición de sulfito de sodio	19
b.	Ajustes de azúcar en el mosto	20
c.	Sedimentación.....	21
d.	Separación de líquido.....	22
5.	Fermentación	23
a.	Proceso de fermentación	23
b.	Preparación del inóculo.....	24
c.	Modelos matemáticos de la fermentación.....	25
d.	Proceso por lotes y proceso continuo	29
e.	Instrumentación y control	30
f.	Esterilización.....	32
g.	Equipo para la fermentación	33
h.	Rendimiento la fermentación	34
6.	Añejamiento	34
7.	Refinamiento	34
8.	Filtración	35

a.	El proceso de filtración	35
b.	Equipo de filtración.....	35
9.	Embotellado.....	35
G.	Caracterización del vino	36
1.	Análisis de mostos.....	36
a.	Determinación de la densidad	36
b.	Determinación de azúcares reductores.....	36
c.	Determinación de la acidez	37
2.	Análisis de vinos.....	37
a.	Determinación de la densidad	37
b.	Determinación del alcohol	37
c.	Determinación del extracto seco	39
d.	Determinación de la acidez	39
e.	Determinación del pH	39
f.	Determinación de la acidez volátil.....	39
g.	Determinación de azúcares reductores.....	39
h.	Determinación de cenizas	39
i.	Caracterización sensorial	40
III.	Justificación	41
IV.	Objetivos.....	42
A.	Generales	42
B.	Específicos.....	42
V.	Problema a resolver.....	43
VI.	Metodología	44
A.	Diagrama de bloques del proceso experimental	44
B.	Caracterización del fruto.....	45
C.	Obtención y caracterización del mosto	46
D.	Fermentación en el laboratorio	47
E.	Caracterización de la bebida tipo vino.....	48
F.	Diseño del proceso de fermentación	49
Vii.	Resultados.....	50

A.	El fruto de melón	50
B.	La bebida tipo vino de melón.....	51
C.	El proceso de fermentación.....	52
1.	Diagrama de bloques del proceso	53
2.	Diagrama de flujo del proceso.....	54
3.	Balance de masa	55
4.	Balance de energía.....	55
5.	Equipo e instrumentación	56
a.	Equipo de proceso	56
b.	Equipo auxiliar	57
c.	Instrumentación dentro del tanque:	58
6.	Costo estimado de la planta y la bebida tipo vino	58
a.	Costo de la planta	58
b.	Costo de la bebida tipo vino.....	59
Viii.	Discusión de resultados	60
Ix.	Conclusiones.....	68
X.	Recomendaciones.....	69
XI.	Bibliografía.....	70
Xii.	Apéndice	72
A.	Datos Originales	72
B.	Bases de diseño.....	81
C.	Diseño de equipo y balances de masa y energía	84
D.	Primera corrida de laboratorio	90
E.	Muestro y propagación de error.....	92
1.	Muestreo y tamaño de muestra.....	92
2.	Propagación de error.....	94

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Clasificación taxonómica de la fruta comúnmente conocida como melón.....	4
Tabla 2 Plaguicidas aprobados para aplicar en el control de plagas.....	6
Tabla 3 Área, producción y rendimiento del cultivo de melón en Guatemala.....	8
Tabla 4 Comercio exterior, período 2001/2007.....	8
Tabla 5 Precios promedio de melón <i>Cantaloupe</i> mediano (quetzales/ciento).....	9
Tabla 6 Panorama de la exportación del melón.....	9
Tabla 7 Escala de color para la caracterización del melón.....	12
Tabla 8 Escala para la caracterización del sabor del melón.....	12
Tabla 9 Grado alcohólico en relación al contenido inicial de azúcar.....	20
Tabla 10 Sensores del proceso y sus funciones de control.....	31
Tabla 11 Caracterización cualitativa del melón.....	50
Tabla 12 Caracterización cuantitativa del melón.....	50
Tabla 13 Caracterización cuantitativa del mosto de melón.....	51
Tabla 14 Caracterización cualitativa de la bebida vino de melón, calificación ponderada.....	51
Tabla 15 Calificación promedio de la bebida tipo vino de melón.....	52
Tabla 16 Caracterización cuantitativa de la bebida tipo vino de melón.....	52
Tabla 17 Equipo del proceso.....	57
Tabla 18 Equipo auxiliar del proceso.....	57
Tabla 19 Instrumentación en el tanque.....	58
Tabla 20 Inversión inicial de la planta.....	58
Tabla 21 Costos totales de la planta.....	59
Tabla 22 Costo y precio estimado de la bebida tipo vino.....	59
Tabla 23 Datos primarios de la caracterización cualitativa del melón.....	72
Tabla 24 Datos primarios de la caracterización cuantitativa del melón.....	73
Tabla 25 Datos primarios de la caracterización cuantitativa del mosto.....	74
Tabla 26 Valoración del NaOH.....	74

Tabla 27 Titulación del mosto	75
Tabla 28 Datos primarios de la caracterización cualitativa de la bebida tipo vino	75
Tabla 29 Ponderación de las características de la bebida tipo vino	76
Tabla 30 Titulación de la bebida tipo vino	76
Tabla 31 Datos primarios de la caracterización cuantitativa de las muestras seleccionadas de la bebida tipo vino.....	76
Tabla 32 Contenido de azúcar en las muestras durante la fermentación del melón.....	77
Tabla 33 Contenido de alcohol en las muestras durante la fermentación del melón	79
Tabla 34 Hogares con poder de compra.....	81
Tabla 35 Propiedades del vino.....	81
Tabla 36 Porcentaje de materia prima a utilizar en la elaboración de la bebida tipo vino de melón	82
Tabla 37 Capacidad de producción de la planta	82
Tabla 38 Tiempos de producción por ciclo.....	83
Tabla 39 Espesor de pared recomendados para tanques sobre el nivel del piso	84
Tabla 40 Tamaño del reactor	84
Tabla 41 Diseño de chaqueta	85
Tabla 42 Producción de CO ₂	86
Tabla 43 Balance de masa.....	87
Tabla 44 Balance de energía en el calentamiento de mosto.....	87
Tabla 45 Balance de energía en el enfriamiento para inactivación de levaduras.....	88
Tabla 46 Corrida 1: Análisis cuantitativo del mosto.....	90
Tabla 47 Corrida 1: Análisis cualitativo de la bebida tipo vino.....	90
Tabla 48 Corrida 1: Análisis cuantitativo de la bebida tipo vino.....	90
Tabla 49 Corrida 1: Tiempo de fermentación de las muestras.....	91

LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICAS

	Página
Figura 1 Diagrama de bloques de la elaboración del vino	18
Figura 2 Definición del volumen control, entradas y salidas.....	25
Figura 3 Fermentador vertical.....	34
Figura 4 Diagrama de bloques del proceso experimental	44
Figura 5 Diagrama de bloques para la caracterización de la fruta	45
Figura 6 Diagrama de bloques de la obtención y caracterización del mosto	46
Figura 7 Diagrama de bloques del proceso de fermentación	47
Figura 8 Diagrama de bloques de la caracterización de la bebida tipo vino.....	48
Figura 9 Diagrama de bloques del proceso.....	53
Figura 10 Diagrama de flujo del proceso.....	54
Figura 11 Balance de masa del proceso.....	55
Figura 12 Tanque de fermentación de 300 galones de capacidad.....	56
Gráfica 1 Predicción de las constantes para un fermentador anaeróbico.....	29
Gráfica 2 Crecimiento típico de un cultivo microbiológico por lotes.....	30
Gráfica 3 Concentración de azúcar en las muestras durante la fermentación del melón.....	78
Gráfica 4 Concentración de alcohol en las muestras durante la fermentación del melón.....	80

RESUMEN

El presente informe tiene por objeto exponer el diseño del proceso de fermentación de melón *Cantaloupe* tipo «C» para la obtención de una bebida tipo vino. El trabajo fue elaborado con base en el caso de una melonera nacional que no exporta un promedio de 15 % de los frutos cosechados por incumplimiento con los estándares de tamaño, peso y/o apariencia, dejando estos frutos para venta en el mercado local. El problema radica en que el melón no exportado debe ser vendido a un valor menor que su costo de producción debido a los precios del mercado local. Como una solución al problema se consideró la opción alterna de convertir el melón en una bebida tipo vino para poder comercializarlo de esta forma.

Tras varias pruebas de fermentación se determinó que la mejor bebida se obtiene al fermentar un mosto de melón elaborado del fruto pelado incluyendo semillas. La fermentación se llevó a cabo con levaduras del género *Sacharomyces cerevisae* en una concentración de 12 g/L. La bebida obtenida fue una bebida tipo vino natural de sabor dulce, color anaranjado pálido y olor a melón, con un pH de 4.0 ± 0.5 y un contenido de alcohol del 9.8 ± 0.1 %. Se concluyó que el proceso de fermentación debe constar de siete etapas: lavado y pelado de la fruta, despulpado y obtención del mosto, fermentación con levaduras, clarificación por gravedad, añejamiento, rectificación del sabor, filtración y embotellado.

ABSTRACT

The present report intends to describe the design of the fermentation process of *Cantaloupe* melon type «C» to obtain a wine-like beverage. The work was elaborated based on the case of a national melon plantation that is unable to export an average of 15 % of the fruits harvested, by breach with the standards of size, weight and/or appearance, these fruits are left for sale in the local market. The problem is that the melon has to be sold at a value smaller than its production cost due to the prices of the local market. The production of a commercial wine-like was considered an alternate solution to the problem. After several tests of fermentation it was determined that the best beverage is obtained by fermenting a melon must elaborated of the peeled fruit including the seeds. The fermentation was carried out with yeast of the species *Sacharomyces cerevisiae* in a concentration of 12 g/L. The obtained beverage was a fermented beverage with characteristics similar to those of a natural wine, with sweet flavor, pale orange color and melon scent, with a pH of 4.0 ± 0.5 and an alcohol content of 9.8 ± 0.1 %. It was determined that the fermentation process must consist of seven stages: washing and peeling of the fruit, pressing of fruit to obtain the must, anaerobic yeast fermentation, clarification by gravity, aging, rectification of the flavor, filtration and bottling.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de melón y su exportación representan una industria creciente en Guatemala, para el año 2006 la producción de melón alcanzó las 344,000 toneladas métricas. Sin embargo esta industria se ve comprometida por la cantidad de producto que no puede ser exportado. Cualquier fruto que no cumpla con los estándares de calidad establecidos es clasificado como Tipo «C» y debe ser vendido en el mercado local a un precio menor que el costo de producción, durante los últimos cinco años Guatemala no ha podido exportar un promedio del 25 % de la producción anual.

El caso estudiado indica que no se exportan un promedio de 15 % de los frutos cosechados anualmente. Esto significa que de 98,000 frutos de melón cultivados, 14,700 frutos deben ser vendidos en el mercado local como pérdida para la compañía. Es posible que los frutos no exportados se utilicen en la industria alimentaria de diversas formas para lograr así la recuperación de la inversión, si no es que una pequeña ganancia. Una de ellas es la obtención de una bebida comercial a través de la fermentación. La fermentación es un proceso químico que incluye una reacción exotérmica y puede ser aeróbica, que requiere oxígeno, o anaeróbica, que no requiere un flujo de oxígeno. Una fermentación anaeróbica con una sepa de levadura, convierte los azúcares contenidos en un sustrato en alcohol etílico o en ácido acético, comúnmente conocido como vinagre, el alcohol etílico obtenido a partir de una fermentación puede encontrarse comercialmente en bebidas, tales como cerveza, bebidas espirituosas o vino.

Si bien, la Organización Internacional del Vino (OIV) define al vino estrictamente como la fermentación del mosto de uva, esta investigación se basa en el proceso de obtención del vino para la elaboración de una bebida fermentada de melón, por lo que se refiere a ésta como una bebida tipo vino y se hace referencia a las técnicas y términos utilizados en la obtención de vino. Así mismo puede observarse que en la actualidad el término vino es usado también para referirse a los jugos fermentados de frutas, comercialmente existen páginas de Internet dedicadas a la obtención de vino de frutas y literatura que se refiere a estos jugos fermentados como vino, además, se conocen marcas como *Paradise Wines*, *Bokbonjajoo*, *Florida Orange Groves and Winery*, *Reunite* y *Schnebly* que comercializan sus productos como vino a pesar de tener origen en mostos de fruta. De ahí que se le llame bebida tipo vino de melón a la bebida obtenida por el proceso de fermentación expuesto en el presente trabajo y que se haga referencia a los términos de vinificación para describir dicho proceso. Los vinos de uva pueden clasificarse según la técnica de producción que se utiliza en: vinos naturales o calmos, vinos fuertes o fortificados y vinos espumantes. El vino más sencillo de obtener es un vino natural, y dará como resultado un vino más dulce y suave que las otras dos técnicas de vinificación, éste es el tipo de bebida que se obtuvo en la presente investigación.

El proceso de fermentación debe incluir etapas que van más allá de la fermentación en sí. El proceso debe incluir una etapa de clarificación, proceso que ayuda a remover partículas sólidas que dan turbidez al vino; etapa de rectificación en la que se ajusta el sabor y otras características cualitativas del vino y una etapa de filtrado, proceso de separación por medio del cual se remueven partículas sólidas de tamaño reducido de una mezcla de sólidos y fluidos.

El objetivo del presente trabajo es proponer un uso alternativo para el melón tipo «C» y diseñar el proceso de fermentación para obtener una bebida tipo vino a partir del fruto. Este proceso tendrá como sepa de fermentación la *Sacharomises cerevisiae* y se realizará sobre un sustrato de melón tipo *Cantaloupe*.

II. ANTECEDENTES

A. La fruta de melón

1. Origen de la familia Cucurbitácea (*Cucurbitaceae* L.). La familia de cucurbitáceas está dentro de la clase de las dicotiledóneas en el filo antofita del reino vegetal. La familia Cucurbitácea consiste de casi 100 géneros y más de 750 especies. Aunque la mayoría tiene orígenes en el Viejo Mundo, muchas especies se originaron en el Nuevo Mundo y al menos siete géneros tienen origen en ambos hemisferios. Existe una tremenda diversidad genética dentro de la familia y el rango de adaptación para las plantas cucurbitáceas incluye desde regiones tropicales y subtropicales hasta desiertos áridos y locaciones templadas. La diversidad genética de las cucurbitáceas se extiende a ambas características, vegetativas y reproductivas.

La evidencia arqueológica ha indicado que las cucurbitáceas estaban presentes en las culturas antiguas y prehistóricas. La especie *Lagenaria* fue asociada al hombre desde 12,000 A.C. en Perú y las expediciones arqueológicas en la región de Oaxaca de México han divulgado la presencia de la familia *Cucúrbita Pepo* en el período de 8,500 A.C. y de ser cultivada a partir del año 4,050 A.C. Así sucesivamente, se ha encontrado evidencia de la presencia de las cucurbitáceas en la cultura china, azteca y africana.

Dependiendo de la especie, virtualmente todas las partes de la planta, incluyendo las hojas, retoños, raíces, flores, semillas y frutos maduros o verdes pueden ser utilizados como fuente de alimento. Puede obtenerse almidón de las raíces y las semillas son una fuente rica en aceites y proteínas. Adicionalmente, algunas cucurbitáceas se han utilizado con propósitos ornamentales, como utensilios y como fuentes de combustible y aplicaciones farmacéuticas en ciertas áreas del mundo.

Las plantas cucurbitáceas generalmente producen retoños en forma de espiral que se enrollan en objetos adyacentes y los utilizan como soporte, por esto se refiere a ellas como cosechas tipo viñedo. Las cucurbitáceas son, generalmente, plantas trepadoras con hojas simples y veteadas en forma de palma. Las plantas son, usualmente, monoecias con flores masculinas conteniendo el polen y flores femeninas conteniendo la semilla, en la misma planta. La flor masculina tiene, generalmente, cinco pétalos fusionados juntos alrededor de tres o cinco estambres, mientras que la flor femenina consiste de tres lóbulos del estigma con un ovario inferior. La polinización debe efectuarse por un portador exterior, tal como, abejas ya que el polen no es acarreado por el viento.

Dentro de la familia de las cucurbitáceas, el término melón se utiliza para referirse a varios miembros con frutos carnosos. Las frutas generalmente comercializadas como melones pertenecen al género *Cucumis melo*, y fueron cultivados originalmente, hace más de cuatro mil años en Persia y África. (Infoagro, 2006)

2. Morfología y taxonomía

a. Morfología. El melón es una planta anual herbácea, de porte rastrero o trepador con sistema radicular abundante, muy ramificado y de rápido desarrollo. Los tallos están recubiertos de formaciones pilosas, y presentan nudos en los que se desarrollan hojas y flores. El fruto es de forma variable (esférica, elíptica, ovalada, etc.) dependiendo de la variedad botánica; la corteza puede variar entre los colores verde, amarillo, anaranjado o blanco y puede ser lisa, reticulada o estriada. La pulpa, que también depende de la variedad botánica, puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada o verdosa. La placenta contiene las semillas y puede ser seca, gelatinosa o acuosa. (Infoagro, 2006)

b. Clasificación taxonómica. Las frutas comerciales conocidas como melones están clasificadas taxonómicamente de la forma siguiente:

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la fruta comúnmente conocida como melón

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Spermatophyta</i>
Subdivisión:	<i>Angiospermae</i>
Clase:	<i>Dicotyledoneae</i>
Subclase:	<i>Metachlamideae</i>
Orden:	<i>Cucurbitales</i>
Familia:	<i>Cucurbitaceae</i>
Género:	<i>Cucumis</i>
Especie:	<i>Cucumis melo</i>

Fuente: Infoagro, 2006

1) Variedades botánicas de melón. Las variedades botánicas de melón más utilizadas comercialmente son:

- **Melones piel de sapo:** se caracterizan por poseer frutos uniformes en cuanto a calidad y producción, alargados, con pesos comprendidos entre 1.5 Kg y 2.5 Kg con pulpa blanca amarillenta, compacta, crujiente, con un contenido de azúcar de alrededor de 12° - 15° Brix y poco olorosa. La corteza es fina, de color verde, con manchas oscuras que dan nombre a este tipo de melones. Su conservación puede ser de hasta tres meses y su resistencia al transporte es muy buena. (Infoagro, 2006)

- **Melones tipo *Rochet*:** se caracterizan por su buena calidad, y buena producción, frutos alargados con pesos de 1.5 Kg a 2 Kg, piel lisa, ligeramente acostillada y con cierto escriturado, sobre todo en las extremidades, de color verde. La pulpa es blanca-amarillenta, compacta, poco aromática, muy azucarada (14° – 17° Brix) y de consistencia media. Buena resistencia al transporte pero corta conservación de 1 a 2 meses máximo. (Infoagro, 2006)

- **Melones tipo *Tendral*:** son originarios del sudeste español, de gran resistencia al transporte y excelente conservación. El fruto es bastante pesado (2 Kg - 3 Kg), de corteza rugosa de color verde oscuro y un elevado grosor que le confiere gran resistencia al transporte. Es uniforme, redondeado y muy asurcado pero sin escriturado. La pulpa es muy sabrosa, blanca, firme, dulce y nada olorosa. La planta es de porte medio, vigorosa, con abundantes hojas, aunque no llega a cubrir todos los frutos, por lo que deben cuidarse los daños producidos por el sol. (Infoagro, 2006)

- **Melones *Cantaloupe*:** presentan frutos esféricos, ligeramente achatados, de pesos comprendidos entre 700 y 1200 gramos, de piel fina y pulpa de color naranja, dulce, con un contenido de azúcar de alrededor de unos 15° Brix y de aroma característico. Existen variedades de piel lisa (europeos, conocidos como «*Charentais*» o «*Cantaloupe*») y variedades de piel escriturada (americanos, conocidos como «*Supermarket italiano*»). Cuando alcanza la plena madurez el color de la piel cambia hacia amarillo. (Infoagro, 2006)

- **Melones *Honeydew*:** tiene una cáscara verde amarilla granulosa y pulpa naranja. Está adaptado a climas secos y cálidos, con la piel lisa o estriada, presentan una forma oval y suelen pesar entre 2 Kg y 3 Kg. (Infoagro, 2006)

- **Melones *Galia*:** presentan frutos esféricos, de color verde que vira a amarillo intenso en la madurez. Su pulpa blanca, ligeramente verdosa, poco consistente, con un contenido en sólidos solubles de 14° a 16° Brix, con un peso medio del fruto de 850-1900 gramos. (Infoagro, 2006)

B. El melón de exportación

La globalización, los tratados de libre comercio y la competitividad, representan desafíos y complejos retos para los productores. Con la aprobación en la Asamblea Nacional del Tratado de Libre Comercio (CAFTA) y su entrada en vigencia, la sociedad comercial entre Centro América y los Estados Unidos ha crecido enormemente, incrementado la exportación de productos no tradicionales, tales como el melón. (Fradejas, 2006)

El melón es un producto fresco que está en la lista de productos admisibles al mercado de los Estados Unidos y posee grandes oportunidades comerciales. Se recomienda la siembra de agosto a octubre, para que la cosecha salga entre noviembre y abril, los mejores meses para la exportación a EE.UU. No se recomienda exportar del 1 de mayo al 30 de junio, pues los productores del sur de Texas comercializan su cosecha. Las oportunidades de exportación están claramente definidas de noviembre a mayo de cada año,

los precios unitarios declarados por kilo, resultan más atractivos durante los meses de mayo y noviembre respectivamente. Las variedades recomendadas para la exportación son: *Cantaloupe*, *Honeydew*, Piel de Sapo, *Crenshaw*, Amarillo, Casaba, Canario y Persa.

1. Especificaciones para exportación

a. Especificaciones técnicas del producto

- Nombre del Producto: Melón (*Mellon*)
- Familia: *Cucurbitaceas*
- Nombre Científico: *Cucumis melo*. (MAGA, 2007)

b. Residuos químicos. Para que un producto ingrese al Mercado de Estados Unidos debe asegurarse que el mismo cumpla con la legislación de residuos químicos establecida en la EPA (Agencia para la Protección del Ambiente de los EE.UU). Información detallada puede encontrarse en la página de Internet de la EPA (<http://www.epa.gov/pesticides/food/viewtols.htm>), a continuación se presenta una tabla con los pesticidas aprobados para el cultivo del melón y sus tolerancias, el máximo aceptable en el producto. (Managua, 2006)

Tabla 2 Plaguicidas aprobados para aplicar en el control de plagas

Pesticidas aprobados	Nivel de tolerancia (ppm)
Metil-3-(dimetoxifosfenil) oxibutanoato isómeros alfa y beta	0.5
Carbofuran O, O-dimetil S-(4-oxibenzotriazina-3(4h))	0.4
Metil fosforoditioato	2
Benomil	1
Diazión	0.75
1,1-Bi(p-clorofenil)-2,2,2-tricloroetanol	5
Carbaril	10
Mancozeb	4
Edosulfán	2
Dimetioato, incluyendo su análogo oxigenado	1
Naled	0.5
Clorotaloril	5
Metamidofos	0.5
Tetradifón	1
Folpet	15
Dimetil Tetracloroteraftalato	1
Oxamil	2

Fuente: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Representación del IICA en Nicaragua, 2006

c. Estándares de calidad. Los estándares de calidad determinan la viabilidad de exportación del producto. Los melones deben ser firmes, bien formados y libres de pudrición, daño estilar o decoloración, sin presencia de plagas, enfermedades o materiales extraños. Deben estar bien formados, casi esféricos y de apariencia uniforme. La cicatriz del pedúnculo debe ser lisa, sin adherencias de tallo (tallo-unido) que sugiera cosecha prematura. Con ausencia de cicatrices, quemaduras de sol o defectos de

superficie. Firme, sin evidencias de magulladuras o deterioro excesivo. Que se vea pesado para su tamaño y con la cavidad interna firme, sin semillas sueltas o acumulación de líquido. (Managua, 2006)

Es importante tener en cuenta que en los Estados Unidos los grados de calidad son U.S. Fino («*Fancy*»), No. 1, Comercial y No. 2. La distinción entre grados se basa principalmente en la apariencia externa y en el contenido de sólidos solubles. Las Normas Federales especifican un mínimo de 11% de sólidos solubles para el grado U.S. Fino («muy buena calidad interna») y 9% para el U.S. No. 1 («buena calidad interna»). Un refractómetro calibrado que mida grados Brix se acepta como instrumento para la determinación estándar de los sólidos solubles. Los frutos que no cumplen con estas especificaciones son denominados melón tipo «C» o No. 3 y no son aptos para la exportación, por lo tanto deben ser vendidos en el mercado local.

La coloración se establece de acuerdo a la variedad del melón que se desee exportar. En General para las variedades de *Honeydew*, *Crenshaw*, *Persian*, Casaba, el color externo de los frutos en estado «3/4 desprendido» varía entre cultivares, pudiendo caracterizarse por la presencia de tintes verdosos. El color de la piel en estos cultivares es típicamente gris a verde opaco cuando el fruto no tiene madurez comercial, verde oscuro uniforme en madurez comercial y amarillo claro en plena madurez de consumo. Otro indicador de la madurez comercial apropiada, es la presencia de una red bien formada y realizada en la superficie de la fruta. (Managua, 2006)

d. Estándares de empaque. La clasificación por tamaño se basa en el número de frutas que caben en un envase. La fruta deberá ser uniforme en tamaño. Caja de tamaño de 2/3, caja de plancha de fibra estilo Bliss, 184 mm (7.25 in) de profundidad, conteo de 4, 5, 6, 8, 11-16 Kg (25 – 35 lb), empacado también en jabas de madera clavada con viruta. (Managua, 2006)

2. Condiciones en Guatemala. El melón se maneja con la partida arancelaria No. 0807.19.00 del SAC y según el reporte de la Alianza Social Continental, hay tan sólo 108 productores de melón en Guatemala, de los cuales 78 (el 72.23 %) son pequeñas y pequeños productores. Estos cultivan únicamente el 3.25 % de la superficie dedicada al melón; mientras el 16.67 % de los productores, los comerciales, ocupan el 95.35 % de la misma. (MAGA, 2007)

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA), para el año 2006 se produjeron alrededor de 344,000 toneladas métricas de melón y se estimaba que para el 2007 se producirían 349,000 aproximadamente. De acuerdo con el IV Censo Nacional Agropecuario: el 96.8 % del área sembrada a nivel nacional se encuentra concentrada en 3 departamentos: Zacapa (86.2 %), Santa Rosa (6.5 %) y Jutiapa (4.1 %). El historial de producción en el territorio nacional se ilustra en la tabla número 3. (MAGA, 2007)

Tabla 3 Área, producción y rendimiento del cultivo de melón en Guatemala

Año calendario	Área cosechada (Hectáreas)	Producción (Toneladas Métricas)	Rendimiento(Tonela das/Hectárea)
2003	13,044.50	324,563.78	24.88
2004	13,090.00	287,495.12	21.96
2005	14,399.00	307,332.28	21.34
2006 p/	15,400.00	344,083.87	22.34
2007e/	15,708.00	349,245.12	22.23

Fuente: Banco de Guatemala, 2007; p/ Cifras preliminares. e/ Cifras estimadas.

La producción de melón se traduce a términos económicos tanto en la importación y exportación del mismo. Para el año 2001 Guatemala importó el equivalente a US \$ 4,289 mientras que exportó US \$ 8,881,283.00, para el año 2006 estas cifras cambiaron significativamente, importando US \$ 60,542.00 y exportando US \$ 83,666,070.00, hacia junio del 2007, Guatemala había importado tan sólo US \$ 4,700.00 y exportado US \$ 88,930,215.00 lo que da una perspectiva alentadora a los exportadores de melón. Estos datos se resumen en la tabla siguiente. (MAGA 2007)

Tabla 4 Comercio exterior, período 2001/2007

Año	Importación		Exportación	
	TM	US\$	TM	US\$
2001	6.71	4,289.00	40,029.95	8,881,283.00
2002	497.53	29,391.00	7,591.28	1,225,920.00
2003	754.39	64,578.00	174,714.53	48,983,908.00
2004	175.77	11,090.00	203,028.73	59,332,558.00
2005	27.53	3,303.00	218,431.37	63,781,429.00
2006	707.5	60,542.00	254,454.30	83,666,070.00
2007 *	39.53	4,700.00	238,845.09	88,930,215.00
Totales	2,209.00	177,893.00	1,137,095.25	354,801,383.00

Fuente: BANGUAT, *Datos a junio de 2007

El panorama del melón sin embargo, no es muy alentador en el mercado local, ya que se paga un promedio de entre Q. 181.00 y Q. 400.00 el ciento, lo que da un precio máximo por unidad de Q. 4.00 en temporada alta. (MAGA, 2007)

Tabla 5 Precios promedio de melón *Cantaloupe* mediano (quetzales/ciento)

Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio anual
2002	198.33	285.42	179.17	137.92	309.62	341.67	267.86	263.46	294.23	343.75	160.42	200.00	248.49
2003	181.67	172.92	200.38	161.36	200.17	400.00	297.50	229.17	339.23	389.29	241.67	133.33	245.56
2004	160.00	289.17	172.86	136.36	215.38	270.83	315.38	365.38	302.69	258.33	177.50	165.00	235.74
2005	188.46	239.58	186.36	130.77	207.69	269.23	269.23	323.08	354.55	612.50	318.75	157.14	271.45
2006	400.00	472.73	173.08	133.33	253.85	280.77	366.67	340.00	308.33	308.33	233.33	250.00	293.37
2007*	203.85	266.67	192.31	109.00	157.69	233.33	281.25	219.23					207.92
Promedio	222.05	287.75	184.03	134.79	224.07	299.31	299.65	290.05	319.81	382.44	226.3	181.10	-

Fuente: Sistema de Información de Mercados, UIPE/MAGA, *Datos a agosto 2007

Según los datos presentados, para el 2006 se exportó únicamente el 74 % de la producción obtenida y se proyecta que para el 2007 se exporte únicamente entre el 68 % y el 75 % (datos estimados). Esto quiere decir que en el 2006 hubo una producción equivalente a 89,629.57 toneladas métricas de producto no exportado. (MAGA 2007)

Tabla 6 Panorama de la exportación del melón

Año	Porcentaje exportado	TM no exportadas
2003	54%	149,849.25
2004	71%	84,466.39
2005	71%	88,900.91
2006	74%	89,629.57
2007 *	68%	110,400.03

Fuente: BANGUAT, *Datos a junio de 2007

C. Caracterización del melón

La calidad del melón está relacionada con el alto contenido interno de azúcar y al buen sabor, de hecho la dulzura es una característica de calidad que limita la aceptación del consumidor. En general, todos los melones presentan un patrón similar de acumulación de azúcar con un incremento rápido en dicha acumulación cuando la fruta alcanza la madurez. Esto es esencialmente un fenómeno de acumulación de sacarosa. Es comúnmente supuesto que las cosechas de las cucurbitáceas sintetizan la galactosil – sacarosa (rafinosa y estaquirosa) en sus hojas, en lugar de sacarosa durante la maduración. Estos carbohidratos pueden ser la fuente principal de la síntesis de sacarosa.

La fruta de melón puede caracterizarse por sus propiedades físicas o por sus propiedades químicas. Dentro de las propiedades físicas se realiza un análisis de las características morfológicas que incluye tamaño, peso, color y forma; mientras que el análisis de las características químicas incluye la cantidad de sólidos solubles, contenido de azúcar, contenido de agua, acidez total y contenido de ácidos cítrico, málico, succínico y ascórbico. (Albuquerque, 2006)

1. Análisis de las características físicas

- **Tamaño y forma:** existen diversos métodos para caracterizar el tamaño y forma de una fruta, entre los cuales se encuentran métodos empíricos como la descripción y métodos más precisos como la medición del diámetro y la altura del mismo para obtener el volumen de la fruta asumiendo una forma esférica perfecta, o una razón altura partido diámetro para describir la forma general del fruto.

- **Peso:** el peso total de la fruta se determina con ayuda de una balanza analítica o común, también puede determinarse el peso parcial de la carne del fruto lo que implicaría retirar la piel y las semillas.

2. Análisis de las características químicas. Uno de los factores primarios de calidad, en los zumos de frutas, es el contenido en sólidos disueltos, que varía según la variedad, el grado de madurez y las técnicas de cultivo. En el zumo, los componentes más abundantes son los azúcares y el ácido cítrico, que suman casi el total de los sólidos solubles. En la maduración, el contenido en azúcares aumenta y el de ácidos disminuye. Los ácidos orgánicos son componentes importantes de los sólidos solubles de los zumos. El ácido cítrico es el característico y predominante; en segundo lugar se encuentra el ácido málico y luego otros en pequeña proporción. (Albuquerque, 2006)

- **Determinación de la acidez total:** La determinación de la acidez de zumos comerciales y naturales se lleva a cabo mediante una valoración ácido-base; los resultados que se obtienen corresponden a la suma de los ácidos minerales y orgánicos, aunque de manera general en el caso de frutas y hortalizas, se tratan de los ácidos cítrico, málico, oxálico y tartárico con apariciones ocasionales de ácidos succínico y málico. La acidez se valora con NaOH y se expresa en gramos de ácido cítrico anhidro/100 ml de zumo. (Primo, 2001)

- **Sólidos solubles:** Comúnmente los sólidos solubles se determinan con el método del refractómetro en el cual la concentración en sólidos solubles de los zumos se expresa en grados Brix. Originariamente, los grados Brix son una medida de densidad. Un grado Brix es la densidad que tiene, a 20 °C, una solución de sacarosa al 1 %, y a esta concentración corresponde también un determinado índice de refracción. Así pues, se dice que un zumo tiene una concentración de sólidos solubles disueltos de un grado Brix, cuando su índice de refracción es igual al de una solución de sacarosa al 1 % (p/v). Como los sólidos no son solamente sacarosa, sino que hay otros azúcares, ácidos y sales, un grado Brix no equivale a una concentración de sólidos disueltos de 1 g/10 ml. Los grados Brix son, por tanto, un índice comercial, aproximado, de esta concentración que se acepta convencionalmente como si todos los sólidos disueltos fueran sacarosa. (Primo, 2001)

- **Contenido de azúcar:** La sacarosa (azúcar de mesa) es un disacárido de glucosa y fructosa, no contiene ningún átomo de carbono anomérico libre, puesto que los carbonos anoméricos de sus dos unidades monosacáridos constituyentes se hallan unidos entre sí covalentemente mediante un enlace O-

glucosídico. Por esta razón, la sacarosa no es un azúcar reductor y tampoco posee un extremo reductor, por lo que no es posible cuantificarla con métodos oxi-reductores. Sin embargo, puede cuantificarse por medio de la espectrofotometría. (Jiménez, 2007)

El término espectrofotometría se refiere al uso de la luz para medir las concentraciones de sustancias químicas. El método requiere el uso de un espectrofotómetro, el cual permite seleccionar un haz de luz con una única longitud de onda. Este haz de luz monocromática incide sobre una celda de ancho b que contiene la solución con el analito. Si la solución absorbe la luz, la potencia radiante incidente (P_o) del haz de luz disminuye al emerger de la celda. Los valores de la potencia radiante emergente (P) tienen que cumplir necesariamente la siguiente relación: $P \leq P_o$. La potencia radiante se define como energía por unidad de tiempo y por unidad de área o sección. La transmitancia se define de la siguiente forma:

$$T = \frac{P}{P_o} \quad \text{Ecuación 1}$$

En tanto, la absorbancia se define como:

$$A = -\log T = \log \frac{P_o}{P} \quad \text{Ecuación 2}$$

Cuando no se absorbe luz, $P = P_o$ y por lo tanto $A = 0$. Cuando se absorbe 90 % del haz de luz, 10 % de éste se transmite, por lo que $P = P_o / 10$ y $A = 1$. La ley de Beer se define como:

$$A = \epsilon b \cdot c \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

A es la absorbancia (magnitud adimensional)

ϵ es un coeficiente de proporcionalidad denominado absorptividad molar. Indica la absorbancia de una determinada sustancia a una longitud de onda dada y se expresa en $M^{-1} \cdot cm^{-1}$.

b es el ancho o espesor de la celda donde se deposita la muestra y se expresa en cm.

c es la concentración expresada en moles / Litro (M)

La ley de Beer establece que la absorbancia es proporcional a la concentración de las especies absorbentes. Un método espectrofotométrico eficaz para la determinación de azúcar es el método de Fenol – H_2SO_4 . Este es probablemente el procedimiento más común para la estimación del contenido total de azúcares reductores y glucósidos. (González, 2006)

• **Contenido de agua:** La mayoría de las frutas tiene un alto contenido de agua, las variedades de melón llegan a tener entre 90 % y 95 % de su peso en agua. El contenido de agua en la fruta se determina utilizando una balanza de humedad teniendo en cuenta el tamaño, volumen y peso inicial de la muestra.

3. Análisis cualitativo del fruto y mosto del melón. La caracterización primaria del fruto consistirá en una evaluación cualitativa de las propiedades del fruto entero: color, sabor y apariencia general, y una evaluación cuantitativa del tamaño, volumen, contenido de agua del fruto, contenido de azúcar y peso. Las propiedades cualitativas se evaluarán por observación y se calificarán según las siguientes escalas.

Tabla 7 Escala de color para la caracterización del melón

Escala numérica	5	4	3	2	1
Descripción de color	Anaranjado rojizo	Anaranjado intenso	Anaranjado – amarillo	Anaranjado pálido	Anaranjado muy pálido

Tabla 8 Escala para la caracterización del sabor del melón

Escala numérica	3	2	1
Descripción de sabor	Muy dulce	Dulce	Poco dulce

La escala para la caracterización de la apariencia general del melón sigue los siguientes parámetros.
 Madurez: 5 representa un melón muy maduro y la escala baja hasta 1, un melón levemente verde
 Nitidez de la piel: 5 denota una piel limpia y nítida, 1 representa una piel con muchas imperfecciones.
 Presencia de tallo: 5 denota ausencia total del tallo mientras que 1 presencia del tallo completo.
 Venas en la piel: 5 representa venas gruesas y rugosas formando una red, 1 ausencia de éstas.
 Color de de la piel: 5 representa una piel amarilla grisácea mientras que 1 una piel verde.

D. El vino

1. ¿Qué es el vino? El código internacional de prácticas enológicas de la Organización Internacional del Vino (OIV) define el vino como «el resultado de la fermentación biológica y natural de la uva entera o de su mosto...» (OIV, 2006) Sin embargo, en la actualidad se maneja el concepto de vino de frutas, y es obtenido por la fermentación de los azúcares contenidos en el mosto o jugo de la fruta. Esta fermentación da como principal producto alcohol cuya concentración dependerá del contenido de azúcar en el mosto dentro de otros factores.

Así mismo puede observarse que en la actualidad el término vino es usado también para referirse a los jugos fermentados de frutas, el Congreso de la República de Guatemala reconoce los jugos fermentados de frutas como vinos de frutas según el Artículo número 50 del Acuerdo Gubernativo 17-01-1949. Comercialmente se conocen marcas como *Paradise Wines*, *Bokbonjajoo*, *Florida Orange Groves and Winery*, *Reunite* o *Schnebly* que comercializan sus productos como vino a pesar de tener origen en mostos de fruta y publicaciones como la revista *Industria y Alimentos*, publicada por Osmosis, se refieren a mostos fermentados de frutas como «Vinos de Frutas». El presente trabajo se basa en el proceso de fermentación utilizado para la obtención de vino de uva, el cual es similar al publicado en la edición No. 30 de la

publicación arriba mencionada, por lo que se describen términos y clasificaciones utilizadas para vinos de uva y estos se utilizan como marco teórico para la obtención de una bebida tipo vino de melón.

2. Tipos de vino. El vino puede clasificarse según la técnica de producción que se utiliza, es decir, la técnica de vinificación o según el color del vino. La primera clasificación se subdivide en vinos naturales o calmos, vinos fuertes o fortificados y vinos espumantes. La segunda clasificación incluye los vinos tintos, rosados y blancos, y aplica únicamente a los vinos elaborados de mosto de uva.

a. Vinos calmos o naturales. Son los vinos elaborados a partir del mosto y fermentados en forma natural. También se les llaman vinos calmos a aquellos fermentados con algún aditivo en cantidades controladas como puede ser la levadura, el azúcar o sulfuros en cantidades mínimas. El vino obtenido tiene un contenido de alcohol de entre 10° y 15° (grados por volumen) debido a que se fermenta en forma natural, o con algún aditivo en cantidades.

b. Vinos fortificados o fuertes. Son vinos a los que se les ha agregado una dosis de alcohol durante alguna etapa de su vinificación. El contenido alcohólico de estas variedades va desde los 16° a los 23° (grados por volumen).

c. Vinos espumantes. Son los vinos del tipo del Champagne, los cuales llevan dos fermentaciones en el proceso de vinificación. La primera que es la habitual del vino natural, y una segunda que tiene lugar en la botella. «Algunos vinos naturales tienen cierta efervescencia llamada *pétillage*, pero esta es muy suave y no es causada como resultado de interferencias en el proceso de fermentación». El vino espumante puede ser elaborado por distintos métodos, siendo el más barato el de carbonatación forzada usando dióxido de carbono. Sin embargo, los vinos de alta calidad no cuentan con aditivos y su segunda fermentación es alcanzada por añejamiento. En todos los casos los vinos espumantes presentan cierta sedimentación. (OIV, 2006)

E. Regulaciones para la producción de vino en Guatemala

1. Reglamento de la ley y alcoholes y bebidas alcohólicas y fermentadas. Según el acuerdo gubernativo 17-01-1949 y el decreto del Congreso de la República número 536, se regulan las actividades de producción, importación, exportación y distribución de alcoholes y bebidas alcohólicas en el país. Los artículos concernientes a la producción de bebidas fermentadas son los que se describen a continuación.

Artículo 2. Decreto 536: «... Se llama bebidas alcohólicas a aquellas que contienen alcohol en una proporción hasta de cincuenta grados y para los efectos de la presente ley se dividen en:

Bebidas alcohólicas destiladas (aguardiente, coñac, whisky, ron, ginebra, etc.) son los productos obtenidos por destilación de mostos de cereales, melazas, azúcares, frutas u otras sustancias fermentescibles.

Bebidas alcohólicas fermentadas (cerveza, vinos) se llama a las que se obtienen por fermentación de los jugos azucarados de frutas o que se elaboran por cualquier proceso de conversión del almidón de los cereales en azúcar.»

Artículo 47. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «Son bebidas alcohólicas y fermentadas, las obtenidas por fermentación alcohólica espontánea o provocada de los jugos de frutas, mieles de abejas o de los mostos obtenidos de la conversión del almidón de los cereales en la azúcar. Se dividen en: vinos, cidra, hidromel y cerveza.»

Artículo 48. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «Para los efectos del presente reglamento los vinos se dividen en: vinos naturales y vinos de frutas.»

Artículo 49. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «Vino natural es la bebida que proviene exclusivamente de la fermentación alcohólica espontánea del jugo de las uvas sanas, frescas y maduras.»

Artículo 50. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «Vinos de frutas son los obtenidos por fermentación alcohólica de los jugos de otras frutas, frescas o secas, por consiguiente, el zumo de uvas pasas queda comprendido en esta denominación.»

Artículo 54. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «La riqueza alcohólica de los vinos, deberá corresponder a su categoría, es decir, los blancos y tintos de mesa tendrán una riqueza alcohólica baja, pudiendo llegar en los generosos hasta 15° Gay-Lussac como máximo...»

Artículo 56. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «Se permite agregar glucosa o sacarosa a los jugos de frutas cuando su riqueza en azúcar no sea suficiente para dar por fermentación el grado de riqueza alcohólica requerida.»

Artículo 57. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «Los vinos y los mostos de frutas con una proporción de ácidos volátiles expresados en ácido acético de 2.5 gramos por litro y mayor, deben rechazarse en absoluto.»

Artículo 58. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: « Los vinos y los mostos de frutas en los cuales el ensayo organoléptico (olor y sabor) demuestra de un modo indudable la presencia del olor fuerte acético, deben ser considerados como descompuestos.»

Artículo 59. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «La confección de bebidas destiladas y fermentadas queda sujeta a las leyes y reglamentos de Sanidad y a la vigilancia y análisis constantes por parte del mismo ramo, a fin de comprobar que los fermentos y fórmulas, productos ya elaborados o ingredientes que se emplean en la confección no contiene sustancias nocivas a la salud.»

Artículo 66. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «El añejamiento consiste en el envejecimiento natural que sufren los alcoholes y bebidas alcohólicas cuando han permanecido por más de un año en barriles de madera apropiados.»

Artículo 69. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «Quedan prohibidos los sistemas de añejamiento artificiales con procedimientos químicos.»

Artículo 71. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «El tiempo mínimo de añejamiento será de un año.»

Artículo 103. Decreto 536. «La riqueza alcohólica de los vinos será como máximo, de 15° Gay-Lussac.»

Artículo 19. Decreto 536. «Las bebidas alcohólicas destinadas al envejecimiento, se guardarán en pipas o barriles debidamente sellados por el guardalmacén, el vigilante y el destilador o su representante legal, haciéndose constar la fecha de la iniciación del

envejecimiento y la cantidad de litros que contenga cada recipiente, especificándose el grado que tenía cuando se envasó. Las mermas que se registren en las bebidas alcohólicas en su proceso de envejecimiento, no causarán impuesto alguno, ...»

Artículo 129. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «Los envases oficiales para alcoholes y bebidas alcohólicas, será de vidrio incoloro o de color apropiado, con las formas que más se adapten a la clase del producto que se envase, debiendo tener las siguientes características:

- a) Llevar un acabado doble en el cuello...
- b) Llevar en uno de sus lados o en la base, la siguiente leyenda grabada o realizada: “Envase Oficial – Guatemala, C.A.” Abajo de dicha leyenda y en la misma forma la capacidad respectiva...
- c) Llevar, una vez estén llenos, una etiqueta que contenga los siguientes datos:
 1. Clase del producto y marca comercial, con la palabra “Añejo”, si las bebidas alcohólicas han sido añejadas.
 2. Riqueza alcohólica del contenido.
 3. Nombre de la empresa o fabricante.
 4. Lugar de fabricación.
 5. La frase que diga “Hecho en Guatemala”.

Las etiquetas deben ajustarse, además, a los requisitos que exigen los artículos 40 y 41 de este Reglamento.»

Artículo 40. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «Las bebidas alcohólicas llevarán en su etiqueta de envase, el nombre que indique la clase de bebidas a que pertenece, es decir, aguardiente natural, preparado o licor. Si es una bebida particular que no se adapte a las definiciones anteriores, llevará el nombre correspondiente. Es prohibido anunciar o vender una bebida alcohólica con un nombre que no corresponda a su naturaleza, de conformidad con la ley.»

Artículo 41. Acuerdo Gubernativo 17-01-1949: «Las bebidas alcohólicas en general cuya preparación y composición no se ajusten a las definiciones de la ley, deberán llevar en sus anuncios y etiquetas de envase la palabra: “Tipo”, antepuesta al nombre de la bebida que imite, o bien, la denominación “De Fantasía”, pospuesta al mismo nombre...»

Artículo 4. Decreto 536. «Es libre la fabricación del alcohol, bebidas alcohólicas y fermentadas. Toda persona jurídica o natural puede dedicarse a la fabricación de dichos productos de acuerdo con las prescripciones que esta ley establece.»

Artículo 5. Decreto 536. «La fabricación de alcoholes y bebidas alcohólicas podrán instalarse en centralizaciones de cabeceras departamentales y en los municipios donde existen en la actualidad. El administrador de Rentas o agente de la Tesorería Nacional, es el encargado de extender las licencias respectivas a quienes las soliciten...»

Artículo 100. Decreto 536. «Las fábricas de vinos podrán establecerse en edificios y depósitos particulares, inscribiéndose previamente en el registro que para el efecto lleve la Dirección General de Rentas llenando los requisitos siguientes:

- a) Prestar fianza por un valor mínimo de Q. 1,000.00 según la importancia de la fábrica, fianza que será fijada por la Administración de Rentas o Agencia de la Tesorería Nacional del lugar; y
- b) Acompañar licencia de la dependencia respectiva del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, en donde conste que el local es adecuado para el uso a que se destina y reúne los requisitos higiénicos necesarios.»

Artículo 9. Decreto 536. «Se consideran de uso del Estado, para los efectos de vigilancia, inspección y control fiscal, los edificios y terrenos de propiedad particular en donde estuvieren establecidas las fábricas de depósitos de alcohol, bebidas alcohólicas y fermentadas.»

Artículo 12. Decreto 536. «Para ser destilador o fabricante de alcoholes, bebidas alcohólicas y fermentadas y poder obtener la patente respectiva, se debe comprobar el extremo siguiente: No haber sido condenado por ningún delito contra la Hacienda Pública.

La solicitud deberá presentarse escrita en papel del sello de diez centavos de quetzal ante la oficina respectiva, indicando:

- a) Clase de aparatos que se van a instalar;
- b) Capacidad productora de los mismos; y
- c) Garantía que se ofrezca a favor del Fisco.»

Artículo 13. Decreto 536. «Para efectuar reformas o mejoras en los respectivos locales, los fabricantes de alcoholes y bebidas alcohólicas deberán hacerlas por su cuenta y obtener permiso escrito de la Dirección General de Rentas en la capital, de la Administración de Rentas o Agencia de la Tesorería Nacional, en los departamentos.»

Artículo 17. Decreto 536. «Las licencias se concederán por el término de seis meses,...»

Artículo 18. Decreto 536. «Queda prohibida la venta de bebidas alcohólicas que no tengan por lo menos un año de añejamiento natural.»

2. Código de salud. El Congreso de la República a través del Decreto número 90 – 97 establece el reglamento que debe cumplirse en cuanto normas de salud. Los artículos que aplican para la fabricación de bebidas alcohólicas se citan a continuación.

Artículo 2. Decreto 90 – 97: «DEFINICIÓN. La salud es un producto social resultante de la interacción entre el nivel de desarrollo del país, las condiciones de vida de las poblaciones y la participación social, a nivel individual y colectivo, a fin de procurar a los habitantes del país el más completo bienestar físico, mental y social. »

Artículo 3. Decreto 90 – 97: «RESPONSABILIDAD DE LOS CIUDADANOS. Todos los habitantes de la República están obligados a velar, mejorar y conservar su salud personal, familiar y comunitaria, así como las condiciones de salubridad del medio en que viven y desarrolla sus actividades. »

Artículo 44. Decreto 90 – 97: «SALUD OCUPACIONAL. El Estado, a través del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, el Ministerio de Trabajo y Previsión Social y demás Instituciones del Sector, dentro del ámbito de su competencia, con la colaboración de las empresas públicas y privadas, desarrollarán acciones tendientes a conseguir ambientes saludables y seguros en el trabajo para la previsión de enfermedades ocupacionales, atención de las necesidades, atención de las necesidades específicas de los trabajadores y accidentados en el trabajo.»

Artículo 47. Decreto 90 – 97: «SUSTANCIAS DAÑINAS PARA LA SALUD. Se promoverán programas para informar sobre los riesgos del consumo de sustancias dañinas para la salud, especialmente aquellas que producen adicción.»

Artículo 49. Decreto 90 – 97: «LA PUBLICIDAD Y CONSUMO PERJUDICIAL. a) Toda publicidad relacionada con tabaco, bebidas alcohólicas, vinos, cervezas y bebidas fermentadas, que se realicen por medio escrito gráfico, radial, televisión, electrónico y unidades móviles, deberá contar con la autorización del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, antes de ser difundida en dichos medios de comunicación... c) En el caso de los medios televisivo, eléctrico o electrónico, es obligación de los fabricantes, importadores y anunciantes de bebidas alcohólicas, vinos, cervezas y bebidas fermentadas, indicar en los espacios de su publicidad que “El exceso en el consumo de este producto es dañino para la salud del consumidor”; ... Todo envase o etiqueta de producto nacional o importado que contenga bebidas alcohólicas, vinos, cervezas y bebidas fermentadas deberá contener la leyenda “El exceso en el consumo de este producto es dañino para la salud del consumidor”... »

Artículo 50. Decreto 90 – 97: «PROHIBICIÓN DE VENTA Y CONSUMO A LOS MENORES DE 18 AÑOS DE EDAD. Se prohíbe la venta de bebidas alcohólicas y tabaco en cualquiera de sus formas, a los menores de 18 años de edad, así como su consumo en cualquier establecimiento y vía pública.»

Artículo 74. Decreto 90 – 97: «EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SALUD. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, establecerán los criterios para la realización de estudios de evaluación de impacto ambiental, orientados a determinar las medidas de prevención y de mitigación necesarias, para reducir riesgos potenciales a la salud derivados de desequilibrios en la calidad ambiental, producto de la realización de obras o procesos de desarrollo industrial, urbanístico, agrícola, pecuario, turístico, forestal y pesquero.»

Artículo 92. Decreto 90 – 97: «DOTACIÓN DE SERVICIOS. Las municipalidades, industrias, comercios, entidades agropecuarias, turísticas y otro tipo de establecimientos públicos y privados, deberán dotar o promover la instalación de sistemas adecuados para la eliminación sanitaria de excretas, el tratamiento de aguas residuales y aguas servidas, así como del mantenimiento de dichos sistemas conforme a la presente ley y los reglamentos respectivos.»

Artículo 97. Decreto 90 – 97: «DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES. Está prohibido la descarga de contaminantes de origen industrial, agroindustrial y el sudo de aguas residuales que no hayan sido tratadas sin previo dictamen favorable del Ministerio de Salud...»

Artículo 124. Decreto 90 – 97: «DEFINICIÓN. Alimento es todo producto natural, artificial, simple o compuesto, procesado o no, que se ingiere con el fin de nutrirse o mejorar la nutrición, y los que se ingieran por hábito o placer, aun cuando no sea con fines nutritivos.»

Artículo 126. Decreto 90 – 97: «BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Todas las bebidas que contengan más de 0.5% de alcohol por volumen, se considerarán como bebidas alcohólicas y quedarán sujetas a evaluación de conformidad y al control sanitario, de acuerdo a lo establecido en el presente capítulo y el reglamento respectivo...»

Artículo 131. Decreto 90 – 97: «DEL REGISTRO SANITARIO DE REFERENCIA. Previo a comercializar un producto alimenticio con nombre comercial, se debe contar con la autorización del Ministerio de Salud y obtener su registro sanitario de referencia o certificación sanitaria, en dicho Ministerio. El registro de referencia permitirá garantizar la inocuidad y calidad del alimento y constituirá el patrón de base que servirá para controlar periódicamente el producto en el mercado...»

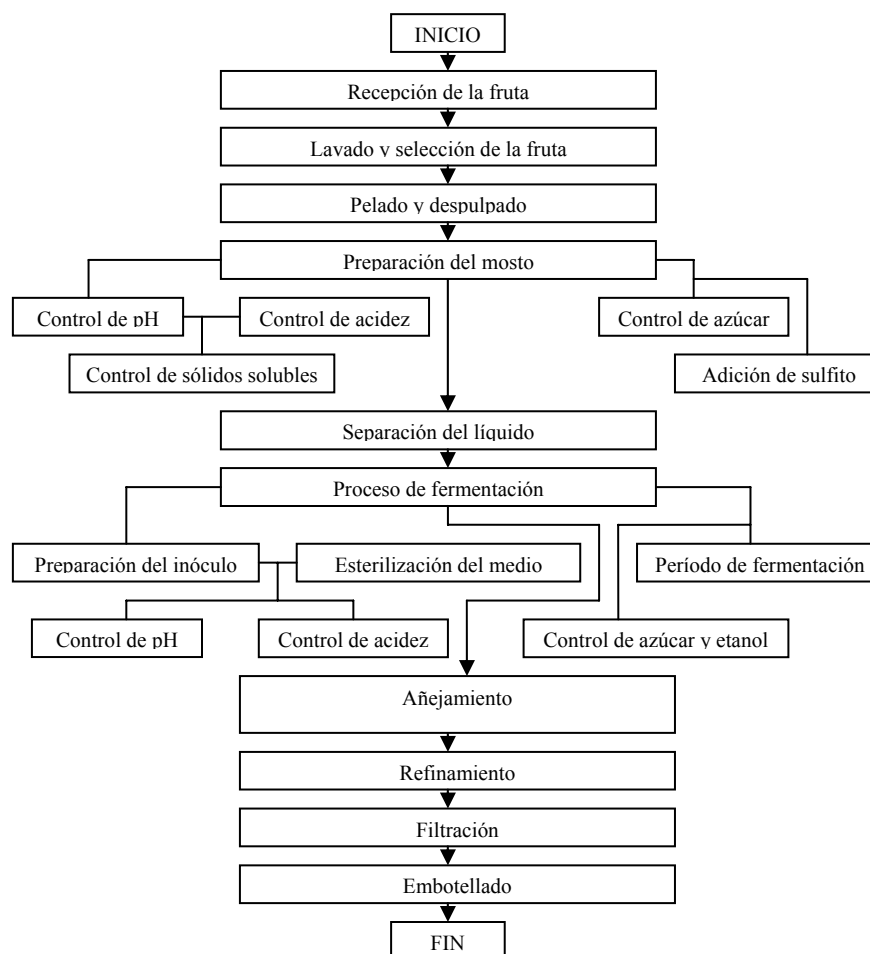
Artículo 137. Decreto 90 – 97: «MATERIALES DE ENVASE Y EMPAQUE. Sólo se permitirá el uso de materiales para la elaboración de envases y empaques, que sean compatibles con los alimentos y que no provoquen alteraciones por interacción de los mismos.»

Artículo 138. Decreto 90 – 97: «APLICACIÓN DEL *CODEX ALIMENTARIUS*. En ausencia de normas nacionales para casos específicos o que estas sean insuficientes o desactualizadas, se aplicarán supletoriamente las del *Codex Alimentarius* y otras normas reconocidas internacionalmente y, en su caso, las disposiciones emitidas por las autoridades superiores en materia sanitaria de alimentos. »

F. Proceso de vinificación

1. Diagrama de bloques de la elaboración del vino. El proceso de elaboración del vino consta de doce etapas, algunas de las cuales pueden omitirse dependiendo del tipo de vino que se elabora, tales como, añejamiento y adición de CO₂.

Figura 1 Diagrama de bloques de la elaboración del vino



2. Lavado y selección. Las frutas deben lavarse y seleccionarse de modo que solamente se utilicen frutas maduras, no sobremaduras, limpias y sanas. El lavado puede efectuarse a mano o automáticamente con maquinaria especial, la selección del método dependerá del tipo de fruta y el presupuesto del fabricante. Para la vinificación del melón pueden utilizarse ambos métodos, siendo el más económico el manual.

a. Método de selección y lavado. El método de selección y lavado puede ser hecho de forma manual o automática, dependiendo de los requerimientos del proceso y la disponibilidad económica de la planta. Los métodos manuales consisten básicamente en operadores que desechan la fruta podrida y lavan el exterior con mangueras regulares. Mientras que los métodos automáticos son más eficientes pero también más costosos, estos pueden consistir en bandas transportadoras, rociadores y cubas de recepción. Aún con un método automático siempre existirá el factor humano, ya que los criterios de selección automático podrían ser únicamente peso y/o tamaño, y dado que en el presente caso se trata con melón tipo «C», el cual no es uniforme en tamaño y peso, estos criterios son poco eficientes. (Perú, 1993)

3. Despulpado o prensado: obtención del mosto. El despulpado o prensado consiste en separar la fruta de su cáscara o semilla según sea el caso de la fruta y convertirla en partículas de menor tamaño y obtener la pulpa y/o jugo. Esto puede llevarse a cabo con diferentes equipos, dependiendo del objetivo y el tipo de fruta que se esté utilizando.

El producto de la operación de despulpado o prensado es el mosto y puede contener jugo, cáscara, semillas etc. Dependiendo de la fruta que se utilice, las cáscaras o las semillas pueden impartir sabores indeseables al vino final. Ésta es una variable que se debe evaluar en la selección del proceso final.

a. Equipo de despulpado y prensado. El proceso de despulpado y prensado consiste en separar la carne del fruto de las semillas y obtener el jugo de la fruta. Esto se lleva a cabo con equipo especial llamado despulpadora y prensadora respectivamente. Una despulpadora consta de dos cilindros ó filtros intercambiables con diámetros de perforaciones de 1.5 y 4 mm con el propósito de regular el grado de despulpado que se requiere para cada fruta. A su vez, posee dos efluentes: la pulpa enviada a la prensadora o refinadora y el residuo o desechos. La prensadora o refinadora elimina los residuos sólidos de concha, semilla, etc., no retenidos en la despulpadora. Tiene cilindros perforados cambiables de menor diámetro (0.5 mm) que la despulpadora y dos efluentes similares a los de ésta. (Perú, 1993)

4. Preparación del mosto

a. Adición de sulfito de sodio. El sulfito de sodio es un compuesto químico incoloro de fórmula Na_2SO_3 utilizado en la industria alimentaria como conservante y antioxidante. Previene la acidificación del vino, especialmente, en el caso de vinos jóvenes y dulces. La reacción que previene el sulfito de sodio, es la transformación del azúcar presente en el vino a ácidos por la acción de bacterias ácido acéticas o ácido lácticas.

El sulfito mejora el color del vino tinto previniendo una decoloración del mismo con el paso del tiempo y dando paso a la aparición de colores morado y azul. En adición a estas dos propiedades, el sulfito mejora el sabor del vino ya que remueve el acetaldehído, un subproducto de la fermentación con levaduras.

Según un estudio de la Universidad de Wageningen en Holanda, los niveles permitidos de sulfito en el vino deben ser de 200 ppm a 400 ppm expresado como dióxido de azufre libre. (Perú, 1993)

b. Ajustes de azúcar en el mosto. La concentración de alcohol y la dulzura del producto final están determinadas por la concentración inicial de azúcar en el mosto. Antes del proceso de fermentación, se determina la concentración de azúcar en el mosto en grados Brix, si ésta es muy baja se puede enriquecer con la adición de jugo concentrado de la misma fruta o con azúcar blanca, un mosto debe tener alrededor de 204 g/L de azúcar, es decir un lectura de 21° Brix. La tabla siguiente muestra la relación entre el contenido de azúcar inicial y el grado alcohólico alcanzado. En caso que se añada azúcar, es importante hacerlo en tres pasos, puede hacerse al inicio de la fermentación, luego a los cinco días y luego a los ocho días. Se debe observar que la formación de gas baje para añadir más azúcar. Esto es indicativo que la fermentación ha disminuido por la falta de azúcar. (González, 2006)

Tabla 9 Grado alcohólico en relación al contenido inicial de azúcar

Lectura del refractómetro	Azúcares g/L	Grado alcohólico	Lectura del refractómetro	Azúcares g/L	Grado alcohólico
15.0	138	8.1	21.0	204	12.0
15.2	140	8.2	21.2	206	12.1
15.4	142	8.4	21.4	209	12.3
15.6	144	8.5	21.6	211	12.4
15.8	147	8.6	21.8	213	12.5
16.0	149	8.8	22.0	215	12.7
16.2	151	8.9	22.2	217	12.8
16.4	153	9.0	22.4	220	12.9
16.6	155	9.1	22.6	222	13.1
16.8	158	9.3	22.8	224	13.2
17.0	160	9.4	23.0	227	13.3
17.2	162	9.5	23.2	229	13.5
17.4	164	9.6	23.4	231	13.6
17.6	166	9.8	23.6	234	13.7
17.8	168	9.9	23.8	236	13.8
18.0	171	10.0	24.0	238	14.0
18.2	173	10.2	24.2	240	14.1
18.4	175	10.3	24.4	243	14.3
18.6	177	10.4	24.6	245	14.4
18.8	179	10.5	24.8	247	14.5
19.0	182	10.7	25.0	250	14.7
19.2	184	10.8	25.2	252	14.8
19.4	186	10.9	25.4	254	14.9
19.6	188	11.1	25.6	256	15.1
19.8	191	11.2	25.8	259	15.2
20.0	193	11.3	26.0	261	15.4

Continuación de tabla 9 Grado alcohólico en relación al contenido inicial de azúcar

Lectura del refractómetro	Azúcares g/L	Grado alcohólico	Lectura del refractómetro	Azúcares g/L	Grado alcohólico
20.2	195	11.5	26.2	263	15.5
20.4	197	11.6	26.4	266	15.6
20.6	200	11.7	26.6	268	15.7
20.8	202	11.9	26.8	270	15.9

Fuente: González, 2006

c. Sedimentación. La sedimentación es un proceso físico en el cual las partículas suspendidas en un líquido precipitan hacia el fondo del contenedor. Muchos métodos de separación mecánica se basan en la sedimentación de las partículas sólidas o gotas de líquido a través de un fluido, impulsadas por la fuerza de gravedad o por la fuerza centrífuga. El fluido puede ser un gas o un líquido; puede estar en movimiento o en reposo. Las partículas más pesadas que el fluido en el que están suspendidas pueden separarse de un gas o un líquido en un tanque de sedimentación grande, donde la velocidad de fluido es baja y las partículas tienen tiempo suficiente para sedimentar. Casi todos los separadores industriales están provistos de un sistema para la separación continua de los sólidos sedimentados. La separación puede ser parcial o total, un sedimentador que separa casi todas las partículas de un líquido se llama clarificador, mientras que uno que separa los sólidos en dos fracciones se conoce como clasificador. (McCabe, 2002)

1) Sedimentación por gravedad. Si los sólidos en suspensión son principalmente partículas individuales de sólo unos pocos micrómetros de diámetro, la velocidad de sedimentación por gravedad será muy lenta. Por lo general, en muchas suspensiones finas, las partículas forman aglomerados o agregados de partículas que sedimentan a velocidades razonables. La aglomeración es a veces promovida, en un proceso conocido como floculación, por la adición de agentes floculantes, incluyendo electrólitos fuertes, que reducen las fuerzas repulsivas entre las partículas cargadas, o floculantes poliméricos de carácter catiónico, aniónico o no iónico. La floculación se realiza también por adición de materiales baratos tales como cal, alúmina o silicato de sodio, que forman aglomerados libres que se precipitan junto con los finos. (McCabe, 2002)

2) Sedimentación centrífuga. Una partícula determinada sedimenta por acción de la gravedad en un fluido dado con una velocidad máxima constante. Para aumentar la velocidad de sedimentación, la fuerza de gravedad que actúa sobre la partícula puede sustituirse por una fuerza centrífuga mucho más intensa. Los separadores centrífugos han sustituido en buena parte a los separadores por gravedad en las operaciones de producción debido a su mayor efectividad con gotas finas y partículas, así como por su tamaño mucho menor para una determinada capacidad. En una sedimentación centrífuga, una partícula de un tamaño determinado se separa del líquido si dispone de tiempo suficiente para que la partícula alcance la pared del recipiente separador. Si se supone que en todo momento la partícula se está

moviendo radialmente con su velocidad terminal es posible calcular el diámetro de la partícula más pequeña que se puede separar.

Los ciclones se utilizan para la separación de sólidos a partir de líquido, en algunas ocasiones como espesadores, pero más común como clasificadores. En estos servicios reciben el nombre de hidrociclones o hidroclones. La alimentación entra tangencialmente a alta velocidad cerca de la parte superior. El líquido sigue un camino en espiral cerca de la pared del tanque, formando un fuerte vórtice descendente. Las partículas de sólido grandes o pesadas se separan en la pared y son impulsadas hacia abajo y salen del ciclón como una suspensión o una pasta.

Los líquidos inmiscibles se separan industrialmente en decantadores centrífugos. La fuerza de separación es mucho mayor que la de la gravedad ya que actúa en el sentido de alejarse del eje de rotación en vez de estar dirigida hacia la superficie terrestre. Los principales tipos de decantadores centrífugos son las centrífugas tubulares y las centrífugas de discos. La centrífuga tubular es un recipiente alto y estrecho, con un diámetro de 100 a 150 mm y gira con unas 15,000 rpm en una carcasa estacionaria. La centrífuga de discos es altamente efectiva para separaciones líquido – líquido. Un recipiente corto y ancho de 200 a 500 mm de diámetro gira sobre un eje vertical. El recipiente tiene un fondo plano y una tapa cónica. (McCabe, 2002)

d. Separación de líquido. Si la sedimentación utilizada es sedimentación por gravedad, la separación del líquido de las partículas sedimentadas puede hacerse por diferentes métodos físicos: decantación o filtrado.

1) Decantación. La decantación es un método de separación física que puede realizarse por gravedad o acción centrífuga. La mezcla de alimentación entra por un extremo del separador; los dos líquidos fluyen lentamente a través del tanque, separándose en dos capas, y descargan por las líneas de desborde al otro extremo del separador. Con tal que las líneas de desborde sean lo suficientemente grandes para que la resistencia por fricción al flujo de los líquidos sea insignificante, y la descarga se efectúe a la misma presión que existe en el espacio gaseoso situado sobre el líquido del tanque, el funcionamiento del decantador se analiza mediante los principios de la estática de fluidos. Cuando la diferencia entre las densidades de los dos líquidos es pequeña, la fuerza de la gravedad es demasiado débil para separar los líquidos en un tiempo razonable. La separación puede entonces realizarse en una centrífuga líquido - líquido. El líquido pesado forma una capa sobre el fondo del recipiente, debajo de la capa del líquido ligero. Si ahora se hace girar el recipiente, el líquido pesado forma una capa. En el interior de la capa del líquido pesado se forma una capa de líquido ligero. Las dos capas están separadas por una interfase cilíndrica de radio r_j . Esta interfase se conoce como zona neutra.

2) Filtrado. La filtración es la separación de partículas sólidas a partir de un fluido mediante el paso del fluido a través de un medio filtrante o pared separadora sobre el que se depositan los sólidos. Las filtraciones industriales van desde un sencillo colado hasta separaciones altamente complejas.

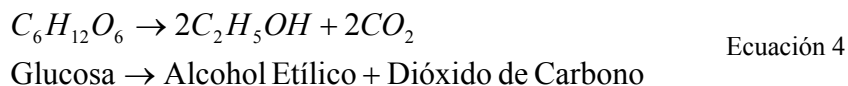
El fluido puede ser un líquido o un gas, y la corriente valiosa procedente de un filtro puede ser el fluido, los sólidos o ambos productos. En algunos casos ambas corrientes carecen de valor, como en el caso de efluentes residuales. El fluido circula a través del medio filtrante en virtud de una diferencia de presión a través del medio. Por lo tanto, los filtros se clasifican en función de este aspecto en filtros que operan con presión superior a la atmosférica en la corriente superior del medio filtrante y los que lo hacen con presión atmosférica en la corriente superior del medio filtrante y vacío en la corriente inferior. Presiones superiores a la atmosférica se generan por acción de la fuerza de gravedad actuando sobre una columna de líquido por medio de una bomba o soplador, o bien por medio de fuerza centrífuga. (McCabe, 2002) La filtración se describe en mayor detalle en la sección 8, título E, «Proceso de Vinificación».

5. Fermentación

a. Proceso de fermentación. Una vez que se tiene listo el mosto, se inocula con cultivo de levadura a una concentración de 1 % a 3 % del volumen y se da paso a la fermentación.

La fermentación es el proceso mediante el cual el azúcar del mosto es transformada en alcohol etílico a través de la acción biológica de las levaduras. Las levaduras son organismos unicelulares que se reproducen asexualmente. Como las bacterias y los mohos, las levaduras pueden tener efectos benéficos o dañinos en la comida, en especial el género *Saccharomyces* (L). que es de gran importancia en la fermentación de alimentos para la obtención de alcohol y la producción de pan.

La mayoría de levaduras requieren abundante oxígeno para crecer, de ahí que al controlar el flujo de oxígeno el crecimiento de las levaduras puede ser regulado. Adicionalmente al oxígeno, requieren de un sustrato. Algunas levaduras pueden fermentar el azúcar y convertirlas en alcohol y dióxido de carbono en la ausencia de aire, pero requieren oxígeno para crecer. Las levaduras producen alcohol etílico y dióxido de carbono a partir de azúcares simples tales como glucosa y fructosa. La reacción química que se lleva a cabo es la siguiente:



En la presencia excesiva de oxígeno, el alcohol puede ser oxidado y convertirse en ácido acético. Ésta es una reacción indeseable en la producción de alcohol de frutas, pero es una técnica muy utilizada para producción de vinagres de frutas.

Las levaduras se activan en un rango amplio de temperaturas, de 0 °C a 50 °C, con un rango óptimo de temperatura de 20 °C a 30 °C. El pH óptimo para la mayoría de microorganismos es cercano al neutral, 7.0, pero muchas levaduras y mohos toleran un ambiente ácido, las levaduras pueden crecer en un ambiente con pH de 4.0 a 4.5. En términos de requerimientos de agua, las levaduras tienen un requerimiento mínimo de agua de 0.85 o una humedad relativa de 88 %. Las levaduras tienen una buena tolerancia a altas concentraciones de azúcar y crecen bien en soluciones que contienen un 40 % de azúcar.

El jugo natural de las frutas es una solución altamente ácida con contenido de azúcar que varía de 10 % a 25 %. Su acidez y alta concentración de azúcar hace el medio poco favorable para el crecimiento de bacterias, pero propicio para el crecimiento de levaduras y mohos. La fermentación puede darse espontáneamente, o puede ser iniciada por medio de la inoculación con un mosto que ha sido previamente fermentado con una levadura, la más común es *S. cerevisiae* var. *ellipsoideus*. Muchos productores actuales de vino, eliminan la población original de microbios por medio de la pasteurización o tratamiento con dióxido de azufre. Al inicio de la fermentación, el mosto es aireado ligeramente para crear un población grande de levaduras, una vez iniciada la fermentación, la rápida producción de dióxido de carbono mantiene las condiciones anaeróbicas que previenen el crecimiento no deseado de organismos aeróbicos, tales como bacterias y mohos. La temperatura de fermentación es usualmente de 25 °C a 30 °C y puede durar únicamente unos cuantos días, o puede extenderse hasta dos semanas. Al alcanzar el nivel de alcohol deseado, la fase microbiológica de la producción de vino se da por terminada.

El problema más serio que enfrenta la fermentación alcohólica de jugos de frutas es la descomposición por el proceso aeróbico de levaduras y bacterias que oxidan el alcohol hasta convertirlo en ácido acético, agua y dióxido de carbono. El mayor daño deviene de estos organismos cuando el acceso de aire no es regulado adecuadamente durante el añejamiento del vino. Otro problema serio es causado por la bacteria fermentativa del ácido láctico, que utiliza el azúcar residual para fermentar impartiendo un sabor extraño al vino. Ya que esta bacteria es anaeróbica, el problema puede darse aún después de embotellado el vino, una forma de evitar este problema es pasteurizando el vino después de embotellado.

Esta liberación de energía es muy importante ya que con la reducción de un 1 % de azúcar en el mosto se tiene un aumento de temperatura de 1.3 °C. Es necesario que durante el proceso de fermentación se controle la temperatura, ya que es necesario alcanzar una temperatura adecuada para que las levaduras mueran en un período de tiempo determinado. El rendimiento de etanol, en la mayoría de los vinos, es de aproximadamente 55 %. De tal forma que un jugo que tenga un contenido de azúcar de 20 °Brix, producirá un vino con un 11 % de etanol en volumen. (Estola, 2005)

b. Preparación del inóculo. Es esencial que el cultivo utilizado para inocular la fermentación satisfaga ciertos criterios: 1) debe estar en un estado sano y activo; 2) debe estar disponible en volúmenes suficientemente grandes para proveer un inóculo de tamaño óptimo; 3) debe estar en una forma morfológica adecuada; 4) debe estar libre de contaminación; y 5) debe retener sus capacidades para formar el producto deseado. Un factor importante para obtener un inóculo que cumpla estos criterios es la elección del medio de cultivo.

La cantidad de inóculo normalmente utilizado es entre 3 % y 10 % del volumen total del medio de cultivo. El inóculo debe ser escalado de tamaño en un número de etapas para producir suficiente biomasa para inocular la etapa de producción en el fermentador. Esto puede incluir dos o tres etapas en matraces y de una a tres etapas en fermentadores, dependiendo del tamaño del contenedor final. Durante el proceso de escalamiento existe el riesgo de contaminación, y mientras más etapas se utilicen, mayor será el

riesgo de contaminación. El inóculo se prepara en el medio de cultivo que se utilizará en el reactor utilizando una pequeña muestra en un tanque de incubación, idealmente a la misma temperatura que se trabajará posteriormente.

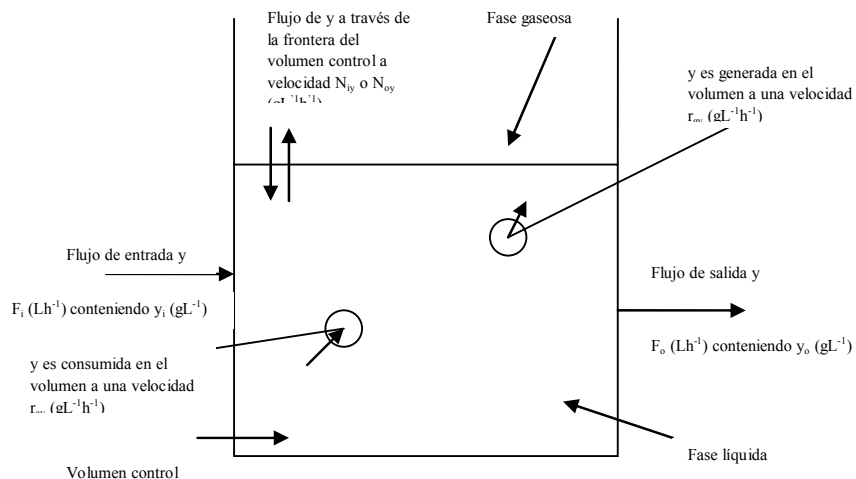
Las fermentaciones por levadura más importantes a nivel industrial son la producción de cerveza, vino y biomasa, específicamente levadura de pan. Es común utilizar levadura de fermentaciones previas como inóculo para los siguientes procesos. Los riesgos arraigados a esta práctica son la introducción de contaminantes al proceso y la degeneración del cultivo, la degeneración más común empieza en el decremento del grado de floculación y las habilidades de la levadura. A pesar de proceder con precaución, las levaduras raramente son utilizadas más de cinco o diez fermentaciones consecutivas. (Stanbury, 1986)

c. Modelos matemáticos de la fermentación. El propósito de un modelo matemático es dar forma y orden a los datos obtenidos de una fermentación práctica y presentar los resultados en una forma concisa e inteligible para los lectores. Uno de los principales usos del modelo de fermentación es diseñar procesos a gran escala en base a datos obtenidos a pequeña escala. Es usual empezar con algunas asunciones simples, luego de haber obtenido los resultados, algunas asunciones pueden ser descartadas y desarrollar modelos más complicados.

El procedimiento para escribir ecuaciones en un modelo es diferente para cada situación y conjunto de datos, sin embargo, hay un proceso general que debe seguirse sin importar el caso o situación que se trate.

1) Balance de masa y energía. El balance de ecuaciones es una relación entre la velocidad a la cual la cantidad y (y siendo células, sustrato carbonado, penicilina, etc.) se acumula en un volumen controlado, y la velocidad a la que la misma cantidad fluye hacia adentro y afuera del volumen control. La figura No. 1 explica los flujos y las relaciones de que se hablan en el párrafo.

Figura 2 Definición del volumen control, entradas y salidas



Los puntos principales son:

- 1) El volumen control debe ser definido con precisión, usualmente en términos de fronteras entre fases (gas/líquido, sólido/líquido y raras veces líquido/líquido).
- 2) El volumen control puede cambiar con el tiempo si F_i difiere de F_o .
- 3) El volumen debe ser homogéneo, es decir, la concentración de y debe ser igual a lo largo de todo el volumen.
- 4) La velocidad de generación, consumo, transferencia están dados en unidades del volumen, tal que, para encontrar el total generado, consumido o transferido la cantidad debe multiplicarse por el volumen total.

Inmediatamente puede escribirse el balance como:

$$\text{Velocidad de acumulación} = \text{velocidad de entrada} + \text{velocidad de salida}$$

Ecuación 5

$$\text{Velocidad de entrada} =$$

flujo bruto de entrada

+ generación dentro del volumen

+ transferencia hacia adentro del volumen

Ecuación 6

$$\text{Velocidad de salida} =$$

flujo bruto de salida

+ consumo dentro del volumen

+ transferencia hacia afuera del volumen

Ecuación 7

La velocidad de acumulación en el volumen es la cantidad en el volumen V a un tiempo t_2 , es decir $V_2 y_2$ menos la cantidad en el tiempo $V_1 y_1$ dividido entre el intervalo de tiempo $t_2 - t_1$

$$\text{ritmo de acumulación} = \frac{V_2 y_2 - V_1 y_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Ecuación 8}$$

Si el intervalo de tiempo se divide al punto de obtener intervalos infinitesimales de tamaño dt , y la cantidad de masa o volumen se dividen hasta el tamaño $d(Vy)$ tal que, el ritmo de acumulación es $d(Vy)/dt$. Entonces el balance de masa se reescribe así:

$$\frac{d(Vy)}{dt} = (F_i y_i + Vr_{gy} + VN_{iy}) - (F_{oy} + Vr_{cy} + VN_{oy}) \quad \text{Ecuación 9}$$

$$\frac{dV}{dt} = F_i - F_o$$

Adicionalmente al balance de masa, debe realizarse un balance de energía para lo cual se utilizan ecuaciones de transferencia de calor simplificadas por las siguientes suposiciones:

- 1) El volumen control debe ser definido con precisión, usualmente en términos de fronteras entre fases (gas/líquido, sólido/líquido y raras veces líquido/líquido).
- 2) El volumen debe ser térmicamente homogéneo, es decir, la temperatura T debe ser igual a lo largo de todo el volumen.
- 3) No existe transferencia del calor del sistema hacia el universo, es decir el sistema es adiabático.

Inmediatamente puede escribirse el balance como:

$$\text{Calor total} = \text{calor generado} - \text{calor consumido} \quad \text{Ecuación 10}$$

El calor total en un proceso de fermentación es el calor generado por el proceso mismo, ya que la fermentación es un proceso exotérmico. Si se considera el calor generado durante la reacción como ΔH se requiere un fluido que retire dicha cantidad de calor para mantener el fermentador a una temperatura óptima. Este líquido es por lo general agua fría y el balance de calor incluye los términos del calor específico del agua y del mosto Cp_i , el flujo másico de agua y mosto, m_i , y la diferencia de temperaturas de cada fluido ΔT . Por lo cual el balance de calor queda como:

$$\Delta H = m_{\text{Mosto}} Cp_{\text{Mosto}} \Delta T_{\text{Mosto}} - m_{\text{H}_2\text{O}} Cp_{\text{H}_2\text{O}} \Delta T_{\text{H}_2\text{O}} \quad \text{Ecuación 11}$$

2) Definición de ecuaciones y diseño del modelo. Definir las ecuaciones de flujo es parte importante en una investigación de fermentación, debido a que existen diversos tipos de fermentación, así mismo existen diversos tipos de ecuaciones de flujo, uno de los casos más comunes es la fermentación con levaduras, conocida también como de formación de productos.

La cinética de una fermentación para formación de producto no está comprendida a la perfección. Básicamente existen dos tipos de productos, aparte de las células mismas, estos son: 1) productos resultados de la generación de energía por la célula tales como dióxido de carbono, agua y productos simples de carbono como etanol y ácido láctico; y 2) productos que requieren energía para la síntesis tales como polisacáridos, antibióticos y exo-enzimas.

Para el primer tipo de producto, sobre el cual versa esta investigación, Luedeking y Piret demostraron experimentalmente que:

$$r_{ps} = \alpha r_x + \beta x_v \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde r_{ps} es la velocidad de generación, r_x es la velocidad de crecimiento de las células, x_v es la concentración de células viables, y α y β son parámetros definidos para cada tipo de fermentación. Para una fermentación anaeróbica α tiene un valor de 4.4 y β un valor de 0.035.

Una vez definidas las ecuaciones de flujo pueden derivarse modelos matemáticos para cada caso en particular, todos ellos provenientes de la ecuación de balance de masa (Ecuación No. 8) definida anteriormente. Los modelos particulares son derivados al modificar uno o varios términos de la ecuación de balance. La fermentación alcohólica típica puede definirse en un modelo matemático simple que sigue las siguientes ecuaciones de balance y flujo:

Ecuaciones de balance:

$$\text{Células viables} \quad \frac{dx_v}{dt} = r_x - r_d \quad \text{Ecuación 13}$$

$$\text{Células no viables} \quad \frac{dx_d}{dt} = r_d \quad \text{Ecuación 14}$$

$$\text{Productos anaeróbicos} \quad \frac{dP}{dt} = r_p \quad \text{Ecuación 15}$$

$$\text{Sustrato de carbono} \quad \frac{dS}{dt} = -r_s \quad \text{Ecuación 16}$$

Ecuaciones de flujo:

$$\begin{aligned} \text{Crecimiento celular} \quad r_x &= \mu x_v \\ \text{donde} \quad \mu &= \frac{\mu_m S}{k_s + S} \end{aligned} \quad \text{Ecuación 17}$$

$$\text{Muerte celular} \quad r_d = k_d x_v \quad \text{Ecuación 18}$$

$$\text{Formación de producto} \quad r_p = \alpha x_x + \beta x_v \quad \text{Ecuación 19}$$

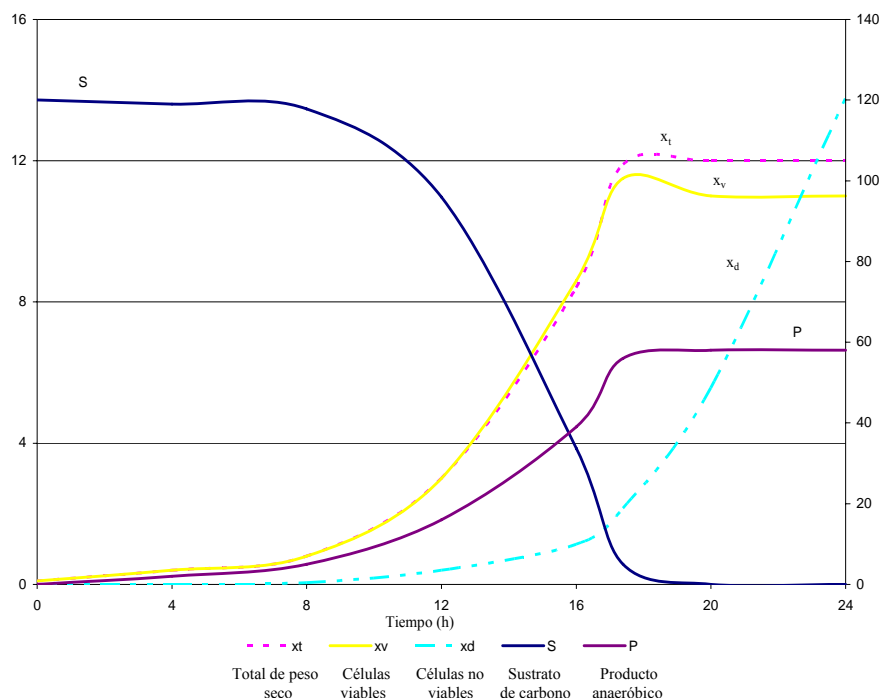
$$\text{Consumo del sustrato} \quad r_s = \frac{r_x}{Y'_{x/s}} + \frac{r_p}{Y'_{p/s}} \quad \text{Ecuación 20}$$

El peso total de células se define a través del peso seco y la ecuación:

$$x_t = x_v + x_d \quad \text{Ecuación 21}$$

La gráfica de las cinco variables se muestra a continuación. Esta gráfica se ha hecho asumiendo que el inóculo está 100 % viable, es decir, no hay células muertas. (McNeil, 1990)

Gráfica 1 Predicción de las constantes para un fermentador anaeróbico



d. Proceso por lotes y proceso continuo. La fermentación puede llevarse a cabo en un proceso continuo, o un proceso por lotes. Un proceso continuo es aquel proceso de producción en el que no se detiene la fabricación del producto, mientras que un proceso por lotes es un proceso de producción en el que se fabrica un producto o grupo de productos y luego la maquinaria se detiene, se opera en un ciclo.

Un proceso por lotes contiene una cantidad inicial y limitada de nutrientes o sustrato. El cultivo inoculado pasará por cuatro fases o etapas diferentes. Después de la inoculación existe un período en el que no hay ningún crecimiento, este período se conoce como fase de retraso y puede considerarse como una fase de adaptación. En un proceso comercial la fase de retraso puede ser reducida con la utilización de un inóculo adecuado. Seguidamente aparece un período durante el cual el ritmo de crecimiento incrementa gradualmente, las células crecen a un ritmo constante pero de máxima velocidad, este periodo se conoce como fase logarítmica o exponencial. Esta fase puede ser descrita por la ecuación número 18, o la ecuación número 19, su forma integral.

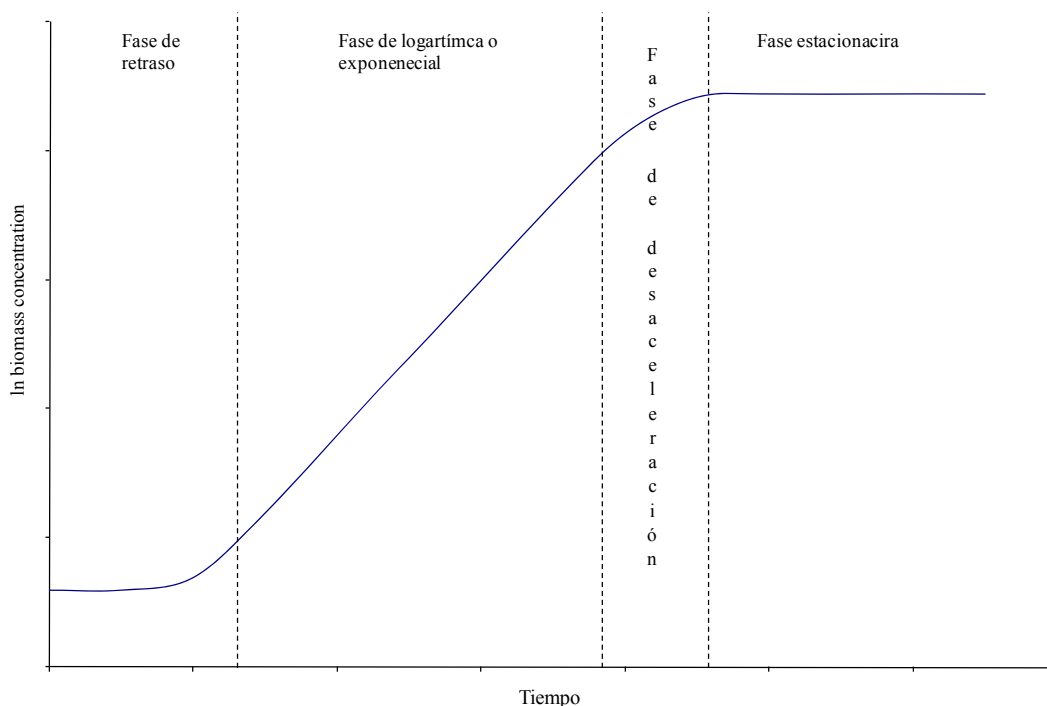
$$\frac{dx}{dt} = \mu x, \quad x_t = x_0 e^{\mu t} \quad \text{Ecuaciones 22 y 23}$$

Al tomar la forma logarítmica de la ecuación se obtiene una línea recta de pendiente μ , al graficarse en contra del tiempo. La ecuación toma la forma siguiente.

$$\ln x_t = \ln x_0 + \mu t \quad \text{Ecuación 24}$$

A pesar que la ecuación 20 predice un crecimiento ilimitado, el sustrato es consumido y los nutrientes empiezan a escasear, entonces aparece la fase de desaceleración, hasta que el crecimiento se detiene por completo llegando a la última fase, la fase estacionaria. Este comportamiento se ilustra en la gráfica siguiente.

Gráfica 2 Crecimiento típico de un cultivo microbiológico por lotes



El crecimiento exponencial en un cultivo por lotes puede ser prolongado por la adición de sustrato nuevo, si este nuevo sustrato desplaza una cantidad igual de cultivo, el proceso se convierte en un proceso continuo. Los procesos continuos no son comunes en la fermentación alcohólica, por lo que no son tratados en esta investigación. (McNeil, 1990)

e. Instrumentación y control. El éxito de una fermentación depende de la existencia de condiciones ambientales definidas y controladas para la producción de biomasa o del producto deseado. Así pues, la temperatura, pH, agitación, concentración de oxígeno y algunos otros factores deben ser controlados. Los criterios que son generalmente controlados se establecen en la siguiente tabla. (McNeil, 1990)

Tabla 10 Sensores del proceso y sus funciones de control

Categoría	Sensor	Función de control
Física	Temperatura	Calor – frío
	Presión	Presión
	Energía del eje del mezclado	rpm
	Espumadores	Nivel de espuma
	Peso	Cambio en el flujo
	Flujo	Cambio en el flujo
Química	pH	Adiciones alcalinas o ácidas
	Redox	Aditivos para cambiar el potencial de oxido-reducción
	Oxígeno	Cambio en el flujo de alimentación
	Análisis de gases emanados	Cambio en el flujo de alimentación
	Análisis del medio	Cambio en la composición del medio

Fuente: Stanbury, 2000

A continuación se describen algunas variables que deben controlarse en un proceso de fermentación.

- **Temperatura:** la temperatura es el parámetro más importante a controlar en un proceso de fermentación. Puede ser medido por termómetros de mercurio simples, termómetros bimetalicos, termocuplas, termistores o termómetros de resistencia de metal. El control de la temperatura puede realizarse utilizando reactores enchaquetados calentados o enfriados con vapor o agua, respectivamente. (Standbury, 1986)

- **Presión:** la presión es una medida crítica que debe llevarse a cabo en un proceso. La medición de la presión puede ser necesitada por diversas razones, la más importante es por seguridad. El equipo industrial y de laboratorio está diseñado para soportar cierta cantidad de presión, si ésta es superada se corre el riesgo de daños en el equipo e inclusive la explosión del mismo. La medición puede llevarse a cabo con diferentes equipos entre los que cabe mencionar tubos de Bourdon y sensores electrónicos, el control se realiza con válvulas de seguridad que permiten aliviar la presión del equipo. (McNeil, 1990)

- **Energía del motor de agitación:** puede medirse con diversos equipos, el más común, a gran escala, es un medidor de watts. La energía se controla con el fin de ahorrar energía durante el proceso y garantizar una agitación propia para la fermentación. Por esta razón se miden las revoluciones por minuto (rpm) que indican la velocidad de rotación de las aspas del agitador. (McNeil, 1990)

- **Espuma:** la formación de espuma puede ser una dificultad en muchos tipos de fermentación microbiana. Es común adicionar un antiespumante al fermentador cuando el cultivo empieza

a formar espuma por encima de un nivel predeterminado. Los métodos utilizados para la medición de espuma y adición de antiespumantes depende del proceso de fermentación y consideraciones económicas. (McNeil, 1990)

- **Control del pH:** en algunos procesos de fermentación el control del pH puede ser extremadamente difícil. En procesos por lotes, el pH no permanecerá constante por mucho tiempo, por lo cual el pH debe ser medido y controlado con el fin de obtener una producción óptima. La medición puede realizarse con un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia y su control se realiza con la adición de agentes estabilizantes. (McNeil, 1990)

- **Oxígeno disuelto:** el oxígeno es crucial en fermentaciones aeróbicas, y debe controlarse la cantidad disuelta en el medio para lograr una fermentación óptima. Por el contrario, en procesos anaeróbicos el oxígeno debe estar casi completamente, si no es que completamente, ausente del proceso. El oxígeno disuelto es medido con ayuda de electrodos especializados, mientras que el flujo de oxígeno es medido con un rotámetro simple o automático.

Los controles en un proceso pueden ser manuales o automáticos, dependiendo del tamaño del proceso, la capacidad de inversión y que tan crítica es la medición. Así pues deben considerarse tanto los aspectos de manufactura como los económicos del proceso antes de elegir un sistema de control. (McNeil, 1990)

f. Esterilización. Los métodos de esterilización pueden ser de tres tipos: 1) por destrucción total de microorganismos, 2) por muerte o inactivación, y 3) por eliminación con medios físicos. Por destrucción total se entiende un proceso muy violento, que casi siempre implica calentamiento apreciable del material, como ocurre con la aplicación de una llama. Otra manera de destruir contaminantes es con el uso de poderosos agentes oxidantes. Por supuesto esta metodología, aunque es efectiva, está muy restringida en su empleo.

La muerte o inactivación significa la eliminación de microorganismos sin que exista necesariamente desintegración de las células. Se puede efectuar por calentamiento, seco o húmedo, por radiaciones o por agentes químicos. El calor húmedo, generalmente en forma de vapor bajo presión, es muy útil y de gran valor en la esterilización en el laboratorio, que se efectúa en autoclave, o en la industria cuando se esterilizan los medios de cultivo y los equipos de fermentación. En el caso de las autoclaves, se pueden alcanzar presiones de 1 a 3 atmósferas. A gran escala, el equipo de producción es esterilizado con vapor saturado bajo presión, y la presión requerida debe ser alcanzada en todas las partes del equipo y el aire debe ser purgado totalmente del sistema (como ocurre también en el caso de las autoclaves) porque la transferencia de calor disminuye mucho en ese caso. Después de la esterilización se mantienen las condiciones asépticas, haciendo pasar vapor por las válvulas y sellos. La eliminación física está restringida a la esterilización de gases líquidos, y es fundamentalmente llevada a cabo por filtración mediante filtros absolutos o filtros fibrosos. Los filtros absolutos son de materiales cerámicos, de vidrio o de metal sinterizado con poros tan pequeños que la penetración de los microorganismos no es posible. Los filtros

fibrosos no son absolutos y el material filtrante puede ser lana de vidrio, amianto y ésteres de celulosa, siendo las fibras de un diámetro variable de 0.5 a 15 micrómetros.

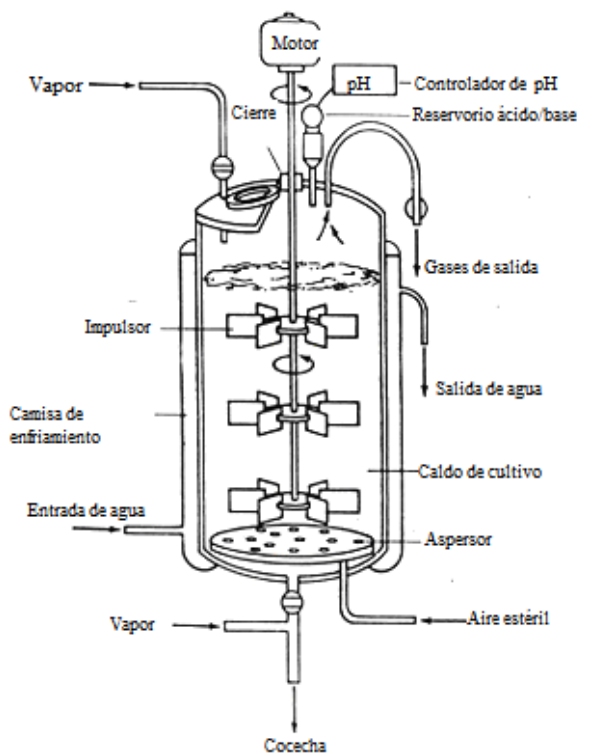
El medio nutritivo que se prepara inicialmente contiene una variedad de células vegetativas diferentes y de esporas que proceden de los constituyentes del medio, del agua y del recipiente. Estos microorganismos deben ser eliminados por un procedimiento adecuado antes de la inoculación. Existe un conjunto de procedimientos para la esterilización, pero en la práctica, para instalaciones a gran escala, el calor es el principal mecanismo utilizado.

La mayor parte de los medios de cultivo se esterilizan en la actualidad en volúmenes discontinuos en el bioreactor a 121 °C. Los tiempos de esterilización aproximados pueden ser calculados a partir de la naturaleza del medio y del tamaño del fermentador. No solamente debe ser esterilizado el medio nutritivo, sino también las uniones, válvulas y electrodos del propio fermentador. Por consiguiente, los tiempos de esterilización reales son significativamente más largos que los calculados y deben ser determinados empíricamente para las soluciones específicas de nutrientes presentes en el fermentador. Un método de esterilización es inyectar vapor en la camisa del fermentador o en los serpentines interiores (esterilización indirecta). Otro método es inyectar vapor en la propia solución de nutrientes (procedimiento directo), en cuyo caso un pre-requisito es tener vapor puro (libre de aditivos químicos). Muchos suministros de vapor industrial contienen productos químicos tóxicos derivados de aditivos anticorrosivos utilizados en el proceso de producción del vapor. Además, con la inyección directa de vapor el condensado se acumula dentro del fermentador y de esta forma el volumen del líquido aumenta durante el proceso de esterilización. (Estola, 2005)

g. Equipo para la fermentación. Un proceso de fermentación requiere de equipo directo utilizado en el proceso, y de equipo auxiliar, tal como equipo para lavado, despulpado, prensado, embotellado, filtrado, etc. descrito en las secciones correspondientes. El equipo utilizado directamente en el proceso y alguno de los equipos auxiliares con relación directa al proceso de fermentación se describen a continuación.

- **Fermentador:** un fermentador es un bioreactor diseñado para cada proceso en específico, son generalmente hechos de acero inoxidable. Pueden ser de diseño horizontal o vertical, dependiendo de las necesidades y las preferencias del proceso. El recipiente debe ser esterilizable, resistente a la corrosión y construido con materiales que no sean tóxicos tales como vidrio de espesor apropiado o acero inoxidable. Además, debe poseer una entrada y salida de aire o gases, una entrada del medio de cultivo y salida del producto obtenido, alimentación del inóculo, líneas de muestreo y sistemas de agitación mecánica, todo regulado con válvulas de control adecuadas al proceso, estas pueden ser tipo bola, de mariposa, de compuerta, etc. El tanque, por otra parte debe ser enchaquetado para poder así regular la temperatura del fermentador. Un fermentador vertical se ilustra a continuación. (McNeil, 1990)

Figura 3 Fermentador vertical



Fuente: McNeil, 1990

- **Caldera:** es un equipo auxiliar que se utiliza principalmente en la industria para la generación de vapor que sirve para el funcionamiento de equipos tales como marmitas, autoclaves, etc. El tipo de combustible a utilizar puede ser carbón, leña o derivados de petróleo. (McCabe, 2002)

- **Autoclave:** dado que las presiones que se emplean en el proceso de esterilización de frascos de vidrio son mayores que las utilizadas en cocciones a vapor, la autoclave debe tener la resistencia suficiente para lograr una operación segura con la presión extra de aire. La construcción y pruebas de la autoclave deben realizarse de conformidad con los códigos de seguridad locales y nacionales, y las regulaciones de las compañías aseguradoras. (McCabe, 2002)

h. Rendimiento de la fermentación. El grado de alcohol alcanzado en una fermentación depende directamente de la cantidad de azúcar inicial en el mosto. (González, 2007)

6. Añejamiento. El añejamiento es la etapa de «maduración» del vino. Esta etapa consiste en dejar reposar el vino dentro del reactor para que se acentúe su sabor. Si se hace en barriles de madera, el vino adquiere sabor a vainilla, especias y algunas veces a humo, dependiendo de la madera de la que este hecho el barril. No todos los vinos se añejan, esto depende del tipo de vino y la calidad que se desea obtener. (OVI, 2006)

7. Refinamiento. El refinamiento es un proceso en el cual se perfecciona el vino. Dependiendo del proceso de fermentación, algunos vinos contienen proteínas, polisacáridos o residuos de

microorganismos que deben ser removidos. Para tal efecto se utilizan compuestos como clara de huevo, gelatina y caseína, que romperán las cadenas de polisacáridos para ser removidos posteriormente. (Perú, 1993)

8. Filtración

a. El proceso de filtración. La filtración tiene el objetivo de clarificar y estabilizar el vino. Algunos filtros utilizados para tal efecto son: la tierra de diatomeas, tela de manta, y equipos de filtración.

b. Equipo de filtración. Los filtros clarificadores retiran pequeñas cantidades de sólidos o gotitas de líquidos a partir de líquidos o gases. Las partículas son atrapadas en el interior del medio filtrante o en sus superficies. La clarificación difiere del tamiz en que los poros del medio filtrante son mayores que las partículas a ser retiradas. Las partículas son captadas por las fuerzas superficiales, e inmovilizadas en la superficie o dentro de los canales de flujo, donde reducen el diámetro efectivo de los canales, pero normalmente no llegan a bloquearlos por completo.

Los filtros clarificadores para líquidos son especialmente importantes en materiales «pulidos», tales como bebidas, productos farmacéuticos, combustible de petróleo, lubricantes y disoluciones de electrodeposición y son esenciales en la limpieza de la alimentación en los procesos de hilado de fibras y extrusión de película. Incluyen filtros de lecho por gravedad para el tratamiento de agua, varios discos y placas de prensa y clarificadores de cartucho. La alimentación a tales unidades contiene no más de 0.10 % de sólidos, algunos filtros de torta, en especial los filtros de tanque y filtros de recubrimiento previo continuos son utilizados para la clarificación.

Los filtros de membrana se utilizan con flujo transversal y se aplica a las suspensiones concentradas de partículas finas o material coloidal o para disoluciones fraccionadas de macromoléculas. La membrana ideal para la filtración con flujo transversal debe tener una porosidad alta y una distribución estrecha de tamaño del poro; con poros más grandes se retienen las partículas o moléculas ligeramente más pequeñas. Es preferible una membrana asimétrica, con una superficie delgada selectiva soportada sobre una capa de mayor espesor con poros grandes para disminuir la resistencia hidráulica. Para aplicaciones industriales, se obtienen áreas grandes utilizando módulos con muchas membranas de fibra hueca o tubulares o mediante el empleo de láminas grandes en un filtro prensa o una unidad de espiral abierta. Las membranas tubulares son de 5 a 25 mm de diámetro interior y de más de 3 m de longitud; se utilizan velocidades de 1 a 5 m/s para obtener un flujo turbulento y buena transferencia de masa. (McCabe, 2002)

9. Embotellado. Antes de ser embotellado se lleva a un tanque contenedor cerca del área de llenado y se trata con bisulfito (SO_2). La línea de embotellado debe estar en un área cerrada y limpia. Las botellas se deben lavar muy bien con agua y jabón y esterilizarse haciendo un enjuague con agua hirviendo

antes de ser utilizadas. Se llenan y se tapan con un tapón de corcho o cualquier otro tipo de tapa, se deja un espacio de cabeza mínimo (distancia entre el producto y la tapa). (Perú, 1993)

G. Caracterización del vino

El empleo de uno u otro método en el análisis de mostos y vinos se ve influido por múltiples circunstancias, hay que tener en cuenta el interés general de obtener resultados exactos con el menor gasto posible de material y tiempo. De esta manera, frente a los métodos oficiales, la mayoría de las veces, se adoptan métodos «simplificados» o rápidos de los protocolos «oficiales», que pueden ser realizados de una manera rápida con el fin de determinar la calidad de un determinado mosto o vino con el fin de elaborar convenientemente los vinos. (Tema, 2005)

En la extracción de muestras de mosto y de vino para el análisis químico hay que proceder con cuidado. Cada muestra debe corresponder a las características promediadas del producto a analizar. De aquí que el contenido de los recipientes de vino deban revolverse bien antes de extraer las muestras. Éstas se extraerán del centro del recipiente con un catavino de cristal o con una manguera limpia de goma. Si la muestra a analizar se obtiene de un grifo, primero hay que dejar que corra el vino por un tiempo para asegurarse de obtener una muestra homogénea. Por lo general, para efectuar todos los análisis convenientes de vino, basta con el contenido de una botella (75 cL de vino).

1. Análisis de mostos. En los jugos de frutas sin fermentar los análisis más comunes se refieren a la determinación de densidad, azúcares reductores y ácidos titulables, puesto que el resultado de estos tres análisis es suficiente para calificar cualitativamente el mosto.

a. Determinación de la densidad. La densidad del mosto, como magnitud expresiva de la cantidad de azúcares reductores de un jugo de fruta, puede determinarse de manera sencilla y con suficiente exactitud siguiendo diversos protocolos, siendo el más común el que utiliza un pesamostos de cristal, que en realidad se trata de un densímetro adaptado. Buscando mucha mayor exactitud, en el laboratorio se utiliza la balanza hidrostática que, sin embargo, requiere disponer de material más técnico (balanza de precisión).

El pesamostos de Oechsle tiene una escala que indica las dos últimas cifras de la lectura de densidad, de tal manera que si se lee en el pesamostos 85, significa que la densidad del mosto es 1,085 g/L. Estos pesamostos están ajustados para una temperatura de 20 °C. El pesamostos de Klosterneuburg expresa una escala de la tasa de extracto en porcentaje de azúcar, comprendido entre valores que van desde 8.0 hasta 30.0 % de azúcar.

b. Determinación de azúcares reductores. El refractómetro es un sencillo instrumento que se usa para determinar el contenido en azúcar midiendo el índice de refracción del mosto. De esta manera se establecen los grados Brix o grados Baumé, porcentaje de sólidos solubles, etc., que posee el mosto. La

temperatura de medida estándar es de 20 °C. El funcionamiento del refractómetro se basa en las variaciones que experimenta la refracción de un líquido al modificarse su contenido de sustancias disueltas. Este procedimiento no es aplicable a las muestras de vino, puesto que el contenido daría una medida errónea del índice de refracción de la muestra.

Los diferentes procedimientos para determinar la cantidad de azúcares reductores en vino se basan en la propiedad de la glucosa y fructosa de reducir una solución de sulfato de cobre en medio alcalino, generando óxido de cobre rojo a partir del sulfato de cobre. (González, 2006)

c. Determinación de la acidez. El procedimiento más sencillo para determinar la acidez total o acidez valorable de un mosto consiste en la valoración de un volumen exacto del mismo con una disolución normalizada de hidróxido de sodio en presencia de fenolftaleína hasta el viraje del indicador. Los resultados se expresan normalmente en g de ácido/L de vino.

2. Análisis de vinos

a. Determinación de la densidad. Para tal efecto se utilizan los mismos métodos que para mostos (apartado anterior). Debido a la producción de alcohol y desaparición de azúcares reductores, la densidad de los vinos es sensiblemente inferior a la de los mostos.

b. Determinación del alcohol. La proporción de alcohol que contiene un vino, se expresa en grados alcohólicos según el principio de Gay-Lussac. El alcohol puro tiene un título igual a 100 grados y el grado alcohólico es igual al número de litros de alcohol etílico que contiene : 100 litros de vino, siendo los dos volúmenes medidos a la temperatura de 15 °C ; por lo tanto, 1 grado alcohólico corresponderá a 1 ml de alcohol puro contenido por cada 100 ml de vino.

Los resultados analíticos de los principales constituyentes del vino se expresan siempre en gramos por litro. A pesar que el grado alcohólico es una proporción o porcentaje en volumen, es posible expresarlo también en gramos por litro, multiplicando por 10 y por la densidad relativa del alcohol que es 0.79433 a 15 °C. En la práctica se toma el coeficiente 8.

El contenido en alcohol de los vinos naturales, cuando el contenido en azúcares del mosto lo permite, puede llegar hasta 16° o un poco más, ya que la levadura tiene un límite de resistencia al alcohol. El alcohol etílico es un cuerpo que se evapora y condensa con facilidad, propiedad que se aprovecha para separarlo de los otros elementos del vino por ebullición y condensación.

Los métodos oficiales de determinación del alcohol, en uso en todos los países vinícolas, están basados en la diferencia de la densidad del agua y del alcohol que es bastante grande. La densidad relativa del alcohol puro a una temperatura de 15 °C es de 0.79433, por lo tanto, a medida que el grado alcohólico se eleva en una solución, el peso específico de ella disminuye.

La densidad de las soluciones hidroalcohólicas se determinan por medio de la picnometría (oficial en Alemania), procedimiento ponderal que es el más riguroso, también se puede determinar con la balanza hidrostática de Mohr y Wesphal y, sobre todo, por aerometría, empleando un alcoholómetro centesimal de Gay-Lussac controlado (método oficial en Chile).

Pero para que la densidad obtenida con estos métodos tenga un valor que indique el grado alcohólico, es necesario trabajar sobre un líquido que esté privado, en la forma más completa posible, de elementos extraños. Para lo que se somete el vino a una destilación, en las condiciones convenientes y es la densidad del destilado la que se determinará con precisión.

El aparato de destilación más simple está constituido por un matraz de vidrio de 500 ml que sirve de caldera, ligado a un largo condensador de vidrio en forma de serpentín, por un tubo de vidrio con tapones de goma o mejor aún por tubos de vidrio con las puntas esmeriladas. Se miden 200 ml de vino en un matraz aforado, que ha sido previamente ambientado y se procede a tomar la temperatura a la cual fue aforado. En un matraz de 500 ml se introducen los 200 ml de vino y se enjuaga 2 ó 3 veces el matraz de 200 ml con agua destilada, utilizando para esto un volumen total de alrededor de 50 ml de agua, que se introducen también en el matraz de 500 ml. Se procede a neutralizar el vino con KOH o NaOH concentrado hasta ambiente alcalino, lo que se determina por el cambio de color que sufre el vino o por medio del papel tornasol.

Es indispensable neutralizar el vino antes de la destilación, para evitar el paso de los ácidos volátiles al destilado: ácido carbónico, ácido acético y anhídrido sulfuroso. La presencia de estos ácidos en el destilado produce un aumento de la densidad, lo que se traduce en una disminución del grado alcohólico. En la destilación se estima que se recoge todo el anhídrido sulfuroso que contiene el vino, la mitad del ácido acético y una parte de gas carbónico que se redisuelve en el destilado en el momento de la condensación. También se puede neutralizar el vino con 7 a 8 ml de lechada de cal al 10 %, esta dosis es superior en un 30 % a 50 % a la dosis estrictamente necesaria para obtener la neutralización, este exceso no produce problemas aunque se destile el amoníaco, ya que el vino tiene muy rara vez más de 20 mg de amoníaco por litro y la destilación de esta cantidad produciría un error de 1/100 de grado, por otra parte, la cal no alcaliniza lo suficiente como para producir la descomposición de las materias nitrogenadas del vino.

Para evitar que se formen burbujas demasiado grandes durante la ebullición, en los vinos ricos en anhídrido carbónico y sustancias mucilaginosas (en general vinos nuevos), se agrega un poco de tanino, piedra pómez o también algunas piedras pequeñas muy limpias. Se conecta el matraz de 500 ml al refrigerador, teniendo el cuidado de ajustar bien los tapones de goma. En el extremo del refrigerante, se coloca el mismo matraz de 200 ml en que se midió el vino, luego se da paso al agua del refrigerante y se procede a calentar el matraz de 500 ml. Se destila, teniendo cuidado que no pasen burbujas de vino desde el matraz de 500 ml al refrigerante, hasta completar por lo menos 150 ml de destilado y se procede a aforar el matraz a 200 ml, y llevando a la misma temperatura a la que se aforó el vino, para esto se enfría el

matraz en agua con hielo hasta la temperatura deseada. De esta manera se obtiene la solución hidroalcohólica en la que se puede determinar su graduación por diversos métodos.

Los aparatos metálicos, llamados alambiques, no deben ser utilizados ya que no permiten vigilar la destilación y pueden tener fisuras o picaduras que la mayoría de las veces son invisibles. Los aparatos de miniatura, que trabajan con pequeños volúmenes de vino, dan resultados con escaso valor por lo que no deben emplearse.

La concentración del etanol o alcohol etílico del vino también se puede determinar mediante el ebulómetro que se basa en el punto de ebullición del vino, ya que éste es función del porcentaje de etanol presente. El método ebulométrico de determinación del alcohol, está basado sobre la temperatura de ebullición del líquido. El agua hierve por definición, a 100 °C a una presión de 760 mm de mercurio, el alcohol absoluto, en la mismas condiciones, tiene su punto de ebullición a 78 °C. Una mezcla de agua y de alcohol, cuya composición se mantiene constante por un refrigerante a reflujo, tiene a la misma presión, un punto de ebullición que se encuentra entre estas dos temperaturas. Entre más rica en alcohol sea la mezcla, más bajo será su punto de ebullición. (Ledesma, 1999)

c. Determinación del extracto seco. Para calificar y categorizar un vino hay que determinar también su extracto seco (también llamado extracto total), es decir, la cantidad de sustancias no volátiles que contiene. Este extracto puede ser determinado por pesada con placa de porcelana de una cantidad adecuada de vino evaporado. Restando el valor en gramos correspondiente al azúcar todavía fermentable, del total de extracto seco se obtiene el extracto exento de azúcar.

d. Determinación de la acidez. Llevada a cabo mediante el uso del mismo método que para mostos.

e. Determinación del pH. Esta determinación tiene dos finalidades: 1) la determinación directa del pH en el vino, 2) la determinación del punto neutro ($\text{pH} = 7$) en la titulación del contenido en ácidos del vino. En ambos casos se utiliza un potenciómetro previamente calibrado con soluciones tampón.

f. Determinación de la acidez volátil. El concepto ácidos volátiles o acidez volátil se refiere a la determinación de sustancias destilables de carácter ácido. La separación se realiza con ayuda de la destilación con arrastre de vapor, y la determinación posterior en el recipiente con solución normalizada de hidróxido de sodio. No se considera aquí el ácido sulfuroso, destilable a su vez, que ha de tomarse en consideración de forma adecuada. La determinación de acidez volátil se expresa en g de ácido acético/ L de vino, puesto que el ácido acético constituye la principal fracción de los ácidos volátiles.

g. Determinación de azúcares reductores. Para la cual se utilizan los mismos protocolos que en la determinación de azúcares reductores en mostos por procedimiento químico.

h. Determinación de cenizas. La determinación del contenido de sales minerales de un vino sirve para conocer una posible adulteración del vino, puesto que éstas fluctúan entre 2 - 3 g/L,

viniendo a representar alrededor de un décimo del extracto exento de azúcar. La cuantificación de la tasa de cenizas es llevada a cabo en cápsulas de porcelana o platino, previamente taradas, en las que son añadidos 25 mL de vino; acto seguido se procede a la combustión de la materia orgánica por medio de un horno-mufla hasta peso constante a 550 °C.

i. Caracterización sensorial. En adición a los análisis químicos, se realiza una caracterización sensorial que consiste en una descripción cualitativa de las características del vino, tales como sabor, aroma, color, claridad, etc. La escala para la caracterización de la apariencia general del vino de melón sigue los siguientes parámetros: color, 5 representa un vino de color rico y lustroso mientras que 1 representa un vino de color suave; sabor, 5 representa un vino dulce y suave mientras que 1, un vino seco y fuerte; olor, 5 denota un olor fuerte y dulce, 1 representa un olor leve o imperceptible y claridad, 5 denota ausencia total de impurezas, un vino claro, 1 presencia de impurezas, vino turbio.

III. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es uno de los mayores exportadores de melón en Centro América, sin embargo, no todo el melón que se siembra con este propósito se exporta por no cumplir con las especificaciones internacionales en cuanto a tamaño y/o apariencia, no logra exportarse y se denomina melón de desecho. Este melón de desecho es vendido a mercados locales y comerciantes minoristas a un precio tan bajo que representa una pérdida para la empresa productora.

El melón es una fruta con un contenido de agua de alrededor de 80 % y un contenido de sacarosa de aproximadamente 20 % y esto hace del melón un buen candidato para lograr una fermentación. Al fermentar el melón de desecho es posible encontrar una aplicación comercial para contribuir con la diversificación de la empresa, disminuir las pérdidas por producto rechazado y entrar en un nicho de mercado actualmente no explotado.

Al desarrollar un producto comercial de etanol a partir del melón de desecho no solamente se logrará un crecimiento económico de la empresa, sino que también se crearán fuentes de trabajo al proponer un proceso de producción nuevo y se investigará una aplicación no tradicional para el melón.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

1. Sugerir un método para la utilización del melón tipo «C» a través de la obtención de una bebida tipo vino.
2. Proponer el diseño del proceso de fermentación para la obtención de una bebida tipo vino a partir del melón tipo «C».

B. Específicos

1. Caracterizar el melón tipo «C» según sus propiedades físicas: apariencia, tamaño y color; y sus propiedades químicas: cantidad de agua, contenido de azúcar, cantidad de sólidos solubles y acidez total.
2. Obtener una bebida tipo vino de melón a través de la fermentación con levadura.
3. Realizar un análisis químico y sensorial de la bebida tipo vino de melón.
4. Diseñar el proceso de fermentación y obtención de la bebida tipo vino de melón a nivel industrial.
5. Presentar una estimación del costo que tendrá la bebida tipo vino de melón.

V. PROBLEMA A RESOLVER

El melón tipo «C» es considerado no apto para la exportación a Estados Unidos ya que no cumple con los estándares de calidad establecidos por el *APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service)*, el servicio de inspección de sanidad de animales y plantas. Según las regulaciones de exportación el fruto de melón debe ser firme, con forma casi esférica, apariencia de piel uniforme libre de pudrición, decoloración, plagas o enfermedades, sin adherencias de tallo, quemaduras o defectos de superficie. El fruto que no cumple con estos estándares no puede ser exportado y permanece en el país para ser vendido en el mercado local, el precio de venta es más bajo que el costo de producirlo ya que el mercado se encuentra bien surtido por productores locales y melón tipo «C» de exportadores. Con el proyecto se pretende convertir la pérdida económica que resulta de vender el melón tipo «C» a menor precio que el costo de producción en ganancia al obtener una bebida tipo vino comercial de melón.

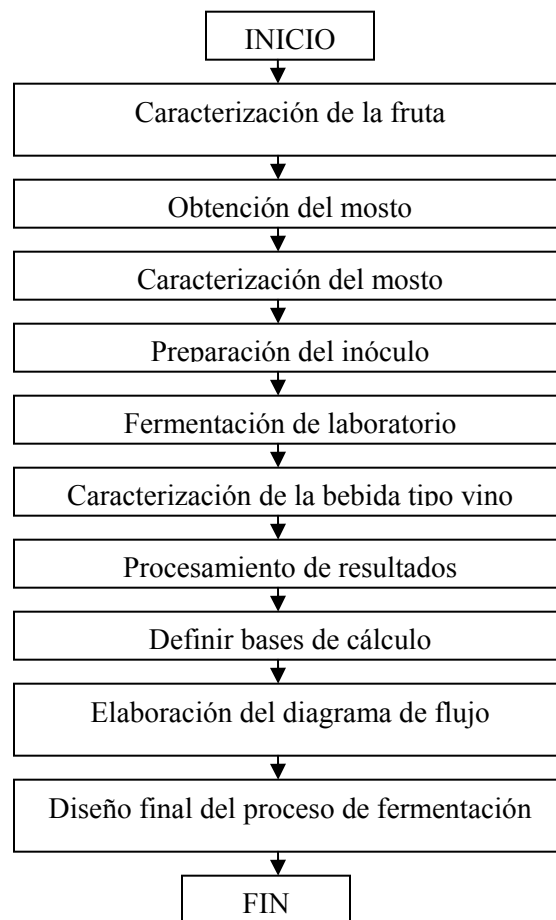
VI. METODOLOGÍA

Con el propósito de cumplir los objetivos establecidos, se llevó a cabo una prueba de fermentación con el fruto de melón y levaduras del género *Sacharomises cerevisiae*.

El diagrama general de bloques presenta las etapas a seguir para la parte experimental y de diseño, a continuación se describen dichas etapas. Se determinó que 12 muestras serían suficientes para el estudio a partir de los datos de la primera corrida, estos datos se presentan en el anexo E.

A. Diagrama de bloques del proceso experimental

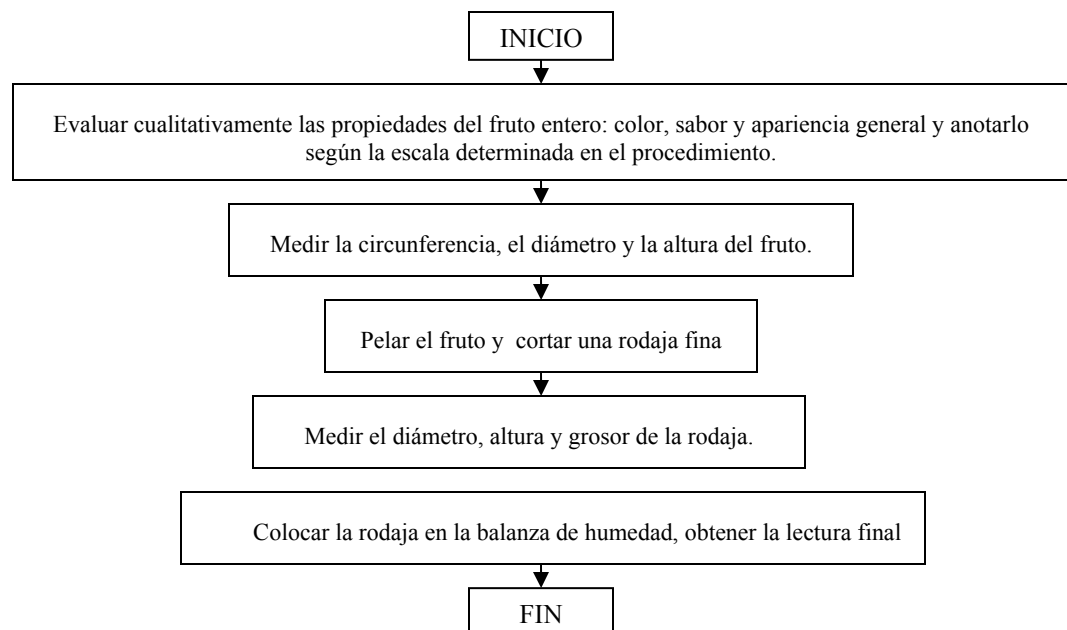
Figura 4 Diagrama de bloques del proceso experimental



B. Caracterización del fruto

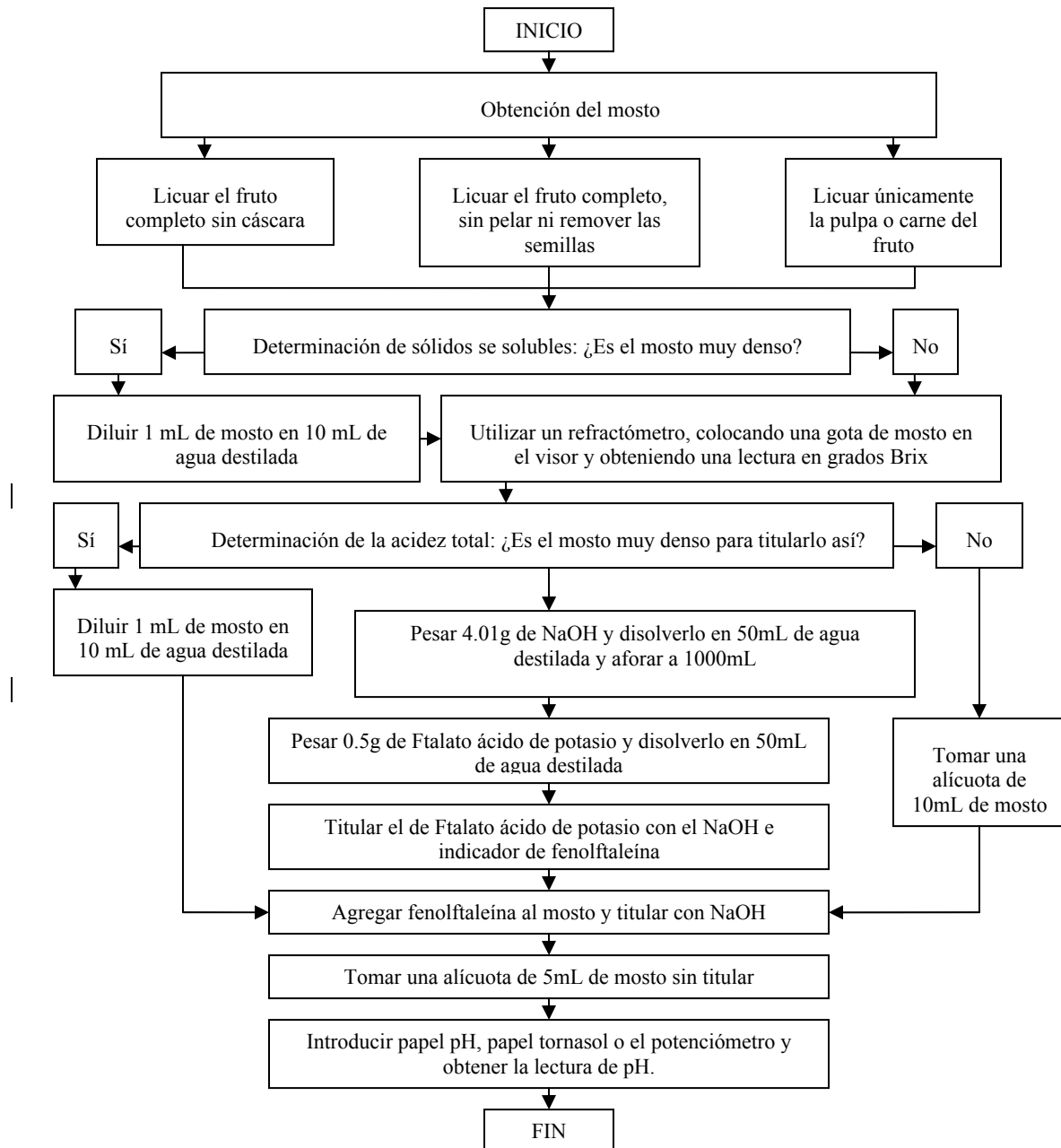
En esta etapa se realizó la caracterización primaria del fruto que consistió en una evaluación cualitativa de las propiedades del fruto entero: color, sabor y apariencia general; y una evaluación cuantitativa del tamaño, volumen, contenido de agua del fruto, contenido de azúcar y peso.

Figura 5 Diagrama de bloques para la caracterización de la fruta



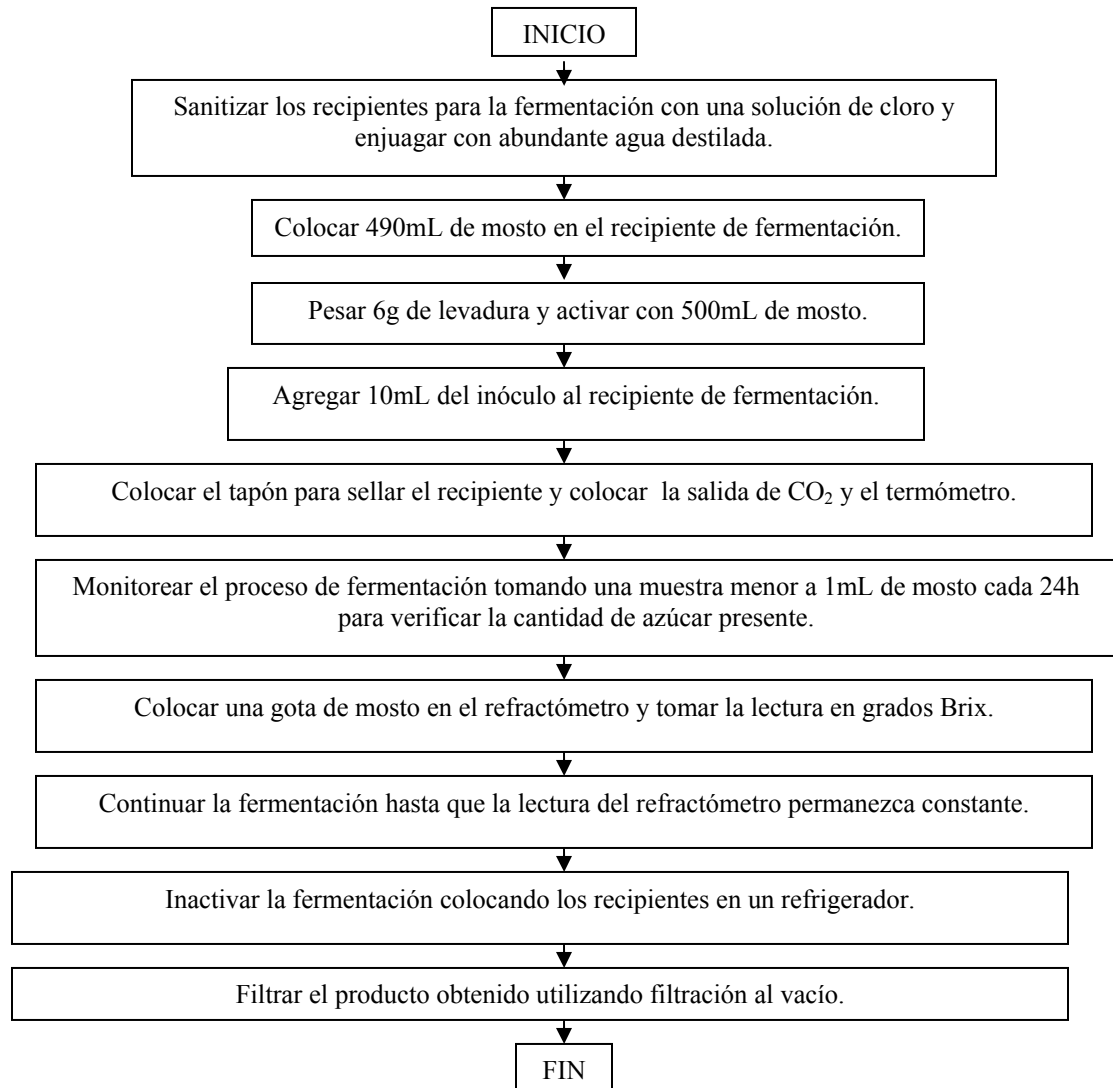
C. Obtención y caracterización del mosto

Figura 6 Diagrama de bloques de la obtención y caracterización del mosto



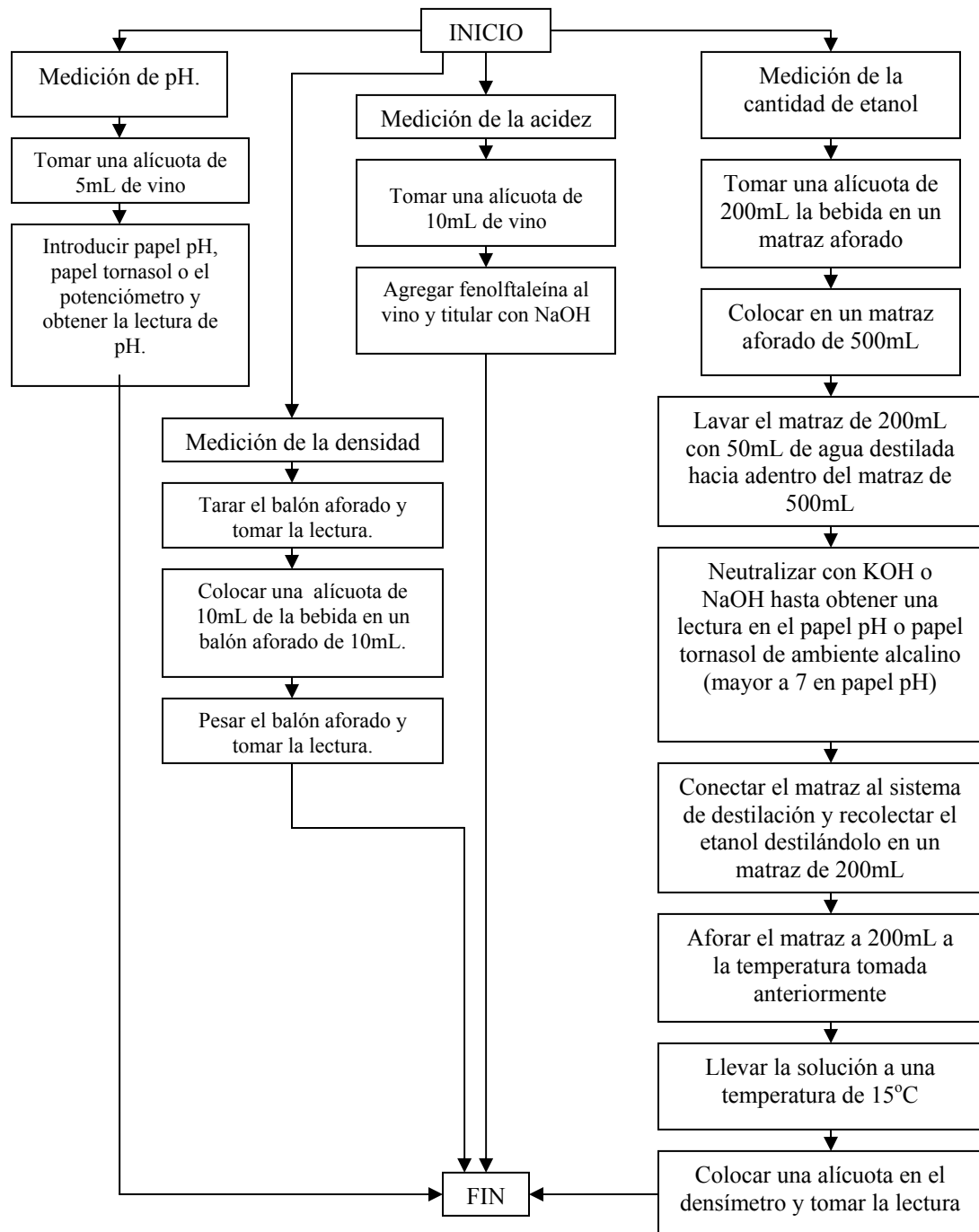
D. Fermentación en el laboratorio

Figura 7 Diagrama de bloques del proceso de fermentación



E. Caracterización de la bebida tipo vino

Figura 8 Diagrama de bloques de la caracterización de la bebida tipo vino



F. Diseño del proceso de fermentación

Una vez obtenidos los resultados se procedió al diseño del proceso utilizando dichos resultados como base para el escalamiento del fermentador y según las bases de cálculo que se definieron para el proceso (*Ver Anexo B*). La caracterización de la bebida tipo vino permitió escoger el mosto a utilizar lo que sirvió para determinar el equipo necesario, balances de masa y calor, pasos del proceso y tiempos de fermentación.

VII. RESULTADOS

A. El fruto de melón

Después de caracterizar una muestra de 28 melones, lo que es una muestra estadísticamente significativa (véase Anexo D), se obtuvieron los resultados siguientes.

Tabla 11 Caracterización cualitativa del melón

Característica	Valor promedio*	Descripción
Color del fruto	4.0 ± 0.6	Anaranjado intenso
Sabor**	2.5 ± 0.5	Frutos con un sabor dulce
Madurez	3.7 ± 0.6	Frutos muy maduros
Nitidez de la piel	3.3 ± 0.8	Frutos con piel manchada y abollados
Presencia de tallo	4.7 ± 0.4	Ausencia absoluta del tallo
Venas en la piel	4.6 ± 0.5	Venas fuertes y rugosas
Color de la piel	4.5 ± 0.5	Piel amarilla grisácea
* Escala: Ponderación menor 1 (muy mala calidad) - Ponderación mayor 5 (excelente calidad)		
** Escala: Ponderación menor 1 (sin mucho sabor) – Ponderación mayor 3 (sabor muy dulce)		

Tabla 12 Caracterización cuantitativa del melón

Característica	Valor promedio
Perímetro (cm)	48.2 ± 0.5
Altura (cm)	17.8 ± 0.5
Diámetro (cm)	15.3 ± 3.7
Volumen (cm ³)	1908 ± 189
Peso (Kg)	2.7 ± 0.5
Contenido de humedad (%)	63.4 ± 0.5
Contenido de agua (L)	1.9 ± 0.5
Contenido de azúcar (°Brix)	8.7 ± 0.8
Contenido de azúcar (g/L)	66.0 ± 8.5

Tabla 13 Caracterización cuantitativa del mosto de melón

Característica	Valor promedio					
	Mosto del fruto completo sin filtrar	Mosto del fruto pelado sin filtrar	Mosto del fruto limpio sin filtrar	Mosto del fruto completo filtrado	Mosto del fruto pelado filtrado	Mosto del fruto limpio filtrado
Acidez total (meq/L)	4.90 + 0.06	4.68 + 0.16	4.77 + 0.06	4.00 + 0.13	3.55 + 0.19	2.77 + 0.19
Sólidos solubles (°Brix)	18.05 + 0.05	17.30 + 0.16	19.20 + 0.06	16.40 + 0.13	17.30 + 0.19	17.75 + 0.19
Cantidad de azúcar (°Brix)	18.05 ± 0.05	17.30 ± 0.19	19.20 ± 0.19	16.40 ± 0.19	17.30 ± 0.19	17.75 ± 0.19
Cantidad de azúcar (g/L)	171.35 + 0.05	162.93 + 0.19	184.26 + 0.19	152.83 + 0.19	162.93 + 0.19	167.98 + 0.19
pH	3.5 ± 0.9	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.2

B. La bebida tipo vino de melón

Después de la primera corrida de laboratorio y la determinación de la cantidad de muestras necesarias (*Ver Anexo E*), se realizaron 12 fermentaciones utilizando diferentes parámetros para determinar qué fermentación resultaría en el mejor vino, los resultados se presenta a continuación. La caracterización cualitativa del vino se llevó a cabo ponderando los cuatro parámetros establecidos en la metodología: color, sabor, olor y claridad. (*Para conocer la ponderación de parámetros ver Anexo A*).

Tabla 14 Caracterización cualitativa de la bebida vino de melón, calificación ponderada

Muestra	Descripción	Calificación ponderada de la bebida tipo vino*
1	Mosto 1/A	1
2	Mosto 1/B	2
3	Mosto 2/A	2
4	Mosto 2/B	3
5	Mosto 3/A	2
6	Mosto 3/B	3
7	Mosto 4/A	2
8	Mosto 4/B	2
9	Mosto 5/A	3
10	Mosto 5/B	3
11	Mosto 6/A	3
12	Mosto 6/B	3

* Escala: Ponderación menor 1 (muy mala calidad)
Ponderación mayor 5 (excelente calidad)

Tabla 15 Calificación promedio de la bebida tipo vino de melón

Muestra	Descripción	Calificación promedio*
1, 2	Mosto 1 (Fruto completo sin filtrar)	1.45
3, 4	Mosto 2 (Fruto pelado sin filtrar)	2.80
5, 6	Mosto 3 (Fruto limpio sin filtrar)	2.45
7, 8	Mosto 4 (Fruto completo filtrado)	1.95
9, 10	Mosto 5 (Fruto pelado filtrado)	3.20
11, 12	Mosto 6 (Fruto limpio filtrado)	3.20

* Escala: Ponderación menor 1 (muy mala calidad)
Ponderación mayor 5 (excelente calidad)

Tabla 16 Caracterización cuantitativa de la bebida tipo vino de melón

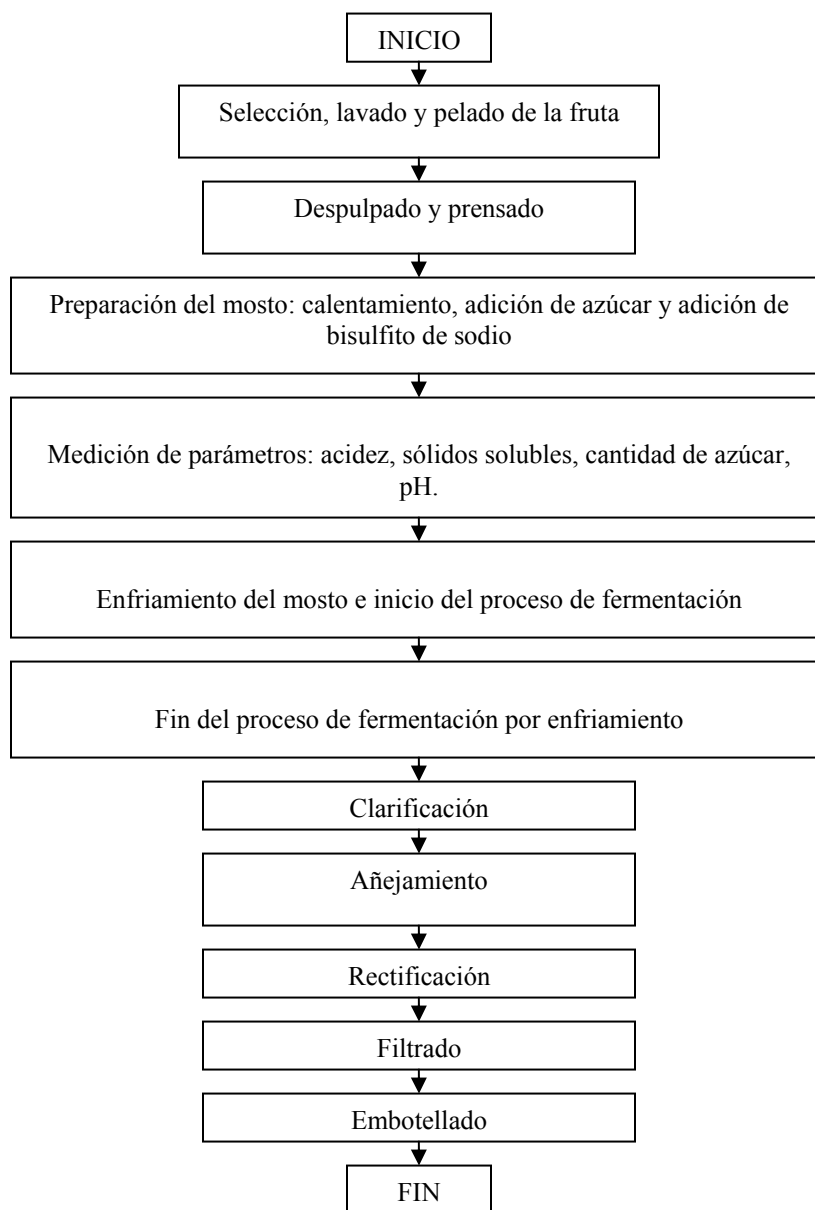
Característica	Valor promedio								
	Mosto 2 (Fruto pelado sin filtrar)			Mosto 5 (Fruto pelado filtrado)			Mosto 6 (Fruto limpio filtrado)		
Contenido de alcohol (% v/v)	9.7	±	0.1	9.5	±	0.2	9.5	±	0.1
Acidez total (meq/L)	5.87	±	0.1	4.58	±	0.3	4.68	±	0.3
Sólidos solubles (°Brix)	8.9	±	0.0	8.7	±	0.1	8.7	±	0.0
Cantidad de azúcar (°Brix)	8.9	±	0.0	8.7	±	0.1	8.7	±	0.0
Cantidad de azúcar (g/L)	68.87	±	0.5	66.80	±	1.4	66.80	±	0.2
pH	4.0	±	0.3	4.0	±	0.1	3.8	±	0.5
Turbidez (NTU)	4.1	±	0.1	4.0	±	0.1	4.5	±	0.1

C. El proceso de fermentación

Con base en los resultados obtenidos de las pruebas de fermentación, se diseña el proceso para obtención de la bebida tipo vino de melón, tomando como base la bebida tipo vino obtenido del mosto 2 (fruto pelado con semillas, sin filtrar) por ser éste el de mejores características.

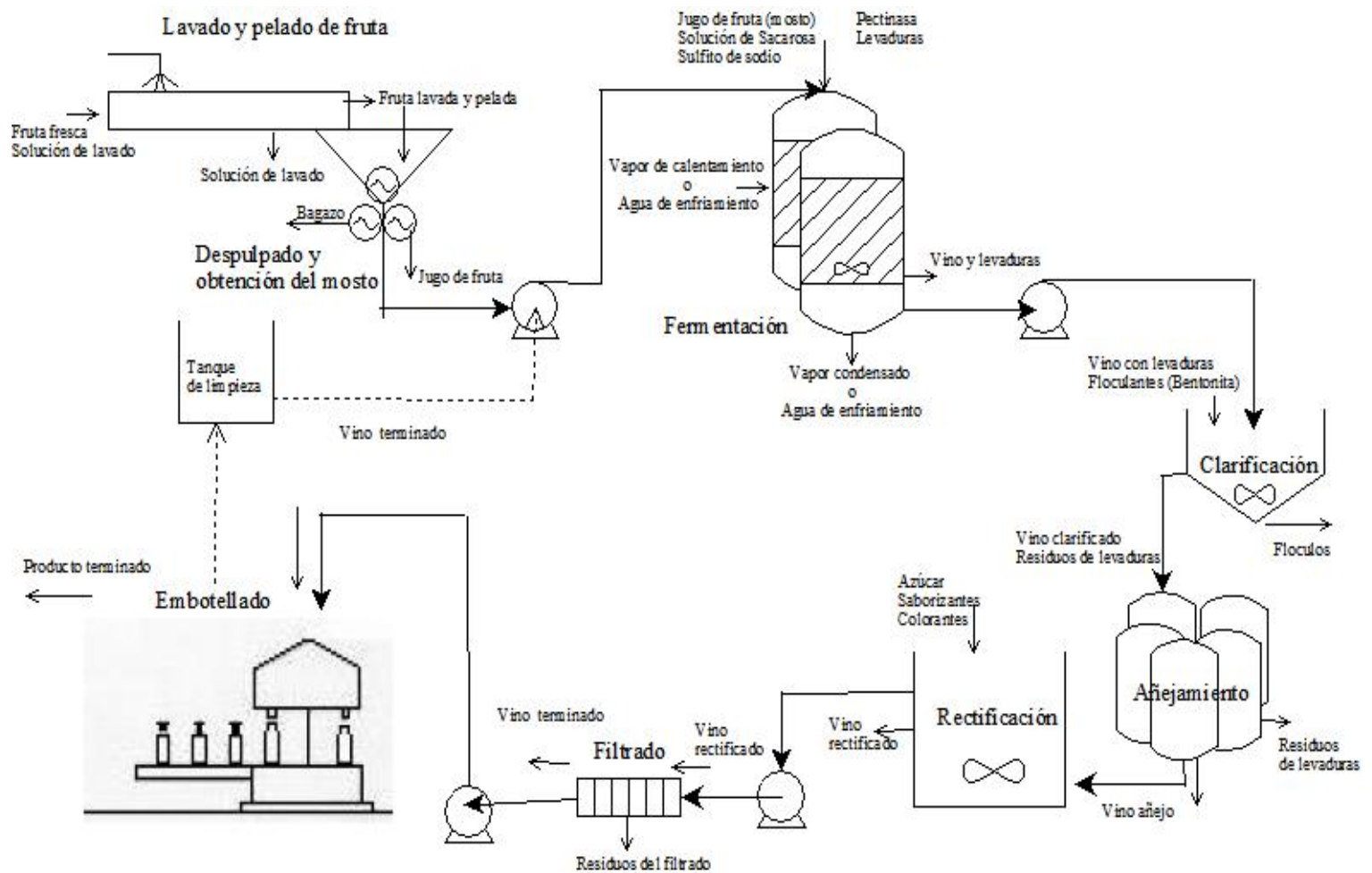
1. Diagrama de bloques del proceso

Figura 9 Diagrama de bloques del proceso



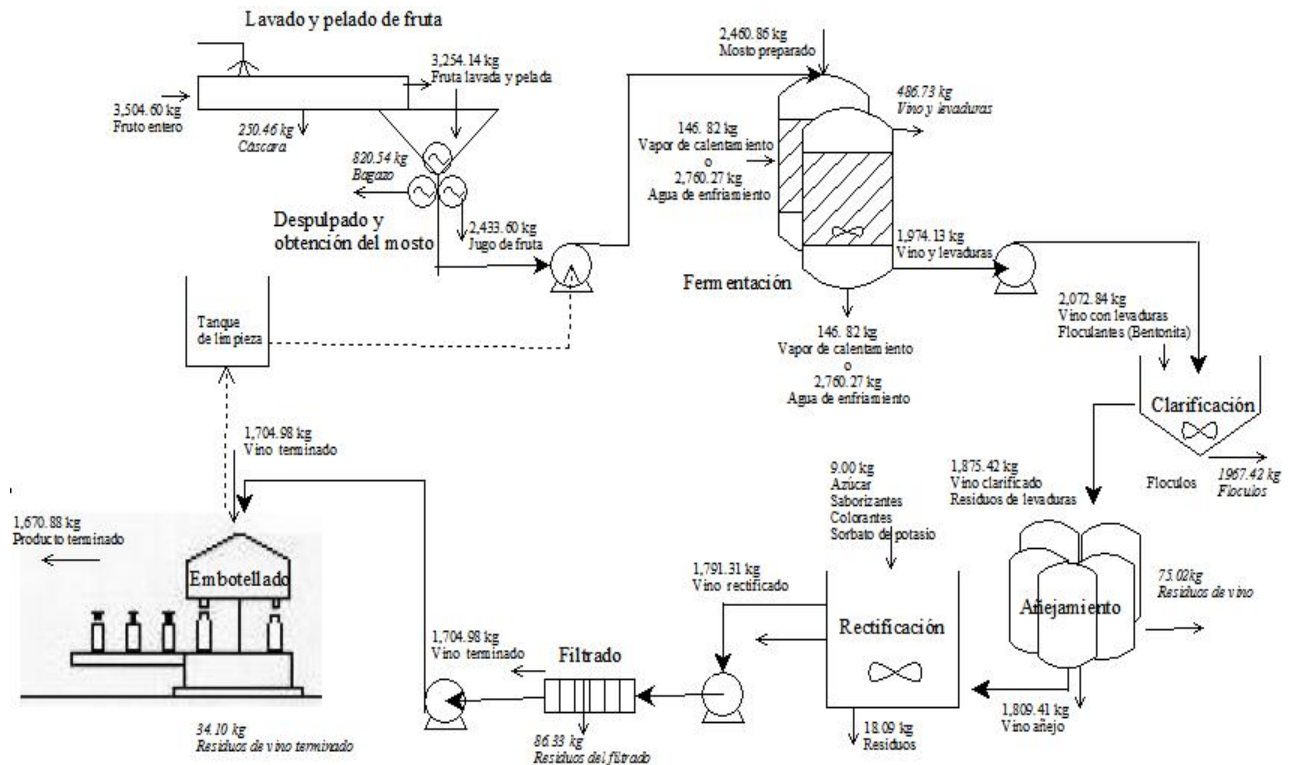
2. Diagrama de flujo del proceso

Figura 10 Diagrama de flujo del proceso

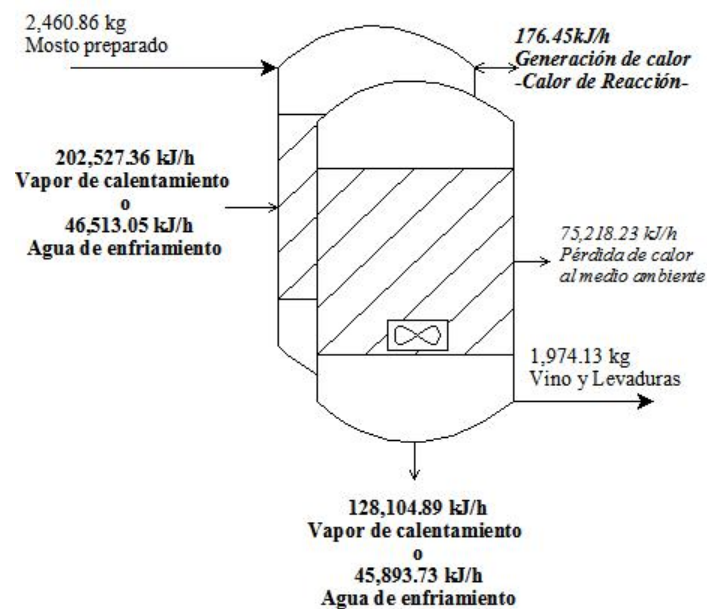


3. Balance de masa

Figura 11 Balance de masa del proceso



4. Balance de energía



5. Equipo e instrumentación

a. Equipo de proceso. El Tanque fue diseñado según los requerimientos del proceso, establecidos en las bases de diseño (*Ver Anexo B*). Cada lote de producción será de 600 galones y se trabajará con dos fermentadores de 300 galones cada uno. El diagrama del fermentador se presenta a continuación.

Figura 12 Tanque de fermentación de 300 galones de capacidad

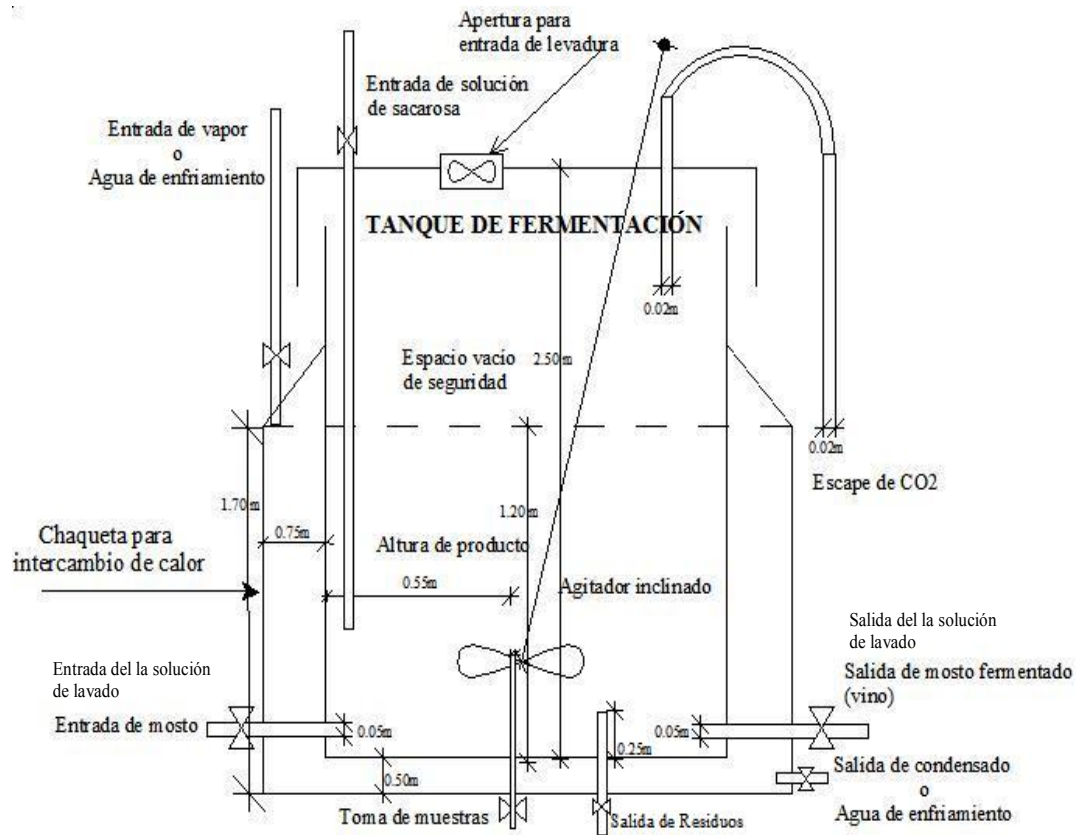


Tabla 17 Equipo del proceso

Equipo	Capacidad	Material	Dimensiones	Especificaciones
Despulpadora	1000 Kg/h	Acero inoxidable	120 x 60 x 60 cm	Potencia: 2hp 110/120 V
Tanque clarificación	600 gal	Acero inoxidable	Φ112 cm x 230 cm x 75 cm.	Cilíndrico, fondo cónico.
Tanque rectificación	600 gal	Acero inoxidable	Φ 153 cm x 140 cm	Agitador de 150 rpm y motor de 10 HP*
Filtro de flujo tangencial	700 L/h	Acero inoxidable	170 x 88 x 207 cm	Membrana filtrante de óxido de aluminio y una bomba de 7.5 kW y conexión de 4amp
Línea de envasado y etiquetado	1000 botellas/h	Acero inoxidable	120 x 505 x 180 cm	Capacidad de llenado de 0.75 L hasta 2.0 L, sensor fotoeléctrico y un motor de 1/2 hp (220VAC)
Mesa de alimentación	100 botellas	Acero inoxidable	Φ 100 cm	Potencia de 220 VAC, Velocidad 10 HZ
Tanque para solución de azúcar	150 galones	Acero inoxidable	Φ 30 cm x 200 cm	Agitador de 150 rpm y motor de 10 HP*

*Véase Tabla No. 19 Instrumentación en el tanque para las especificaciones del agitador

Φ: diámetro

b. Equipo auxiliar. El equipo auxiliar se refiere a aquel equipo que es necesario para la producción, pero no interviene directamente en el proceso. Como equipo auxiliar se tiene una caldera para generación de vapor, bombas centrífugas para trasiego y un tanque para solución de azúcar. Además se tiene todo el sistema de limpieza del proceso que se hará en el sitio, es decir un proceso CIP (*clean in place*) utilizando dos soluciones de lavado, se necesitará un tanque para recirculación de las soluciones de lavado.

Tabla 18 Equipo auxiliar del proceso

Equipo	Capacidad	Especificaciones
Caldera	1,500 Kg/h	Caldera horizontal. Presión máxima de operación 195 psi, combustible de gas natural o diesel, potencia del motor de 2.2 kW. Dimensiones: 4.7 x 1.8 x 2.0
Bomba centrífuga	3,000 L/h	Bomba centrífuga con un impulsor de 50 cm y un motor de 380V
Tanque para solución de limpieza	600 galones	Tanque cilíndrico vertical de acero inoxidable con 153 cm de diámetro y 140 cm de altura
Barriles para añejamiento	225 L (59 gal)	Nueve barriles de roble americano

c. **Instrumentación dentro del tanque.** El tanque contará con un flotador para medición de volumen, un manómetro para medición de presión, un electrodo para medición del pH, un termómetro para medición de temperatura y una manguera para escape del CO₂ producido.

Tabla 19 Instrumentación en el tanque

Equipo	Capacidad	Especificaciones
Termómetro de resistencia	200°C a 600°C	Termómetro de resistencia en acero inoxidable con transmisores electrónicos para adaptación a equipos de automatización
Agitador	150 rpm	Agitador de acero inoxidable con hélice tipo paleta plana de 10 cm
Escape de CO₂	---	Manguera de goma con recubrimiento de EPDM y refuerzo en espiral de poliéster con diámetro interno de 1.9 cm y diámetro externo de 3.0 cm con un radio máximo de doblado de 6.4 cm
Manómetro	0 a 30 psi	Manómetro tipo Bourdon con caja de acero cromado y conexión inferior de bronce con lecturas en psi
Válvula de seguridad	---	Válvula de seguridad convencional
Válvulas de paso	---	Válvulas de paso tipo diafragma
Electrodo	0 a 14	Electrodo de pH sin cristal

6. Costo estimado de la planta y la bebida tipo vino

a. **Costo de la planta.** Considerando el equipo necesario para la producción de la bebida tipo vino, la puesta en marcha, costos legales y de mando de obra y según la estructura que presenta la compañía actual, se resumen los costos de la planta en las tablas siguientes.

Tabla 20 Inversión inicial de la planta

Inversión inicial	
Equipo de planta con sus servicios	\$ 59,000.00
Equipo para el aseguramiento de calidad	\$ 9,700.00
Obra civil, hidráulica e instalaciones eléctricas	\$ 4,500.00
Inversión diferida	\$ 2,200.00
Gastos legales	\$ 1,900.00
Estudio ambiental	\$ 400.00
TOTAL	\$ 77,700.00

Tabla 21 Costos totales de la planta

Costos variables anuales	
Materia prima	\$ 4,400.00
Material de empaque	\$ 16,500.00
Papelería y gastos varios	\$ 1,500.00
Energía eléctrica	\$ 3,400.00
Agua	\$ 1,800.00
Teléfono	\$ 100.00
Mantenimiento	\$ 2,900.00
Mano de obra directa	\$ 27,900.00
TOTAL	\$ 58,500.00
Costos fijos anuales	
Equipo de seguridad	\$ 300.00
Servicios subcontratados	\$ 500.00
Limpieza y sanitización	\$ 1,100.00
Mano de obra indirecta	\$ 61,800.00
TOTAL	\$ 63,700.00
CAPITAL DE TRABAJO	\$ 122,200.00
TOTAL DE INVERSIÓN	\$ 199,900.00

b. Costo de la bebida tipo vino. De acuerdo con la tabla anterior y las bases de producción establecidas, se determina el costo de la bebida tipo vino y el posible precio de venta, considerando una ganancia aproximada del 25% por unidad y la recuperación de la inversión en cinco años.

Tabla 22 Costo y precio estimado de la bebida tipo vino

Costos fijos anuales	\$ 63,700.00
Costos variables anuales	\$ 58,500.00
Unidades producidas anuales	24,981
COSTO UNITARIO	\$ 5.00
PRECIO DE VENTA	\$ 6.50

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el objetivo de diseñar el proceso de fermentación del melón *Cantaloupe* tipo «C», los frutos fueron caracterizados cualitativa y cuantitativamente. Se analizó una muestra de 28 frutos obtenidos al azar de la población total y se concluyó que los frutos de melón tipo «C» presentan buenas características de consumo, tienen una coloración anaranjado intenso en su interior y amarillo grisáceo en su exterior lo que indica buena calidad de fruto, su sabor es dulce y aspecto general limpio y apetecible, aunque muchos presentan un estado de madurez avanzado y golpes varios, lo que afecta su contenido de agua y estabilidad. Cuando el fruto ha sido golpeado se acelera el proceso de putrefacción lo que afecta su sabor y provoca el sangramiento, o pérdida de agua, del fruto incidiendo en el rendimiento del fruto para la extracción de jugo.

El análisis cuantitativo mostró que los frutos presentan un buen tamaño, con un volumen promedio de $1,908 \pm 189 \text{ cm}^3$ y un peso promedio de $2.7 \pm 0.5 \text{ Kg}$. De cada fruto se obtuvo un promedio $1.9 \pm 0.5 \text{ L}$ de mosto, lo que es bastante alto para un sólo fruto. Sin embargo, el contenido de azúcar del jugo obtenido fue bajo, la literatura reporta que un melón tipo *Cantaloupe* tiene alrededor de 15°Brix y los melones analizados tuvieron una lectura promedio de $8.7 \pm 0.8^\circ\text{Brix}$ lo que equivale a 66.0 gramos de azúcar por litro. Se hace notar que para fines prácticos se ha tomado la lectura en grados Brix como el contenido de azúcar en el fruto, si bien es una aproximación, ya que los grados Brix indican cantidad de sólidos disueltos sin hacer distinción de la naturaleza de estos, la aproximación es válida ya que los sólidos disueltos serán en su mayoría azúcar y la precisión necesaria de la medición es baja. Después de obtener el jugo del fruto se preparó un mosto para fermentación adicionando una solución de sacarosa y se procedió a realizar un análisis cuantitativo de las propiedades inherentes a la preparación de vino. El mosto obtenido presenta una acidez total que oscila entre los $2.77 \pm 0.19 \text{ meq/L}$ para el mosto del fruto limpio filtrado (mosto 5) y $4.90 \pm 0.19 \text{ meq/L}$ para el mosto del fruto completo sin filtrar (mosto 2). Las dos opciones de mostos a utilizar fueron el mosto del fruto pelado sin filtrar que presenta una acidez total de $4.68 \pm 0.16 \text{ meq/L}$ y el mosto del fruto pelado y filtrado que presenta una acidez de $3.55 \pm 0.19 \text{ meq/L}$. Los sólidos solubles, que se trataron como cantidad de azúcar, se trataron de mantener entre los 15 y 18°Brix para todas las muestras, los mostos escogidos (mosto 2 y mosto 5) tienen una lectura de $17.3 \pm 0.1^\circ\text{Brix}$ ambos, lo que equivale a 162.93 g/L y un pH de 3.8, para ambos.

La primera corrida se hizo utilizando el melón de las tres formas posibles, completo, sin cáscara y sin cáscara ni semillas. El melón se puso a fermentar tal y como se obtuvo de la despulpadora, solamente se ajustaron los grados Brix. Según la literatura, la mejor manera de iniciar la fermentación es con un inóculo de levadura preparado con una solución tibia de sacarosa y la sepa a utilizar en proporción de 1 gramo por 10mL de solución, y debe agregarse un total de 3% en volumen a la muestra. Con esto establecido se agregaron 5 ml de inóculo a cada muestra de 250 mL. Los resultados que se obtuvieron mostraron una fermentación lenta, seis semanas aproximadamente, con un vino alto en sedimentos. De ahí que se decidiera elevar la cantidad de levadura y filtrar el mosto antes de la fermentación. Otra fuente menciona

agregar la levadura sin inocular en una proporción de 12 gramos por litro. La primera inoculación daba una concentración de 3g/L al duplicarla se obtiene una concentración de 6g/L y al duplicar ésta 12g/L, ya que se había realizado una corrida utilizando una concentración de 3g/L, se decidió hacer una corrida más utilizando las siguientes dos concentraciones. El filtrar el mosto fue debido a la cantidad de sedimentos y poca claridad del vino, se pensó que el filtrar el mosto antes tendría un efecto en el producto final, los resultados probaron lo contrario.

Para la corrida final se obtuvieron seis mostos, tres filtrados y tres sin filtrar, variando las partes del fruto utilizadas, los mostos 1 y 4 corresponden a mostos obtenidos del fruto completo, incluyendo cáscara y semillas; los mostos 2 y 5 corresponden a mostos obtenidos del fruto pelado y con semillas y los mostos 3 y 6 corresponden a mostos obtenidos únicamente de la carne del fruto. Estas variaciones se hicieron con el objeto de determinar que partes del fruto podían ser utilizadas para obtener el vino de mejor sabor, y la filtración se hizo para determinar si era necesario obtener un mosto claro desde el principio o podría obtenerse un vino claro únicamente con el proceso de clarificación y filtrado posterior a la fermentación. Según los resultados obtenidos, se determinó que la filtración previa no hace ninguna diferencia en la claridad del vino obtenido si se siguen las etapas de clarificado y filtrado, así mismo es recomendable agregar enzimas tales como pectinasas durante la fermentación para ayudar a la clarificación del vino. Además, cada muestra fue subdividida en A y B agregando diferente porcentaje de levadura a las muestras A y B. La literatura indica que se agregue una cantidad de 12 gramos de levadura por litro de mosto, las muestras se trataron agregando 12 g/L a las muestra llamadas A y 6 g/L a las muestras llamadas B. Se esperaba que las muestras B fermentaran en el doble del tiempo, sin embargo, no fue así, las muestras A fermentaron más rápido que las muestras B y alcanzaron el nivel de fermentación deseado en 17 días, mientras que las muestras B lo alcanzaron en 20 días. Aún así se determinó que la cantidad de levadura a utilizar debía ser de 12 g/L para prevenir que se detenga la fermentación por muerte de levaduras.

Después de fermentar el vino se realizó una caracterización en la que se le dio una calificación ponderada a cada vino utilizando los parámetros de medición sensorial que incluyen color con una ponderación del 15 %, sabor con una ponderación de 40 %, olor con una ponderación del 25 % y claridad 20 %. Los vinos que mejor puntuación tuvieron fueron los obtenidos del mostos 2B, 3B, 5A y B y 6A y B, lo que da un indicio que la cantidad de levadura agregada no afecta de sobremanera el sabor del vino, siempre que no se exceda una dosis de 12 g/L. Además del análisis cualitativo, se le dio una calificación al vino promediada combinando los mostos A y B de cada muestra, los vinos que mejor ponderación tuvieron fueron el vino obtenido del mosto 5, el vino obtenido del mosto 6, ambos con una puntuación de 3.2 y el vino obtenido del mosto 2 con una puntuación de 2.8, lo que indica que el filtrar el mosto antes de pasar a una fermentación no tiene una implicación mayor en las características del vino final, ya que éste igual será clarificado y filtrado después de terminada la fermentación. Los valores más altos en la puntuación de los vinos de mostos filtrados pueden deberse a que en la práctica de laboratorio no se contó con pectinasas y la clarificación fue pobre, lo que da una mayor claridad a estos vinos.

El análisis cuantitativo que se realizó en los vinos fue largo debido a que la cantidad de alcohol se determinó con un método de destilación en el que los vinos fueron calentados para separar el contenido de alcohol, este alcohol se recuperó con un volumen conocido de agua para determinar su gravedad específica y con ello el contenido de alcohol. Por esta razón el análisis cuantitativo se limitó a los vinos con ponderación más alta. Los vinos 5 y 6 alcanzaron un nivel de alcohol de 9.5 ± 0.2 % y el vino 2 alcanzó un nivel de 9.7 ± 0.2 %. Estos porcentajes están en el límite bajo de lo que la OIV (Organización Internacional del Vino) determina como límites aceptables para vino, ya que estos límites van de 8 % a 14 %. En una fermentación es tan importante el nivel de alcohol alcanzado como la cantidad de azúcar restante después de la fermentación, ya que ésta influye directamente en el sabor del vino, los vinos más fuertes tienen mayor contenido de alcohol y menor contenido de azúcar, mientras que los vinos suaves tienen un contenido elevado de azúcar. La lectura final del contenido de azúcar dio como resultado una lectura de 8.9 ± 0.1 °Brix para el mosto 2, lo que se traduce a 68.87 g/L y los mostos 5 y 6 tuvieron una lectura final de 8.7 ± 0.1 °Brix lo que se traduce a 66.8 g/L. Al medir la turbidez de las muestras se determinó que la muestra 2 tenía una turbidez de 4.1 ± 0.1 NTU, la muestra 5 de 4.0 ± 0.1 NTU y la muestra 6 de 4.5 ± 0.1 NTU. La acidez es otro parámetro que debe tomarse en cuenta durante la vinificación y en el producto final, el mosto 5 tuvo una acidez total de 4.58 ± 0.1 meq/L y un pH de 3.0; el mosto 6 presentó una acidez total de 5.87 ± 0.3 meq/L y un pH de 4.0 y el mosto 2 presentó una acidez total del 4.68 ± 0.3 meq/L y un pH de 4.0. La acidez más alta del mosto 6 puede deberse a la ausencia de semillas en el mosto, ya que al eliminar las semillas se elimina un alto contenido de azúcar y agua lo que eleva la acidez del jugo obtenido de la pulpa.

Después de considerar los resultados obtenidos, se optó por utilizar el mosto 2 para el proceso ya que tiene un buen grado de acidez y azúcar en el producto final y el nivel de alcohol alcanzado es aproximadamente igual al obtenido con el mosto 5. El color del vino 2 fue claro y anaranjado un poco menos intenso que el del vino 5, pero de sabor similar, suave y dulce, aroma agradable y poca claridad en comparación con el vino 5. Sin embargo, la claridad puede obtenerse con el mosto 2 en la etapa de clarificación y filtrado y reducir costos al no utilizar un filtro previo a la fermentación.

Al concluir con las pruebas de fermentación y la caracterización de la bebida tipo vino se procedió a diseñar el proceso de fermentación como tal. El proceso se diseñó de acuerdo al estudio de mercado publicado por la oficina económica y comercial de la embajada de España en Guatemala, lo que dictó las bases de diseño (*Ver Anexo B*). Se determinó que la cantidad máxima mensual de botellas a producir sería de 2,800 botellas, ya que actualmente se tiene un consumo de 559,962 botellas por mes y por ser un producto nuevo se intentará acaparar únicamente el 0.5 % del mercado actual. Con este techo se estableció que el tamaño de cada lote de producción sería de 600 galones, lo que equivale a 2,271 litros y 3,028 botellas teóricas, sin embargo se ha determinado que el rendimiento por lote será del 86 % pues se pierde mosto en el transporte y sedimentos de fruta no fermentada, así mismo hay una pérdida de, aproximadamente, 9 % en la etapa de clarificación y filtrado; esto resultará en 24,981 botellas reales por lote de producción. Teniendo en cuenta la cantidad total de frutos producidos por la compañía exportadora

estudiada, el porcentaje de frutos tipo «C» obtenido por año y la cantidad de frutos requerido por lote (1,298 frutos por lote) se operaran 11 ciclos de producción por año. Los frutos se cosechan entre los meses de noviembre a mayo en su mayoría, aunque hay una producción mínima durante los meses restante, por esta razón se contará con un cuarto frío auxiliar para mantener los frutos en buen estado durante el tiempo que no se utilizan. Cada lote de producción tardará un total de 31 días desde el lavado y pelado de la fruta hasta el traslado a la etapa de añejamiento del vino (*Ver Anexo B*). Operando de esta forma se tiene un mes por año para poder dar mantenimiento a la planta y al equipo, por la naturaleza del proceso el personal será alternado entre la planta de producción de vino y la plantación quedando fijos únicamente el personal de laboratorio que realizara el control de procesos y los análisis de aseguramiento de calidad.

El proceso dará inicio en la etapa de recepción de la fruta que incluye el proceso de lavado y selección de la fruta para proceder al despulpado, de donde se obtiene el jugo de melón que será convertido en mosto apto para la fermentación. La fermentación se llevará a cabo con levaduras del género *Sacharomyses*, la misma levadura utilizada en la industria de panificación, ya que esta es de bajo costo y buen desempeño, en adición, el fruto de melón, a diferencia de la uva, no necesita cepas especializadas para la fermentación, aunque la utilización de este tipo de cepas daría como resultado un vino de mejor calidad. Se comprobó que la temperatura óptima de trabajo es entre los 25 °C y 35 °C por lo que se trabajará en un rango de temperatura de 29 °C a 33 °C, una temperatura menor a los 25 °C resultaría en la inactivación de las levaduras y una temperatura mayor a los 35 °C resultaría en la muerte de levaduras ya que se quemarían. La fermentación es una reacción exotérmica, sin embargo, no toda la energía es liberada en forma de calor ya que parte de esta energía es utilizada por las levaduras para asegurar sus funciones vitales, además, la reacción no se lleva a cabo en un reactor adiabático, lo que da como resultado pérdida de calor al ambiente. Por estas razones debe de controlarse la temperatura en el reactor, ya sea para elevarla o para bajarla. La temperatura será controlada por un termómetro de resistencia, estos termómetros tienen la ventaja de ser precisos y resistentes, además pueden ser adaptados a sistemas de automatización lo que puede ser de gran utilidad para regular el flujo de vapor o agua de enfriamiento. El pH es crucial para la fermentación, ya que las levaduras trabajan en un medio ácido, éste será medido por medio de un electrodo sin vidrio, ya que este tipo de electrodos son más seguros para el trabajo con alimentos. La reacción de fermentación tiene como subproducto el dióxido de carbono, lo que aumenta la presión dentro del tanque, por esta razón la tapa debe tener una salida de CO₂ y espacio dentro del tanque para la acumulación del gas, tomando en cuenta que se producen 2 moles de CO₂ por mol de sacarosa, se determinó que se tendrá una producción aproximada de CO₂ de 0.70 m³/h cuando la reacción inicia y disminuirá mientras el sustrato disminuye. La presión se medirá con un manómetro y además habrá una válvula de seguridad en la tapadera del tanque, esto será únicamente como medida de precaución para evitar que la presión del tanque se eleve demasiado. Cada lote de 600 galones se trabajará en dos tanques de 300 galones cada uno para evitar la construcción de un tanque muy grande facilitando así el proceso de control de las variables de fermentación y disminuyendo el costo de dicho tanque. El tanque será de acero inoxidable por ser este el material más higiénico para la producción de alimentos, además de ser más resistente a la corrosión y ataques químicos, lo que representa

una gran ventaja en la producción de vino ya que se trabaja en un medio ácido. Se determinó que se necesita un volumen para el mosto de 1.14 m^3 , considerando el volumen de CO_2 producido por hora el volumen y un porcentaje de seguridad del 17 % ya que el volumen de CO_2 fue aproximado tratándolo como gas ideal y el volumen del mosto podría incrementar hasta un 5 % por la adición del azúcar necesaria para alcanzar los 18 °Brix necesarios. Con todo esto en cuenta se determinó un volumen nominal de 2.4 m^3 , con un radio de 0.55 m y una altura de 2.5 m y una pared de 4 mm de espesor, el espesor de pared fue determinado de acuerdo a las recomendaciones del *Underwriters Laboratory (Ver Anexo C)* y considerando que el esfuerzo que debe soportar no es muy grande. Se debe tener en cuenta que el tanque será cilíndrico vertical con el fondo semi redondeado para evitar la acumulación de materia en las uniones de la pared con el fondo. La medición de volumen, se hará con un flotador con el propósito de controlar el volumen máximo permisible dentro del tanque. El tanque debe ser agitado por varias razones, la primera es lograr una mezcla homogénea entre el jugo de melón y la solución de azúcar, la segunda es para asegurar la activación de levaduras al integrarlas con el medio, la tercera es mejorar la transferencia de calor y por último, mantener los pedazos de melón enteros sumergidos garantizando que todo el sustrato sea utilizado. Sin embargo, la agitación debe ser a velocidades bajas y con la hélice de forma inclinada para evitar la formación de vortex y con ello prevenir que las levaduras mueran por aeración del medio o por desintegración debido a una agitación violenta. Al tanque se le colocó la entrada de mosto en la parte inferior por dos razones, la primera fue disminuir la carga de la bomba, pero la principal es evitar la producción excesiva de espuma por la caída desde lo alto del mosto, ya que el melón forma mucha espuma al ser licuado o trasvasado. La descarga de residuos, sedimentos y demás desechos se colocó a una altura de 0.25 m y en el centro del tanque para facilitar la salida de los mismos y asegurarse que se está descargando únicamente los residuos, ya que la salida del vino se encuentra más arriba. Además el tanque debe ser tapado con el objeto de prevenir la muerte de bacterias por aireación, pero debe tenerse cuidado ya que un tanque tapado tiene la desventaja de que las levadura pueden morir asfixiadas.

Como se mencionó antes, las levaduras trabajan en cierto rango de temperatura por lo que se hace necesario regular la temperatura del proceso con un intercambio de calor, pero también es necesario para la sanitización del mosto. El intercambio de calor necesario en el tanque se realizará a través del flujo de vapor a 95 psi para calentamiento o agua de enfriamiento a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ que fluirán a través de una chaqueta. La mayor cantidad de calor será requerida para el calentamiento del mosto para la eliminación de bacterias. El mosto debe calentarse hasta los $50 \text{ }^\circ\text{C}$ para eliminar el 99 % de patógenos y bacterias tales como E-coli, el calentamiento se hará en dos horas lo que requerirá adicionar $101,264 \text{ kJ/h}$ a cada tanque tomando en cuenta el calor requerido para calentar el mosto y el calor perdido por transferencia al ambiente. Esta transferencia se logra con un flujo de 30 Kg de vapor por hora, con esto determinado se realizó el cálculo del diámetro requerido de la chaqueta, sabiendo que la altura necesaria sería de 1.50 m desde la base hasta el punto máximo de ocupación del mosto y 50 cm para cubrir el fondo del tanque. Debido a que es necesario conocer los diámetros externo e interno de la chaqueta para determinar la pérdida de calor y estos eran desconocidos, se determinó la pérdida de calor y el radio interno con la aproximación del radio del

tanque con un método iterativo, el método convergió a un radio interno de chaqueta de 1.22 m, lo que se traduce a 72 cm de espesor desde la pared del tanque (*Ver Anexo C*). El espesor de pared se determinó como 1.0 cm teniendo en cuenta las mismas consideraciones que aquellas tomadas para la determinación del espesor de pared del tanque. El calor que se necesita remover para el enfriamiento del mosto de 50 °C a 32 °C para poder iniciar el proceso de fermentación es de 83,228 KJ/h tomando en cuenta las pérdidas de calor al ambiente, mientras que el calor que se necesita remover para la inactivación de levaduras bajando la temperatura de 32 °C a 22 °C es de 22,945 KJ/h.

El mosto se prepara con un 85 % de jugo de melón y un 15 %, aproximadamente, de solución de azúcar para elevar la concentración de ésta a 18 °Brix. Se agrega una solución de azúcar con el fin de disminuir un poco la acidez del jugo de melón por dilución, ya que el jugo de melón sólo tiene una acidez que oscila entre pH 3.0 y pH 4.0 y las levaduras trabajan mejor en un medio de acidez que oscila entre pH 3.5 y pH 4.5. Las levaduras serán agregadas en seco ya que la cantidad necesaria es relativamente pequeña, lo que ocasionaría más pérdidas al preparar un inóculo, pues no es necesario un escalamiento de tamaño y con esto se evita el riesgo de contaminación. Además del azúcar y levaduras, al tanque de fermentación debe agregarse sulfito de sodio como estabilizante para prevenir la acidificación del vino y como conservante y antioxidante, así mismo debe agregarse una enzima de la familia de las pectinasas para lograr la degradación de las pectinas presentes en el mosto y obtener un vino claro y sin sedimentos, ya que el jugo de melón tiende a sedimentar con el tiempo.

Después de la etapa de fermentación la bebida tipo vino se pasa a la etapa del clarificador, este será un clarificador por gravedad catalizado con bentonita. Las levaduras por sí solas tardarían alrededor de 6 meses en sedimentar, pero el proceso puede acelerarse agregando un floculante tal como bentonita y dejar reposar por 12 días, la bentonita se agrega a una concentración del 5 % (p/v) y clarificará alrededor del 95 % del vino haciendo caer las levaduras y otros sólidos al fondo del tanque clarificador. El tanque de clarificación debe tener forma cónica para favorecer la precipitación de flóculos, la salida estar un poco elevada y no al fondo para hacer más fácil la remoción de la bebida tipo vino limpia, los desechos deben ser tratados en un digestor para destruir levadura, no se reutilizan para evitar contaminación del medio por recirculación de levadura.

Terminada la etapa de clarificación la bebida tipo vino pasará a la etapa de añejamiento que se llevará a cabo en barricas de roble de 225 litros de capacidad. La madera proporcionará a la bebida tipo vino taninos y aromas que se entrelazan con los aromas y taninos de la bebida haciendo su sabor más definido y especial. Las barricas permanecerán en un ambiente controlado donde la temperatura no exceda los 7°C y la humedad del ambiente no exceda el 75%, estas condiciones favorecen el proceso de oxidación lento y reduce la merma de vino por evaporación, ya que las barricas no son completamente impermeables y permiten la evaporación del líquido. El proceso de añejamiento tiene una duración de un año, ya que con este tiempo de añejamiento se tiene la seguridad de que las levaduras se han sedimentado y se obtiene una bebida más clara, cristalina y de mejor cuerpo, así mismo, se cumple con la regulación gubernamental que

no permite la venta de bebidas fermentadas con tiempos de añejamiento menores a un año. Luego de los primeros seis meses de añejamiento la bebida tipo vino es trasegada a barricas nuevas para separar la bebida tipo vino clara de los sedimentos y se procede a dejar reposar por seis meses más.

La siguiente etapa es la de rectificación, en ésta se corrige el sabor de la bebida tipo vino agregando azúcar para lograr una mayor dulzura y en caso necesario se agregará colorante vegetal y algún aditivo para exaltar o complementar el sabor del melón, estos aditivos pueden ser vainilla, canela en raja para que transfiera un poco de sabor, jengibre, etc. En el proceso la rectificación se hará con la adición de azúcar y la complementación de sabor con vainilla. Además debe agregarse un promedio de 7.5 g/galón de sorbato de potasio con el fin de prevenir una refermentación en la botella por la adición de azúcar. Una vez realizada la rectificación de la bebida tipo vino se procede al filtrado. El filtrado es la última etapa en la vinificación, previo al embotellado y se hace con el fin de obtener vinos claros y brillantes debido a que se pueden eliminar una gran cantidad de partículas finas que no fueron removidas en la clarificación. La filtración se realiza por absorción o por el tamaño de poro del filtro en comparación al tamaño de las partículas a remover, la filtración se llevará a cabo con un filtro tangencial que dispone de membranas de fibra hueca, que da como resultado un vino estéril, bajo en turbidez y apto para el envasado directo. El embotellado es simple realizado por una máquina llenadora con capacidad de 1,000 botellas por hora, la bebida tipo vino es trasvasado, como en las etapas anteriores, con una bomba centrífuga a través de tubería de PVC ya que, si bien no es el material más higiénico para manejo de alimentos, si presenta un medio suficientemente higiénico y más barato que el acero inoxidable.

Todo el proceso contará con un sistema de limpieza CIP, utilizando dos soluciones de lavado recirculadas por la tubería del proceso. El proceso de limpieza se realizará siguiendo los pasos descritos a continuación: 1) enjuague con agua; 2) lavado con una solución alcalina para remover la materia orgánica, esta solución puede ser una solución al 1.0 % hecha con agua y soda al 50 %; 3) enjuague con agua; 4) lavado con una solución ácida para remover toda la suciedad inorgánica, esta solución puede ser una solución de ácido fosfórico al 1.0 % hecha con agua y ácido fosfórico industrial; 5) enjuague con agua; 6) sanitización del medio con una solución de ácido peracético y 7) enjuague con agua. Se recomienda la utilización de soda, ácido fosfórico y ácido peracético para la limpieza ya que son sustancias aprobadas para el contacto con superficies donde se prepararan alimentos. Además se recomienda el uso de ácido peracético en lugar de cloro para la sanitización ya que con esto se evita afectar el sabor y olor del producto final. Los pasos 4 y 6 pueden unificarse para ahorrar tiempo y consumo de agua en los enjuagues. El sistema de limpieza se aplica a todo el equipo, bombas y tuberías incluidas en el proceso y se requerirá una bomba para recirculado de las soluciones de limpieza. La limpieza después de cada lote se podrá realizar con agua, ya que si bien el vapor es un mejor medio para esterilización, tiene un mayor costo, el utilizar agua disminuye el costo de energía y logra el cometido de un proceso higiénico, además con la utilización de una solución alcalina y una solución ácida se logra remover toda la suciedad. En adición, todo el ambiente debe ser aséptico y procurar una planta con aire limpio y sin intrusión de roedores, insectos o contaminación química de ningún tipo. Esto puede lograrse teniendo instalaciones sanitarias, es decir,

paredes y piso con recubrimiento epóxico para evitar el crecimiento de bacterias y mohos por humedad en las paredes y piso, tener un área de producción aislada de las áreas de recepción de materia prima y empaquetado del producto final, contar con una piscina sanitizante en la entrada de la planta, procurar ventanas y ductos de ventilación con cedazo, tener un tratamiento adecuado de efluentes y en general observar buenas prácticas de manufactura.

El proceso de vinificación del melón es sencillo, sin embargo, deben tenerse bien establecidos los parámetros de operación para lograr un proceso eficiente. Los parámetros de operación deben ser los siguientes: a) temperatura en un rango de 25 °C a 35 °C; b) pH en un rango de 3.5 a 4.0; c) concentración de levaduras de 12 g/L y d) concentración de azúcar en un rango de 17 °Brix a 19 °Brix

Con base en el diseño de la planta y la forma de operación actual de la empresa, se determinó que los costos fijos anuales ascenderán a \$ 63,700.00 y los costos fijos anuales ascenderán a \$ 58,500.00 dando costos totales de \$ 122,200.00. Se necesitará una inversión inicial de \$ 77,700.00 para la implementación del proceso, tomando en cuenta instalaciones nuevas, equipo y puesta en marcha. De acuerdo a la cantidad de botellas producidas por año el costo por botella de vino será de \$ 5.00 y considerando un retorno del 25% y un tiempo de recuperación de la inversión de cinco años se determinó que cada botella de la bebida tipo vino puede ser vendida a un precio de \$ 6.50.

IX. CONCLUSIONES

- El melón tipo «C» puede utilizarse para la fermentación con levaduras del género *Sacharomyces* dando como resultado una bebida tipo vino dulce.
- El melón tipo «C» de la plantación estudiada tiene un volumen promedio de $1,908 \pm 189 \text{ cm}^3$ con un peso promedio de $2.7 \pm 0.5 \text{ Kg}$ y un rendimiento de jugo de $1.9 \pm 0.5 \text{ L}$. El jugo obtenido presentó una concentración de azúcar de $8.7 \pm 0.8 \text{ }^\circ\text{Brix}$ lo que equivale a $66.0 \pm 8.5 \text{ g/L}$. El color de los frutos fue, en promedio, anaranjado intenso con frutos de sabor dulce, aunque en un estado de madurez avanzado y con algunos golpes y abolladuras en la piel.
- El análisis químico del melón indicó que el jugo de éste tiene una acidez total que oscila entre $2.77 \pm 0.19 \text{ meq/L}$ y $4.90 \pm 0.6 \text{ meq/L}$ dependiendo de las partes del fruto utilizadas para obtener el mosto, mientras que el pH oscila entre 3.5 ± 0.9 y 3.8 ± 0.2 .
- La fermentación del mosto melón tipo «C» llevó un total de 17 días, utilizando levaduras del género *Sacharomyces* a una concentración de 12 g/L y ajustando la concentración de azúcar en el mosto a $18 \text{ }^\circ\text{Brix}$.
- El mosto que se escogió para la realización de la bebida de melón fue el mosto obtenido del fruto pelado, con semillas sin filtrar.
- La bebida obtenida del fruto de melón tipo «C» fue similar a un vino dulce, color anaranjado claro, un poco turbio con sedimentos en el fondo. El contenido de alcohol de la bebida fue de 9.7% (v/v), con un pH de 4.0 ± 0.5 y un contenido final de azúcar de $8.9 \text{ }^\circ\text{Brix}$.
- La bebida tipo vino de melón se producirá por lotes de 600 galones cada uno, con un tiempo de producción de 31 días por lote, dando como resultado una producción de 24,981 botellas de 750 mL al mes. El proceso para la obtención de la bebida fermentada de melón seguirá las siguientes etapas: lavado y pelado de la fruta, despulpado y prensado, preparación del mosto, verificación de parámetros, enfriamiento del mosto, fermentación del mosto, inactivación de levaduras por enfriamiento, clarificación, añejamiento, rectificación, filtrado y embotellado.
- El reactor a utilizar será cilíndrico vertical de 0.55 m de radio y 2.50 m de altura con una chaqueta para el intercambio de calor de 0.72 m de espesor en el radio y 0.50 m de espesor en el fondo. La instrumentación dentro del tanque constará de un agitador inclinado, un termómetro de resistencia, un manómetro y un flotador.
- Se determinó que el costo de una botella de bebida tipo vino de melón será de \$ 5.00.

X. RECOMENDACIONES

- Es recomendable agregar enzimas para la digestión de pectinas lo que dará como resultado un vino más claro y brillante.
- Se recomienda el tratamiento de efluentes para la recuperación de levaduras que pueden ser vendidas como levadura fresca en el mercado local.
- Otros usos que pueden recomendarse para la utilización del melón tipo «C» incluyen la elaboración de mermeladas y jaleas, elaboración de compotas para bebé y elaboración de jugo natural de fruta. No es recomendable elaborar un producto de melón seco, ya que su contenido de agua es demasiado alto y el costo sería elevado.
- Es recomendable tener en la planta un cuarto frío de almacenamiento para prevenir la putrefacción acelerada de los frutos con golpes y maltratados.
- El proceso puede diversificarse al estudiar otras formas de rectificar la bebida tipo vino agregando especies diferentes que complementen su sabor, brindando así un espectro más amplio de productos.
- Es conveniente que, cuando la planta haya sido montada, se realice un estudio del proceso para identificar mejoras en la utilización de energía y mejora de la eficiencia del mismo, en las condiciones reales de operación.
- Se recomienda la cuantificación del CO₂ producido durante el proceso de fermentación.
- La fermentación puede hacerse más eficiente y obteniendo una bebida tipo vino de mayor calidad si se exploran procesos de fermentación con otros géneros y/o familias de levaduras o combinaciones de diferentes géneros y/o familias de éstas.
- Es recomendable hacer una revisión general de costos una vez la planta haya sido montada para determinar un costo real y el posible precio de venta, así como una evaluación financiera del proyecto utilizando proyecciones de ventas y métodos de evaluación tales como EVA (*Economic Value Added*) o DFC (*Discounted Free Cashflows*) lo que dará una visión real de la rentabilidad del proyecto.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- *Acidez y sólidos solubles en zumos naturales y comerciales*. Extracto del libro de Primo E. 2001 *Química de los alimentos* Editorial Síntesis. <http://html./acidez-y-solidos-solubles-en-zumos-naturales-y-comerciales.html>
- Albuquerque B. *et al.* 2006. *A case study on the flavor properties of melon (Cucumis melo L.) cultivars*. Extracto del estudio *Fruits*, Cirad/EDP Sciences vol. 61, págs. 333–339.
- Anderson D. *et al.* 2004. *Estadística para administración y economía*. México. 1298 págs.
- Battock, M. and Azam-Ali, S. 1998. «Chapter 3, Yeast Fermentation» *Fermented Fruits and Vegetables, A Global Perspective*. Italia, FAO, Viale delle Terme di Caracalla. Consulta en línea: <http://www.fao.org/docrep/x0560e/x0560e00.HTM>
- *Codex Enológico Internacional*. 2006. Organización Internacional de la Viña y el Vino. París. 451 págs.
- Estola R. *et al.* 2005. *Aspectos generales de los procesos de fermentación*. <http://www.biologia.edu.ar/microind/aspectos%20generales.htm>
- Fradejas A. y Gauster S. *Prespectiva para la agricultura familiar campesina de Guatemala en un contexto DR-CAFTA*. 2006. Estudio desarrollado con el apoyo de Red ComAgri. 62 págs.
- Gonzalez, *et al.* 2006. *Manejando un refractómetro*. http://www.madrimasd.org/madridporlaciencia/Feria_VIII/gestion/files/doc/actividades/10_3.pdf
- Guatemala 2007. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. *Ficha técnica del melón*. Consulta en línea, <http://portal.maga.gob.gt>
- Hernandez, R. *et al.* 1997. *Metodología de Investigación*. México. 505 págs.
- Infoagro Systems. *El cultivo del melón* 2006. http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm

- Jañez, I. *El mercado del vino en Guatemala*. 2007. Guatemala. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Guatemala.
- Jiménez M. 2007. *Análisis de sacarosa* <http://www.monografias.com/trabajos11/sara/sara.shtml>
- Ledesma, J. 1999. *Análisis de vinos*. <http://www.geocities.com/jledesma.geo/index.html>
- López, J. 2008. «Producción de vinos a base de frutas tropicales». *Revista Industria y Alimentos*. 10 (38): 14-19.
- Managua 2006. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Representación del IICA en Nicaragua. *Guía práctica para la exportación a Estados Unidos: Melón*. Managua, Honduras. 13 págs.
- McCabe, W., Smith, J. y Harriott, P. 2002, *Operaciones unitarias en ingeniería química*, 6ª edición. Traducción de María Aurora Lanto. México. McGraw-Hill. 1199 págs.
- McNeil, B. and Harvey, L. 1990 *Fermentation, A Practical Approach*. 1ª edición. Inglaterra. IRL Press. 226 págs.
- Perú 1993. Departamento de Agricultura. *Manual para el curso sobre procesamiento de frutas y hortalizas a pequeña escala en Perú* República del Perú 88 págs.
- Stanbury, P. and Whitaker, A. 1986. *Principles of Fermentation Technology*. 1ª edición. Estados Unidos. Pergamon Press. 255 págs.
- «Tema 8. Análisis y control del mosto y del vino» 2005 http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ljaime/tema8vino.pdf

XII. APÉNDICE

A. Datos originales

Tabla 23 Datos primarios de la caracterización cualitativa del melón

Muestra	Característica						
	Color del fruto*	Sabor**	Madurez*	Nitidez de la piel*	Presencia de tallo*	Venas en la piel*	Color de la piel*
1	5	3	4	3	5	5	5
2	4	3	4	4	5	5	4
3	4	2	4	4	5	5	5
4	3	3	3	5	5	4	4
5	4	3	4	5	5	5	4
6	5	2	4	4	4	4	4
7	5	2	3	3	5	5	5
8	3	3	3	3	5	4	5
9	2	3	3	2	5	4	4
10	4	2	5	3	5	4	4
11	5	2	4	3	5	5	4
12	4	2	5	2	5	5	5
13	5	3	4	4	4	4	5
14	4	3	4	5	4	4	5
15	4	3	4	4	5	4	5
16	4	1	3	3	4	5	4
17	3	2	3	3	5	5	4
18	2	2	4	5	4	5	5
19	3	2	4	4	5	5	5
20	4	2	3	3	5	5	5
21	5	3	3	3	4	5	4
22	5	3	5	2	4	4	4
23	4	2	3	3	5	4	5
24	4	3	4	3	5	5	4
25	4	3	4	2	5	5	5
26	5	3	3	1	4	4	4
27	4	2	3	3	4	5	5
28	4	2	4	3	5	5	5

* Escala: Ponderación menor 1 (muy mala calidad) - Ponderación mayor 5 (excelente calidad)
 ** Escala: Ponderación menor 1 (sin mucho sabor) – Ponderación mayor 3 (sabor muy dulce)

Tabla 24 Datos primarios de la caracterización cuantitativa del melón

Muestra	Característica								
	Perímetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (Kg)	Contenido de humedad (%)	Contenido de agua (L)	Contenido de azúcar (°Brix)	Contenido de azúcar (g/L)
1	48.7 ± 0.1	19.2 ± 0.1	15.5 ± 0.70	1,950 ± 415	2.5 ± 0.5	63.4 ± 0.1	1.9 ± 0.1	8.3 ± 0.1	61.9 ± 0.1
2	50.2 ± 0.1	19.5 ± 0.1	16.0 ± 0.71	2,136 ± 451	2.5 ± 0.5	63.2 ± 0.1	2.0 ± 0.1	8.5 ± 0.1	64.2 ± 0.1
3	46.0 ± 0.1	18.9 ± 0.1	14.6 ± 0.68	1,644 ± 355	3.0 ± 0.5	63.0 ± 0.1	1.8 ± 0.1	9.0 ± 0.1	69.8 ± 0.1
4	51.3 ± 0.1	19.7 ± 0.1	16.3 ± 0.72	2,280 ± 479	3.7 ± 0.5	63.2 ± 0.1	2.1 ± 0.1	9.1 ± 0.1	70.9 ± 0.1
5	45.5 ± 0.1	16.5 ± 0.1	14.5 ± 0.68	1,591 ± 344	2.0 ± 0.5	63.9 ± 0.1	1.8 ± 0.1	8.0 ± 0.1	58.6 ± 0.1
6	46.0 ± 0.1	16.0 ± 0.1	14.6 ± 0.68	1,644 ± 355	2.5 ± 0.5	63.7 ± 0.1	1.8 ± 0.1	8.3 ± 0.1	61.9 ± 0.1
7	44.8 ± 0.1	15.4 ± 0.1	14.3 ± 0.67	1,518 ± 330	3.0 ± 0.5	63.8 ± 0.1	1.8 ± 0.1	8.1 ± 0.1	59.7 ± 0.1
8	46.6 ± 0.1	15.8 ± 0.1	14.8 ± 0.69	1,709 ± 368	2.6 ± 0.5	63.7 ± 0.1	1.9 ± 0.1	8.2 ± 0.1	60.8 ± 0.1
9	45.6 ± 0.1	14.4 ± 0.1	14.5 ± 0.68	1,601 ± 346	2.4 ± 0.5	63.1 ± 0.1	1.8 ± 0.1	8.5 ± 0.1	64.2 ± 0.1
10	44.7 ± 0.1	15.7 ± 0.1	14.2 ± 0.67	1,508 ± 328	2.0 ± 0.5	63.9 ± 0.1	1.8 ± 0.1	7.7 ± 0.1	55.2 ± 0.1
11	48.9 ± 0.1	18.9 ± 0.1	15.6 ± 0.70	1,975 ± 420	2.2 ± 0.5	63.2 ± 0.1	2.0 ± 0.1	7.8 ± 0.1	56.3 ± 0.1
12	50.5 ± 0.1	19.3 ± 0.1	16.1 ± 0.72	2,175 ± 459	3.4 ± 0.5	63.1 ± 0.1	2.0 ± 0.1	7.7 ± 0.1	55.2 ± 0.1
13	50.0 ± 0.1	19.4 ± 0.1	15.9 ± 0.71	2,111 ± 446	3.7 ± 0.5	63.7 ± 0.1	2.0 ± 0.1	7.2 ± 0.1	49.6 ± 0.1
14	47.8 ± 0.1	17.8 ± 0.1	15.2 ± 0.70	1,844 ± 394	2.8 ± 0.5	64.0 ± 0.1	1.9 ± 0.1	7.0 ± 0.1	47.3 ± 0.1
15	48.9 ± 0.1	18.4 ± 0.1	15.6 ± 0.70	1,975 ± 420	2.4 ± 0.5	62.9 ± 0.1	2.0 ± 0.1	9.0 ± 0.1	69.8 ± 0.1
16	51.2 ± 0.1	19.7 ± 0.1	16.3 ± 0.72	2,267 ± 476	2.6 ± 0.5	62.8 ± 0.1	2.0 ± 0.1	9.0 ± 0.1	69.8 ± 0.1
17	51.5 ± 0.1	18.9 ± 0.1	16.4 ± 0.72	2,307 ± 484	2.5 ± 0.5	63.1 ± 0.1	2.1 ± 0.1	10.0 ± 0.1	81.0 ± 0.1
18	49.8 ± 0.1	17.8 ± 0.1	15.9 ± 0.71	2,086 ± 441	2.6 ± 0.5	63.0 ± 0.1	2.0 ± 0.1	8.3 ± 0.1	61.9 ± 0.1
19	47.0 ± 0.1	16.5 ± 0.1	15.0 ± 0.69	1,753 ± 377	2.5 ± 0.5	64.1 ± 0.1	1.9 ± 0.1	8.4 ± 0.1	63.0 ± 0.1
20	45.0 ± 0.1	15.9 ± 0.1	14.3 ± 0.68	1,539 ± 334	2.1 ± 0.5	63.8 ± 0.1	1.8 ± 0.1	8.0 ± 0.1	58.6 ± 0.1
21	48.2 ± 0.1	18.3 ± 0.1	15.3 ± 0.70	1,891 ± 404	2.2 ± 0.5	63.3 ± 0.1	1.9 ± 0.1	8.0 ± 0.1	58.6 ± 0.1
22	46.3 ± 0.1	16.9 ± 0.1	14.7 ± 0.68	1,676 ± 361	2.3 ± 0.5	63.4 ± 0.1	1.9 ± 0.1	9.0 ± 0.1	69.8 ± 0.1
23	45.9 ± 0.1	15.7 ± 0.1	14.6 ± 0.68	1,633 ± 353	2.1 ± 0.5	63.5 ± 0.1	1.8 ± 0.1	9.0 ± 0.1	69.8 ± 0.1
24	51.9 ± 0.1	19.7 ± 0.1	16.5 ± 0.73	2,361 ± 495	3.5 ± 0.5	64.1 ± 0.1	2.1 ± 0.1	10.5 ± 0.1	86.6 ± 0.1
25	52.3 ± 0.1	19.8 ± 0.1	16.6 ± 0.73	2,416 ± 505	3.6 ± 0.5	62.9 ± 0.1	2.1 ± 0.1	9.5 ± 0.1	75.4 ± 0.1
26	51.4 ± 0.1	19.3 ± 0.1	16.4 ± 0.72	2,293 ± 482	3.0 ± 0.5	63.1 ± 0.1	2.1 ± 0.1	9.5 ± 0.1	75.4 ± 0.1
27	49.5 ± 0.1	18.2 ± 0.1	15.8 ± 0.71	2,048 ± 434	2.7 ± 0.5	63.7 ± 0.1	2.0 ± 0.1	10.5 ± 0.1	86.6 ± 0.1
28	44.6 ± 0.1	15.8 ± 0.1	14.2 ± 0.67	1,498 ± 326	2.0 ± 0.5	63.6 ± 0.1	1.8 ± 0.1	10.5 ± 0.1	86.6 ± 0.1

Tabla 25 Datos primarios de la caracterización cuantitativa del mosto

Muestra	Descripción	Acidez total (meq/L)	Sólidos solubles (°Brix)	Cantidad de azúcar (°Brix)	Cantidad de azúcar (g/L)	pH
1	Mosto 1/A	4.84 ± 0.76	18.1 ± 0.1	18.1 ± 0.1	171.9 ± 0.1	3.5 ± 0.50
2	Mosto 1/B	4.97 ± 0.78	18.0 ± 0.1	18.0 ± 0.1	170.8 ± 0.1	3.5 ± 0.50
3	Mosto 2/A	4.84 ± 0.76	17.2 ± 0.1	17.2 ± 0.1	161.8 ± 0.1	3.5 ± 0.50
4	Mosto 2/B	4.51 ± 0.71	17.4 ± 0.1	17.4 ± 0.1	164.1 ± 0.1	4.0 ± 0.50
5	Mosto 3/A	4.84 ± 0.76	19.0 ± 0.1	19.0 ± 0.1	182.0 ± 0.1	3.5 ± 0.50
6	Mosto 3/B	4.71 ± 0.74	19.4 ± 0.1	19.4 ± 0.1	186.5 ± 0.1	4.0 ± 0.50
7	Mosto 4/A	3.87 ± 0.61	16.5 ± 0.1	16.5 ± 0.1	154.0 ± 0.1	3.5 ± 0.50
8	Mosto 4/B	4.13 ± 0.65	16.3 ± 0.1	16.3 ± 0.1	151.7 ± 0.1	4.0 ± 0.50
9	Mosto 5/A	3.74 ± 0.59	17.0 ± 0.1	17.0 ± 0.1	159.6 ± 0.1	4.0 ± 0.50
10	Mosto 5/B	3.35 ± 0.53	17.6 ± 0.1	17.6 ± 0.1	166.3 ± 0.1	3.5 ± 0.50
11	Mosto 6/A	2.97 ± 0.47	17.7 ± 0.1	17.7 ± 0.1	167.4 ± 0.1	3.5 ± 0.50
12	Mosto 6/B	2.58 ± 0.41	17.8 ± 0.1	17.8 ± 0.1	168.5 ± 0.1	4.0 ± 0.50

Tabla 26 Valoración del NaOH

Valoración	Masa de Biftalato de Potasio (g)	Gasto de NaOH (mL)	Normalidad del NaOH (meq/L)
1	0.5321 ± 0.0001	24.50 ± 0.05	0.106 ± 0.000
2	0.4997 ± 0.0001	22.35 ± 0.05	0.109 ± 0.001
3	0.5025 ± 0.0001	23.10 ± 0.05	0.107 ± 0.001

Tabla 27 Titulación del mosto

Muestra	Descripción	NaOH (mL)		
1	Mosto 1/A	7.5	±	0.1
2	Mosto 1/B	7.7	±	0.1
3	Mosto 2/A	7.5	±	0.1
4	Mosto 2/B	7.0	±	0.1
5	Mosto 3/A	7.5	±	0.1
6	Mosto 3/B	7.3	±	0.1
7	Mosto 4/A	6.0	±	0.1
8	Mosto 4/B	6.4	±	0.1
9	Mosto 5/A	5.8	±	0.1
10	Mosto 5/B	5.2	±	0.1
11	Mosto 6/A	4.6	±	0.1
12	Mosto 6/B	4.0	±	0.1

Tabla 28 Datos primarios de la caracterización cualitativa de la bebida tipo vino

Muestra	Descripción	Color	Sabor	Olor	Claridad
1	Mosto 1/A	1	1	2	1
2	Mosto 1/B	1	2	2	1
3	Mosto 2/A	3	3	3	1
4	Mosto 2/B	3	4	3	1
5	Mosto 3/A	2	2	3	2
6	Mosto 3/B	2	3	3	2
7	Mosto 4/A	3	1	2	2
8	Mosto 4/B	3	2	2	2
9	Mosto 5/A	4	4	3	2
10	Mosto 5/B	2	4	3	2
11	Mosto 6/A	3	3	3	3
12	Mosto 6/B	3	4	3	3

* Escala: Ponderación menor 1 (muy mala calidad)
Ponderación mayor 5 (excelente calidad)

Tabla 29 Ponderación de las características de la bebida tipo vino

Característica	Ponderación
Color	15%
Sabor	40%
Olor	25%
Claridad	20%
TOTAL	100%

Tabla 30 Titulación de la bebida tipo vino

Muestra	Descripción	NaOH (mL)
1	Mosto 1/A	7.7 ± 0.1
2	Mosto 1/B	7.8 ± 0.1
3	Mosto 2/A	7.4 ± 0.1
4	Mosto 2/B	7.1 ± 0.1
5	Mosto 3/A	6.8 ± 0.1
6	Mosto 3/B	6.6 ± 0.1
7	Mosto 4/A	6.4 ± 0.1
8	Mosto 4/B	6.2 ± 0.1
9	Mosto 5/A	6.6 ± 0.1
10	Mosto 5/B	7.6 ± 1.1
11	Mosto 6/A	8.6 ± 2.1
12	Mosto 6/B	9.6 ± 3.1

Tabla 31 Datos primarios de la caracterización cuantitativa de las muestras seleccionadas de la bebida tipo vino

Descripción	Gravedad específica	Acidez total (meq/L)	Sólidos solubles (°Brix)	Cantidad de azúcar (°Brix)	Cantidad de azúcar (g/L)	pH	Contenido de alcohol (%)
Mosto 2/A	0.9815 ± 0.0005	4.77 ± 0.18	8.7 ± 0.1	8.7 ± 0.1	66.3 ± 0.1	3.5 ± 0.5	9.3 ± 0.00049
Mosto 2/B	0.9810 ± 0.0005	4.58 ± 0.17	8.8 ± 0.1	8.8 ± 0.1	67.3 ± 0.1	4.0 ± 0.5	9.7 ± 0.00049
Mosto 5/A	0.9815 ± 0.0005	4.26 ± 0.19	8.6 ± 0.1	8.6 ± 0.1	65.4 ± 0.1	4.0 ± 0.5	9.3 ± 0.00049
Mosto 5/B	0.9810 ± 0.0005	4.90 ± 1.96	8.9 ± 0.1	8.9 ± 0.1	68.2 ± 0.1	4.0 ± 1.5	9.7 ± 0.00049
Mosto 6/A	0.9810 ± 0.0005	5.55 ± 3.97	8.9 ± 0.1	8.9 ± 0.1	68.6 ± 0.1	3.5 ± 2.5	9.7 ± 0.00049
Mosto 6/B	0.9810 ± 0.0005	6.19 ± 6.20	8.9 ± 0.1	8.9 ± 0.1	69.1 ± 0.1	4.5 ± 3.5	9.7 ± 0.00049

Tabla 32 Contenido de azúcar en las muestras durante la fermentación del melón

Las muestras denominadas con la letra *A* indican una concentración de levadura de 12.0 ± 0.1 g/L mientras que las muestras denominadas con la letra *B* indican una concentración de levadura de 6 ± 0.1 g/L

TIEMPO		GRADOS BRIX							
Días	Horas	Mosto 1/A	Mosto 1/B	Mosto 2/A	Mosto 2/B	Mosto 3/A	Mosto 3/B	Mosto 4/A	
0	0	18.0 \pm 0.1	18.1 \pm 0.1	17.2 \pm 0.1	17.4 \pm 0.1	19.0 \pm 0.1	19.4 \pm 0.1	16.5 \pm 0.1	
1	24	17.8 \pm 0.1	18.0 \pm 0.1	17.1 \pm 0.1	17.4 \pm 0.1	18.9 \pm 0.1	19.4 \pm 0.1	16.5 \pm 0.1	
2	48	17.7 \pm 0.1	17.8 \pm 0.1	17.0 \pm 0.1	17.3 \pm 0.1	18.8 \pm 0.1	19.3 \pm 0.1	16.2 \pm 0.1	
3	72	17.6 \pm 0.1	17.4 \pm 0.1	16.3 \pm 0.1	17.3 \pm 0.1	18.5 \pm 0.1	19.2 \pm 0.1	16.0 \pm 0.1	
4	96	17.6 \pm 0.1	16.7 \pm 0.1	15.3 \pm 0.1	17.0 \pm 0.1	17.7 \pm 0.1	18.9 \pm 0.1	15.8 \pm 0.1	
5	120	16.8 \pm 0.1	15.9 \pm 0.1	14.9 \pm 0.1	16.9 \pm 0.1	17.1 \pm 0.1	18.6 \pm 0.1	15.3 \pm 0.1	
6	144	15.7 \pm 0.1	15.0 \pm 0.1	14.4 \pm 0.1	16.8 \pm 0.1	16.3 \pm 0.1	18.5 \pm 0.1	14.9 \pm 0.1	
7	168	14.3 \pm 0.1	14.3 \pm 0.1	14.3 \pm 0.1	16.0 \pm 0.1	15.4 \pm 0.1	17.9 \pm 0.1	14.1 \pm 0.1	
8	192	13.9 \pm 0.1	13.6 \pm 0.1	13.5 \pm 0.1	15.2 \pm 0.1	14.6 \pm 0.1	17.2 \pm 0.1	13.6 \pm 0.1	
9	216	13.5 \pm 0.1	12.9 \pm 0.1	12.8 \pm 0.1	14.5 \pm 0.1	13.7 \pm 0.1	16.9 \pm 0.1	13.0 \pm 0.1	
10	240	12.6 \pm 0.1	12.5 \pm 0.1	11.6 \pm 0.1	13.8 \pm 0.1	12.9 \pm 0.1	15.8 \pm 0.1	12.2 \pm 0.1	
11	264	11.8 \pm 0.1	11.8 \pm 0.1	10.8 \pm 0.1	13.1 \pm 0.1	12.0 \pm 0.1	14.7 \pm 0.1	11.5 \pm 0.1	
12	288	11.0 \pm 0.1	11.1 \pm 0.1	10.7 \pm 0.1	12.3 \pm 0.1	11.1 \pm 0.1	14.0 \pm 0.1	10.7 \pm 0.1	
13	312	10.2 \pm 0.1	10.5 \pm 0.1	9.9 \pm 0.1	11.6 \pm 0.1	10.6 \pm 0.1	12.9 \pm 0.1	9.8 \pm 0.1	
14	336	10.1 \pm 0.1	10.0 \pm 0.1	9.3 \pm 0.1	10.9 \pm 0.1	9.9 \pm 0.1	11.6 \pm 0.1	9.5 \pm 0.1	
15	360	9.3 \pm 0.1	9.9 \pm 0.1	9.0 \pm 0.1	10.4 \pm 0.1	9.7 \pm 0.1	10.8 \pm 0.1	9.0 \pm 0.1	
16	384	9.1 \pm 0.1	9.6 \pm 0.1	8.7 \pm 0.1	9.9 \pm 0.1	9.4 \pm 0.1	10.1 \pm 0.1	8.4 \pm 0.1	
17	408	9.1 \pm 0.1	9.4 \pm 0.1	8.7 \pm 0.1	9.4 \pm 0.1	9.4 \pm 0.1	10.0 \pm 0.1	8.4 \pm 0.1	
18	432	9.1 \pm 0.1	9.0 \pm 0.1	8.7 \pm 0.1	8.8 \pm 0.1	9.4 \pm 0.1	9.6 \pm 0.1	8.4 \pm 0.1	
19	456	9.1 \pm 0.1	9.0 \pm 0.1	8.7 \pm 0.1	8.8 \pm 0.1	9.4 \pm 0.1	9.6 \pm 0.1	8.4 \pm 0.1	
20	480	9.1 \pm 0.1	9.0 \pm 0.1	8.7 \pm 0.1	8.8 \pm 0.1	9.4 \pm 0.1	9.6 \pm 0.1	8.4 \pm 0.1	
Días	Horas	Mosto 4/B	Mosto 5/A	Mosto 5/B	Mosto 6/A	Mosto 6/B	Mosto 7/A	Mosto 7/B	
0	0	16.3 \pm 0.1	17.0 \pm 0.1	17.4 \pm 0.1	17.6 \pm 0.1	17.8 \pm 0.1	12.3 \pm 0.1	12.1 \pm 0.1	
1	24	16.2 \pm 0.1	17.0 \pm 0.1	17.4 \pm 0.1	17.6 \pm 0.1	17.8 \pm 0.1	12.1 \pm 0.1	12.1 \pm 0.1	
2	48	16.2 \pm 0.1	16.9 \pm 0.1	17.3 \pm 0.1	17.0 \pm 0.1	17.6 \pm 0.1	12.1 \pm 0.1	12.1 \pm 0.1	
3	72	15.7 \pm 0.1	16.1 \pm 0.1	17.1 \pm 0.1	16.3 \pm 0.1	17.4 \pm 0.1	12.0 \pm 0.1	12.0 \pm 0.1	
4	96	15.5 \pm 0.1	15.6 \pm 0.1	16.9 \pm 0.1	15.8 \pm 0.1	16.3 \pm 0.1	11.8 \pm 0.1	11.8 \pm 0.1	
5	120	14.9 \pm 0.1	14.9 \pm 0.1	16.7 \pm 0.1	15.0 \pm 0.1	16.0 \pm 0.1	11.3 \pm 0.1	11.1 \pm 0.1	
6	144	14.7 \pm 0.1	14.0 \pm 0.1	15.8 \pm 0.1	14.1 \pm 0.1	15.9 \pm 0.1	10.5 \pm 0.1	10.6 \pm 0.1	
7	168	14.5 \pm 0.1	13.4 \pm 0.1	15.1 \pm 0.1	13.3 \pm 0.1	15.5 \pm 0.1	10.4 \pm 0.1	10.0 \pm 0.1	
8	192	14.0 \pm 0.1	12.8 \pm 0.1	14.4 \pm 0.1	12.9 \pm 0.1	14.7 \pm 0.1	9.8 \pm 0.1	9.9 \pm 0.1	
9	216	13.2 \pm 0.1	12.3 \pm 0.1	13.9 \pm 0.1	11.7 \pm 0.1	13.8 \pm 0.1	9.3 \pm 0.1	9.3 \pm 0.1	
10	240	12.6 \pm 0.1	11.6 \pm 0.1	13.0 \pm 0.1	11.3 \pm 0.1	13.1 \pm 0.1	8.8 \pm 0.1	8.7 \pm 0.1	
11	264	11.9 \pm 0.1	11.1 \pm 0.1	12.4 \pm 0.1	10.6 \pm 0.1	12.3 \pm 0.1	8.7 \pm 0.1	8.5 \pm 0.1	
12	288	11.5 \pm 0.1	10.3 \pm 0.1	11.7 \pm 0.1	10.0 \pm 0.1	11.6 \pm 0.1	8.6 \pm 0.1	8.0 \pm 0.1	
13	312	10.8 \pm 0.1	9.2 \pm 0.1	10.9 \pm 0.1	9.5 \pm 0.1	10.9 \pm 0.1	7.9 \pm 0.1	7.7 \pm 0.1	
14	336	10.2 \pm 0.1	9.0 \pm 0.1	10.4 \pm 0.1	9.3 \pm 0.1	10.4 \pm 0.1	7.4 \pm 0.1	7.5 \pm 0.1	
15	360	9.7 \pm 0.1	8.8 \pm 0.1	9.9 \pm 0.1	9.0 \pm 0.1	9.7 \pm 0.1	6.9 \pm 0.1	7.1 \pm 0.1	
16	384	9.0 \pm 0.1	8.6 \pm 0.1	9.3 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	9.3 \pm 0.1	6.6 \pm 0.1	7.1 \pm 0.1	
17	408	8.5 \pm 0.1	8.6 \pm 0.1	9.2 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	9.3 \pm 0.1	6.6 \pm 0.1	6.9 \pm 0.1	
18	432	8.3 \pm 0.1	8.6 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	6.6 \pm 0.1	6.2 \pm 0.1	
19	456	8.3 \pm 0.1	8.6 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	6.6 \pm 0.1	6.2 \pm 0.1	
20	480	8.3 \pm 0.1	8.6 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	8.9 \pm 0.1	6.6 \pm 0.1	6.2 \pm 0.1	

Gráfica 3 Concentración de azúcar en las muestras durante la fermentación del melón

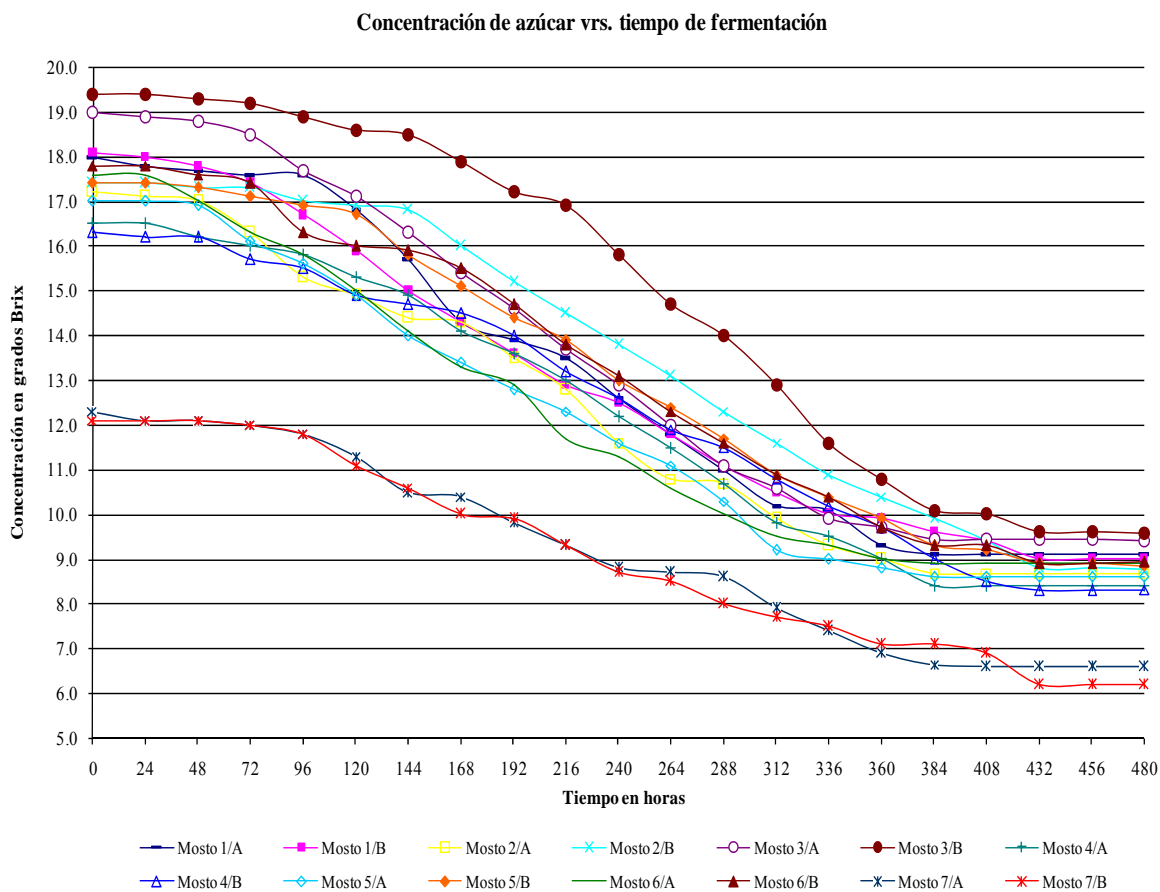
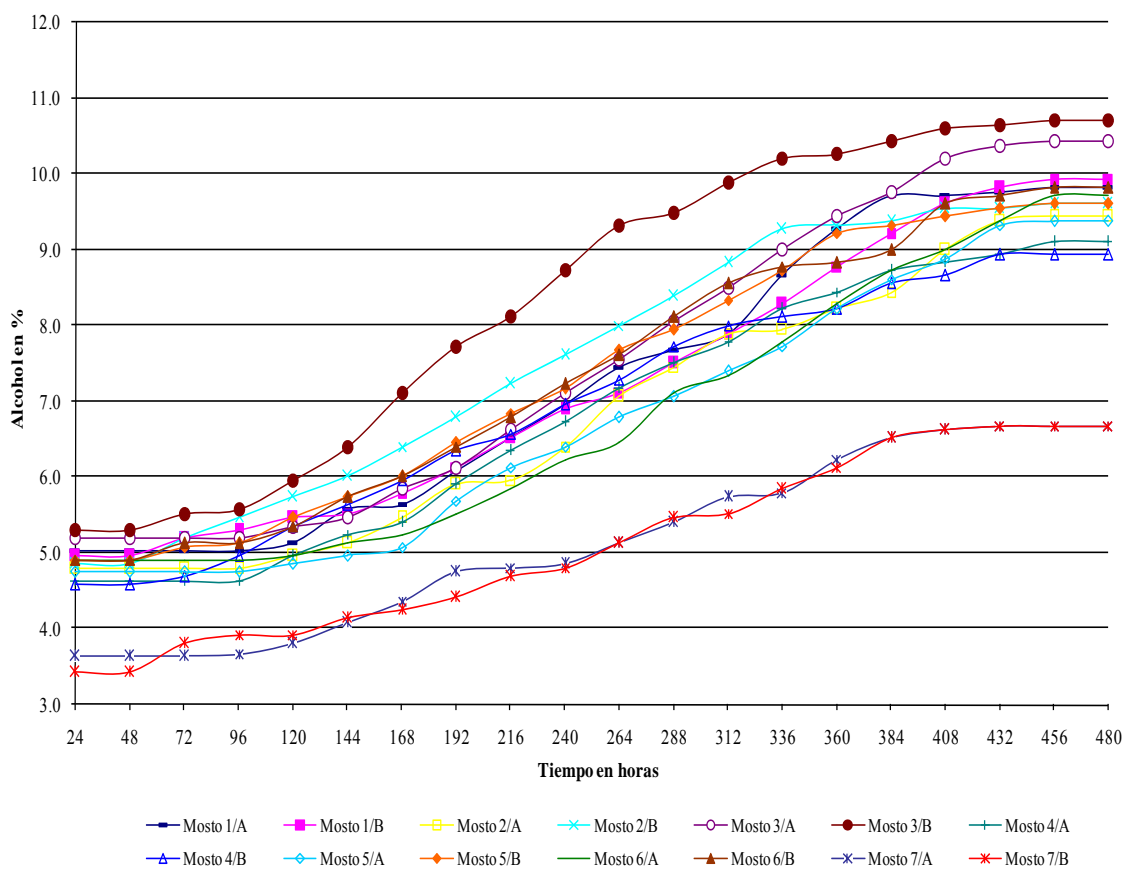


Tabla 33 Contenido de alcohol en las muestras durante la fermentación del melón

TIEMPO		% ALCOHOL							
Días	Horas	Mosto 1/A	Mosto 1/B	Mosto 2/A	Mosto 2/B	Mosto 3/A	Mosto 3/B	Mosto 4/A	
1	24	5.0 ± 0.12	5.0 ± 0.12	4.8 ± 0.12	4.9 ± 0.12	5.2 ± 0.12	5.3 ± 0.12	4.6 ± 0.11	
2	48	5.0 ± 0.12	5.0 ± 0.12	4.8 ± 0.12	4.9 ± 0.12	5.2 ± 0.12	5.3 ± 0.12	4.6 ± 0.11	
3	72	5.0 ± 0.12	5.2 ± 0.12	4.8 ± 0.12	5.2 ± 0.12	5.2 ± 0.12	5.5 ± 0.13	4.6 ± 0.12	
4	96	5.0 ± 0.12	5.3 ± 0.13	4.8 ± 0.12	5.5 ± 0.13	5.2 ± 0.12	5.6 ± 0.13	4.6 ± 0.12	
5	120	5.1 ± 0.12	5.5 ± 0.13	5.0 ± 0.13	5.7 ± 0.14	5.4 ± 0.13	6.0 ± 0.14	5.0 ± 0.12	
6	144	5.6 ± 0.14	5.5 ± 0.14	5.1 ± 0.13	6.0 ± 0.15	5.5 ± 0.13	6.4 ± 0.15	5.2 ± 0.13	
7	168	5.6 ± 0.14	5.8 ± 0.15	5.5 ± 0.14	6.4 ± 0.16	5.9 ± 0.14	7.1 ± 0.17	5.4 ± 0.14	
8	192	6.1 ± 0.16	6.1 ± 0.16	5.9 ± 0.16	6.8 ± 0.17	6.1 ± 0.16	7.7 ± 0.18	5.9 ± 0.16	
9	216	6.5 ± 0.17	6.5 ± 0.18	6.0 ± 0.16	7.2 ± 0.19	6.6 ± 0.17	8.1 ± 0.20	6.3 ± 0.17	
10	240	7.0 ± 0.19	6.9 ± 0.19	6.4 ± 0.18	7.6 ± 0.20	7.1 ± 0.19	8.7 ± 0.21	6.7 ± 0.19	
11	264	7.5 ± 0.21	7.1 ± 0.20	7.1 ± 0.21	8.0 ± 0.22	7.6 ± 0.21	9.3 ± 0.23	7.2 ± 0.21	
12	288	7.7 ± 0.22	7.5 ± 0.22	7.5 ± 0.23	8.4 ± 0.23	8.1 ± 0.23	9.5 ± 0.25	7.5 ± 0.22	
13	312	7.9 ± 0.24	7.9 ± 0.24	7.9 ± 0.24	8.8 ± 0.25	8.5 ± 0.26	9.9 ± 0.26	7.8 ± 0.24	
14	336	8.7 ± 0.27	8.3 ± 0.26	7.9 ± 0.25	9.3 ± 0.27	9.0 ± 0.28	10.2 ± 0.28	8.2 ± 0.26	
15	360	9.3 ± 0.29	8.8 ± 0.28	8.2 ± 0.27	9.3 ± 0.28	9.4 ± 0.30	10.3 ± 0.30	8.4 ± 0.27	
16	384	9.7 ± 0.32	9.2 ± 0.29	8.4 ± 0.28	9.4 ± 0.29	9.8 ± 0.31	10.4 ± 0.32	8.7 ± 0.29	
17	408	9.7 ± 0.32	9.6 ± 0.31	9.0 ± 0.31	9.5 ± 0.30	10.2 ± 0.33	10.6 ± 0.33	8.8 ± 0.30	
18	432	9.8 ± 0.32	9.8 ± 0.32	9.4 ± 0.32	9.5 ± 0.31	10.4 ± 0.34	10.7 ± 0.34	8.9 ± 0.31	
19	456	9.8 ± 0.33	9.9 ± 0.33	9.4 ± 0.32	9.6 ± 0.32	10.4 ± 0.34	10.7 ± 0.35	9.1 ± 0.31	
20	480	9.8 ± 0.33	9.9 ± 0.33	9.4 ± 0.32	9.6 ± 0.32	10.4 ± 0.34	10.7 ± 0.35	9.1 ± 0.31	
Días	Horas	Mosto 4/B	Mosto 5/A	Mosto 5/B	Mosto 6/A	Mosto 6/B	Mosto 7/A	Mosto 7/B	
1	24	4.6 ± 0.11	4.7 ± 0.12	4.9 ± 0.12	4.9 ± 0.12	4.9 ± 0.12	3.6 ± 0.10	3.4 ± 0.10	
2	48	4.6 ± 0.11	4.7 ± 0.12	4.9 ± 0.12	4.9 ± 0.12	4.9 ± 0.12	3.6 ± 0.10	3.4 ± 0.10	
3	72	4.7 ± 0.12	4.7 ± 0.12	5.1 ± 0.12	4.9 ± 0.12	5.1 ± 0.12	3.6 ± 0.10	3.8 ± 0.11	
4	96	5.0 ± 0.13	4.8 ± 0.12	5.1 ± 0.12	4.9 ± 0.12	5.1 ± 0.12	3.7 ± 0.11	3.9 ± 0.11	
5	120	5.4 ± 0.14	4.9 ± 0.12	5.5 ± 0.13	5.0 ± 0.12	5.4 ± 0.13	3.8 ± 0.11	3.9 ± 0.11	
6	144	5.6 ± 0.15	5.0 ± 0.13	5.7 ± 0.14	5.1 ± 0.13	5.7 ± 0.14	4.1 ± 0.12	4.1 ± 0.12	
7	168	6.0 ± 0.16	5.1 ± 0.14	6.0 ± 0.15	5.2 ± 0.14	6.0 ± 0.15	4.4 ± 0.13	4.2 ± 0.13	
8	192	6.3 ± 0.17	5.7 ± 0.16	6.5 ± 0.17	5.5 ± 0.15	6.4 ± 0.16	4.7 ± 0.15	4.4 ± 0.14	
9	216	6.6 ± 0.18	6.1 ± 0.17	6.8 ± 0.18	5.9 ± 0.16	6.8 ± 0.18	4.8 ± 0.15	4.7 ± 0.15	
10	240	7.0 ± 0.19	6.4 ± 0.18	7.2 ± 0.19	6.2 ± 0.18	7.2 ± 0.19	4.9 ± 0.16	4.8 ± 0.16	
11	264	7.3 ± 0.21	6.8 ± 0.20	7.7 ± 0.21	6.5 ± 0.19	7.6 ± 0.21	5.1 ± 0.17	5.1 ± 0.17	
12	288	7.7 ± 0.22	7.1 ± 0.21	7.9 ± 0.23	7.1 ± 0.22	8.1 ± 0.23	5.4 ± 0.18	5.5 ± 0.19	
13	312	8.0 ± 0.24	7.4 ± 0.23	8.3 ± 0.24	7.3 ± 0.23	8.6 ± 0.25	5.7 ± 0.20	5.5 ± 0.20	
14	336	8.1 ± 0.25	7.7 ± 0.25	8.7 ± 0.26	7.8 ± 0.25	8.8 ± 0.27	5.8 ± 0.21	5.9 ± 0.21	
15	360	8.2 ± 0.26	8.2 ± 0.27	9.2 ± 0.29	8.3 ± 0.27	8.8 ± 0.27	6.2 ± 0.23	6.1 ± 0.22	
16	384	8.6 ± 0.27	8.6 ± 0.29	9.3 ± 0.30	8.7 ± 0.29	9.0 ± 0.29	6.5 ± 0.25	6.5 ± 0.24	
17	408	8.7 ± 0.29	8.9 ± 0.30	9.4 ± 0.31	9.0 ± 0.30	9.6 ± 0.31	6.6 ± 0.26	6.6 ± 0.25	
18	432	8.9 ± 0.31	9.3 ± 0.32	9.5 ± 0.31	9.4 ± 0.31	9.7 ± 0.32	6.7 ± 0.26	6.7 ± 0.25	
19	456	8.9 ± 0.31	9.4 ± 0.32	9.6 ± 0.32	9.7 ± 0.33	9.8 ± 0.33	6.7 ± 0.26	6.7 ± 0.27	
20	480	8.9 ± 0.31	9.4 ± 0.32	9.6 ± 0.32	9.7 ± 0.33	9.8 ± 0.33	6.7 ± 0.26	6.7 ± 0.27	

Gráfica 4 Concentración de alcohol en las muestras durante la fermentación del melón

Concentración de alcohol vrs. tiempo



B. Bases de diseño

Las bases de diseño se basaron en el estudio de mercado publicado por la oficina de economía y comercio de la embajada de España.

1. Mercado objetivo. Hogares urbanos de clase media con ingreso mensual promedio mayor a los US \$. 900.00 y menor a los US \$. 1,500.00. Según el último censo poblacional, el mercado objetivo que encaja dentro de esta descripción es del 21.6 % según se ilustra en la tabla siguiente

Tabla 34 Hogares con poder de compra

Tipo de vino	% de hogares	No. de hogares	Botellas de vino mensual por hogar	Consumo total de vino mensual
Vino regular de uva	21.6%	223,985	2.5	559,962
Vino de otras frutas	21.6%	223,985	0.0125	2,800

2. Especificaciones del producto. El producto a elaborar es una bebida tipo vino joven y dulce de melón con un contenido de alcohol de aproximadamente 10° Brix.

Tabla 35 Propiedades del vino

PROPIEDAD	RANGO
Densidad	975 – 990 Kg/m ³
pH	3.0 – 4.5
Color	Anaranjado pálido
Sabor	Dulce, afrutado
Fragancia	Dulce, melón

3. Presentación del producto. El producto se distribuirá en botellas de 750 ml.

4. Materias primas. Las materias primas a utilizar en la elaboración y distribución de la bebida tipo vino de melón describen a continuación, así mismo se indica la cantidad requerida en porcentajes y la cantidad requerida mensualmente en kilogramos o litros de las mismas.

Tabla 36 Porcentaje de materia prima a utilizar en la elaboración de la bebida tipo vino de melón

Materia prima	Porcentaje por lote (%)	Cantidad por lote (Kg)
Mosto de melón	73.32%	1,033.70
Azúcar	13.77%	194.17
Levadura	0.82%	11.58
Agua	12.08%	170.33
Sulfito de Sodio	0.02%	0.34
TOTAL	100.00%	1,409.78

5. Capacidad de producción. Se trabajaran en un sistema de ciclos, durando cada ciclo 31 días y teniendo 11 ciclos por año, el personal será temporal utilizando la mayor cantidad de personal durante la primera etapa del proceso y disminuyendo durante las etapas de fermentación y clarificación. La planta tendrá 341 días de producción por año.

Tabla 37 Capacidad de producción de la planta

Descripción	Cantidad
Total de frutos cosechados al año	98000
Total de frutos tipo «C» al año	14700
Jugo por fruto en litros (estimado)	1.75
Peso por fruto en kilogramos	2.7
Botellas a producir	3028
Jugo necesitado en litros	2271
Frutos necesitados	1298
Kg necesitados	3504.6
Galones de producción por lote	600
Ciclos de producción por año	11

Tabla 38 Tiempos de producción por ciclo

Etapas	Tiempo (hr)
Lavado y pelado	5.0
Despulpado	3.5
Transporte	2.4
Fermentación	408.0
Clarificación	312.0
Filtración	3.2
Traslado a añejamiento	2.3
TOTAL HORAS	736.3
TOTAL DÍAS	31.0

C. Diseño de equipo y balances de masa y energía

Después de establecidas las bases de diseño, se procedió a diseñar el equipo, a continuación se encuentran las tablas con los datos obtenidos para el diseño de dicho equipo.

Tabla 39 Espesor de pared recomendados para tanques sobre el nivel del piso*

Tanques horizontales						
Capacidad (Litros)	Espesor (cm)					
	Diámetro máximo (cm)	Espesor mínimo del metal (cm)				
		Acero al carbón		Acero inoxidable		
1800	121.92	0.236		0.18		
2000 – 4000	162.56	0.312		0.218		
4001 - 34000	193.04	0.424		0.292		
34001 - 132500	365.76	0.609		0.401		
132501 - 189250	365.76	0.627		0.609		
Tanques verticales						
Capacidad (Litros)	Espesor (cm)					
	Acero al carbón			Acero inoxidable		
	Coraza	Fondo	Tapa	Coraza	Fondo	Tapa
< 4000	0.236	0.236	0.218	0.236	0.218	0.218
> 4000	0.424	0.609	0.292	0.312	0.401	0.086

*Underwriters Laboratory, Inc., UL 142, "Steel aboveground Tanks for Flammable and Combustible Liquids." (1984)

Tabla 40 Tamaño del reactor

Descripción	Valor	Unidad
Capacidad	300	Galones
Capacidad	3.785	L/gal
Capacidad	1.1355	m ³
Densidad del mosto	1071.6	Kg/m ³
Capacidad	1216.8018	Kg
Radio nominal	0.55	M
Altura	2.5	M
Espesor	4.0	Mm

Tabla 41 Diseño de chaqueta

Se realizó utilizando un método iterativo. Los datos de conductividad térmica, coeficientes de transferencia de calor interno, entalpía y densidad del vapor fueron obtenidos del Manual del Ingeniero Químico, Perry 1999.

Dato	Símbolo	Unidades	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4	Valor 5	Valor 6
conductividad térmica tubo	k	W/m K	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	15.40
radio interno preliminar	rip	m	0.45	0.63	0.69	0.71	0.71	0.72
radio externo preliminar	rop	m	0.46	0.64	0.70	0.72	0.72	0.73
T vapor	Tv	°C	162.29	162.29	162.29	162.29	162.29	162.29
T aire	Ta	°C	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
Coeficiente de transferencia de calor interno	hci	W/m ² K	120000.00	120000.00	120000.00	120000.00	120000.00	120000.00
Coeficiente de transferencia de calor externo	hco	W/m ² K	27.24	27.24	27.24	27.24	27.24	27.24
Resistencia interna	Ri	m K/W	2.92E-06	2.11E-06	1.93E-06	1.87E-06	1.86E-06	1.85E-06
Resistencia de tubo	R2	m K/W	2.41E-04	1.74E-04	1.59E-04	1.55E-04	1.54E-04	1.43E-04
Resistencia externa	Ro	m K/W	1.26E-02	9.14E-03	8.37E-03	8.14E-03	8.07E-03	8.05E-03
Calor perdido por unidad de longitud	q/L	J/m s	11332.65	15590.38	17035.86	17511.17	17665.87	17737.57
Longitud determinada	L	m	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
Factor de conversión	F	s/J	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	4.60
Calor perdido total	qt	kJ/h	19265.50	26503.64	28960.96	29768.99	30031.97	30153.87
Calor requerido para calentamiento mosto	Q	kJ/h	51241.96	51241.96	51241.96	51241.96	51241.96	51241.96
Calor total requerido	QT	kJ/h	70507.46	77745.60	80202.92	81010.94	81273.93	81395.83
Entalpía del vapor	l	kJ/kg	2758.87	2758.87	2758.87	2758.87	2758.87	2758.87
Densidad del vapor	r	kg/m ³	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Masa de vapor requerida	Mv	kg	25.56	28.18	29.07	29.36	29.46	29.50
Volumen de vapor	Vv	m ³	7.47	8.24	8.50	8.59	8.62	8.63
Radio interno nuevo	rin	m	0.63	0.69	0.71	0.71	0.72	0.72
Espesor	B	m	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Radio externo nuevo	ron	m	0.64	0.70	0.72	0.72	0.73	0.73

Tabla 42 Producción de CO₂

Nótese que se trató el gas como un gas ideal ya que la desviación no es significativa para los fines prácticos de este trabajo.

DATO	VALOR	UNIDADES
Moles azúcar	1076.44	mol
Moles CO ₂	2152.89	mol
Masa azúcar	193.93	Kg
Cantidad azúcar	18	°Brix
Constante de gases	0.8205784	atm L / mol K
Temperatura	303.15	K
Volumen	510046.2443	L
Presión	1.05	atm
Conversión azúcar	0.265707	Kg/h
Conversión azúcar	1.47	mol/h
Conversión CO ₂	2.95	mol/h
Volumen real	698.82	L/h
Volumen real	0.70	m ³ /h
Densidad CO ₂	468	Kg/m ³
Masa CO ₃	327.05	Kg/h

Tabla 43 Balance de masa

EQUIPO	ENTRADA		SALIDA		PÉRDIDAS	
	DESCRIPCIÓN	Kg	DESCRIPCIÓN	Kg	DESCRIPCIÓN	%
Lavado y pelado	Fruto entero	3,504.60	Fruta lavada	3,254.14	Cáscara	7%
Despulpado	Fruta lavada	3,254.14	Jugo de fruta	2,433.60	Bagazo	25%
Fermentación	Mosto	2,460.86	Vino y levadura	1,974.13	Sedimentos	20%
Clarificación	Vino y levadura	2,072.84	Vino clarificado	1,875.42	Flóculos	10%
Añejamiento	Vino clarificado	1,875.42	Vino añejo	1,800.41	Sedimentos	4%
Rectificación	Vino añejo aditivos	1,809.41	Vino rectificado	1,791.31	Residuos	1%
Filtrado	Vino rectificado	1,791.31	Vino terminado	1,704.98	Residuos	5%
Embotellado	Vino terminado	1,704.98	Producto terminado	1,670.88	Residuos	2%
Fermentación	Vapor	146.82	Condensado	146.82		
Fermentación	Agua	2,760.27	Agua	2,760.27		

El balance general de masa del proceso se obtiene a partir de la ecuación general de balance:

$$\text{Entrada} + \text{Acumulación o Pérdida} = \text{Salida}$$

Tabla 44 Balance de energía en el calentamiento de mosto

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDADES
Masa mosto	2433.6036	Kg
Cp mosto	3.76	KJ/Kg K
T1 mosto	22	°C
T2 mosto	50	°C
Longitud chaqueta	1.70	M
Resistencia interna	1.8739E-06	m/K W
Resistencia del tubo	0.000155065	m/K W
Resistencia del aire	0.008140052	m/K W
Temperatura vapor	162.29	°C
Temperatura aire	17.00	°C
Masa del vapor	146.8190653	Kg
Entalpía del vapor	2758.87	KJ/Kg

Tabla 45 Balance de energía en el enfriamiento para inactivación de levaduras

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDADES
Masa vino	2227.851	Kg
Cp vino	4.12	KJ/Kg K
T1 vino	32	°C
T2 vino	22	°C
Longitud chaqueta	1.70	M
Resistencia interna	1.23817E-05	m/K W
Resistencia del tubo	0.000153698	m/K W
Resistencia del aire	0.00806878	m/K W
Temperatura agua	20.00	°C
Temperatura aire	17.00	°C
Masa del agua	2760.27	Kg
Cp agua	4.18	KJ/Kg
T1 agua	20	°C
T2 agua	24.03131572	°C

Ecuaciones del balance de energía:

Se obtuvo como resultado dos balances de energía, uno para el calentamiento del mosto y otro para la inactivación de las levaduras al terminar la fermentación siguiendo la ecuación general de balance descrita anteriormente.

Balance de energía para el calentamiento

Calor requerido + Calor perdido = Calor entregado Ecuación 26

$$m_m C_{p_m} \Delta T_m + \frac{\Delta T_v h}{R_1 + R_2 + R_3} = m_v \lambda_v$$

$$256,209.79 \pm 1,895 KJ + 148,844.93 \pm 9,615 KJ = 405,054.72 \pm 27,550 KJ$$

$$405,054.72 \pm 20,349 KJ = 405,054.72 \pm 27,550 KJ$$

Balance de energía para el enfriamiento

Calor en exceso + Calor perdido = Calor removido Ecuación 27

$$m_V C_{p_V} \Delta T_V + \frac{\Delta T_a h}{R_1 + R_2 + R_3} = m_a C_{p_a} \Delta T_a$$

$$87,198.09 \pm 6,103KJ + 1,238.62 \pm 79KJ = 88,436.70 \pm 1,836KJ$$

$$88,436.7 \pm 6,104KJ = 88,436.7 \pm 1,836KJ$$

D. Primera corrida de laboratorio

Tabla 46 Corrida 1: Análisis cuantitativo del mosto

Muestra	Sólidos solubles (°Brix)	Cantidad de azúcar (°Brix)	Cantidad de azúcar (g/L)	pH
1	19.0 ± 0.1	19.0 ± 0.1	182.0 ± 0.1	3.0 ± 0.50
2	18.9 ± 0.1	18.9 ± 0.1	180.9 ± 0.1	3.5 ± 0.50
3	19.4 ± 0.1	19.4 ± 0.1	186.5 ± 0.1	4.0 ± 0.50

Tabla 47 Corrida 1: Análisis cualitativo de la bebida tipo vino

Muestra	Color	Sabor	Olor	Claridad	Calificación ponderada
1	1	1	2	1	1
2	1	2	3	1	2
3	2	1	2	1	1

* Escala: Ponderación menor 1 (muy mala calidad) - Ponderación mayor 5 (excelente calidad)
 ** Escala: Ponderación menor 1 (sin mucho sabor) – Ponderación mayor 3 (sabor muy dulce)

Tabla 48 Corrida 1: Análisis cuantitativo de la bebida tipo vino

Muestra	Cantidad de azúcar (°Brix)	Cantidad de azúcar (g/L)	Contenido de alcohol (%)	pH
1	11.0 ± 0.1	74.6 ± 0.1	5.5 ± 0.00049	3.5 ± 0.5
2	10.3 ± 0.1	74.2 ± 0.1	5.1 ± 0.00049	4.0 ± 0.5
3	10.7 ± 0.1	76.5 ± 0.1	5.3 ± 0.00049	4.0 ± 0.5

Tabla 49 Corrida 1: Tiempo de fermentación de las muestras

TIEMPO		GRADOS BRIX					
Días	Horas	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
0	0	19.0	± 0.1	18.9	± 0.1	19.4	± 0.1
1	24	19.0	± 0.1	18.9	± 0.1	19.4	± 0.1
2	48	19.0	± 0.1	18.9	± 0.1	19.4	± 0.1
3	72	19.0	± 0.1	18.9	± 0.1	19.4	± 0.1
4	96	19.0	± 0.1	18.9	± 0.1	19.4	± 0.1
5	120	19.0	± 0.1	18.9	± 0.1	19.4	± 0.1
6	144	18.9	± 0.1	18.9	± 0.1	19.4	± 0.1
7	168	18.7	± 0.1	18.9	± 0.1	19.3	± 0.1
8	192	18.6	± 0.1	18.7	± 0.1	19.0	± 0.1
9	216	18.5	± 0.1	18.5	± 0.1	18.7	± 0.1
10	240	18.3	± 0.1	18.3	± 0.1	18.3	± 0.1
11	264	18.1	± 0.1	18.1	± 0.1	17.9	± 0.1
12	288	18.0	± 0.1	17.8	± 0.1	17.4	± 1.1
13	312	17.5	± 0.1	17.3	± 0.1	17.1	± 2.1
14	336	17.0	± 0.1	17.0	± 0.1	17.0	± 3.1
15	360	16.5	± 0.1	16.4	± 0.1	16.8	± 4.1
16	384	16.0	± 0.1	15.7	± 0.1	16.6	± 5.1
17	408	15.5	± 0.1	15.3	± 0.1	16.0	± 6.1
18	432	14.9	± 0.1	15.0	± 0.1	15.8	± 7.1
19	456	14.4	± 0.1	14.9	± 0.1	15.5	± 8.1
20	480	14.4	± 0.1	14.4	± 0.1	15.3	± 9.1
21	504	14.0	± 0.1	13.8	± 0.1	15.0	± 10.1
22	528	13.7	± 0.1	13.7	± 0.1	14.7	± 11.1
23	552	13.4	± 0.1	13.5	± 0.1	14.4	± 12.1
24	576	13.3	± 0.1	13.1	± 0.1	13.9	± 13.1
25	600	13.2	± 0.1	13.0	± 0.1	13.7	± 14.1
26	624	13.0	± 0.1	12.8	± 0.1	13.5	± 15.1
27	648	12.7	± 0.1	12.7	± 0.1	13.2	± 16.1
28	672	12.6	± 0.1	12.5	± 0.1	12.9	± 17.1
29	696	12.3	± 0.1	12.3	± 0.1	12.7	± 18.1
30	720	12.0	± 0.1	12.1	± 0.1	12.5	± 19.1
31	744	12.0	± 0.1	12.0	± 0.1	12.2	± 20.1
32	768	11.8	± 0.1	11.7	± 0.1	11.8	± 21.1
33	792	11.6	± 0.1	11.5	± 0.1	11.3	± 22.1
34	816	11.6	± 0.1	11.3	± 0.1	11.1	± 23.1
35	840	11.3	± 0.1	10.9	± 0.1	10.9	± 24.1
36	864	11.2	± 0.1	10.7	± 0.1	10.9	± 25.1
37	888	11.1	± 0.1	10.5	± 0.1	10.8	± 26.1
38	912	11.0	± 0.1	10.4	± 0.1	10.7	± 27.1
39	936	11.0	± 0.1	10.3	± 0.1	10.7	± 28.1

E. Muestro y propagación de error

1. Muestreo y tamaño de muestra. Los conceptos que se deben conocer antes de proceder al cálculo de la muestra son:

- **Población:** conjunto de individuos o elementos que le podemos observar, medir una característica o atributo.

- **Muestra:** parte representativa de la población. La muestra debe obtener toda la información deseada para tener la posibilidad de extraerla.

- **Parámetro:** son las medidas o datos que se obtienen sobre la distribución de probabilidades de la población, tales como la media, la varianza, la proporción, etc.

- **Estadístico:** los datos o medidas que se obtienen sobre una muestra y por lo tanto una estimación de los parámetros.

- **Error muestral, de estimación o estándar:** Es la diferencia entre un estadístico y su parámetro correspondiente. Es una medida de la variabilidad de las estimaciones de muestras repetidas en torno al valor de la población.

- **Nivel de confianza:** probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad. Cualquier información que se quiera recoger está distribuida según una ley de probabilidad, así se llama nivel de confianza a la probabilidad de que el intervalo construido en torno a un estadístico capte el verdadero valor del parámetro.

- **Varianza poblacional:** cuando una población es más homogénea la varianza es menor y el número de entrevistas necesarias para construir un modelo reducido del universo, o de la población, será más pequeño. Generalmente es un valor desconocido y hay que estimarlo a partir de datos de estudios previos.

Para que los resultados obtenidos de los datos muestrales se puedan extender a la población, la muestra debe ser representativa de la población en lo que se refiere a la característica en estudio, o sea, la distribución de la característica en la muestra debe ser aproximadamente igual a la distribución de la característica en la población. La representatividad en estadística se logra con el tipo de muestreo adecuado que siempre incluye la aleatoriedad en la selección de los elementos de la población que formarán la muestra. El método de selección más sencillo es el muestreo aleatorio simple: es aquel en que cada

elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado para integrar la muestra. Existen dos formas de extraer una muestra de una población: con reposición y sin reposición.

- **Muestreo con reposición:** es aquel en que un elemento puede ser seleccionado más de una vez en la muestra para ello se extrae un elemento de la población se observa y se devuelve a la población, por lo que de esta forma se pueden hacer infinitas extracciones de la población aun siendo esta finita.

- **Muestreo sin reposición:** no se devuelve los elementos extraídos a la población hasta que no se hallan extraídos todos los elementos de la población que conforman la muestra.

Para determinar el tamaño de la muestra cuando los datos son cualitativos o cuando se utilizan escalas nominales para verificar la ausencia o presencia del fenómeno a estudiar, se recomienda la utilización de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{n'}{1 + n'/N}$$

Ecuación 28

siendo

$$n' = \frac{s^2}{\sigma^2}$$

Ecuación 29

sabiendo que:

σ^2 es la varianza de la población respecto a determinadas variables.

s^2 es la varianza de la muestra, la cual podrá determinarse en términos de probabilidad como

$$s^2 = p(1 - p)$$

se es el error estándar que está dado por la diferencia entre $(\mu - \bar{x})$ la media poblacional y la media muestral.

$(se)^2$ es el error estándar al cuadrado, que determina σ^2 , por lo que $\sigma^2 = (se)^2$ es la varianza poblacional

2. Propagación de error

• **Suma o resta.** Las incertidumbres para sumas o restas de datos se obtuvieron en base a la siguiente ecuación (en caso de que uno de los datos sea un valor teórico, se tomó cero como su incertidumbre):

$$Y = a + b + c$$

$$s_y = \sqrt{s_a^2 + s_b^2 + s_c^2} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde s_a , s_b y s_c son las incertidumbres de los datos a, b y c respectivamente.

• **Multiplicación o división.** Las incertidumbres para multiplicación o división se obtuvieron en base a la siguiente ecuación (en caso de que uno de los datos sea un valor teórico, se toma como cero como su incertidumbre):

$$Y = a * b/c$$

$$s_y = y \sqrt{\frac{s_a^2}{a} + \frac{s_b^2}{b} + \frac{s_c^2}{c}} \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde s_a , s_b y s_c son las incertidumbres de los datos a, b y c respectivamente.