

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

El vinagre desde la antigüedad se ha caracterizado por ser un producto usado ampliamente como condimento y a su vez como conservante para otros alimentos, deriva de vino ácido (del t Francés vinagre= vin “vino”, más agrio “acido” o cortado) (WEISER, 1962). En los últimos años este producto ha sido producido para otorgar valor adicional y para dar un mejor uso a residuos agroindustriales.

La legislación española (R.D 2070/1993. B.O.E.; 8/12.1993) define al vinagre como, el líquido apto para el consumo humano resultante de la fermentación alcohólica y acética de productos de origen agrario que contengan azúcares y sustancias amiláceas.

La FAO lo define como un líquido ajustado para el consumo humano producido por materias primas de origen agrícola, que contienen almidón y azúcares, por un proceso de doble fermentación (alcohólica y acética) y conteniendo una cantidad específica de ácido acético.

Es una solución acuosa de ácido acético que se obtiene a partir de una doble fermentación, primero se realiza la fermentación alcohólica en este caso de mostos de fruta, mediante la acción de levaduras del genero *Saccharomyces*, posteriormente se da una fermentación acética de la solución diluida de alcohol que se obtiene en la primera etapa, esta fermentación se da a partir de la oxidación del alcohol mediante bacterias del genero *Acetobacter*.

El proceso de fermentación involucra la producción de ácido acético, que es bacteriostático y/o bactericida dependiendo de su concentración. Por esto la fermentación acética, como la alcohólica, pueden ser utilizadas en procesos de preservación de alimentos. (STEINKRAUS, 1997).

1.2 PERSPECTIVAS DEL MERCADO DE LOS VINAGRES

En cada país se utilizan las materias primas naturales disponibles y a la medida de los gustos de cada región. En Estados Unidos se utiliza principalmente el vinagre de cereales y de sidra. En Latinoamérica, el vinagre de alcohol de caña. En Japón y otros países Asiáticos se utiliza en mayor medida el vinagre de arroz. En Europa predomina el de vino y el de malta. En Francia, prefieren los de vino blanco o tinto. En Gran Bretaña, los favoritos son los de cebada malteada o cerveza. El vinagre griego más famoso es el de Kalamata, elaborado con vides del lugar. En general, los griegos prefieren vinagres fuertes y ásperos. En España, el producto más conocido es el elaborado a partir de vino blanco procedente de Jerez.

La popularidad del tipo de vinagre producido y consumido por cada país o región está asociado a la disponibilidad de la materia prima alcohólica básica que le da origen. Las regiones caracterizadas por producción de vino tendrán materia prima abundante y económica para la producción de su vinagre derivado. Este es uno de los requisitos fundamentales para el desarrollo de una variedad de vinagre en una región determinada, ya que, en general, para el vinagre se requiere un bajo costo final de producto. Considerando los altos niveles de producción y consumo de cerveza per cápita que se presentan en Argentina, la viabilidad de disponer de cerveza a bajo costo e incorporar su vinagre derivado en el mercado, es muy alta.

Según un informe de 2013 sobre vinagre, confeccionado por Mercasa, el consumo de vinagre en España se encuentra estancado en torno a unos 1,4 litros por persona por año, lo que supone una cifra bastante baja en comparación con las de otros países de la Unión Europea. En Bélgica, el consumo de vinagre se sitúa en 2,7 litros per cápita, mientras que en Alemania ronda los 2,3 litros, en Francia supera los 1,9 litros y en Holanda se sitúa en 1,5 litros por persona al año. Los menores consumos europeos de vinagre se registran en Polonia, con 1,2 litros, en Portugal (0,8 litros) y en Finlandia, con 0,75 litros anuales (Gaceta, 2014).

1.2.1 Principales Exportadores Mundiales

Los países que tienen la mayor participación en valor en las exportaciones del mundo, en términos de exportación son los que se detallan a continuación según información obtenida de TRADEMAP se puede apreciar en la tabla I-1.

Tabla I -1 Lista de los exportadores para el producto seleccionado

Producto: 22 Bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre

Exportadores	Participación en valor en las exportaciones del mundo, % en 2014	Participación en valor en las exportaciones del mundo, % en 2015	Participación en Participación en valor en las exportaciones del mundo, % en 2016	Participación en valor en las exportaciones del mundo, % en 2017
Francia	16	15,7	15,5	15,8
Reino Unido	9,7	9,5	8,9	8,5
Italia	8,4	8,1	8,3	8,4
Estados Unidos de América	6,7	7,2	7,3	7,2
Alemania	6,1	5,8	6	5,9
Países Bajos	5	5	4,9	5
México	3,6	4	4,2	4,9
España	4,4	4,2	4,1	4,1
Bélgica	3,1	3,1	3,1	3,2
Austria	2,1	2,2	2,3	2,4
Singapur	2,5	2,6	2,5	2,3
Australia	1,7	1,8	1,9	2,1
China	1,5	1,9	2,1	1,9
Chile	1,7	1,8	1,8	1,8
Suiza	1,8	2	1,9	1,7
Tailandia	1,2	1,4	1,4	1,4
Irlanda	1,3	1,3	1,4	1,3
Nueva Zelandia	1,2	1,2	1,2	1,2
Sudáfrica	1,2	1,2	1,1	1,1
China	0,9	1,3	1,3	1,1

Fuente: (TRADEMAP, Lista de los exportadores para el producto seleccionado, Producto: 22 Bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre, 2017).

1.2.2 Principales Importadores Mundiales

Los países que tienen la mayor participación en valor en las importaciones del mundo, en términos de exportación son los que se detallan a continuación según información obtenida de TRADEMAP se puede apreciar en la tabla I-2.

Tabla I-2 Lista de los importadores para el producto seleccionado

Producto: 22 Bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre

Importadores	Participación en valor en las importaciones del mundo, % en 2015	Participación en valor en las importaciones del mundo, % en 2015	Participación en valor en las importaciones del mundo, % en 2016	Participación en valor en las importaciones del mundo, % en 2017
Estados Unidos de América	19	21,2	21,7	21,5
Alemania	7,5	6,9	7	7
Reino Unido	8,1	8	7,3	6,8
China	2,8	4,1	4,5	4,6
Canadá	4,7	4,6	4,4	4,3
Francia	3,7	3,5	3,6	3,7
Países Bajos	3,6	3,7	3,8	3,6
Japón	3,2	3,1	3,1	3
China	2,3	2,8	3	2,8
Bélgica	3	2,6	2,6	2,6
Singapur	2,4	2,3	2,2	2,3
Rusia	2,7	1,7	1,7	2,2
España	2	1,9	1,9	1,8
Suiza	1,8	1,7	1,7	1,7
Suecia	1,5	1,4	1,4	1,3
Brasil	0,8	0,8	0,8	1,3
Dinamarca	1,2	1,1	1,1	1
México	1	1,1	1	0,9

Fuente: (TRADEMAP, Lista de los importadores para el producto seleccionado, Producto: 22 Bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre, 2017).

1.2.3 Evolución de la industria de los vinagres en Bolivia

Los países que tienen la mayor participación en valor en las exportaciones en Bolivia, son los que se detallan a continuación según información obtenida de TRADEMAP se puede apreciar en la tabla I-3.

Tabla I-3 Lista de los mercados Exportadores para un producto exportado por Bolivia, Estado Plurinacional

Producto: 22 Bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre

Unidad: Miles Dólar Americano

Importadores	Valor exportado en 2013	Valor exportado en 2014	Valor exportado en 2015	Valor exportado en 2016	Valor exportado en 2017
Mundo	84.390	67.975	58.375	51.165	33.180
Perú	4.551	3.863	5.250	4.111	9.285
Chile	11.148	12.275	8.720	9.000	6.880
Argentina	23	83	68	1.479	6.005
Colombia	9.373	13.027	27.663	19.648	4.966
Países Bajos	12.555	3.089	7.735	5.386	2.743
Francia	23.302	20.605	7.199	10.541	2.236
Uruguay	626	599	713	562	724
Estados Unidos de América	114	101	142	191	171
España	229	98	173	93	84
Ecuador	159	45	0	0	0
Italia	22.241	11.224	590	0	0
México	0	10	16	16	0

Fuente: (TRADEMAP, Lista de los mercados Exportadores para un producto exportado por Bolivia, Estado Plurinacional, Producto: 22 Bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre, 2017).

1.2.4 Principales Importadores de los vinagres en Bolivia

Los países que tienen la mayor participación en valor en las importaciones en Bolivia, son los que se detallan a continuación según información obtenida de TRADEMAP se puede apreciar en la tabla I-4.

Tabla 1-4 Lista de los mercados proveedores para un producto importado por Bolivia, Estado Plurinacional

Unidad: miles Dólar Americano.

Exportadores	Valor importado en 2013	Valor importado en 2014	Valor importado en 2015	Valor importado en 2016	Valor importado en 2017
Mundo	62.900	52.205	60.385	50.097	52.353
Argentina	13.720	12.528	15.325	15.279	18.194
Brasil	8.597	8.396	9.547	10.551	9.977
Reino Unido	9.301	8.632	9.302	4.939	5.601
México	3.297	3.837	4.563	4.671	5.027
Panamá	2.483	2.293	2.632	2.091	2.188
Austria	6.901	70	4.415	2.666	2.046
Cuba	944	1.038	735	1.492	1.793
Nicaragua	529	1.144	1.135	1.057	1.435
Estados Unidos de América	2.229	2.192	2.486	1.209	955
Chile	1.535	1.520	1.479	1.105	839
Perú	10.159	6.969	4.806	2.339	804

Fuente: (TRADEMAP, Lista de los mercados proveedores para un producto importado por Bolivia, Estado Plurinacional Producto: 22 Bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre, 2017).

1.2.5 Perspectivas del mercado mundial del mango

El mango constituye con diferencia, la fruta tropical con mayor producción en el mundo, gracias a los grandes volúmenes de producción de mango.

Las estimaciones preliminares para 2017 apuntan a una producción mundial de 47,1 millones de toneladas, un aumento del 2 % con respecto a 2016. Este porcentaje supondría una desaceleración en comparación con la tasa media de crecimiento anual del 3,5 % registrada entre 2007 y 2016, debido principalmente a las condiciones climáticas adversas en la India. Se estima que el mango representa aproximadamente el 75 % del volumen total de producción. En términos de distribución regional, aproximadamente el 74 % de la producción de mango.

La India, con una producción estimada en 18,5 millones de toneladas en 2017, casi exclusivamente de mango, representa actualmente alrededor del 40 % del total de la producción mundial. La producción de la India se destina principalmente al consumo interno, gracias a la fuerte demanda nacional y a los precios remunerativos para los productores.

Se estima que las exportaciones mundiales de mango, alcancen los 1,7 millones de toneladas en el 2017. Esta cifra representaría un aumento del 6,3 % con respecto a 2016, un ritmo de crecimiento mucho más rápido que el crecimiento medio anual del 4,6 % registrado entre 2007 y 2016. La expansión se debe a un fuerte aumento de la demanda en los principales destinos de importación, a saber, los Estados Unidos, que tiene una participación del 31 % en las importaciones mundiales, y la UE, cuya participación es del 27 %. Del grupo de estos productos, los principales importadores de mango han encontrado un creciente interés de los consumidores, gracias a las preferencias favorables y la mayor sensibilidad nutricional. Las últimas cifras disponibles indican que la disponibilidad per cápita de mango ascenderá a 1,3 kilogramos en Estados Unidos y 0,8 kilogramos en la UE en 2017, frente a 0,9 kilogramos y 0,6 kilogramos en 2007, respectivamente.

En cuanto a los volúmenes de exportación, se estima que el mango representa el 90 % de los envíos mundiales. Según las previsiones, México seguirá siendo sin duda el principal exportador, con una participación en el volumen total estimada en 23 % en 2017, seguido del Brasil (13 %), Tailandia (12 %) y el Perú (12 %). México exporta principalmente mango a los Estados Unidos (aproximadamente el 80 % de los envíos totales del país) y se prevé que se beneficiará considerablemente del aumento de la demanda de importación de la fruta en 2017. Las exportaciones de mango del Brasil se destinan principalmente al mercado de la UE y también se benefician de la creciente demanda de importaciones. El Brasil mantiene su fuerte posición gracias su capacidad de producir mango en forma perenne, incluyendo un número de variedades que son populares en los mercados europeos, entre ellas Tommy Atkins, Keitt y Kent.

Tabla I – 5 Producción mundial de mango

(miles de toneladas)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 Estim.	2017 Pronos.	2007-2016 Tasa de crecimiento promedio porcentaje%
Total mundial	35 503	36 397	35 595	38 067	40 067	41 707	43 877	45 210	45 888	46 141	47 133	3.48
Asia	26 313	27 197	26 278	28 221	29 669	31 602	33 364	34 535	34 269	34 385	34 897	3.68
Africa	4 408	4 612	4 857	4 966	5 137	4 952	4 964	5 370	6 214	6 128	7 212	3.40
América Latina y el Caribe	4 716	4 533	4 414	4 830	5 219	5 103	5 503	5 258	5 361	5 581	4 977	2.41
India	13 734	13 997	12 750	15 027	15 188	16 196	18 002	18 431	18 527	18 779	18 458	4.48
China	3 715	3 977	4 140	4 254	4 430	4 506	4 645	4 675	7 945	4 783	4 870	4.97
Tailandia	2 303	2 374	2 470	2 551	2 794	3 296	3 421	3 598	3 331	3 701	3 839	5.97
Indonesia	1 819	2 105	2 243	1 287	2 131	2 376	2 193	2 431	2 179	1 815	2 239	1.42
México	1 911	1 717	1 509	1 633	1 827	1 761	1 902	1 755	2 070	2 197	1 582	2.29
Pakistán	1 719	1 754	1 728	1 846	1 888	1 700	1 659	1 717	1 636	1 574	1 525	-1.05
Egipto	532	466	534	506	598	787	713	927	1 214	1 260	1 397	11.87
Bangladesh	767	803	828	1 048	889	945	957	992	1 018	1 162	1 156	3.76
Kenya	384	449	529	554	453	520	581	757	830	925	1 025	9.05
Brasil	1 272	1 155	1 198	1 190	1 249	1 176	1 163	1 132	977	963	904	-2.45

Fuente: FAOSTAT (Mangos mangostanes y guayabas) 2017.

Tabla I-6 Exportaciones de mango en el mundo

(miles de toneladas)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 Estim.	2017 Pronos.	2007-2016 Tasa de crecimiento promedio porcentaje%
Total mundial	1 149	1 022	1 223	1 372	1 530	1 631	1 672	1 561	1 495	1 595	1 695	4.64
América Latina y el Caribe	527	416	498	612	712	697	777	698	748	827	886	6.61
Asia	504	500	613	642	677	798	756	668	573	571	574	1.93
Africa	88	73	84	83	88	96	88	121	128	131	153	5.97
México	88	73	84	83	88	96	88	121	128	131	153	5.97
Brasil	139	148	120	150	165	172	159	174	197	205	227	4.67
Tailandia	121	135	251	241	221	252	291	243	216	149	207	3.53
Perú	78	95	55	115	149	105	146	120	132	157	197	8.07
India	103	77	88	86	91	97	144	116	99	159	132	5.36

Fuente: FAOSTAT (Mangos mangostanes y guayabas) 2017

1.2.6 Producción agrícola del mango en Bolivia

El mango es originario de la india luego llegó a Bolivia del Brasil en los años 40 y 50 del siglo pasado. Los indígenas sometidos en las haciendas robaron las papas planas de esta fruta en sus sandalias cual plantilla bajo pie.

Hoy es una variedad criolla conocida como mango manzana o mango rosa y es la mejor calidad de mango producido en Bolivia, Su cultivo es limitado por falta de mercado pero con gran potencial de expansión su peso aproximado es de 200 a 650g su color característico es rojo carmesí en la parte superior y en la parte inferior es de color amarillo con manchas verdes. Tiene un fuerte color y aroma propio de mango, un elevado contenido de azúcar de 16 a 19 ° Brix 76% de la fruta es jugosa, con alto contenido en vitamina C y minerales, la pepa delgada. Los campesinos no utilizan agroquímicos y por esta misma razón toda la fruta es orgánica.

Tabla I-7 Bolivia: Superficie y producción de las campañas de invierno 2012 y verano 2012-2013 según cultivo censo agropecuario 2013

Cultivo	Superficie en (hectárea)	Producción en (tonelada métrica)
Mango	2.092,00	8.902,20

Fuente: Instituto Nacional de Estadística – INE

Tabla I-8 -Bolivia: número de árboles frutales dispersos por departamento según especie censo agropecuario 2013

Departamentos de Bolivia	Fruto mango v.n.e
Chuquisaca	10.195
La Paz	151.038
Cochabamba	55.837
Oruro	-
Potosí	67
Tarija	8.264
Santa Cruz	186.309
Beni	58.515
Pando	7.574
Total	477.799

Fuente: instituto de estadística INE. (v.n.e variedad no especificada)

En Bolivia 477.799 unidades agropecuarias tienen árboles frutales dispersos en sus parcelas. El departamento de Santa Cruz registra el mayor reporte de UPA con estos árboles frutales de mango, le siguen La Paz, Beni, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija.

En el departamento de Tarija existe un limitado desarrollo agroindustrial en la elaboración de productos derivados de la fruta de mango se puede encontrar una amplia variedad de productos agrícolas que se venden como frutos de consumo directo sin valor agregado, lo que da espacio al desarrollo de nuevos productos a partir de esta materia prima. La aparición de estos productos también representa la entrada a nuevos mercados. Por estas razones el estudio de los procesos de transformación, ya sean químicos o bioquímicos, para la obtención de nuevos productos se vuelve muy importantes.

El uso de bioprocesos permite no solo aumentar la vida útil de los alimentos, también permite obtener nuevos productos a partir de algunas materias primas vegetales o animales. Uno de los bioprocesos más conocidos es la fermentación, usada para producir bebidas alcohólicas, vinagres, yogures, saborizantes, agentes estabilizantes, entre otros. Antiguamente este proceso se utilizaba principalmente para conservación de alimentos, principalmente en lugares con presencia de estaciones, pero ha cambiado a lo largo de la historia para encontrar nuevos sabores y experiencias culinarias.

Dentro de los productos agrícolas más destacados se encuentra el Mango rosa (*Mangifera indica* L.) Un frutal exótico con un mercado importante y creciente a nivel internacional. Se comercializa como fruta fresca de buena o excelente calidad aunque presenta problemas con procesos de acondicionamiento, cantidad o continuidad de producción, por lo que no se aprovechan al máximo las oportunidades de mercado. Por este motivo se propone utilizar bioprocesos, tales como la fermentación alcohólica y acética, en la transformación del fruto con el fin de darle un valor agregado a este conocido producto y encontrar nuevas posibilidades de mercado de esta materia prima.

El producto a elaborar es el vinagre de mango rosa mismo que será procesado dándole un valor agregado.

La fruta a utilizar dentro del proceso de producción para obtención del vinagre serán aquellas consideradas de baja calidad por su tamaño o estado de madurez, es decir aquellas frutas consideradas de tercera, cuarta, quinta, y maduras etc.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos que se persiguen durante la realización de la siguiente investigación son:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener vinagre de mango rosa (*Mangifera indica* L.) A escala de laboratorio utilizando procesos biotecnológicos de doble fermentación alcohólica y acética, para consumo humano.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades fisicoquímicas del mango rosa (*Mangifera indica* L.).
- Diseñar y ejecutar la fase experimental del proceso tecnológico para la obtención del vinagre de mango rosa (*Mangifera indica* L.).
- Realizar análisis fisicoquímico (Brix, pH, grado alcohólico) en la etapa de fermentación alcohólica.
- Realizar análisis fisicoquímico (Acidez, pH) en la etapa de fermentación acética.
- Determinar el tiempo necesario para el proceso de obtención de vinificación y la acetificación del mango rosa (*Mangifera indica* L.).
- Determinar el rendimiento de la obtención de vinagre del mango rosa (*Mangifera indica* L.) mediante balance de materia.
- Realizar la evaluación sensorial de las muestras de vinagre de mango rosa (*Mangifera Indica* L) obtenidas en laboratorio.
- Determinación del costo unitario.
- Determinar la calidad del vinagre mediante análisis fisicoquímico.

1.4 JUSTIFICACION

El presente trabajo se justifica por las siguientes razones:

- A pesar de que el mango posee una serie de características favorables para su industrialización y de que su producción es de carácter muy estacional en nuestro país esta fruta es poco aprovechada en este sentido. Una de las razones para ello es el hecho de no disponerse de una información adecuada sobre el comportamiento de las variedades frente a los métodos de conservación y procesamiento industrial.
- Con la ejecución de la presente investigación se generarán los datos pertinentes sobre temperatura y concentración de sacarosa en el jugo; expresado en ° Brix, a fin de obtener un producto final de calidad. Estos resultados generados, aportaran el conocimiento técnico no solo sobre fermentación también sobre el procedimiento para la elaboración de productos similares obtenidos por fermentación, en base a la normativa técnica vigente y dará la base a fin de que se pueda consolidar una línea de investigación.
- Se busca generar un valor agregado a la materia prima lo cual en caso de ejecutarse causara varios impactos positivos en la economía del sector agrario del departamento de Tarija, en este sentido radica la importancia económica de generar proyectos que no solo coadyuven a generar valor agregado, sino también que la creación de complejos productivos en torno a productos que tradicionalmente se los ha venido cultivando, tal es el caso del “mango rosa” y las frutas en general cuya producción e industrialización están priorizadas dentro de los planes y programas tanto a nivel nacional como departamental.
- Diferentes tipos de vinagres han venido proyectando gran crecimiento mundialmente en los últimos años. En este sentido el vinagre de mango rosa ofrece una nueva opción a la sociedad de un alimentos natural, sano y de múltiples usos, en comidas, encurtidos, o simplemente como un preservarte natural. El mango rosa es una materia prima que presenta las características adecuadas para la elaboración de un vinagre natural de doble fermentación, lo

que significa una alternativa para canalizar el porcentaje de mango de rechazo no utilizado, elaborando un producto innovador de óptima calidad y que ofrece al consumidor una combinación única dulce / ácido, que hace un adobo o ensalada sabrosa y única. Además el vinagre de mango rosa es un antiséptico natural, debido a su alto contenido en ácidos, coadyuva a la salud del sistema digestivo y actualmente está siendo utilizado en medicina alternativa para: mejorar infecciones, mejorar la salud cardiovascular, acelerar el metabolismo, coadyuvar a la pérdida de peso principalmente.

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2.1 MATERIA PRIMA

El mango está reconocido en la actualidad como uno de los 3 o 4 frutos tropicales más finos. Ha estado bajo cultivo desde los tiempos prehistóricos. Las Sagradas Escrituras en Sánscrito, las leyendas y el folklore hindú 2.000 años a.C. se refieren a él como de origen antiguo, aún desde entonces. El árbol de mango ha sido objeto de gran veneración en la India y sus frutos constituyen un artículo estimado como comestibles a través de los tiempos (Yahia, 1996).

El mango es una de las frutas más populares e importantes del mundo debido a sus excelentes características organolépticas y nutricionales, esto ha propiciado que en muchos países, especialmente en Asia, se le conozca como “el rey de las frutas”. Tiene efecto laxante, diurético, astringente y refrescante. Además es buena fuente de calcio, fósforo y hierro, así como de las vitaminas C, A, tiamina y niacina, entre otros componentes benéficos.

2.1.1 Composición del mango.

La semilla del mango abarca del 9 al 27% aproximadamente del peso total de la fruta. El color del pellejo y de la pulpa varía con la madurez y el cultivo. Su contenido de carotenoides aumenta durante su madurez es buena fuente de provitamina A (Luh, 1980).

La parte comestible del fruto total corresponde de entre 60% y 75%. El componente mayoritario es el agua en un 84%. El contenido de azúcar varía de 10-20% y de las proteínas en 0.5%.

El ácido predominante es el ácido cítrico aunque también se encuentra el ácido málico, succínico, irónico, tartárico y oxálico en menores cantidades (Jagtiani et al, 1988).

2.1.2 Contenido nutricional

El mango es una fruta popular y en su mayoría es consumido en su estado fresco; ya es considerado como una de las frutas tropicales más deliciosas (Luh, 1971).

Tabla II-1 Principales componentes para 100 g de alimento comestible

Principales componentes para 100 g de alimento comestible: componentes		Cantidad media	
Mango fresco		Zumo	Néctar
Energía (kj/100 g)	269	172	262
Energía (kcal/100 g)	63,5	41	61,7
Agua (g/100 g)	83,1	86	84,3
Proteínas (g/100 g)	0,7	0,2	0,2
Glúcidos (g/100 g)	13,6	9,5	14,4
Lípidos (g/100 g)	0,2	0,2	0,2
Azúcares (g/100 g)	13,1	9,3	-
Almidón (g/100 g)	0,3	0,2	-
Fibra (g/100 g)	1,76	Trazas	0,6
Elementos minerales			
Sodio (mg/100 g)	2	11	2,7
Magnesio (mg/100 g)	13	14,3	4,97
Fósforo (mg/100 g)	16	25	-
Potasio (mg/100 g)	180	21	-
Calcio (mg/100 g)	12	2	5,22
Manganeso (mg/100 g)	0,3	0,02	0,0474
Hierro (mg/100 g)	0,7	2,6	-
Cobre (mg/100 g)	0,12	0,02	0,0256
Zinc (mg/100 g)	0,1	0,02	0,0686
Selenio (µg/100 g)	0,6	0,1	< 2,2
Yodo (µg/100 g)	1,14	3	1,1
Beta-caroteno (µg/100 g)	1220	375	131
Vitaminas			
E (mg/100 g)	1,05	1,05	-
C (mg/100 g)	37	30	-
B1 (mg/100 g)	0,04	0,005	-
B2 (mg/100 g)	0,05	0,01	-
B3 (mg/100 g)	0,5	0,6	-
B5 (mg/100 g)	0,16	0,14	0,05
B6 (mg/100 g)	0,13	0,12	0,04
B9 (µg/100 g)	31	27,1	9,5

Fuente: ANSES, 2013.11

2.1.3 Clasificación botánica

El mango (*Mangifera indica* L.) pertenece a la familia Anacardiaceae, donde se encuentran varias especies frutales con importancia comercial, bien para los mercados de exportación.

En el género *Mangifera*, que según Mukherjee (1949) comprende 41 especies o, según Singh (1969), se encuentran hasta 15 especies con frutos comestibles.

La clasificación taxonómica del mango es:

Tabla II-2 Taxonomía del mango

Reino: Vegetal.
Phylum: Telemophytae.
División: Tracheophytae.
Sub División: Anthophyta.
Clase: Angiospermae.
Sub Clase: Dicotyledoneae
Grado Evolutivo: Archichlamydeae
Grupo de Ordenes: Corolinos
Orden: Sapindales
Flia: Anacardiaceae
Nombre científico: <i>Mangifera indica</i> L.
Nombre común: Mango

Fuente: Herbario Universitario.2019 U.A.J.M.S

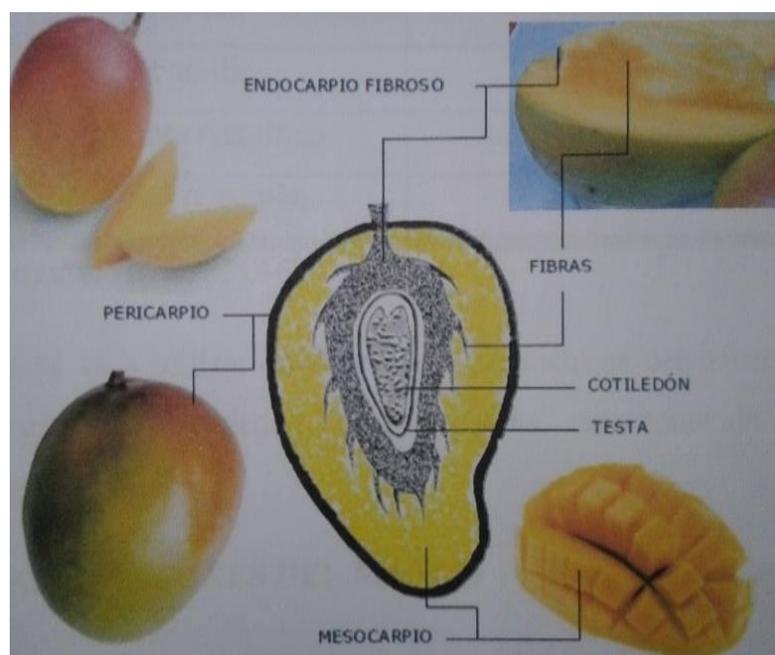
2.1.4 Descripción botánica

El árbol de mango es de una dimensión variable, ramificada y longevo. Su temperatura óptima de crecimiento es de aproximadamente 24°-27°C, en suelos cuyos pH sea alrededor de 5.5 a 7.5 (Purseglove, 1974). Crece en zonas tropicales a alturas de 4,000 ft. Sobre el nivel del mar y a 2,000 ft. En zonas donde las estaciones estén muy marcadas (Purseglove, 1974).

2.1.5 Fruta

Se trata de una gran drupa carnosa que puede contener uno o más embriones. Los mangos de tipo indio son monoembriónicos y de ellos derivan la mayoría de los cultivares comerciales. Generalmente los mangos poliembriónicos se utilizan como patrones. Posee un meso carpo comestible de diferente grosor según los cultivares y las condiciones de cultivo. (Popenoe, 1974).

Figura II-1 Descripción de las partes del mango



Fuente: Torres ,2007

Su peso varía desde 150 g hasta 2 kg. Su forma también es variable, pero generalmente es ovoide-oblonga, notoriamente aplanada, redondeada, u obtusa a ambos extremos, de 4-25 cm. de largo y 1.5-10 cm. de grosor. El color depende de la región donde este cultivado, pero abarca mezclas de verde, amarillo y rojo (Popenoe, 1974).

Figura II-2 Fruta Mango Rosa



Fuente: revista D -2016

La cáscara es gruesa, frecuentemente con lenticelas blancas prominentes; la carne es de color amarillo o anaranjado, jugoso y sabroso. Su valor alimenticio no es en absoluto despreciable, con un contenido en azúcar normalmente comprendido entre el 10 y el 20% y un contenido de proteínas entorno al 0,5%, siendo una buena fuente de vitaminas A y C. (Popenoe, 1974).

2.1.6 Recolección del mango

La recolección de los frutos debe hacerse con sumo cuidado utilizando herramientas apropiadas que eviten cualquier tipo de daños tales como magulladuras, golpes etc. De hecho, incluso en las normas de recolección de la asociación de cultivadores de mango de Sudáfrica se recomienda que las personas que recogen los mangos tengan las uñas cortas para evitar dañar los frutos y que no utilicen guantes de tela para evitar que estos se vuelvan abrasivo por mor de las exudaciones de látex. (Popenoe, 1974).

2.1.7 Índices de cosecha

La calidad de los mangos depende de la variedad, prácticas culturales en pre cosecha, en la mayoría de las áreas de producción, los mangos alcanzan la mejor calidad de consumo cuando se dejan madurar en el árbol. No obstante, los mangos son usualmente cosechados en estado verde de tal forma que éstos puedan soportar el sistema de manejo pos cosecha cuando son enviados a largas distancias. Los índices de madurez a cosecha

actualmente utilizados se basan en un balance entre aquellos que asegurarían la mejor calidad de consumo y los que proveen la flexibilidad requerida durante el mercadeo.

En la tabla II-3 se presentan las características del mango según la etapa de maduración.

Tabla II-3 Características fisicoquímicas del fruto de mango en la etapa de maduración

Variable	Etapa de maduración					
	0	1	2	3	4	5
						
Cascara (color)	Verde oscura	Verde clara	Verde clara con visos amarillos	Amarilla con visos verdes	Amarilla	Anaranjada
Pulpa (Color)	Amarillo claro	Amarillo	Variación de amarillo de semilla a la cascara color más intenso cercano a la semilla	Aumento del área del amarillo intenso cercano a la semilla	Aumento del anaranjado acerca de la semilla cerca de la cascara	Anaranjada
Sólidos solubles (°brix)	7,4	8,3	12,0	14,9	15,9	16,4
Acidez % (ácido cítrico)	1,4	1,16	0,85	0,61	0,47	0,41

Fuente: Corpoica C.I. Nataima. Modificado de NTC 5139

Los índices de cosecha se constituyen en los parámetros más importantes para determinar el momento oportuno de realizar la cosecha y asegurar la vida útil de la fruta durante la pos cosecha y su comercialización. Un mango para agroindustria debe ser cosechado en estado de madurez 4 y 5 puesto que ya presenta un contenido de sólidos solubles por encima de 14 °Brix, es decir, existe una concentración adecuada de azúcares. (Corpoica C.I. Nataima).

2.1.8 Principales variedades de mango.

La clasificación de las variedades en función de su periodo de cosecha es la siguiente:

Variedad Temprana: Haden

Variedad Media Temporada: Tommy Atkins y Van dike.

Variedad Final Media Temporada: Kent

Variedad Tardía: Keitt.

- **Kent y Haden:** Representan las mejores variedades porque poseen un color agradable y buenas cualidades gustativas.
- **Tommy Atkins:** Cuenta con un período de conservación mayor, pero es menos apreciada desde el punto de vista gustativo. Esta variedad tiene elevada preferencia en el mercado de EE.UU. debido a su coloración roja.
- **Keitt:** Es la menos buscada en razón de su falta de calidad gustativa. Irwin es de calidad mediana.
- **Parvin:** Es una variedad de Puerto Rico. Es apreciada en Gran Bretaña.
- **Zill:** Variedad cultivada en África del Sur, es de buena calidad pero su calibre pequeño representa una desventaja.

2.2 EL VINAGRE

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) definen al vinagre como un “líquido, apto para el consumo humano, producido exclusivamente de productos con un alto contenido de almidones y/o azúcares por medio de una doble fermentación (alcohólica y acética).

El vinagre es una solución diluida de ácido acético que se puede elaborar a partir de casi cualquier fuente rica en carbohidratos por medio de un proceso de fermentación en dos pasos: fermentación alcohólica y acética. Aparte de ácido acético, el vinagre contiene otras sustancias en menor proporción que influyen en sus características organolépticas y en el contenido de ácido. Estas sustancias dependen de la materia prima usada en la elaboración. No se considera un alimento, pues no tiene gran valor nutricional, sin embargo, es muy usado como agente saborizante y conservante (Solieri & Giudici, 2009).

El vinagre es uno de los condimentos y conservantes más antiguos que se conoce, que aporta aroma y sabor a los alimentos y mejora sus características de conservación. Suele tener un 5-6 % de ácido acético y presenta un aroma suave frutal, característico de la materia prima de partida. Se utiliza en la cocina doméstica como aliño, en la fabricación de salsas (kétchup, mayonesa, dressings) y encurtidos. (Solieri & Giudici, 2009).

2.2.1 Clasificación de los vinagres

El vinagre se puede obtener a partir de una gran cantidad de sustratos. Así mismo tiene una gran cantidad de usos, razón por la cual se puede clasificar de acuerdo a su origen y en función al uso o destino del producto.

Tabla II-4 Tipos de vinagre de acuerdo a su origen

Tipos de vinagre	Origen	Método de obtención
Vinagre de vino	Vino	Fermentación acética del vino
Vinagre de alcohol	Solución de alcohol etílico	Fermentación acética de alcohol destilado de origen agrícola
Vinagre de sidra	Sidra, manzanas	Fermentación acética de la sidra o sus piquezas
Vinagre de cereales	Cereal en grano	Fermentación alcohólica y fermentación acética de cualquier cereal en grano con almidón desdoblado
Vinagre de cerveza , malta o cereales	Cerveza o malta de cereales	Fermentación alcohólica y fermentación acética de una digestión de malta , de cebada, de cereales cuyo almidón haya sido sacarificado
Vinagre de frutas	Frutas frescas Vino de frutas	Fermentación alcohólica y fermentación acética de infusiones , maceraciones, o cocimiento de frutas azucaradas
Vinagre de miel	Miel	Fermentación alcohólica y fermentación acética a partir de miel de abejas
Vinagre de suero de leche	Suero de leche	Fermentación alcohólica y fermentación acética de suero de leche

Fuente: Elaboración Propia

Tabla II-5 Tipos de vinagre de acuerdo a su uso o destinos

Tipos de vinagre	Características
Para consumo directo	<ul style="list-style-type: none"> • Producto transparente, libre de partículas en suspensión vegetación criptogámica, residuos de animales y vermes (anguilulla aceti). • Debe tener olor propio y sabor ácido (no acre). • Sin agentes acidulantes, ácidos ni edulcorantes. • Se permite la presencia de color caramelo, anhídrido sulfuroso y cloruro de sodio.
Vinagre Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Proveniente directamente de la fermentación puede ser sometido a filtración. • Puede ser sometido a dilución o concentración.

Fuente: Elaboración Propia

2.2.2 Propiedades químicas del vinagre

- **Solubilidad.** Es soluble especialmente en agua, aunque también tiene la propiedad de mezclarse con otros elementos químicos como el alcohol, éter, glicerina, acetona, benceno, y tetracloruro de carbono.
- **Disolvente.** Es una sustancia en la que se diluyen con facilidad varios compuestos, entre ellos, el azufre y el fósforo.

2.2.2.1 Síntesis industrial

Se obtiene por síntesis y por fermentación bacteriana, aportando un 10 % de la producción mundial. El 75% obtenido en la industria química es preparado por carbonilación del metanol, otros métodos alternativos aportan el resto.

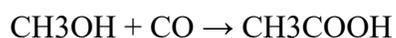
Este ácido ocupa dentro de la química orgánica un lugar preponderante, similar al que posee el ácido sulfúrico en la industria química pesada.

2.2.2.2 Disponibilidad comercial

- Ácido acético glacial (99.7% de ácido acético, siendo el agua la principal impureza)
- Ácido acético de grado reactivo (contiene generalmente 36% de ácido acético en peso)
- Soluciones acuosas comerciales (usualmente presentan 28, 56, 70, 80, 85 y 90% de ácido acético)

2.2.2.3 Carbonatación del metanol

En este proceso, el metanol y el monóxido de carbono reaccionan para producir ácido acético, de acuerdo a la ecuación química:



El proceso involucra al yodometano como un intermediario, y sucede en tres pasos. Se necesita un catalizador, generalmente un complejo metálico, para la carbonilación en la etapa.

1. $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HI} \rightarrow \text{CH}_3\text{I} + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{CH}_3\text{I} + \text{CO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COI}$
3. $\text{CH}_3\text{COI} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{HI}$

2.2.2.4 Oxidación del acetaldehído

Previo a la comercialización del proceso Monsanto, la mayor parte del ácido acético era producido por oxidación del acetaldehído. Este permanece como segundo método más importante de fabricación, aunque no es competitivo con la carbonilación del metanol.

El acetaldehído puede ser producido por oxidación del butano o nafta ligera, o por hidratación del etileno. Cuando el butano o la nafta ligera son calentados con aire en la presencia de varios iones metálicos, incluyendo los de manganeso, cobalto y cromo; se forma el peróxido y luego se descompone para producir ácido acético según la ecuación química:



2.2.3 Propiedades físicas del vinagre

- **Líquido higroscópico.** Es decir que se trata de un ácido compuesto, con capacidad de atraer y absorber la humedad del ambiente que lo circunda
- **Incoloro.** Esta característica física, supone que carece de color y por ende no refleja la luz y deja pasar la misma a través de sí, sin absorberlos. En otras palabras, es transparente.
- **De sabor y olor punzante.** Tiene ese sabor y olor característico del vinagre.
- Punto de ebullición de 118.05 °C.
- Punto de fusión de 16.6 °C.

Tabla II-6 Microorganismos usados en la producción de diferentes tipos de vinagre

Tipo de vinagre	Levadura	Acetobacteria
Vinagre de Cerveza	Saccharomyces sensu stricto	<ul style="list-style-type: none"> • Acetobacter cerevisiae • Gluconacetobacter sacchari
Vinagre de Frutas	Saccharomyces cerevisiae	<ul style="list-style-type: none"> • Acetobacter aceti • Acetobacter pasteurianus
Vinagre balsámico tradicional	<ul style="list-style-type: none"> • Zygosaccharomyces bailii • Saccharomyces cerevisiae • Zygosaccharomyces pseudorouxii • Candidastellata • Zygosaccharomyces mellis • Zygosaccharomyces bispous • Zygosaccharomyces rouxii 	<ul style="list-style-type: none"> • Gluconacetobacter xylinus • Acetobacter aceti • Acetobacter pasteurianus • Gluconacetobacter europaeus • Gluconacetobacter hansenii • Acetobacter malorum
Vinagre de Vino	Saccharomyces cerevisiae	<ul style="list-style-type: none"> • Gluconacetobacter europaeus • Gluconacetobacter oboediens • Acetobacter pomorum • Gluconacetobacter intermedius • Gluconacetobacter entanii

Fuente: Elaboración propia

2.3 FERMENTACIÓN PARA TRANSFORMACIÓN DE ALIMENTOS

La fermentación es un proceso de transformación química que es catalizado por enzimas producidas por microorganismos (Guizani & Mothershaw, Fermentation, 2006). Ha sido usada en la transformación de alimentos alrededor del mundo desde antes que se tuviera conocimiento de su relación con los microorganismos. En cuanto al alimento, el mayor cambio está en el incremento de la vida media, aunque también se pueden presentar cambios en el valor nutricional y en el perfil sensorial del producto, característica de gran interés en la industria (Adams & Moss, 2000).

La mayoría de alimentos fermentados son producidos por la actividad de hongos (levaduras y mohos) o bacterias ácido-lácticas. Estos dos grupos de microorganismos comparten un nicho ecológico, y tienen la capacidad de crecer a bajos pH y actividad acuosa reducida, sin embargo, solo las bacterias ácido-lácticas y las levaduras facultativas pueden desarrollarse en condiciones anaeróbicas (Adams & Moss, 2000)

2.3.1 Fermentación alcohólica. La fermentación alcohólica es un proceso metabólico que tiene como fin proveer energía a través de una vía anaeróbica. Es llevada a cabo por diversos microorganismos, usualmente levaduras, los cuales transforman una fuente rica en azúcares o carbohidratos en etanol y dióxido de carbono principalmente y en menor proporción otras sustancias como glicerol, acetaldehído y ácido succínico (Hernández, 2003). Estos subproductos de baja concentración pueden originarse a partir de la misma fermentación a través del anabolismo o por el catabolismo de algunos componentes presentes en el medio (Rainieri & Zambonelli, 2009).

2.3.2 Métodos de fermentación Alcohólica

Fermentación espontanea

Ventajas

- Tienen características sensoriales especiales
- No necesita ningún tipo de inoculación externa

Desventajas

- Falta de control microbiológico durante el proceso
- Poca uniformidad y reproductividad

Fermentación con levaduras seleccionadas

Ventajas

- Se mantienen las características típicas de los vinos
- Se adaptan mejor al mosto del cual vienen

Desventajas

- Poca uniformidad y poca reproductividad del producto final

Fermentación con levaduras comerciales

Ventajas

- Asegura la fermentación calidad del producto final
- Reducción del periodo de latencia
- Rápida finalización de la fermentación alcohólica

Desventajas

Perdida de la tipicidad y complejidad de los vinos inoculados

2.3.3 Fases de fermentación alcohólica

Fase 1: Turbulenta, dura de 2 a 3 días y se caracteriza por una actividad microbiana alta, se da un gran aumento de temperatura (18 a 20°C) y una fuerte liberación de CO₂.

Fase 2: día 3 en adelante, predomina el *sacharomyces cerevisiae* que resiste hasta grado alcohólico entre 8 y 16%.

Fase 3: Tanto la temperatura (menor a 15°C) como las emisiones de CO₂ se estabilizan y disminuyen hasta que la fermentación concluya.

2.3.4 Microorganismos implicados

Los organismos implicados en la elaboración del vino son las levaduras, las levaduras alcoholizantes pertenecen a la familia de las saccaromicetaceas, formada a su vez por varios géneros, entre ellos el *Saccharomyces*, que están integrados por un sin número de especies capaces de producir fermentación alcohólica.

Las siguientes especies son las más importantes en relación a la obtención del vino

- **Saccharomyces ellipsoideus:** Es la causante de la fermentación de la mayor parte del mosto, puede llegar a producir hasta 17° alcohólicos. Domina todo el proceso de fermentación desde las fases iniciales al final.
- **Saccharomyces oviformes:** Tiene mayor poder alcoholizante, continuando la fermentación cuando la anterior ha dejado de actuar.
- **Saccharomyces acidifaciens:** Tiene menos poder alcoholizante, sólo llega a los 10° y es más resistente al gas sulfuroso, 400 mg/l.
- **Saccharomyces Rose:** Produce fermentaciones lentas, pudiendo fermentar grandes concentraciones de azúcar, alcanzando entre los 8 y los 14° alcohólico
- **Saccharomyces apiculatus:** Es muy abundante, tiene un poder alcohólico muy bajo, sólo de 4 a 5°, con rendimiento también muy bajo, precisando 20 g de azúcar para producir un grado alcohólico y produciendo, además, mucha acidez volátil. Se trata de la levadura que inicia la fermentación, quedando pronto eliminada al aumentar la riqueza alcohólica del mosto y siendo sustituida por el S. ellipsoideus.
- **Schizosaccharomyces p Mal:** Tiene la propiedad de destruir el ácido málico y por lo tanto desacidificar al mosto.
- **Turabo psis bacillaris:** Son pequeñas células esféricas de poder alcoholígeno bajo. Se encuentra, principalmente, en los mostos procedentes de uvas podridas.

2.3.5 Factores a controlar en la elaboración del vino

2.3.5.1 Concentración de alcohol

Expresa el tanto por ciento en volumen de alcohol etílico o etanol que contiene un vino. El alcohol etílico a etanol es el producto final de la fermentación alcohólica, pudiendo alcanzar concentraciones de hasta 12 a 14 por 100 vol. de alcohol formado¹⁵ en condiciones normales.

2.3.5.2 Temperatura

Mientras la temperatura de fermentación sea mayor, más rápida será la fermentación alcohólica, la temperatura óptima de desarrollo de las levaduras es de 30°C, ya que a

los 40oC las levaduras mueren por un exceso de temperatura y una deficiente evacuación del calor. Temperaturas demasiado bajas pueden provocar un retraso en el arranque de la fermentación, corriendo riesgos de oxidaciones y posibles desarrollos de mohos o bacterias lácticas.

2.3.5.3 pH

El p H es una medida de acidez o basicidad de una disolución o sustancia la misma que se mide a través de la concentración de iones o cationes hidrogeno presentes en dicha solución, se indica mediante valores numéricos entre 0 y 14, siendo 0 el más ácido y 14 el más básico.

El pH óptimo para el desarrollo de las levaduras es de 4 a 6, teniendo como limites inferiores 2,6 a 2,8, por debajo de los cuales la fermentación alcohólica es imposible.

2.3.5.4 Azúcares (Sustancias Carbonadas)

Las principales sustancias carbonadas son los azúcares, que tienen una influencia directa sobre el volumen de alcohol que se tendrá en el producto final. Para el caso de producción de vinos se usa el azúcar para llegar a un correcto acondicionamiento de 22-23 Grados Brix de un mosto. El rendimiento de transformación es de 16 a 17 gramos de azúcar por cada grado alcohólico.

2.3.5.5 Sulfatado (Sustancias Nitrogenadas)

El sulfato de amonio es un estabilizante generalizado en enología en todo el mundo, sus propiedades positivas superan ampliamente a las negativas, tiene un gran efecto antioxidante y antimicrobiano, y la característica más importante es que mejora el mantenimiento de los aromas de los vinos. Sus características negativas aparecen en caso de utilizarlo en sobredosis. Las reglamentaciones limitan el contenido libre y el Total. El límite en Libre es de 30 mg/l en vinos tintos. El límite de Total es de 150 mg/l en tintos y de 200 en blancos y rosados.

2.3.5.6 Rendimiento Fermentativo

El rendimiento fermentativo de una levadura es la cantidad de azúcar que puede ser transformada en alcohol durante la fermentación alcohólica, que depende de las condiciones del medio y de la levadura considerada.

El poder alcohogeno es la máxima cantidad de alcohol que puede producir una levadura por fermentación, valor que varía en función del tipo de levadura.

2.3.5.7 Aireación

Un buen desarrollo de la fermentación necesita ciertas cantidades de oxígeno, por lo que se puede definir este proceso como una anaerobiosis no estricta, se necesita oxígeno para la multiplicación de las levaduras y para ciertas funciones del metabolismo de éstas.

Solo es necesario el oxígeno para las fases de multiplicación pero nunca cuando la fermentación está avanzada, es buena una aireación al segundo día.

2.3.5.8 Clarificación de mostos blancos

Una de las razones por las cuales puede parar el trabajo de las levaduras es por el efecto de una sobre cantidad de fangos en el mosto, por lo que se recomienda tener un equilibrio entre una turbidez no muy excesiva y una no muy nula.

2.3.5.9 Transformaciones durante la fermentación Microorganismos de alteración de los vinos

La mayoría de los microorganismos se encuentran en el vino son resistentes a los pH bajos y al alcohol.

- **Las debidas a levaduras:** Todas las levaduras pueden actuar como gérmenes dependiendo del momento y lugar de su desarrollo, se producen problemas cuando ciertos tipos de levaduras forman velos. Depende del género que este formando el velo para saber si se trata de una alteración o no.

- **Las debidas a bacterias lácticas:** Son bacterias que están presentes en la vinificación pero que pueden convertirse en agentes de alteración cuando degradan otros sustratos que no sean ácido málico.
- **Las debidas a bacterias acéticas:** Es producido por bacterias Gram positivas aerobias capaces de oxidar el etanol en ácido acético, lo que provoca una acumulación temporal o definitiva de ácido acético en los vinos.

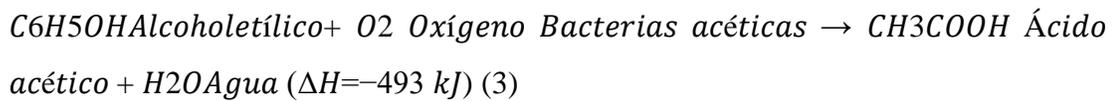
2.3.5.10 El vino

El vino se produjo por primera vez durante el periodo neolítico, según hallazgos arqueológicos, su origen tuvo lugar en la región en la que se encuentran ahora Georgia, Armenia e Irán. Es el producto en el cual se transforma la materia vegetal viva por medio de microorganismos vivos, estando su composición y evolución ligadas directamente a fenómenos bioquímicos, que se encuentran ligados directamente a un conjunto de factores ambientales tales como clima, latitud, altitud, horas de luz, etc. (Hernández, 2003).

Es una bebida alcohólica producida a partir de la fermentación de la uva o de otras frutas, mediante la fermentación alcohólica de su mosto, es una solución acuosa de muchos compuestos y sustancias, entre las cuales se encuentran iones metálicos, microorganismos (levaduras y bacterias), proteínas y ácidos (tartárico, láctico, málico, cítrico, etc.). (Hernández, 2003).

2.4 FERMENTACIÓN ACÉTICA.

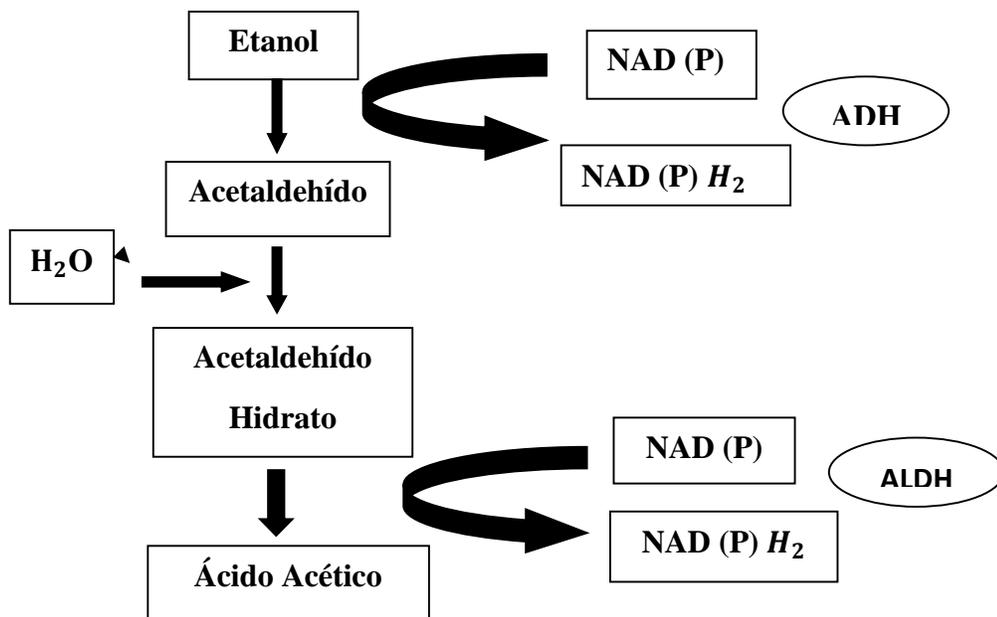
La fermentación acética es el proceso de transformación de etanol en ácido acético y agua de acuerdo con la ecuación 3. Puede ser llevada a cabo por algunas bacterias y otros microorganismos. Es un proceso exotérmico, es decir, libera energía en forma de calor. La velocidad de reacción en este proceso varía en función de la temperatura, razón por la cual el control de la temperatura es un factor de control muy importante; generalmente se debe mantener la temperatura constante entre 30 y 31 ° (Hernández, 2003).



El vinagre requiere una fermentación en dos pasos, en el primero se convierten azúcares anaeróbicamente en etanol mientras que en el segundo, el etanol se oxida en ácido (Hernández, 2003).

Acético aeróbicamente por *Acetobacter* y *Gluconobacter*. La segunda etapa es un mecanismo común de deterioro de las bebidas alcohólicas. La oxidación del etanol a ácido acético sigue un camino relativamente simple por el que las bacterias obtienen su energía. Ocurre en dos pasos mediados por el alcohol-deshidrogenasa y el aldehído-deshidrogenasa. (Adams & Moss, 2000).

Figura II- 3 Oxidación de etanol a ácido acético por bacterias



Fuente: Elaboración propia

Existen muchas técnicas de acetificación que se diferencian entre sí por la forma en la que interactúan el etanol, las bacterias y el oxígeno. Con el fin de obtener un producto final satisfactorio se debe garantizar que los microorganismos a usar realicen una oxidación eficiente de etanol, tengan una producción eficiente de ácido acético y una

buena tolerancia con el mismo, resistencia a pHs bajos y a agentes bacteriófagos. Adicionalmente estos microorganismos no deben ser productores de celulosa ni de aromas indeseados (Adams & Moss, 2000).

2.4.1 Métodos de acetificación

- Métodos con cultivo superficial
- Métodos con Cultivo sumergido

2.4.1.1 Métodos con cultivo superficial

Es un método estático donde las bacterias acéticas se encuentran o bien en la superficie de los acetificadores en contacto con el aire o bien fijadas a soportes de materiales tales como virutas y la transferencia de oxígeno se hace por difusión. (Adams & Moss, 2000).

Ventajas

Mejor metabolismo de las bacterias acéticas, el aporte aromático y sensorial por la madera utilizada, dan mejores resultados.

Desventajas

- Es un método lento
- Existe peligro de contaminación de anguílulas
- Variaciones de temperatura difíciles de controlar.
- Se puede dar acumulación de bacterias muertas sobre las virutas Existen distintos procesos de obtención:

Método de Orleans o método lento: Las bacterias se encuentran en contacto directo con el aire, situadas en la interface líquido gas. Es un método lento pero los resultados en cuanto a calidad son inigualables. (Adams & Moss, 2000).

Método semi rápido o Método luxemburgués: Las bacterias también se encuentran en contacto directo con el aire pero en este caso fijadas a soportes tales como virutas,

el defecto de este método es que requiere una limpieza y sustitución periódica. En relación con el método de Orleans es un proceso más rápido. (Adams & Moss, 2000).

Método rápido: Tipo de cubas verticales, método de boerhaaveschutzenbach este es un método dinámico y no estático, el medio de fermentación se hace circular por un lecho fijo de virutas con células inmovilizadas, en sentido contrario se hacer pasar aire. (Adams & Moss, 2000).

2.4.1.2 Métodos con Cultivo sumergido

Este método se inició en los años cuarenta del siglo XX, mediante este método se logra conseguir entre un 95-98% del rendimiento, ya que se da con mayor eficiencia la transferencia de materia. Se basa en la presencia de un cultivo de bacterias que se encuentra en suspensión dentro del acetificador y con un aporte continuo de aire por convección forzada.

La fermentación se lleva a cabo en un tanque con agitador que gira a alta velocidad, un compresor que suministra oxígeno y un serpentín de enfriamiento. (Adams & Moss, 2000).

Ventajas

- Mayor rendimiento y velocidad de acetificación
- Se obtiene un producto de alta calidad uniforme.

Desventaja:

- Un elevado suministro de aire puede provocar sobre oxidación.
- El aire puede causar arrastre de componentes volátiles, lo que quita el aroma.

Equipos

Acetificador: Tanque que consta de alimentación y descarga de aireación, de agitación. Las bombas hacen ingresar el jugo alcohólico dentro del tanque y descargan el vinagre. El agitador gira a altas velocidades cerca de la boquilla del sistema de aireación para dispersar las pequeñas burbujas de aire con lo que se logra una buena

distribución del oxígeno. Es automatizado, tiene controles de aireación y medidores de ácido y alcohol.

Cavitador: Fue desarrollado en EEUU en 1959 y se ha utilizado a escala industrial sin embargo por dificultades técnicas su emplea ha disminuido. La agitación se lleva a cabo mediante un tubo vertical ubicado en el centro del tanque al llenar el tanque se debe mantener la parte superior del tubo fuera del líquido, ese tubo gira sobre el eje vertical del fermentador y al de hacerlo succiona el aire desde la superficie hasta el fondo del tubo. Ahí es dispersado en pequeñas burbujas al medio fermentativo. Equipo utilizado para este proceso: fermentador frings

2.4.2 Fase Inicial de acondicionamiento

Durante este tipo de fermentación la mayoría de los medios naturales no requieren la adición de nutrientes adicionales, solo en el caso de algunos vinos se usa como complemento el fosfato amónico. La única regla indispensable para el proceso es que los medios de cultivo tengan etanol, agua y nutrientes para las bacterias acéticas.

2.4.3 Microorganismos implicados

Esta fermentación se puede efectuar por medio de muchas bacterias y otros tipos de microorganismos con capacidad de producir ácido acético a partir de sustratos que contienen etanol. En general son bacterias lácticas, que producen ácido acético a partir de etanol, pertenecen a los géneros *Acetobacter* y *Gluconobacter*, quienes al entrar en contacto con el aire se desarrollan rápidamente en las superficies de los líquidos alcohólicos. Según estudios las más encontradas han sido, *A. aceti*, *A. rancens* y *A. oxidans*. La fermentación acética puede mantenerse durante años siempre y cuando actúe bajo las condiciones adecuadas que permitan la selección y desarrollo de microorganismos de alta tolerancia a la acidez y poco exigentes en cuanto a nutrientes.

Características de las Bacterias Acéticas

- Actúan en pH bajos
- Son microorganismos poliformes

- Aerobios estrictos

2.4.4 Factores a controlar

2.4.4.1 p H

La célula debido a su capacidad para regular su concentración interna de iones hidrogeno, puede defenderse relativamente bien frente a condiciones externas adversas.

2.4.4.2 Temperatura

El trabajo a temperaturas elevadas puede potenciar el efecto nocivo de otros factores sobre el proceso.

El rango óptimo para estas bacterias está entre los 15oC y 31oC. Concentración de ácido acético: Es la cantidad de ácido acético presente en una solución, no hay valores específicos definidos ya que estos pueden variar en función del tipo de medio y de la interrelación con otros parámetros, sin embargo en el caso del método de producción de vinagre por Doble Fermentación (método biológico, natural y permitido en la industria alimenticia) es un proceso costoso y la máxima concentración alcanzada es del 3 al 5 % de acidez.

2.4.4.3 Transformaciones durante la fermentación

Se puede dar la transformación del ácido málico, láctico y glicerina y la aparición de otros subproductos químicos que pueden alterar al producto final. Para evitar el crecimiento de bacterias sobre oxidativas en el vinagre embotellado, se puede aplicar:

- Pasteurización 70oC por 15 min.
- Adición de sulfito de sodio 70 ppm
- Adición de sal 1 a 2 p/v

En caso de alteraciones microbianas por bacterias acéticas, se puede oxidar el acético ya formado rebajando su grado de concentración, y por lo tanto disminuyendo la calidad final del vinagre.

2.5 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE VINAGRE DE FRUTAS POR DOBLE FERMENTACION

Según Rivera.S (2011) , el proceso de producción comienza con la cuantificación de la materia prima , luego se procede al lavado y selección , una vez que se selecciona la fruta tomando en cuenta que la misma no se encuentre dañada se siguen los siguientes pasos.

2.5.1 Lavado y selección

El lavado se efectúa con agua para eliminar cualquier resto de tierra o suciedad que pueda tener la fruta y su selección con base a que no haya materia prima dañada el tamaño no es muy importante.

2.5.2 Preparación de la fruta

En este punto se debe eliminar la cascara lo cual facilita el escaldado y reduce la tendencia a que el producto final tenga un sabor desagradable .En el caso de que la fruta sea grande se debe cortar o trozar para así tener pequeños trozos . Este proceso se puede realizar en forma manual o mecánica

2.5.3 Escaldado

Se hace sumergiendo la fruta en agua hirviendo,el escaldado desactiva la acción enzimática que provoca el pardeamiento y hace más sensibles los tejidos de las frutas facilitando así el proceso.

2.5.4 Extracción de la pulpa

Se hace pasando la fruta por un despulpador o bien licuándola para facilitar la extracción, en la extracción de la pulpa se pueden agregar pequeñas cantidades de agua para facilitar su molido.

2.5.5 Clarificado

La pulpa se deja en reposo para que los solidos sedimenten .El liquido claro que esta en la parte superior se retira y se traslada a un recipiente de preferencia de madera la pulpa constituida por los solidos que se depositan en el fondo se prensan para extraerle el liquido restante , luego se procede a filtrar y se agrega al liquido que ya se ha colocado en el recipiente

El mosto (jugo) debe tener aproximadamente 20° Brix si esnecesario se adiciona azucar para alcanzar ese grado.

2.5.6 Preparacion del cultivo

El cultivo se hace separando el 2,5 % del mosto clarificado y se esteriliza mediante ebullicion se deja enfriar y se inocula con levadura del tipo saccharomyces cervicae. El mosto inoculado se deja en reposo durante 30 min y luego se vierte al resto del mosto.

2.5.7 Mezclado y fermentacion alcoholica

Una vez que se ha preparado el cultivo y agregado al mosto se deja fermentar por unas 2 semanas a temperatura ambiente ,el recipiente debe ser tapado de tal forma que permita la salida del gas producido.

2.5.8 Trasvasado e inoculacion para fermentacion acetica

El liquido obtenido de la fase anterior se trasvasa al recipiente generador de vinagre donde se debe inocular con un cultivo de bacterias acetica *Acetobacter aceti* o bien se puede mezclar con el 20% de un vinagre no pasteurizado.

2.5.9 Filtrado

El filtrado se hace con ayuda de filtros o coladores finos para eliminar residuos de pulpa o levadura

2.6 CARACTERÍSTICAS DEL VINAGRE

En la tabla se encuentran detalladas las características que deben tener los vinagres según la norma boliviana NB/NA 100

- a) **Aspecto:** Limpio
- b) **Color:** Uniforme y si es de vino , característico del vino de procedencia
- c) **Olor:** Característico
- d) **Sabor:** Característico del producto
- e) Si el vinagre es de alcohol ,el color varia de incoloro a amarillento

Tabla II-7 Requisitos del vinagre según la norma boliviana NB/NA 100

Requisito	Mínimo	Máximo	Método
Acidez total ,(como ácido acético).% m/v	4	6	AOAC 930.35
Acidez fija ,(como ácido acético).% m/v	-	0,3	AOAC 930.35
Acidez volátil ,(como ácido acético).% m/v	3,7	-	AOAC 930.35
Alcohol etílico a 20° C ,% v/v	-	1,0	AOAC 930.35
pH a 20° C	2,3	2,8	AOAC 981.12
Numero de oxidación con permanganato	3	-	AOAC 944.10
Cenizas totales ,en vinagres diferentes	1	5	AOAC 930.35(D)
Extracto seco/l	1,2	-	AOAC 930.35(C)
Metanol g/l	-	0,5	AOAC 958.04

Fuente: NB/NA 100

Diagrama de Flujo II-1 Elaboración vinagre de frutas de doble fermentación

Fuente: Adams & Moss, 2000.

2.7 SELECCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL

En la tabla II-8 Se detalla las ventajas y desventajas de los procesos de fermentación alcohólica y acética.

Tabla II-8 Ventajas y Desventajas de los procesos de Fermentación Alcohólica y Fermentación Acética

Proceso	Método	Viabilidad	Ventajas	Desventajas
Fermentación Alcohólica	Fermentación espontanea	No es viable	-Tienen características sensoriales especiales. -No necesita ningún tipo de inoculación externa.	-Falta de control microbiológico durante el proceso. -Poca uniformidad y reproductividad
	Fermentación con levaduras seleccionadas	No es viable	-Se mantienen las características típicas de los vinos -Se adaptan mejor al mosto del cual vienen	Poca uniformidad y poca reproductividad del producto final.
	Fermentación con levaduras comerciales	Es viable	-Asegura la fermentación calidad del producto final Reducción del periodo de latencia - Rápida finalización de la fermentación alcohólica	Perdida de la tipicidad y complejidad de los vinos inoculados
Fermentación Acética	Métodos con cultivo superficial	No se dispone del equipamiento	-Mejor metabolismo de las bacterias acéticas, el aporte aromático y sensorial por la madera utilizada, dan mejores resultados.	- Es un método lento -Existe peligro de contaminación de anguñulas -Variaciones de temperatura difíciles de controlar. -Se puede dar acumulación de bacterias muertas sobre las virutas Existen distintos procesos de obtención:
	Métodos con Cultivo sumergido	No se dispone del equipamiento	-Mayor rendimiento y velocidad de acetificación -Se obtiene un producto de alta calidad uniforme.	-Un elevado suministro de aire puede provocar sobre oxidación. -El aire puede causar arrastre de componentes volátiles, lo que quita el aroma. -Inversión alta para el equipo

Fuente: Elaboración propia

2.7.1 Selección del método de fermentación alcohólica y acética

De acuerdo a referencias bibliográficas que se tienen se reporta que es viable realizar la fermentación alcohólica con Fermentación con levaduras comerciales porque son más fáciles de conseguir en el medio ya que a la vez asegura la fermentación teniendo una rápida finalización de la misma de esta manera asegurando la calidad del producto. Se construirán los reactores para la fermentación de acuerdo a lo requerido en esta etapa. Para la elección del método para la fermentación acética actualmente no se cuenta con los equipos necesarios para poder fermentar por estos métodos y no es viable poder conseguirlos de esta manera se construirán los reactores de acuerdo a las exigencias de la fermentación acética.

CAPITULO III
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

A continuación se detalla la metodología empleada en el trabajo de investigación para la obtención de resultados experimentales.

3.1.1 Análisis de la materia prima

Los análisis fueron realizados en laboratorios con dicha certificación

- Centro de análisis, investigación y desarrollo (CEANID)
- Laboratorio de operaciones unitarias (L.O.U) perteneciente a la carrera de Ingeniería Química de la U.A.J.M.S

En la tabla III-1 se detalla los parámetros determinados en la pulpa de mango rosa.

Tabla III-1 Parámetros fisicoquímicos determinados en la fruta de mango Rosa (*Mangifera indica* L.).

Parámetro	Técnica/o método de ensayo	Unidad
Azucares totales	NB 38033:06	%
Densidad Relativa	NB 230:99	-
Fibra	Gravimétrico	%
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Humedad	Método gravimétrico	%
Acidez total expresado en Ácido acético CH₃COOH	Método Volumétrico	%
Solidos solubles	Método instrumental	° Brix
pH	Potenciométrico	-

Fuente: Elaboración propia

3.2 DISEÑO FACTORIAL

3.2.1 Diseño factorial Fermentación Alcohólica

Un diseño factorial con dos factores consiste en experimentar con todos los tratamientos que se obtienen al combinar cada nivel de un factor con los niveles de otro (Peña, D. 2002).

El diseño factorial para la primera fermentación (fermentación alcohólica), es de dos factores a dos niveles cada uno de los factores con dos repeticiones, por lo tanto se tendrá un número de experimentos de:

$$2^2 = 4 * 2 \text{ repeticiones} = 8 \text{ experimentos}$$

Las variables identificadas son las siguientes: La acidez y concentración de sacarosa en el jugo; expresado en ° Brix y los niveles de dichas variables como se detalla en la Tabla III-2.

Tabla III-2 Niveles de las variables para la fermentación alcohólica

Nivel	Acidez total Titulable	° Brix
Inferior	4	17
Superior	5	21

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla III-3 se muestra las combinaciones de las variables en sus dos niveles a realizar para cada una de las muestras.

Tabla III-3 Combinaciones de las variables de la fermentación alcohólica

N° Muestras	A_{ij}	B_{ij}	Respuesta I(GL)	Respuesta II(GL)
1	-	-	$A_{11}B_{11}$	$A_{12}B_{12}$
2	-	+	$A_{21}B_{11}$	$A_{22}B_{12}$
3	+	-	$A_{11}B_{21}$	$A_{12}B_{22}$
4	+	+	$A_{21}B_{21}$	$A_{22}B_{22}$

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

i: Nivel

j: Repetición

A= Acidez total titulable

B= Concentración de sacarosa en el jugo ° Brix

GL = Concentración de alcohol (°GL) variable respuesta.

Hipótesis Nula

$$H_0 = A_{11} = A_{21} = A_{12} = A_{22} = 0$$

$$H_0 = B_{11} = B_{21} = B_{12} = B_{22} = 0$$

$$H_0 = A_{11}A_{11} = A_{21}B_{11} = A_{11}B_{21} = A_{21}B_{21} = A_{12}B_{12} = A_{22}B_{12} = A_{12}B_{22} = A_{22}B_{22} = 0$$

Hipótesis Experimental

$$H_1: A_{11} \neq A_{21} \neq A_{12} \neq A_{22} \text{ no todas las } t_{ij} \text{ son } 0$$

$$H_1: B_{11} \neq B_{21} \neq B_{12} \neq B_{22} \text{ no todas las } B_{ij} \text{ son } 0$$

$$H_1: A_{11}B_{11} \neq A_{21}B_{11} \neq A_{11}B_{21} \neq A_{21}B_{21} \neq A_{12}B_{12} \neq A_{22}B_{12} \neq A_{12}B_{22} \neq A_{22}B_{22} =$$

No todas las interacciones $A_{ij}B_{ij}$ son 0

Hipótesis: La acidez y la concentración de sacarosa en el jugo (°Brix) Influyen positivamente en la obtención de alcohol de mango rosa.

En la Tabla III-4 se detallan las interacciones durante la etapa de fermentación alcohólica.

Tabla III-4 Interacciones de las variables de la fermentación alcohólica

N° Muestras	Acidez titulable	° Brix	Respuesta (°GL)
M 1	4	17	10,12
M 2	4	21	11,84
M 3	5	17	10,14
M 4	5	21	12,95
M 5	4	17	10,60
M 6	4	21	11,20
M 7	5	17	10,20
M 8	5	21	12, 50

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Fermentación Acética condiciones

Con el resultado respuesta de la fermentación alcohólica se dio continuidad a la fermentación acética tomando los valores resultantes del grado alcohólico y teniendo como variable respuesta la Acidez volátil expresado en Ácido acético.

Se inocularon bacterias acéticas para la conversión a vinagre según dosificación establecida.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y ACÉTICA.

El desarrollo de la parte experimental del presente proyecto de investigación aplicada obtención de vinagre de mango rosa (*Mangifera indica* L.) Se llevó a cabo en los ambientes del Laboratorio de Operaciones Unitarias (L.O.U) perteneciente a la carrera de Ingeniería Química de la U.A.J.M.S.

3.3.1 Descripción de los equipos empleados en la realización de la parte experimental

Los equipos empleados para la realización de la parte experimental fueron los siguientes.

3.3.1.1 Refractómetro digital de abbe

Con este equipo se determinó los Grados Brix que miden la cantidad de sólidos solubles presentes en la solución expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de los alimentos que se determinan empleando el refractómetro. (Ver Anexo B Especificaciones técnicas del equipo Tabla-1).

3.3.1.2 pH metro

El pH metro o potenciómetro es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución la determinación de pH (potencial de hidrogeno) Es la medida de acidez o de alcalinidad de una sustancia, es decir que es la concentración de iones de hidrogeno y ácidos débiles los cuales van a formar una valoración numérica. Por ejemplo los números a partir de 0 a 7 indican las soluciones ácidas y del 7 a 14 son las soluciones alcalinas, por lo tanto si una sustancia es más ácida su pH cercano será 0 y si es más alcalina su pH estará cerca al número 14 (Ver Anexo B Especificaciones técnicas del equipo Tabla -2).

3.3.1.3 Balanza analítica electrónica

Se utilizó una balanza analítica para medir pequeñas masas (Ver Anexo B Especificaciones técnicas del equipo Tabla-3).

3.3.1.4 Balanza analítica electrónica balanza mor ley

Se utilizó una balanza con un rango mayor de medida para cantidades más altas que una balanza analítica no alcanzaba (Ver Anexo B Especificaciones técnicas del equipo Tabla -4).

3.3.1.5 Licuadora

Se utilizó la licuadora para la extracción de la pulpa de mango se realiza generalmente en el caso de frutas que no tengan semilla ni partes sólidas, mediante este método se obtiene un mosto bastante líquido y homogéneo. (Ver Anexo B Especificaciones técnicas del equipo Tabla -5).

3.3.1.6 Bomba de vacío

Se empleó la bomba al vacío para poder hacer una filtración más rápida en el mosto obtenido y eliminar los sólidos en suspensión presentes en dicha muestra (Ver Anexo B Especificaciones técnicas del equipo Tabla-6).

3.3.1.7 Estufa

Se empleó una estufa para proporcionar calor a los fermentos por el motivo de las bajas temperaturas climáticas para no afectar a la fermentación (Ver Anexo B Especificaciones técnicas del equipo Tabla-7).

3.3.1.8 Compresor

Se utilizó un compresor para suministrar aire en la etapa de fermentación acética de esta manera oxigenar y acelerar la fermentación acética. (Ver Anexo B Especificaciones técnicas del equipo Tabla-8).

3.3.1.9 Rotámetro

Se controló mediante el rotámetro el flujo entrante de aire al sistema de fermentación acética. La ecuación de la continuidad plantea que la velocidad con que se mueve un fluido por un tubo de sección transversal variable es inversamente proporcional al área de sección transversal del tubo. (Ver Anexo B Especificaciones técnicas del equipo Tabla-9).

3.3.1.10 Secador infrarrojo termo control

Con este equipo se determina la humedad de manera rápida y fiable el cual se utilizó para determinar el porcentaje de agua presente en la pulpa de mango rosa. (Ver Anexo B Especificaciones técnicas del equipo Tabla-10).

3.3.2 Descripción de los Materiales utilizados en la realización de la parte experimental.

Los materiales empleados para la realización de la parte experimental fueron los siguientes detallados en la tabla III-5.

Tabla III-5 Materiales de laboratorio

Material de vidrio	Especificación	Cantidad
Bureta	25ml	1
Pipeta	10ml	1
Embudo vidrio	50mm	1
Vaso precipitado	250 ml	1
Varilla de vidrio	-	1
Probeta	500 ml	1
Pizeta	500 ml	1
Matraz Erlenmeyer	250ml	1
Termómetro	0-200°C	1
Papel filtro	Pliegue	5
Probeta	50 ml	1
SopORTE universal	-	1
Pinza doble nuez	-	1

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Descripción de los insumos empleados en la realización de la parte experimental

Tabla III- 6 Insumos

Insumos	Especificación	Cantidad
Levadura Sacharomyces Cervisiae	100 g	1
Ácido cítrico	250 g	1
Fosfato de amonio	200 g	1
Carbonato de potasio	100 g	1
Ácido ascórbico	125 g	1
Meta bisulfito de potasio	20 g	1
Azúcar	10 Kg	1
Bacterias Acéticas	2 L	1
Bentonita	100 g	1
Agua mineral	30 L	1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla III-6 se detalla los insumos empleados en la parte experimental.

3.3.4 Descripción de los Reactivos empleados en la realización de la parte experimental

Para la valoración ácido –base mediante titulación para corregir el mosto de acuerdo al diseño factorial empleado en la fermentación se empleó los reactivos detallados en la Tabla III-7.

Tabla III -7 Reactivos

Reactivos	Especificación	Cantidad
Hidróxido de Sodio	1 L	1
Fenolftaleína	100 ml	1
Agua Destilada	8 L	1

Fuente: Elaboración propia

3.4 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Diagrama de flujo III-1 Proceso de obtención de vinagre de mango rosa
(*Mangifera indica* L.)



Fuente: Elaboración propia

3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE VINAGRE DE MANGO ROSA (*Mangifera indica* .L)

3.5.1 Recepción de la materia prima

Se utilizó la fruta mango rosa por su disponibilidad en nuestro mercado, por su precio y que se encontraba en un estado de madurez avanzada (No sobre maduras). como se puede ver en la figura III-1.

Figura III- 1 Mango rosa (*Mangifera indica* L.)



Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Selección y clasificación de la fruta

Se realizó una clasificación manual del mango rosa para la selección se tomó en cuenta las características organolépticas como olor, color, textura y sabor, considerando que para el proceso es beneficioso un estado de madurez avanzado como se puede ver en la figura III-2.

Figura III -2 Selección y clasificación del mango rosa



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.1 Lavado

Los mangos no pueden entrar al proceso en estado de inocuidad absoluta, por lo tanto se procedió con la limpieza superficial de la fruta con agua potable como se puede ver en la figura III-3.

Figura III-3 Lavado del mango rosa



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2 Pesado

Se realizó el pesaje del mango rosa que entrara al proceso para posteriormente poder determinar mediante cálculos el rendimiento de la fruta como se ve en la figura III-4.

Figura III-4 Pesado del mango rosa



Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Pelado y Corte

Se procedió pelando los mangos manualmente con un cuchillo, de esta manera extraer la pulpa que entrara en proceso separando de la cascara y semilla como se puede ver en la figura III-5.

Figura III –5 Pelado y Corte del mango rosa



Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-8 se especifica los pesos iniciales y finales para la extracción de la pulpa de mango rosa.

Tabla III-8 Pesos del pelado y corte

Muestra	Peso del mango rosa (kg)	Peso de la cascara (kg)	Peso de la semilla (kg)	Peso de la pulpa (kg)
M 1	5,745	0,815	0,930	4
M 2	5,85	0,900	0,950	4
M3	5,748	0,850	0,898	4
M4	5,756	0,833	0,923	4
M5	5,864	0,921	0,943	4
M6	5,809	0,845	0,964	4
M7	5,8	0,890	0,910	4
M8	5,828	0,935	0,893	4

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Extracción del mosto

Se controló los parámetros iniciales en la pulpa de mango que fueron la Acidez total, pH y ° Brix.

Para obtener el mosto se vio por conveniente licuar la pulpa de mango mediante una disolución de 1:1 pulpa-agua purificada al no poseer semilla ni partes solidas mediante este método se obtuvo un mosto bastante líquido y homogéneo como se puede ver en la figura III-6.

Figura III –6 Extracción del mosto



Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-9 se puede ver los pesos iniciales de la pulpa de mango rosa y el peso final del mosto para cada tratamiento.

Tabla III- 9 Dilución de pulpa -mosto

Muestra	Pulpa mango rosa (Kg)	Agua mineral (Kg)	Total del mosto (Kg)
M 1	4	4	8
M 2	4	4	8
M3	4	4	8
M4	4	4	8
M5	4	4	8
M6	4	4	8
M7	4	4	8
M8	4	4	8

Fuente: Elaboración propia

3.5.5 Acondicionamiento de los fermentadores en la etapa de fermentación alcohólica

Para poder fermentar el mosto se utilizó envases de plástico de 16 L, los cuales fueron acondicionados para proceder con la fermentación alcohólica.

Se realizó un orificio en la tapa de los envases para poder conectar una manguera por la parte superior de aproximadamente 35 cm de longitud que conecta a una botella plástica para permitir la salida del CO_2 como se puede ver en la figura III-7.

Figura III-7 Fermentadores para la fermentación alcohólica



Fuente: Elaboración propia

3.5.6 Corrección de mosto

Se corrigió el mosto según los parámetros establecidos dentro del diseño factorial que fueron de acidez total y grados brix como se detalla a continuación.

3.5.6.1 Acondicionamiento de los grados brix

Para acondicionar el mosto se midió los grados brix iniciales en un refractómetro de acuerdo a esto se corrigió con azúcar del mosto para llevarlo a los parámetros establecidos dentro del diseño factorial planteado de (17 -21° Brix) los valores corregidos se detallan en la Tabla III-10.

Tabla III-10 Corrección de los grados Brix del mosto

Muestra	° Brix iniciales del mosto	Cantidad de azúcar adicionada (Kg)	° Brix corregidos	Total del mosto en (Kg)
M 1	6,6	0,709	17	8,709
M 2	6,7	1,340	21	9,340
M3	6,5	0,766	17,1	8,766
M4	6,5	1,495	21	9,495
M5	6,7	0,920	17,2	8,920
M6	6,7	1,355	21,2	9,355
M7	6,3	0,949	17,1	8,949
M8	6,4	1,379	21,1	9,379

Fuente: Elaboración propia

3.5.6.2 Acondicionamiento de la acidez en el mosto

Para acondicionar a los valores establecido de acidez total dentro del diseño factorial se realizó una valoración ácido base mediante titulación se determinó la acidez inicial de acuerdo a lo resultados obtenidos se corrigió la acidez con ácido cítrico (Ver anexo D Técnica empleada para la valoración ácido –base), como se detalla en la Tabla III-11.

Tabla III-11 Corrección de la acidez del mosto

Muestra	Acidez total inicial del mosto	Cantidad de ácido cítrico adicionado (Kg)	Acidez total final del mosto corregido	Total del mosto en (Kg)
M 1	3,7	0,024	4	8,733
M 2	3,4	0,048	5	9,388
M3	3,5	0,04	4	8,806
M4	4,1	0,072	5	9,567
M5	3,6	0,0112	4	8,931
M6	3,5	0,012	5	9,367
M7	3,4	0,048	4	8,997
M8	4	0,08	5	9,459

Fuente: Elaboración propia

3.5.7 Adición de nutrientes necesarios para acondicionar el mosto para la fermentación alcohólica

Se adiciono nutrientes como ser fosfato de amonio, también el antioxidante ácido ascórbico como se puede ver en la figura III-8.

Figura III-8 Adición de Nutrientes al mosto



Fuente: Elaboración propia

3.5.8 Inoculación del mosto con levaduras *Sacharomyces cerevisiae*

Para proceder con la inoculación se realizó la activación de la levadura *Sacharomyces cerevisiae* que es necesario para la fermentación alcohólica del mosto para lo cual se diluyo la levadura con agua a la temperatura de 36°C se dejó reposar en baño maría por 15 min seguidamente se adiciono a la dilución una misma proporción del mosto y se dejó por otros 15 min para acondicionarlo al medio al cual será adicionado hasta notar la activación mediante la formación de burbujas en la superficie como se puede ver en la figura III-9.

Figura III-9 Activacion de la levadura



Fuente: Elaboración propia

Figura III-10 Inoculación del mosto

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se esperó 30 minutos y se le adicióno meta bisulfito de potasio, en la tabla III-12 se detalla los pesos de los insumos adicionados al mosto para su corrección.

Tabla III-12 Cantidades de los insumos añadidos al mosto

Muestra	Ácido ascórbico (Kg)	Fosfato de amonio (Kg)	Levadura sacharomyces cervisiae (Kg)	Meta bisulfito de potasio (Kg)	Total del mosto en (Kg)
M 1	0,04	0,064	0,032	0,016	8,885
M 2	0,04	0,064	0,032	0,016	9,54
M3	0,04	0,064	0,032	0,016	8,958
M4	0,04	0,064	0,032	0,016	9,719
M5	0,04	0,064	0,032	0,016	9,083
M6	0,04	0,064	0,032	0,016	9,519
M7	0,04	0,064	0,032	0,016	9,149
M8	0,04	0,064	0,032	0,016	9,611

Fuente: Elaboración propia

3.5.9 Fermentación alcohólica

Se prosiguió a la etapa de fermentación alcohólica donde se realizó la toma de datos de los tratamientos diariamente controlando la reducción de los grados brix , el pH ,la temperatura , El tiempo que duro la fermentación alcohólica fueron de 13-16 días, en la figura III-11 se ve el proceso de fermentación alcohólica hasta su conclusión.

Figura III-11 Proceso de fermentación

Fuente: Elaboración propia

3.5.10 Filtración

Terminando la fermentación alcohólica se filtró los mostos con una en gaza en forma manual con el objetivo de eliminar toda cantidad de residuos de la pulpa de las levaduras que precipitaron que ya no son útiles para pasar al siguiente proceso de fermentación acética, obteniendo un vino a partir de mango rosa con estándares fisicoquímicos cumplidos y con las características organolépticas deseadas, de buen olor, color, sabor, y apariencia líquida, como se puede ver en la figura III-12.

Figura III-12 Filtración del mosto

Fuente: Elaboración propia

3.5.11 Vino a partir de mango rosa

Concluyendo la filtración se dejó reposar para que con el tiempo puedan decantar las levaduras muertas o sustancias solidas presentes se realizaron 2 trasiego así de esta manera poder obtener un vino a partir de mango rosa más clarificado y en condiciones óptimas para que siga la etapa de fermentación acética, como se ve en la figura III-13.

Figura III -13 Vino de mango rosa



Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-13 se detalla los pesos iniciales finales para obtener un vino a partir de mango rosa en óptimas condiciones.

Tabla III-13 Pesos iniciales y finales en la fermentación alcohólica

Muestra	Total del mosto en (Kg)	Filtración (Kg)	Trasiego 1 (Kg)	Trasiego 2 (Kg)	Peso Total del vino de mango (Kg)
M 1	8,885	7,980	7,545	7,261	6,391
M 2	9,054	8,730	8,332	7,923	7,440
M3	8,958	7,430	7,022	6,624	6,357
M4	9,719	8,570	8.019	7,749	7,523
M5	9,083	8,423	7,091	7,041	6,430
M6	9,519	8,064	8,017	7,570	7,190
M7	9,149	8,986	8,465	7,032	6,150
M8	9,611	8,721	8,099	7,839	7,450

Fuente: Elaboración propia

3.5.12 Acondicionamiento de los fermentadores en la etapa de fermentación acética

Para acondicionar los fermentadores y continuar con la etapa de acidificación del vino a partir de mango. Se utilizaron envases de plástico de 15 L previamente desinfectados los cuales estaban conectados entre sí mediante una conexión de mangueras para que de esta manera puedan tener una entrada de suministro de aire con el objetivo de activar las bacterias.

Se realizó un orificio en la tapa de los envases para poder conectar una manguera por la parte superior de aproximadamente 65 cm de longitud que conecta a otra manguera de 300 cm de longitud que conecta compresor para permitir la entrada de aire a la fermentación.

Figura III- 14 Fermentadores para la fermentación acética



Fuente: Elaboración propia

3.5.13 Inoculación del vino a partir de mango rosa

Para comenzar la fermentación acética se adicionaron las bacterias acéticas a el vino obtenido en la etapa de fermentación alcohólica llamadas *Acetobacter aceti* de acuerdo a dosificación establecida, como se ve en la figura III-15.

Figura III- 15 Inoculación con bacterias acéticas

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-14 se detalla las cantidades de bacterias suministradas al vino a partir de mango rosa.

Tabla III-14 Pesos en la Inoculación con bacterias acéticas

Muestra	Peso Total del vino de mango (Kg)	Adición de bacterias acéticas (Kg)	Peso Total del vino de mango inoculado (Kg)
M 1	6,391	0,350	6,741
M 2	7,440	0,350	7,079
M3	6,357	0,350	6,707
M4	7,523	0,350	7,873
M5	6,430	0,350	6,078
M6	7,190	0,350	7,054
M7	6,150	0,350	6,005
M8	7,450	0,350	7,008

Fuente: Elaboración propia

3.5.14 Vinagre de mango rosa

Para obtener un vinagre en buenas condiciones organolépticas y fisicoquímicas se tuvo un control diario durante el tiempo de fermentación acética del pH, de la temperatura para llegar a los parámetros establecidos dentro la norma boliviana de vinagre donde establece que debe tener un pH de 2,3- 2,8 y la acidez total de 4 -6%.

3.5.15 Filtrado

Obtenidos los parámetros necesarios de Acidez y PH durante el proceso de oxidación, se procede a filtrar el vinagre de mango rosa con el propósito de eliminar toda la cantidad de residuos que ya no son útiles, de esta manera el producto final es un vinagre con estándares fisicoquímicos cumplidos y con las características organolépticas deseadas, de buen olor, color, sabor, y apariencia líquida.

Figura III-16 Filtrado del vinagre de mango rosa



Fuente: Elaboración propia

En la figura III-16 se ve la filtración del vinagre de mango rosa mediante una bomba de vacío, en la tabla III-15 se detalla las cantidades obtenidas al finalizar el proceso de filtrado del vinagre de mango rosa.

Tabla III-15 Pesos iniciales y finales en la fermentación acética

Muestra	Peso Total del vino a partir de mango rosa inoculado (Kg)	Peso final del Vinagre de mango rosa filtrado (Kg)
M 1	6,741	6,141
M 2	7,079	6,479
M3	6,707	6,107
M4	7,873	7,273
M5	6,078	5,478
M6	7,054	6,454
M7	6,005	5,405
M8	7,008	6,408

Fuente: Elaboración propia

3.5.16 Envasado

Concluido el proceso de envasado se procedió a realizar el envasado del vinagre de mango rosa para poder conservarlo en condiciones adecuadas, se envaso en botellas de vidrio nuevas, bien desinfectadas como se ve en la figura III-17 para su maduración y posterior uso.

Figura III-17 Envasado del vinagre de mango rosa



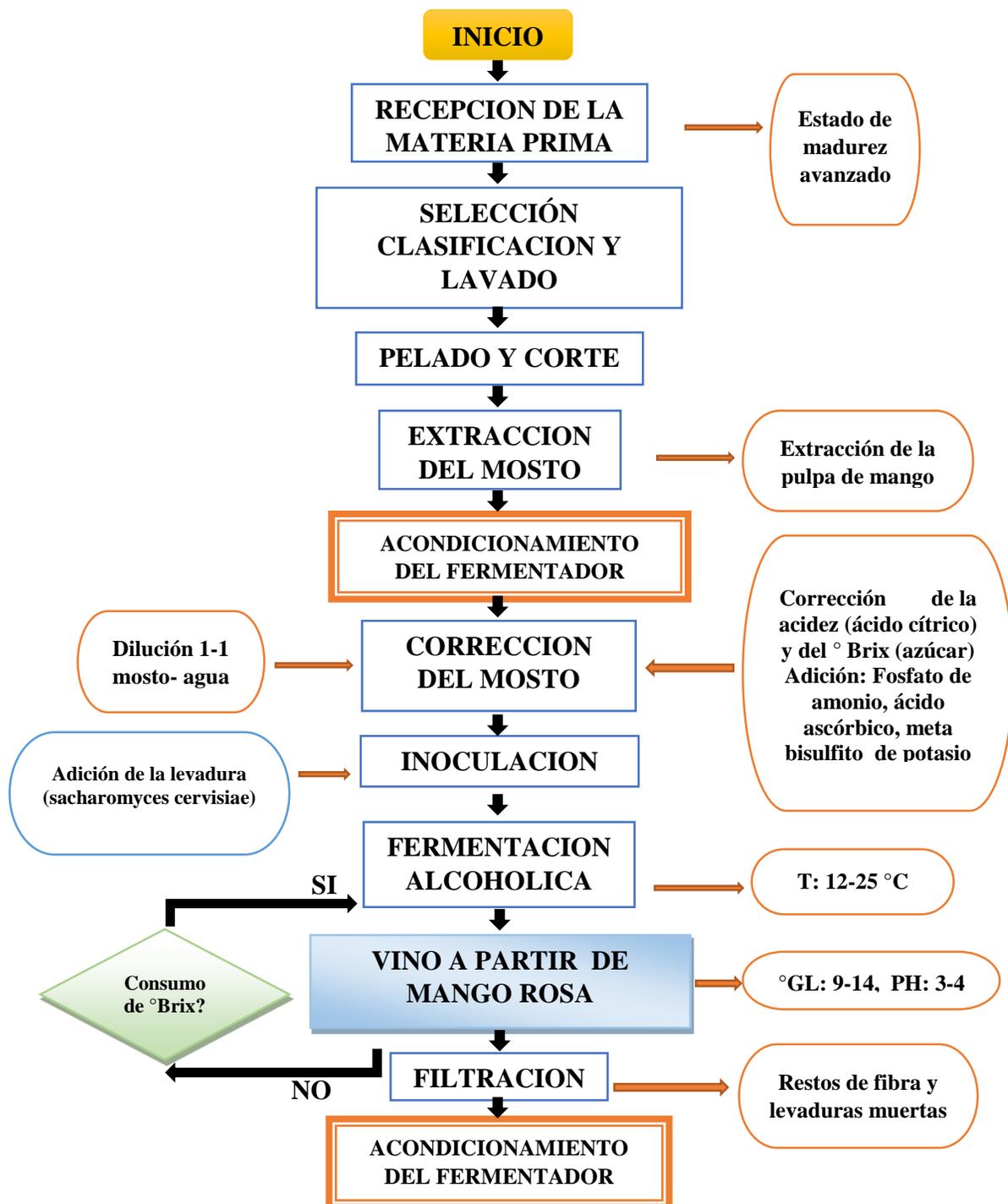
Fuente: Elaboración propia

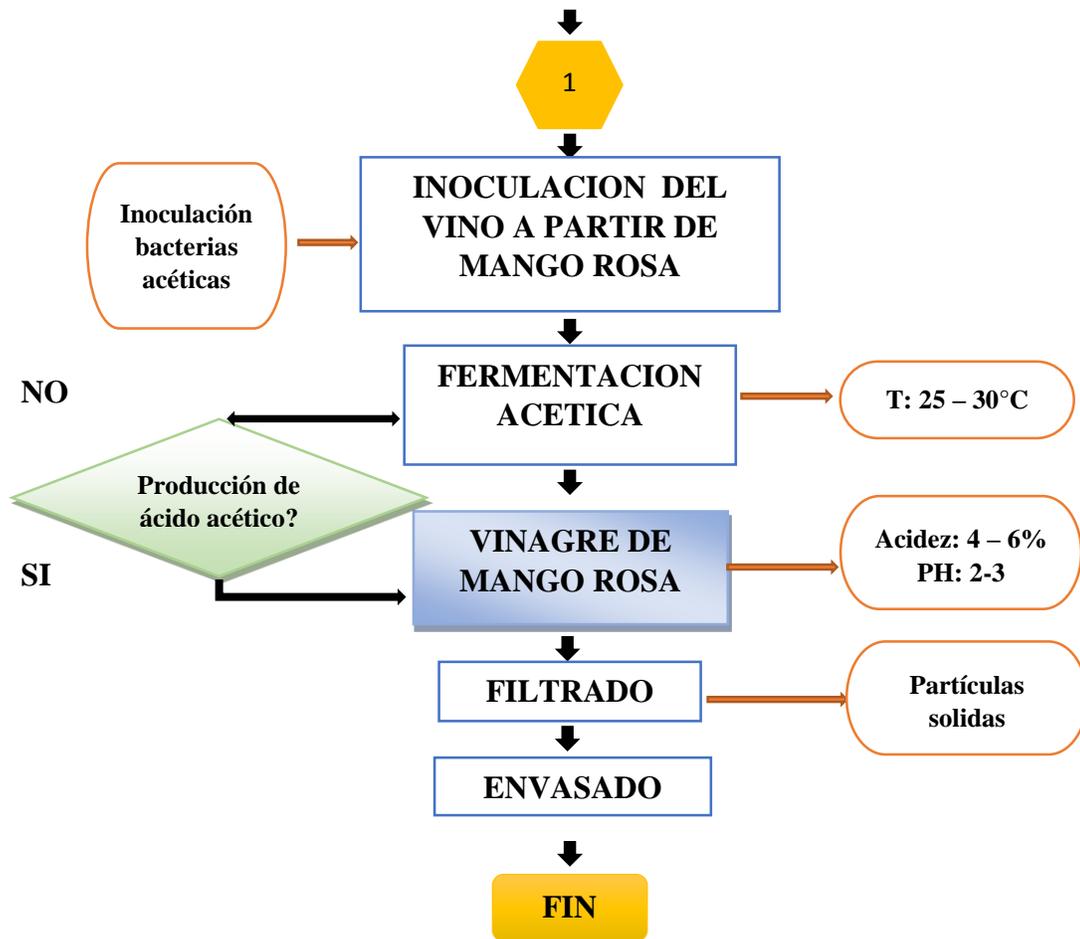
3.5.17 Almacenamiento

Terminando el envasado se prosiguió a guardar el vinagre de mango rosa en cajas en un ambiente fresco.

3.6 DETALLE DEL DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE VINAGRE DE MANGO ROSA

Diagrama de flujo III-2 proceso de obtención de vinagre de mango rosa
(*Mangifera indica* L.)



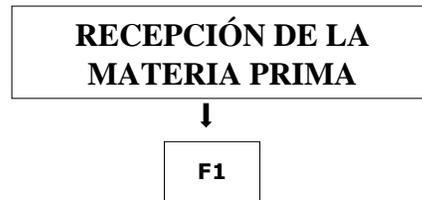


Fuente: Elaboración propia

3.7 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE VINAGRE DE MANGO ROSA (*Mangifera indica* L.)

Se realizó el balance de materia del tratamiento que mejor rendimiento mostro, la muestra 4 (M4) fue el tratamiento con el cual se realizó el balance como se detalla a continuación.

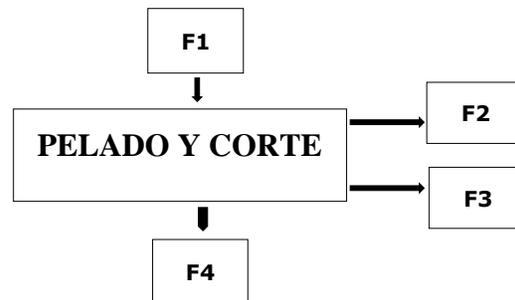
3.7.1 Recepción de la materia prima.



Dónde:

F1 = 7,873 Kg Mango rosa (*Mangifera indica* L.)

3.7.2 Pelado y corte



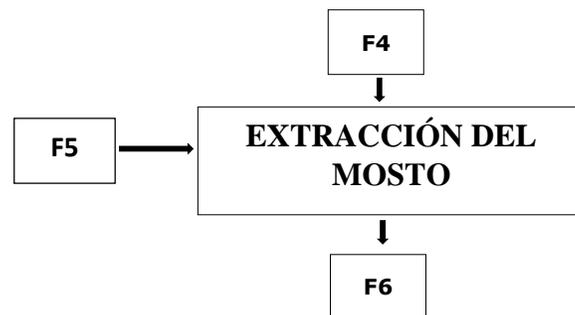
Donde:

F2 = 0,833 Kg de cascara

F3 = 0,923 Kg de semilla

F4 = 4 Kg de pulpa de mango

3.7.3 Extracción del mosto

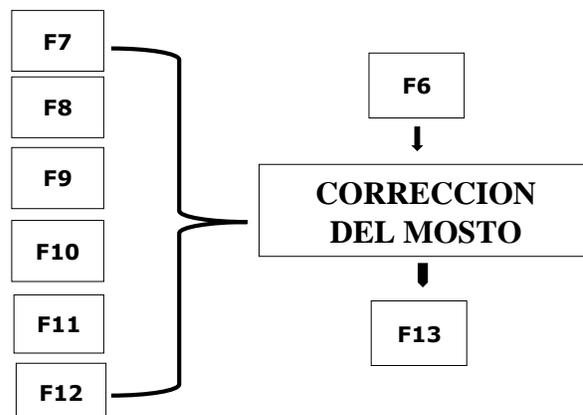


Donde:

F5 = 4Kg de agua mineral

F6 = 8Kg de mosto

3.7.4 Corrección del mosto



Donde:

F13 = Mosto corregido

F7 = 1,459 Kg Azúcar

F8 = 0,072 Kg Ácido cítrico

F9 = 0,04 Kg de Ácido ascórbico

F10 = 0,064 Kg de Fosfato de amonio

F11 = 0,032 Kg de Levadura sacharomyces cervisiae

F12 = 0,016 Kg de Meta bisulfito de potasio

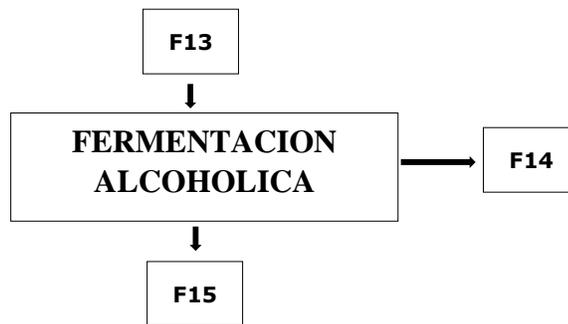
Balance general

F13 = F6+F7+F8+F9+F10+F11+F12

F13 = 8 Kg +1,459 Kg+0,072 Kg+0,04 Kg+0,064 Kg+0,032 Kg+0,016 Kg

F13 = 9,719 Kg Mosto que entra al proceso de fermentación alcohólica

3.7.5 Fermentación alcohólica



Donde:

F15 = Vino a partir de mango rosa

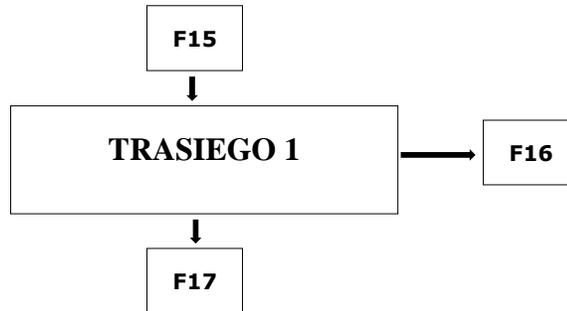
F14 = 1,149Kg Filtrado

Balance general

F15 = F13-F14

F15 = 9,719Kg-1,149Kg =8,570Kg de vino a partir de mango rosa filtrado

3.7.6 Trasiego 1



Donde = Kg de vino a partir de mango rosa filtrado

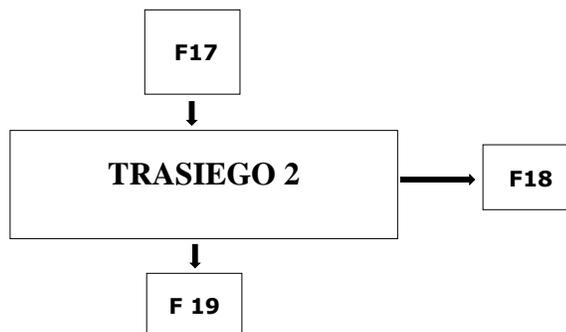
F16 = 0,551 Kg de levaduras muertas sedimentadas

Balance general

$$F17 = F15 - F16$$

$$F17 = 8,570\text{Kg} - 0,551\text{ Kg} = 8,019\text{ Kg de vino a partir de mango rosa filtrado}$$

3.7.7 Trasiego 2



Donde:

F18 = 0,27 Kg de Levaduras restantes

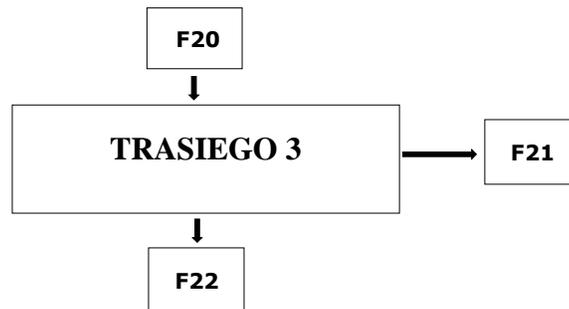
F19 = Vino a partir de mango rosa filtrado

Balance general

$$F19 = F17 - F18$$

$$F19 = 8,019\text{Kg} - 0,27\text{ Kg} = 7,749\text{ Kg de vino a partir de mango rosa.}$$

3.7.8 Trasiego 3



Donde:

F21 = 0,226 Kg de Levaduras restantes

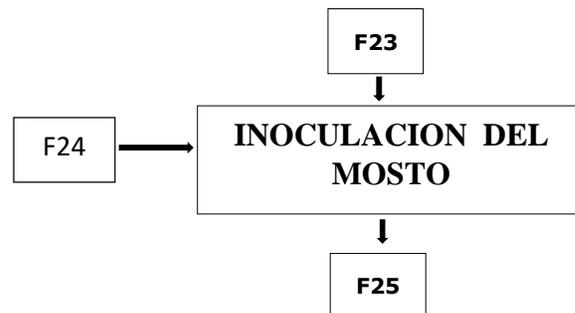
F22 = vino de mango filtrado

Balance general

$$\mathbf{F22 = F20 - F21}$$

F22 = 7,749 Kg - 0,0226 Kg = 7,523 Kg de vino a partir de mango rosa listo para entrar al proceso de fermentación acética.

3.7.9 Inoculación del vino a partir de mango rosa para la etapa de fermentación acética



Donde:

F24= 0,350 Kg inoculación con Bacterias acéticas

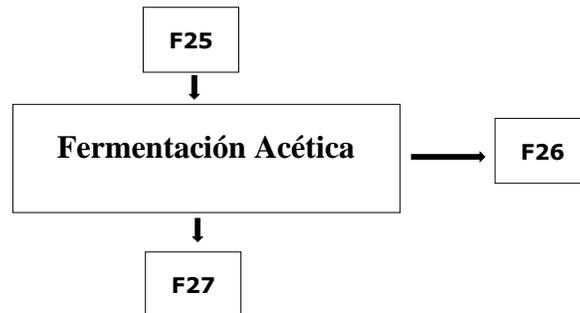
F25 = Vino a partir de mango rosa corregido

Balance general

$$\mathbf{F25 = F24 + F25}$$

F25 = 7,523Kg + 0,350Kg = 7,873Kg de Vino a partir de mango rosa corregido para la fermentación acética

3.7.10 Fermentación acética



Donde:

F26 = 0,6 Kg de Restos de levaduras retiradas por filtración

F27 = Vinagre de mango Rosa

Balance general

$$\mathbf{F27 = F25 - F26}$$

$$\mathbf{F27 = 7,873Kg - 0,6 Kg \quad F27 = 7,273 \text{ Kg Vinagre de mango rosa}}$$

3.7.11 Calculo del rendimiento obtenido

Se inició el proceso con 8 Kg de mosto obteniendo como resultado final 7,273 Kg Vinagre de mango rosa.

$$\eta_{\text{rendimiento total}} = \frac{7,273 \text{ [kg]} * 100}{8 \text{ [kg]}} = 90.9125 \%$$

El rendimiento obtenido es de **90.9125%** en el proceso de obtención de vinagre de mango rosa.

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL MANGO ROSA (*Mangifera indica* L.).

La parte que se utilizó para la obtención del vinagre de mango es la pulpa del mismo. Por lo que se propone utilizar mangos que contengan la mayor cantidad de la misma y huesos más pequeños, para hacer más rentable el proceso.

En la siguiente tabla IV-1 se presentan los pesos y rendimientos (promedios) y en porcentaje de las partes del mango rosa

Tabla IV-1 Pesos y rendimientos en porcentaje del mango rosa

Pesos y rendimientos en porcentaje del mango rosa		
Partes de la fruta	Peso en (g)	Porcentaje (%)
Cascara	55	10,377
Hueso	40	7,547
Pulpa	435	82,075
Total (fruta entera)	530	100

Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostraron que el porcentaje de la semilla (hueso) en el mango rosa , es el mínimo reportado en la literatura con un 7.547 %, obteniendo una gran parte comestible del 82,075 %, equivalente al máximo reportado, con un 10,377 % de cascara, lo que lo hace uno de los mangos más rentables para la obtención de su pulpa.

Se realizó un análisis fisicoquímico del fruto de mango rosa Los resultados se detallan en la tabla IV-2

Tabla IV-2 Caracterización fisicoquímica de la pulpa mango rosa

Parámetro	Técnica/o método de ensayo	Unidad	Resultado
Azúcares totales	NB 38033:06	%	14,76
Densidad Relativa	NB 230:99	-	1,2679
Fibra	Gravimétrico	%	0,28
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	0,83
Humedad	Método gravimétrico	%	80,23
Acidez total expresado en Ácido acético CH₃COOH	Método Volumétrico	%	0,35
Sólidos solubles	Método instrumental	° Brix	19,4
pH	Potenciométrico	-	4,36

Fuente: Elaboración propia

4.2 DETERMINACION DEL TIEMPO DE FERMENTACION ALCOHOLICA

4.2.1 Consumo de Sustrato (° Brix)

Para determinar el tiempo de fermentación alcohólica se trabajó con la escala °Brix, en la cual a un Brix, le corresponde a 1 gramo de azúcar en 100 gramos de solución azucarada (el peso de la solución una vez hecha la mezcla, este tipo de relación se conoce como peso en peso).

Se realizaron mediciones diarias sobre el consumo de los grados Brix en cada uno de los mostos. Ver figura IV-1

Las mediciones se realizaron mediante el uso de un refractómetro (Ver Anexo B Tabla 1).

Los datos obtenidos de los días de fermentación alcohólica con relación a la reducción de los grados brix se detallan en la tabla IV-3

Figura IV-1 Medición de los grados Brix en un Refractómetro



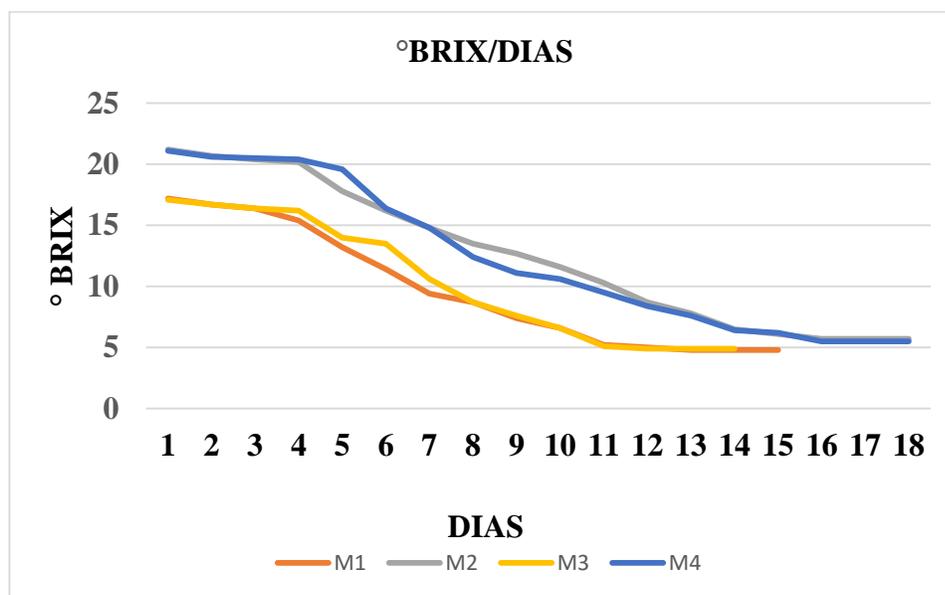
Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-3 Datos obtenidos del Consumo del Sustrato (° Brix)

TIEMPO	° BRIX							
					REPLICAS			
DIAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	17,2	21,2	17,1	21,1	17,1	21,1	17,1	21
2	16,7	20,7	16,7	20,3	16,5	20,6	16,7	20,1
3	16,4	20,4	16,4	19	16,2	20,2	16,3	19,2
4	15,4	20,2	16,2	18,2	15,3	19,0	16,0	18,4
5	13,2	17,8	14	17,0	13	17,6	14,1	17,4
6	11,4	16,2	13,5	16,4	11,3	16,3	13,2	16,1
7	9,4	14,8	10,6	14,3	9,2	14,5	10,3	14,5
8	8,7	13,5	8,7	13,0	8,9	13,1	8,5	13,2
9	7,4	12,7	7,6	12,6	7,6	12,5	7,2	12,8
10	6,6	11,6	6,6	11,2	6,7	11,4	6,4	11,6
11	5,2	10,3	5,1	10,4	5,6	10,1	5,3	10,3
12	5,0	8,7	4,9	8,5	5,2	8,5	5,0	8,7
13	4,8	7,8	4,9	7,7	4,9	7,6	5,0	7,8
14	4,8	6,5	4,9	6,4	4,9	6,7	5,0	6,5
15	4,8	6,1	-	5,8	4,9	6,3	-	5,9
16	-	5,7	-	5,5	-	5,8	-	5,6
17	-	5,7	-	5,5	-	5,8	-	5,6
18	-	5,7	-	5,5	-	5,8	-	5,6

Fuente: Elaboración propia

Grafico IV-1 Consumo del sustrato ° Brix con relación al tiempo de fermentación alcohólica



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el grafico IV-1 en el proceso de fermentación alcohólica el rol del azúcar es vital, los microorganismos consumen el sustrato azúcar que afecta la velocidad de fermentación, y aumenta la cantidad de biomasa (levaduras).

El tiempo que concluye la fermentación alcohólica indica que la cantidad de biomasa producida por las levaduras ha cesado teniendo así que la M1 concluyo en 13 días, la M2 concluyo en 16 días, la M3 concluyo en 12 días y la M4 concluyo en 16 días de esta manera el tratamiento que culmino más rápido la fermentación alcohólica fue la M3.

4.2.2 Control de la Temperatura en la fermentación alcohólica

El control de la temperatura fue muy importante al momento de controlar el proceso de fermentación alcohólica. La temperatura se controló diariamente con la ayuda de un termómetro ver figura IV-2.

Figura IV-2 Medición de la temperatura

Fuente: Elaboración propia

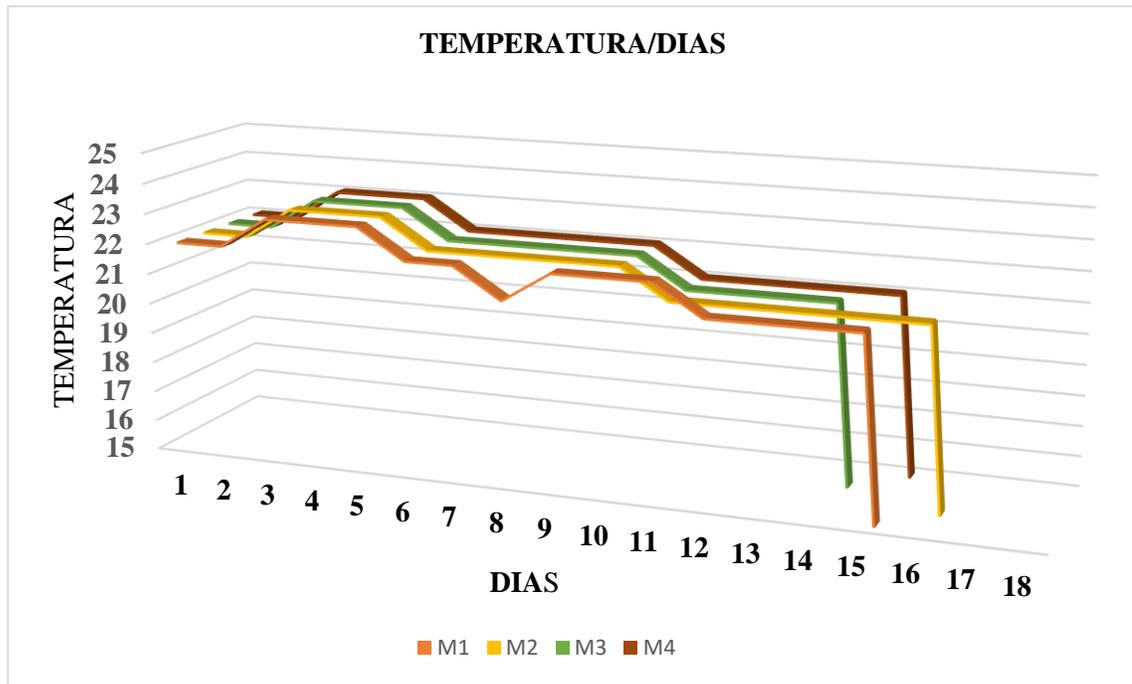
Tabla IV-4 Datos obtenidos de la Temperatura en (° C) en la fermentación alcohólica

TIEMPO	TEMPERATURA							
					REPLICAS			
DIAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	22	22	22	22	22	22	22	22
2	22	22	22	22	22	22	22	22
3	23	23	23	23	23	23	23	23
4	23	23	23	23	23	23	23	23
5	23	23	23	23	23	23	23	23
6	22	22	22	22	22	22	22	22
7	22	22	22	22	22	22	22	22
8	21	22	22	22	21	22	22	22
9	22	22	22	22	22	22	22	22
10	22	22	22	22	22	22	22	22
11	22	21	21	21	22	21	21	21
12	21	21	21	21	21	21	21	21
13	21	21	21	21	21	21	21	21
14	21	21	21	21	21	21	21	21
15	21	21	-	21	21	21	-	21
16	-	21	-	21	-	21	-	21
17	-	21	-	21	-	21	-	21
18	-	21	-	21	-	21	-	21

Fuente: Elaboración propia

En la tabla IV-4 se puede observar que la temperatura se mantuvo de acuerdo al rango de 20-23 sin tener mucha variación las mediciones fueron diarias durante el tiempo que duro la fermentación alcohólica.

Grafico IV-2 Temperatura con relación al tiempo de fermentación alcohólica



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica IV-2 se muestra la variación de temperatura durante el periodo de fermentación, la misma que al ser comparada con los resultados referentes al consumo de Brix y PH, demuestra la importancia de mantener la fermentación en rangos de 20-23 °C, ya que experimentalmente es la temperatura ideal para el crecimiento microbiano. En este caso los días de mejor desarrollo fermentativo fueron aquellos en los que se mantuvo una temperatura constante de 21° C mostrándose una fermentación más lenta en los 2 últimos días.

Por debajo de la temperatura señalada como mínima y por encima de la máxima, las levaduras continúan viviendo en estado latente, sin embargo, al exponer cualquier levadura a una temperatura de 55 °C por un tiempo de 5 minutos se produce su muerte. En el caso de la levadura empleada *Sacharomyces cerevisiae* se tiene un desarrollo óptimo entre 15-35 °C.

4.2.3 Resultados en la etapa de fermentación alcohólica

Tabla IV-5 Resultados en la etapa de fermentación alcohólica

TRATAMIENTOS	° Brix inicial	° Brix final	pH inicial	pH final	Acidez total inicial expresado en % de ácido acético	Acidez total Final expresado en % de ácido acético	°GL
M1	17,2	4,8	3,7	3,6	0,24	0,55	10,12
M2	21,2	5,7	3,7	3,4	0,30	0,78	11,84
M3	17,1	4,9	3,7	3,5	0,24	0,56	10,14
M4	21,1	5,5	3,7	3,7	0,30	0,97	12,95
M5	17,1	4,9	3,7	3,5	0,24	0,55	10,60
M6	21,1	5,8	3,7	3,3	0,30	0,76	11,20
M7	17,0	5,0	3,7	3,4	0,24	0,57	10,20
M8	21,0	5,6	3,7	3,6	0,30	0,93	12, 50

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-6 Resultados obtenidos por informe de laboratorio al concluir la fermentación alcohólica

TRATAMIENTOS	PARAMETROS		
	Acidez Volátil (como ácido acético) NB 322005:04 g/l	Azucares reductores Volumetría %	Grado alcohólico NB 322003:04 °GL
M1	0,08	0,11	10,12
M2	0,08	0,14	11,84
M3	0,10	0,10	10,14
M4	0,14	0,13	12,95

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Análisis estadístico del diseño factorial en la etapa de fermentación alcohólica

Con el análisis de varianza ANOVA se determina la influencia de los factores Acidez y °Brix con sus respectivas interacciones sobre la variable respuesta que es el grado alcohólico. Los datos introducidos al programa SPSS de acuerdo al diseño experimental se muestran en la tabla IV-7

Tabla IV-7 Datos para el análisis de varianza

N° Muestras	Factores		Variable respuesta
	Acidez titulable	° Brix	(°GL)
M 1	4 (1)	17 (-1)	10,12
M 2	4 (1)	21 (1)	11,84
M 3	5 (-1)	17 (-1)	10,14
M 4	5 (-1)	21 (1)	12,95
M 5	4 (1)	17 (-1)	10,60
M 6	4 (1)	21 (1)	11,20
M 7	5 (-1)	17 (-1)	10,20
M 8	5 (-1)	21 (1)	12, 50

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla IV-7 cada factor posee un nivel superior (1) y un nivel inferior (-1), el mismo que se aclara en el diseño de experimentos.

4.2.5 Resultados Estadísticos SPSS para la fermentación Alcohólica

Se realizó un Análisis de Varianza Invariante, para poder determinar la influencia de los factores verificando si todos los factores y sus combinaciones son significativos respecto a la variable respuesta. Los factores inter- sujetos se muestran en la tabla IV-8 con la codificación de cada nivel.

Tabla IV-8 Factores inter-sujetos (variable respuesta grado alcohólico)

		N
% Acidez total titulable	-1,00	4
	1,00	4
°Brix	-1,00	4
	1,00	4

Fuente: SPSS 17.0

4.2.5.1 Variable respuesta grado alcohólico

A continuación en la tabla IV-9 se puede apreciar el análisis de varianza para la variable dependiente o variable respuesta que es el grado alcohólico

Tabla IV-9 Análisis de varianza ANOVA Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: °GL

Origen	Suma de cuadrados tipo III	°GL	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	8,389 ^a	3	2,796	26,439	,004
Intersección	1002,400	1	1002,400	9477,842	,000
Acidez	,515	1	,515	4,870	,092
°Brix	6,901	1	6,901	65,246	,001
Acidez * Brix	,973	1	,973	9,200	,039
Error	,423	4	,106		
Total	1011,212	8			
Total corregida	8,812	7			

a. R cuadrado = ,952 (R cuadrado corregida = ,916)

Fuente: SPSS 17.0

A partir de este análisis es posible señalar a las variables significativas con una confianza del 95% es decir, variables que poseen una cola de significancia menor a 5% que es lo mismo decir un 0,05. Para el caso las variables significativas están constituidas por los grados Brix iniciales con un valor de 0,01 y la interacción Acidez Brix con un valor de 0.039.

4.2.5.2 Análisis de regresión

El modelo de regresión establece el modelo matemático que relaciona las variables más significativas con la variable respuesta. Para el análisis de regresión se introduce el SPSS las variables de acidez y grados brix.

Tabla IV-10 Variables introducidas/eliminadas

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	Ac brix, brix ^a	.	Introducir
a. Todas las variables solicitadas introducidas.			

Fuente: SPSS 17.0

Tabla IV-11 Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,945 ^a	,894	,851	,43317

Fuente: SPSS 17.0

a. Variables predictoras: (Constante), Ac brix, brix

b. Variable dependiente: °GL

Tabla IV-12 ANOVA^b

Modelo	Suma de cuadrados	°GL	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	7,874	2	3,937	20,982	,004 ^a
	Residual	,938	5	,188		
	Total	8,812	7			
a. Variables predictoras: (Constante), Ac brix, brix						
b. Variable dependiente: °GL						

Fuente: SPSS 17.0

Tabla IV-13 Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
	B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1 (Constante)	11,194	,153		73,091	,000	10,800	11,587
°Brix	,929	,153	,885	6,064	,002	,535	1,322
Ac brix	,349	,153	,332	2,277	,072	-,045	,742

a. Variable dependiente: °GL

Fuente: SPSS 17.0

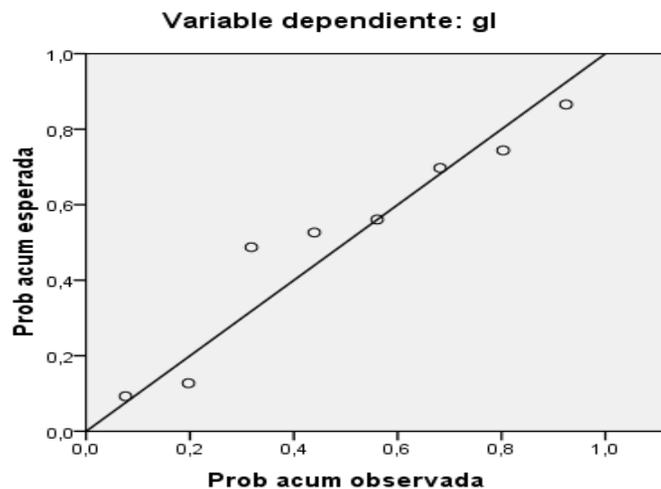
A partir de los coeficientes proporcionados en la tabla IV-13 la ecuación matemática de la regresión es la siguiente: ° GL= 11,194+0,929 brix +0,349 ac brix

Tabla IV-14 Estadísticos sobre los residuos^a

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	N
Valor pronosticado	9,9163	12,4712	11,1938	1,06057	8
Valor pronosticado típ.	-1,205	1,205	,000	1,000	8
Error típico de valor pronosticado	,265	,265	,265	,000	8
Valor pronosticado corregido	9,7460	12,4540	11,1938	1,08308	8
Residual	-,57375	,47875	,00000	,36609	8
Residuo típ.	-1,325	1,105	,000	,845	8
Residuo estud.	-1,675	1,398	,000	1,069	8
Residuo eliminado	-,91800	,76600	,00000	,58575	8
Residuo eliminado estud.	-2,263	1,602	-,091	1,283	8
Dist. de Mahalanobis	1,750	1,750	1,750	,000	8
Distancia de Cook	,000	,561	,200	,223	8
Valor de influencia centrado	,250	,250	,250	,000	8

a. Variable dependiente: gl

Fuente: SPSS 17.0

Grafico IV-3 P-P Normal de regresión residuo tipificado

Fuente: SPSS 17.0

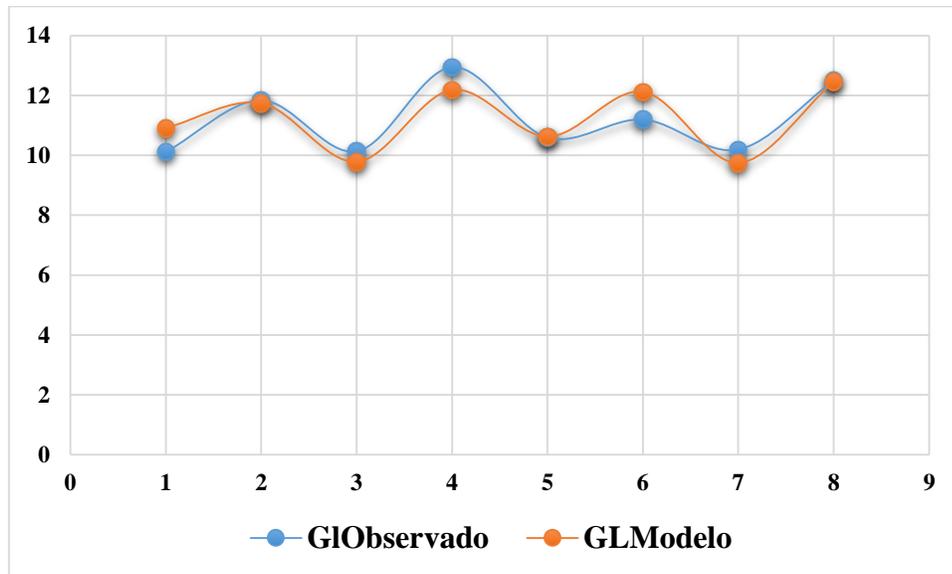
Con el modelo escogido expresado en la gráfica IV-3 la posición de los puntos respecto al modelo, algunos puntos no se ajustan al modelo, sin embargo, según el análisis anova no es muy significativo el desajuste, motivo por el cual el modelo escogido es correcto.

Tabla IV-15 Diferencia entre el grado alcohólico observado y el grado alcohólico del modelo matemático

N° Muestras	Acidez	°Brix	°Gl observado	°Gl modelo	Diferencia entre °GL observado y °GL modelo
M1	-1,00	-1	10,12	10,91	0,79
M2	-1,00	1	11,84	11,734	-0,106
M3	1,00	-1	10,14	9,782	-0,358
M4	1,00	1	12,95	12,184	-0,766
M5	-1,00	-1	10,6	10,622	0,022
M6	-1,00	1	11,2	12,118	0,918
M7	1,00	-1	10,2	9,746	-0,454
M8	1,00	1	12,5	12,454	-0,046

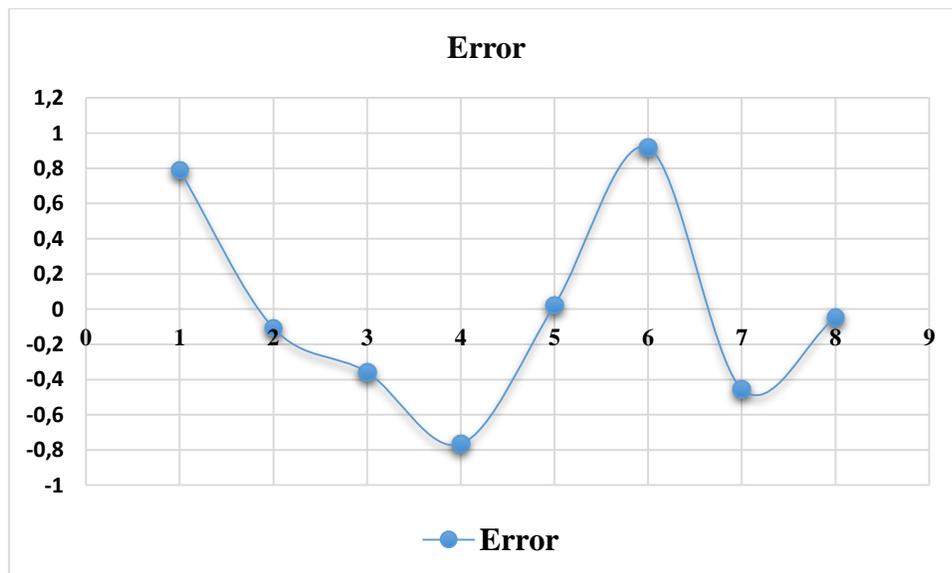
Fuente: Elaboración propia

Grafico IV-4 Diferencia entre el grado alcohólico observado y el grado alcohólico del modelo matemático



Fuente: Elaboración propia

Grafico IV-5 Error Diferencia entre el grado alcohólico observado y el grado alcohólico del modelo matemático



Fuente: Elaboración propia

4.3 DETERMINACION DEL TIEMPO DE FERMENTACION ACETICA

4.3.1 Variación de PH

Las mediciones se realizaron mediante el uso de un pHmetro (Ver Anexo B Tabla 2).

Las mediciones de p H se realizaron diariamente durante el tiempo que duro la etapa de fermentación acética como se puede ver en la figura IV-3

Figura IV-3 Medición del pH en la etapa de fermentación acética



Fuente: Elaboración propia

En la tabla IV-16 Se puede observar que se tuvo un tiempo de fermentación acética de 36 días en los cuales los determinantes para que se detenga la fermentación acética fue la transformación completa de alcohol a ácido acético encontrándose dentro de los parámetros establecidos por la norma boliviana, en el cual el pH que debe estar entre 2,3-2,8 según lo indica la NB /NA 100.

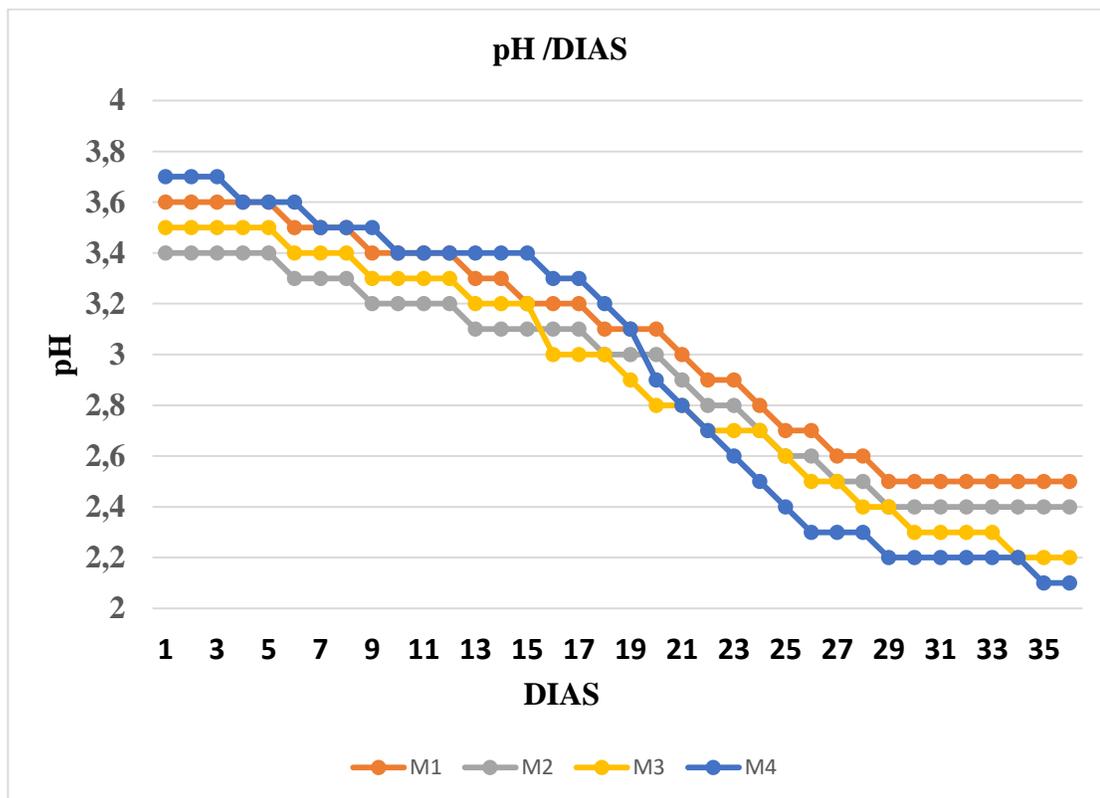
Tabla IV-16 Datos obtenidos del pH en la fermentación acética

TIEMPO	pH							
					REPLICAS			
DIAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	3,6	3,4	3,5	3,7	3,5	3,3	3,4	3,6
2	3,6	3,4	3,5	3,7	3,5	3,3	3,4	3,6
3	3,6	3,4	3,5	3,7	3,5	3,3	3,4	3,6
4	3,6	3,4	3,5	3,6	3,5	3,3	3,4	3,6
5	3,6	3,4	3,5	3,6	3,5	3,3	3,4	3,6
6	3,5	3,3	3,4	3,6	3,4	3,3	3,3	3,6
7	3,5	3,3	3,4	3,5	3,4	3,2	3,3	3,6
8	3,5	3,3	3,4	3,5	3,4	3,2	3,3	3,5
9	3,4	3,2	3,3	3,5	3,3	3,2	3,3	3,5
10	3,4	3,2	3,3	3,4	3,3	3,2	3,3	3,4
11	3,4	3,2	3,3	3,4	3,3	3,2	3,3	3,4
12	3,4	3,2	3,3	3,4	3,3	3,2	3,2	3,4
13	3,3	3,1	3,2	3,4	3,2	3,1	3,2	3,4
14	3,3	3,1	3,2	3,4	3,2	3,1	3,2	3,4
15	3,2	3,1	3,2	3,4	3,1	3,1	3,2	3,4
16	3,2	3,1	3,0	3,3	3,1	3,1	3,0	3,3
17	3,2	3,1	3,0	3,3	3,0	3,1	3,0	3,3
18	3,1	3,0	3,0	3,2	3,0	3,0	3,0	3,2
19	3,1	3,0	2,9	3,1	3,0	3,0	2,9	3,1
20	3,1	3,0	2,8	2,9	3,0	2,9	2,8	2,9
21	3,0	2,9	2,8	2,8	3,0	2,8	2,8	2,8
22	2,9	2,8	2,7	2,7	2,9	2,8	2,7	2,7
23	2,9	2,8	2,7	2,6	2,9	2,8	2,7	2,6
24	2,8	2,7	2,7	2,5	2,8	2,7	2,7	2,5
25	2,7	2,6	2,6	2,4	2,7	2,6	2,6	2,4
26	2,7	2,6	2,5	2,3	2,7	2,6	2,5	2,3
27	2,6	2,5	2,5	2,3	2,6	2,6	2,5	2,3
28	2,6	2,5	2,4	2,3	2,6	2,6	2,4	2,3
29	2,5	2,4	2,4	2,2	2,6	2,6	2,4	2,2
30	2,5	2,4	2,3	2,2	2,6	2,6	2,3	2,2
31	2,5	2,4	2,3	2,2	2,6	2,5	2,3	2,2
32	2,5	2,4	2,3	2,2	2,6	2,5	2,3	2,2
33	2,5	2,4	2,3	2,2	2,6	2,5	2,3	2,2
34	2,5	2,4	2,3	2,2	2,6	2,5	2,3	2,2
35	2,5	2,4	2,3	2,1	2,6	2,5	2,3	2,1
36	2,5	2,4	2,3	2,1	2,6	2,5	2,3	2,1

Fuente: Elaboración propia

En el grafico IV-8 se ve como el pH va disminuyendo mediante transcurre los días hasta mantenerse constante y transformarse completamente en ácido acético.

Grafico IV-6 El pH con relación al tiempo de fermentación acética



Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Control de la Temperatura en la fermentación acética

El control de la temperatura fue muy importante al momento de controlar el proceso de fermentación acética la temperatura se controló diariamente con la ayuda de un termómetro.

En la tabla IV-17 se puede observar que la temperatura se mantuvo en un rango de 20 a 30 °C para la fermentación acética.

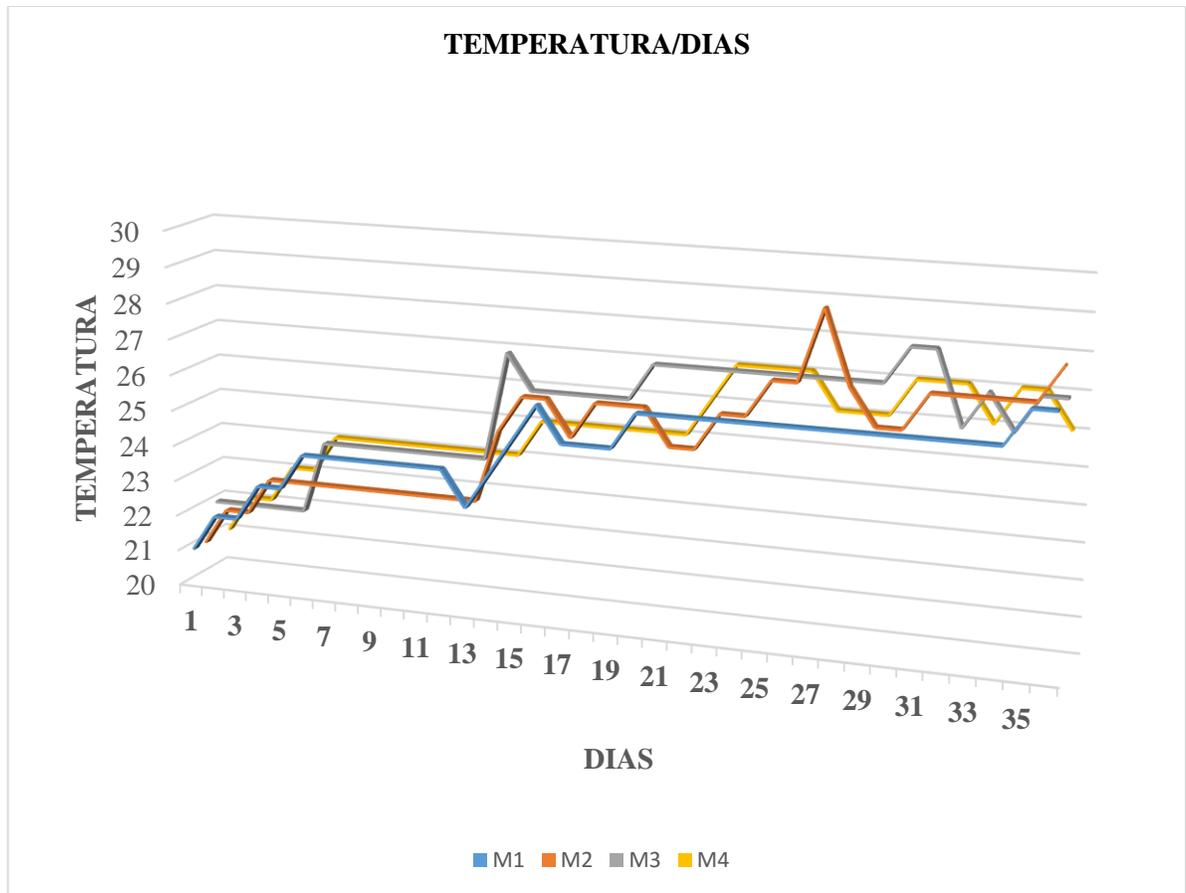
Tabla IV-17 Datos obtenidos de la Temperatura en (° C) en la fermentación acética

TIEMPO	TEMPERATURA							
					REPLICAS			
DIAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	21	21	22	21	21	21	22	21
2	22	22	22	22	22	22	22	22
3	22	22	22	22	22	22	22	22
4	23	23	22	23	23	23	22	23
5	23	23	22	23	23	23	22	23
6	24	23	24	24	24	23	24	24
7	24	23	24	24	24	23	24	24
8	24	23	24	24	24	23	24	24
9	24	23	24	24	24	23	24	24
10	24	23	24	24	24	23	24	24
11	24	23	24	24	24	23	24	24
12	24	23	24	24	24	23	24	24
13	23	23	24	24	23	23	24	24
14	24	25	27	24	24	25	27	24
15	25	26	26	25	25	26	26	25
16	26	26	26	25	26	26	26	25
17	25	25	26	25	25	25	26	25
18	25	26	26	25	25	26	26	25
19	25	26	26	25	25	26	26	25
20	26	26	27	25	26	26	27	25
21	26	25	27	25	26	25	27	25
22	26	25	27	26	26	25	27	26
23	26	26	27	27	26	26	27	27
24	26	26	27	27	26	26	27	27
25	26	27	27	27	26	27	27	27
26	26	27	27	27	26	27	27	27
27	26	29	27	26	26	29	27	26
28	26	27	27	26	26	27	27	26
29	26	26	27	26	26	26	27	26
30	26	26	28	27	26	26	28	27
31	26	27	28	27	26	27	28	27
32	26	27	26	27	26	27	26	27
33	26	27	27	26	26	27	27	26
34	26	27	26	27	26	27	26	27
35	27	27	27	27	27	27	27	27
36	27	28	27	26	27	28	27	26

Fuente: Elaboración propia

En el grafico IV-9 se puede ver que mientras la temperatura sube la fermentación acética es más rápida, mientras la temperatura es más baja la fermentación es mas lenta la reproducción de bacterias acéticas, de acuerdo a esto los días de fermentación aumentan o disminuyen.

Grafico IV-7 Temperatura con relación al tiempo de fermentación acética



Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Resultados en la etapa de fermentación acética

Tabla IV-18 Resultados en la etapa de fermentación acética

TRATAMIENTOS	° Brix inicial	° Brix final	pH inicial	pH final	Acidez total (Expresado en ácido acético) inicial	Acidez total (Expresado en ácido acético) final	Grado alcohólico NB 322003:04 °GL Inicial	Grado alcohólico NB 322003:04 °GL final
M1	4,8	4,6	3,6	2,5	0,55 %	4,51%	10,12	0.00
M2	5,7	5,4	3,4	2,4	0,78 %	4,36%	11,84	0.00
M3	4,9	4,7	3,5	2,3	0,56 %	5,57%	10,14	0.00
M4	5,5	5,3	3,7	2,1	0,97 %	6,23%	12,95	0.00
M5	4,9	4,6	3,5	2,6	0,55 %	4,53%	10,60	0.00
M6	5,8	5,6	3,3	2,5	0,76 %	4,34%	11,20	0.00
M7	5	4,8	3,4	2,3	0,57 %	5,58%	10,20	0.00
M8	5,6	5,3	3,6	2,1	0,93 %	6,24%	12,50	0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-19 Resultados obtenidos por informes de laboratorio al concluir la fermentación acética

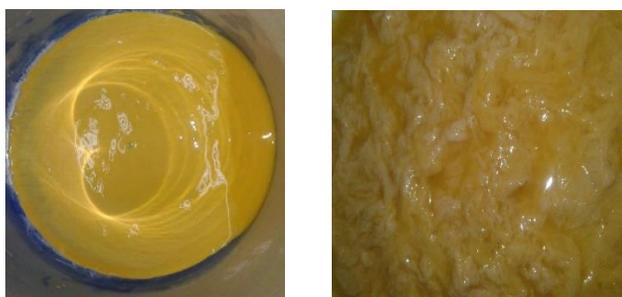
MUESTRA	PARAMETROS				
	Acidez Volátil (como ácido acético) NB 322005:04 g/l	Azúcares reductores Volumetría %	Azúcares totales NB 38033:06 %	Extracto seco NB 322009:04 %	Grado alcohólico NB 322003:04 °GL
M1	6,35	1,75	1,79	2,33	0.00
M2	5,33	1,83	2,01	2,72	0.00
M3	7,99	1,48	1,98	2,49	0.00
M4	9,08	1,50	1,87	2,4	0.00

Fuente: Elaboración propia

4.4 PRESENCIA DE LAS BACTERIAS ACETICAS EN LA MUESTRA DE VINAGRE DE MANGO ROSA

Al concluir con la fermentación acética se pudo verificar que en los recipientes en la parte inferior se hizo presencia una sustancia compuesta por una forma de celulosa y de bacterias del ácido acético que se desarrollaron durante la fermentación con la ayuda del oxígeno del aire suministrado, denominado madre de vinagre de mango rosa, cómo se puede ver en la figura IV-4.

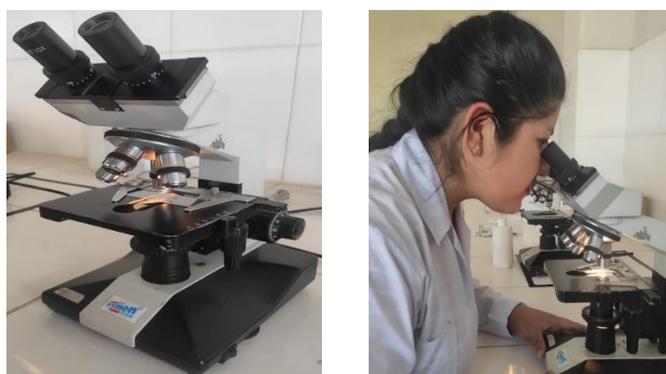
Figura IV- 4 Madre de vinagre de mango rosa



Fuente: Elaboración propia

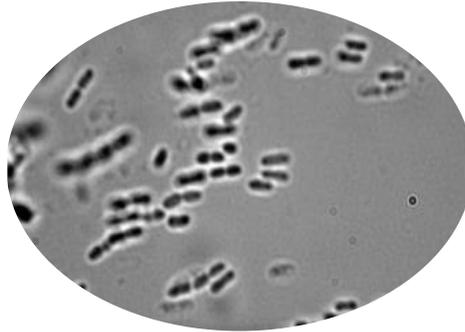
Para determinar la presencia de las bacterias acéticas presentes en el vinagre de mango rosa se procedió a utilizar un microscopio ubicado en el LOU (Laboratorio de operaciones unitarias) de la carrera de ingeniería química de la UAJMS. Como se ve en la figura IV-5

Figura IV-5 Microscopio



Fuente: Elaboración propia

Figura IV-6 Genero /especie: Acetobacter aceti



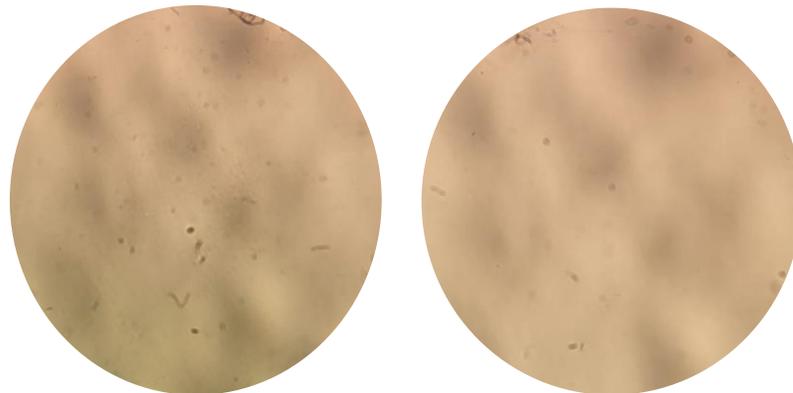
Fuente: Viticultura y Enología

Tinción de Gram: Morfología negativa

De acuerdo a la morfología negativa como se ve en la figura IV-6 Las bacterias acéticas son células esféricas alargadas, en forma de maza, curva o filamentosa que se encuentran como células individuales en pares o en cadenas.

En crecimiento líquido las cepas lisas forman una película mientras que las cepas rugosas forman una película dependiendo de la agitación (Viticultura y Enología).

Figura IV-7 Bacterias acéticas del vinagre de mango rosa vista desde el lente de microscopio



Fuente: Elaboración Propia

La figura IV-7 En comparación con la figura IV-6 se puede ver que en el vinagre de mango rosa están presentes las bacterias acéticas que son Gram negativas de acuerdo a las células vistas en la imagen que corresponden a la morfología descrita.

4.5 CALCULO DEL RENDIMIENTO EN ETAPA DE FERMENTACION ALCOHOLICA Y ACETICA

4.5.1. Cálculo del rendimiento en la etapa de fermentación alcohólica

Se inició con 8Kg de mosto .Como resultado final se tuvo 7,523 Kg de vino a partir de mango rosa.

$$\eta_{\text{RENDIMIENTO EN LA FERMENTACION ALCOHOLICA}} = \frac{7,523 \text{ [kg]} * 100}{8 \text{ [kg]}} = 94.0375 \%$$

El rendimiento obtenido es de **94.0375 %** en el proceso de obtención de vino a partir de mango rosa.

4.5.2 Calculo del rendimiento en la etapa de fermentación acética

Se inició con 7,523 Kg de vino a partir de mango rosa listo para entrar al proceso de fermentación acética .Como resultado final se obtuvo 7,273 Kg Vinagre de mango rosa.

$$\eta_{\text{RENDIMIENTO EN LA FERMENTACION ACETICA}} = \frac{7,273 \text{ [kg]} * 100}{7,523 \text{ [kg]}} = 96,676 \%$$

El rendimiento obtenido es de **96,676 %** en el proceso de obtención de vinagre a partir de mango rosa.

4.5.3 Calculo del rendimiento total

Se inició el proceso con 8 Kg de mosto obteniendo .Como resultado final se obtuvo 7,273 Kg Vinagre de mango rosa.

$$\eta_{\text{RENDIMIENTO TOTAL}} = \frac{7,273 \text{ [kg]} * 100}{8 \text{ [kg]}} = 90.9125 \%$$

El rendimiento total obtenido es de **90.9125%** en el proceso de obtención de vinagre de mango rosa.

4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL VINAGRE DE MANGO ROSA

Se realizó una evaluación sensorial del vinagre de mango rosa en la cual se estableció las propiedades organolépticas a través de los sentidos, se observa los atributos de color (30%), aroma (30%), sabor (40%) y calidad global.

La evaluación sensorial se realizó de acuerdo a una escala hedónica (ver anexo C) Utilizando 20 jueces al azar y no entrenados que evaluaron los atributos de color, aroma, sabor, calidad global.

En la tabla IV-20 se detalla los valores obtenidos en la evaluación sensorial del color en el vinagre de mango rosa

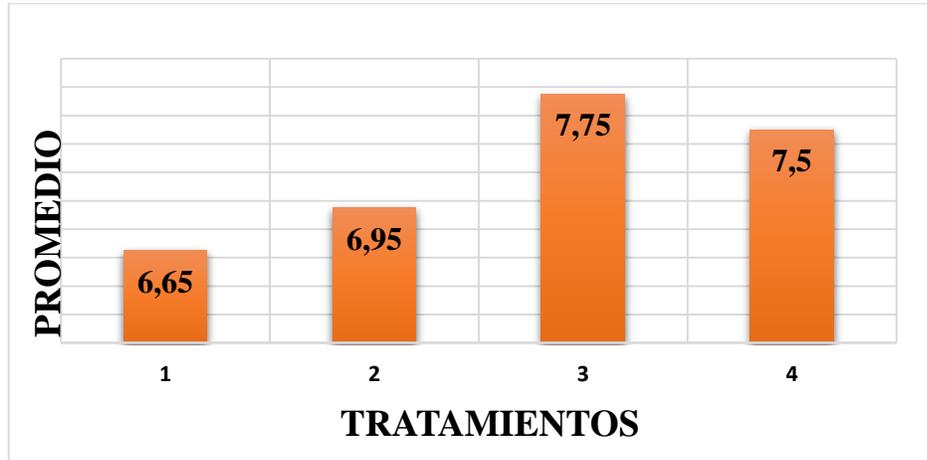
Tabla IV-20 Calificación en el atributo color en el vinagre de mango rosa

JUECES	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	6	7	9	8
2	8	8	7	7
3	7	7	9	7
4	6	7	8	7
5	7	8	9	9
6	7	8	8	8
7	5	6	8	8
8	9	7	6	8
9	2	4	8	8
10	7	7	8	9
11	7	7	8	8
12	7	7	8	7
13	7	7	8	8
14	8	8	9	8
15	5	6	7	7
16	6	7	8	7
17	6	7	7	8
18	7	7	8	7
19	8	7	7	7
20	8	7	5	4
TOTAL	133	139	155	150
PROMEDIO	6,65	6,95	7,75	7,5

Fuente: Elaboración propia

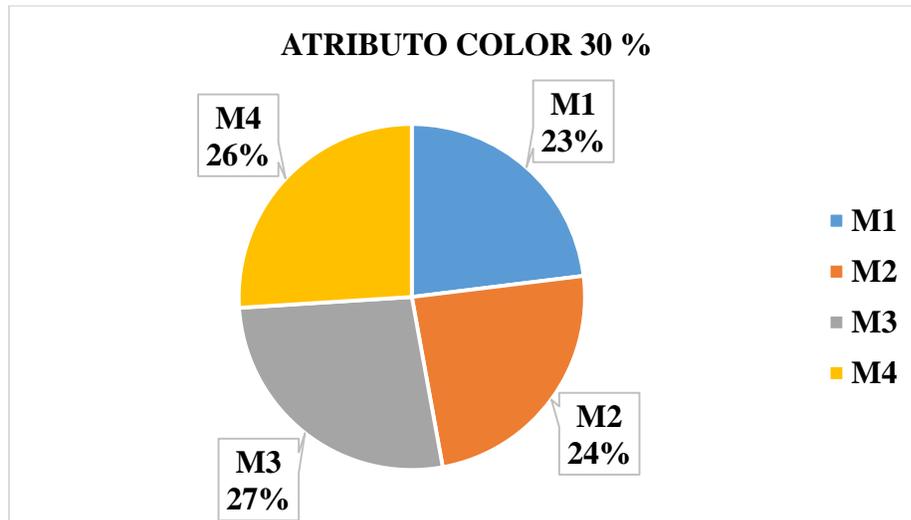
En la tabla IV-20 se puede observar que el tratamiento M3 tiene mayor puntuación en comparación con los tratamientos M1, M2, M4, por lo que se concluye que el atributo de color del tratamiento M3 tiene mayor aceptación por los jueces.

Grafica IV-8 Valores promedio del atributo color en el vinagre de mango rosa



Fuente: Elaboración propia

Grafica IV- 9 Valores promedio del atributo color en el vinagre de mango rosa expresado en porcentaje



Fuente: Elaboración propia

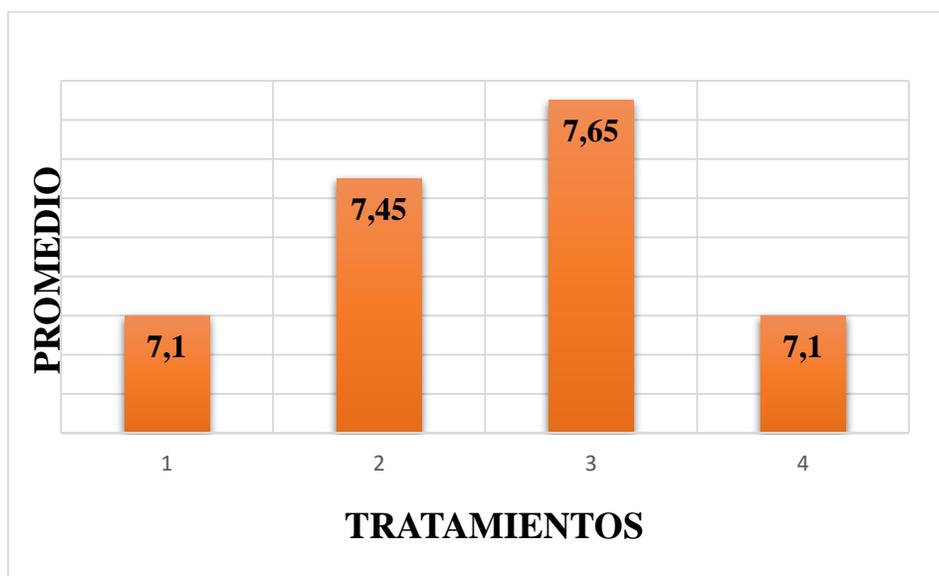
Tabla IV-21 Calificación en el atributo aroma en el vinagre de mango rosa

JUECES	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	8	7	9	7
2	7	7	8	8
3	7	7	7	9
4	6	7	8	7
5	8	9	9	9
6	8	8	7	7
7	8	9	6	6
8	9	6	8	7
9	6	8	9	4
10	5	4	7	8
11	6	8	6	8
12	7	7	8	9
13	7	7	7	8
14	8	9	8	8
15	6	8	7	7
16	6	8	8	7
17	9	8	8	4
18	6	7	8	8
19	8	7	7	7
20	7	8	8	4
TOTAL	142	149	153	142
PROMEDIO	7,1	7,45	7,65	7,1

Fuente: Elaboración propia

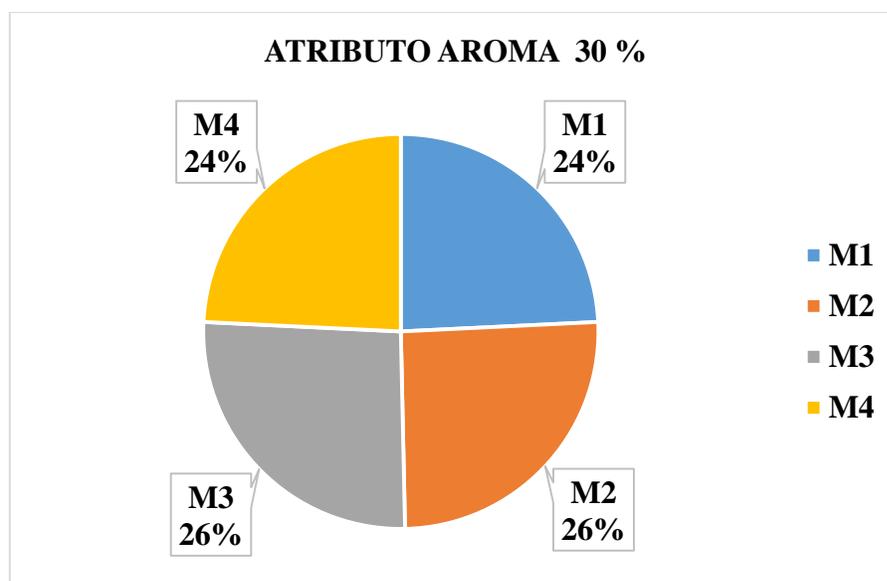
En la tabla IV-21 se puede observar que el tratamiento M3 tiene mayor puntuación en comparación con los tratamientos M1, M2, M4, por lo que se concluye que el atributo de aroma del tratamiento M3 tiene mayor aceptación por los jueces.

Grafica IV-10 Valores promedio del atributo aroma en el vinagre de mango rosa



Fuente: Elaboración propia

Grafica IV-11 Valores promedio del atributo aroma en el vinagre de mango rosa expresado en porcentaje



Fuente: Elaboración propia

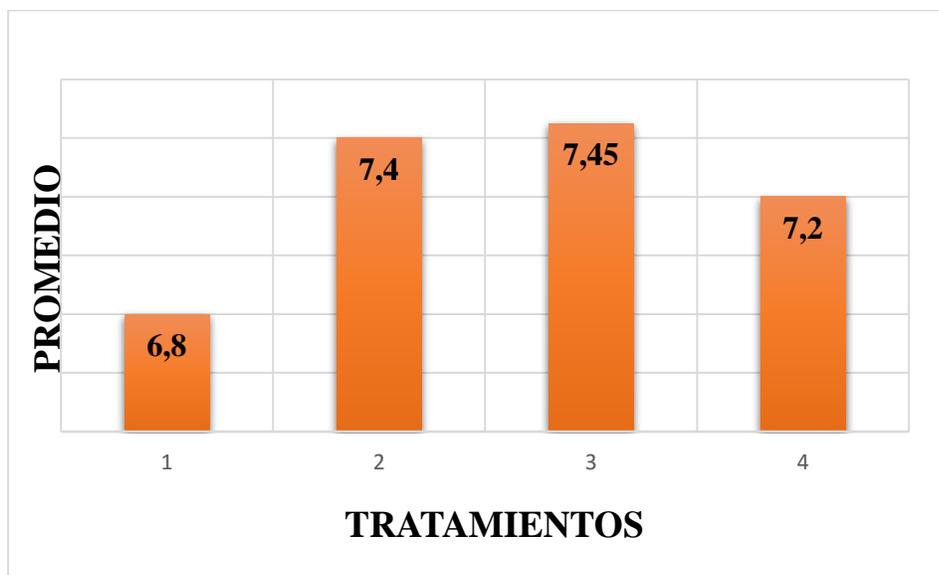
Tabla IV-22 Calificación en el atributo sabor en el vinagre de mango rosa

JUECES	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	6	8	7	9
2	6	7	8	8
3	8	8	8	9
4	6	7	8	7
5	8	7	9	9
6	9	8	7	8
7	7	8	6	5
8	5	9	6	8
9	4	7	8	3
10	9	8	7	7
11	7	8	6	8
12	7	7	7	9
13	6	7	8	8
14	6	7	7	8
15	2	3	9	8
16	7	8	8	9
17	8	9	6	4
18	8	7	8	7
19	8	9	8	6
20	9	6	8	4
TOTAL	136	148	149	144
PROMEDIO	6,8	7,4	7,45	7,2

Fuente: Elaboración propia

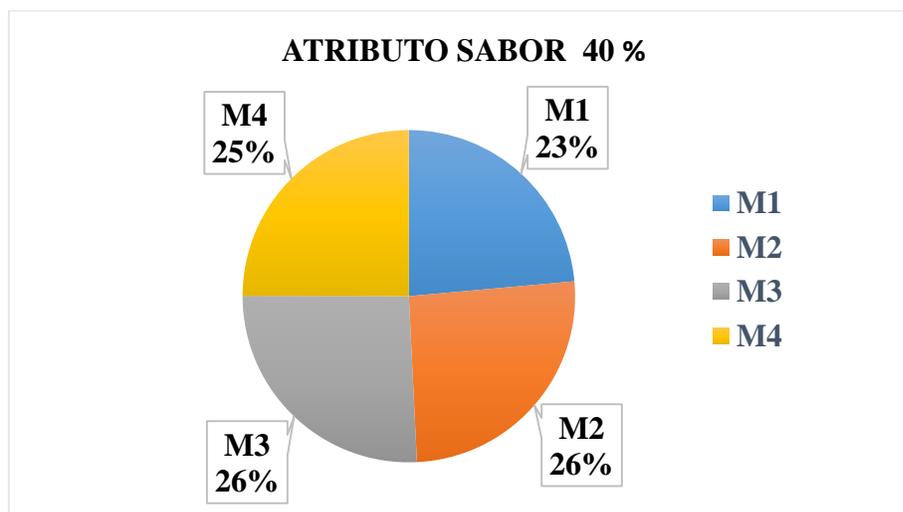
En la tabla IV-22 se puede observar que el tratamiento M3 tiene mayor puntuación en comparación con los tratamientos M1, M2, M4, por lo que se concluye que el atributo de sabor del tratamiento M3 tiene mayor aceptación por los jueces.

Grafica IV-12 Valores promedio del atributo Sabor en el vinagre de mango rosa



Fuente: Elaboración propia

Grafica IV-13 Valores promedio del atributo Sabor en el vinagre de mango rosa expresado en porcentaje



Fuente: Elaboración propia

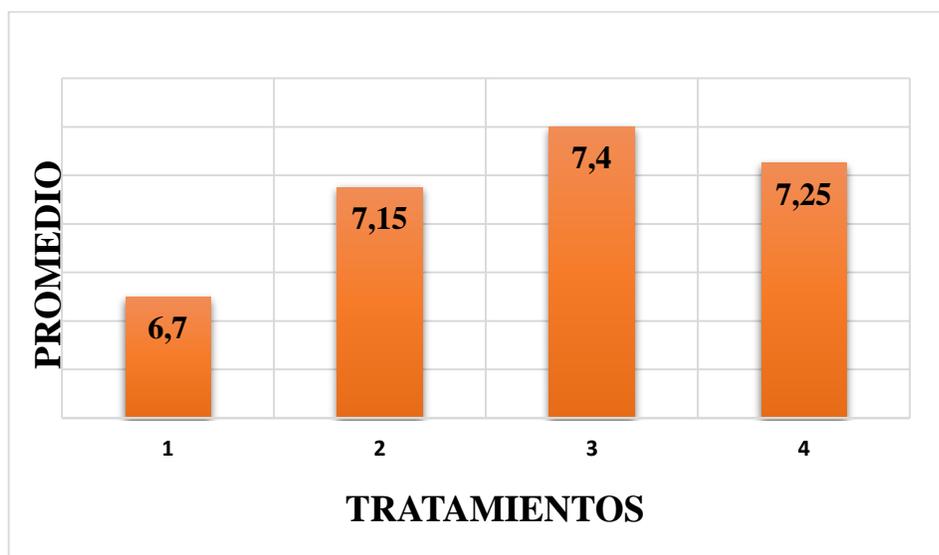
Tabla IV-23 Calificación de la calidad global en el vinagre de mango rosa

JUECES	TRATAMIENTOS			
	M1	M2	M3	M4
1	7	7	9	8
2	7	7	8	8
3	8	8	8	9
4	6	7	8	7
5	8	8	9	9
6	8	8	7	7
7	8	9	7	7
8	8	9	7	6
9	4	7	9	7
10	7	8	9	8
11	7	8	7	7
12	7	7	7	8
13	6	6	7	8
14	7	7	7	9
15	2	4	6	8
16	4	5	7	6
17	8	9	7	7
18	5	5	5	5
19	8	7	8	5
20	9	7	6	6
TOTAL	134	143	148	145
PROMEDIO	6,7	7,15	7,4	7,25

Fuente: Elaboración propia

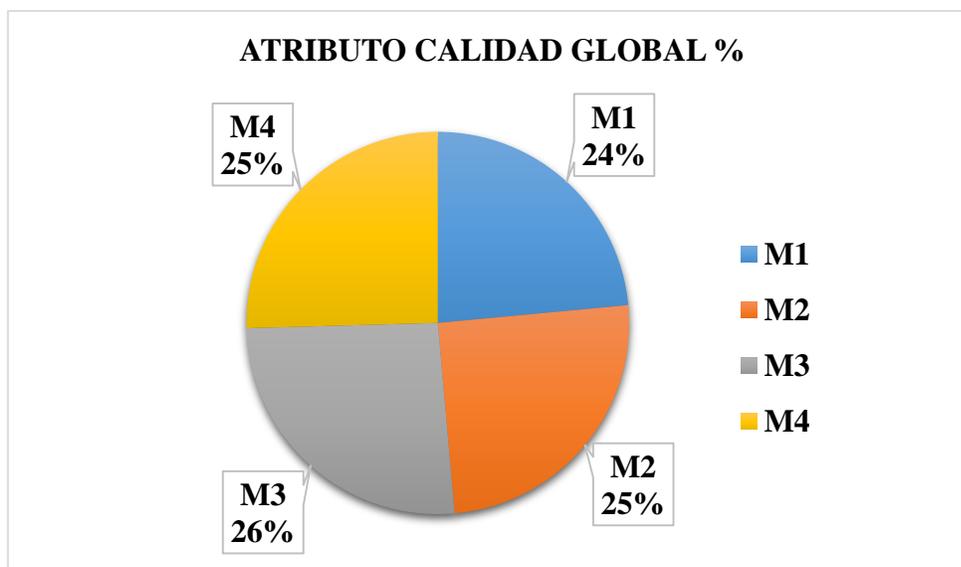
En la tabla IV-23 se puede observar que el tratamiento M3 tiene mayor puntuación en comparación con los tratamientos M1, M2, M4, por lo que se concluye que la calidad global del tratamiento M3 tiene mayor aceptación por los jueces y es el tratamiento que cumple con la normativa NB/ISO 0100 con los parámetros de vinagre con un aspecto límpido, con un color uniforme amarillo de acuerdo al color de la pulpa de mango, tiene el olor y sabor característico a mango.

Grafica IV-14 Valores promedio del atributo Calidad global en el vinagre de mango rosa



Fuente: Elaboración propia

Grafica IV-15 Valores promedio del atributo Calidad global en el vinagre de mango rosa expresado en porcentaje



Fuente: Elaboración propia

4.7 DETERMINACION DE COSTOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO

La determinación de los costos se detalla a continuación en las siguientes tablas.

Tabla IV-23 Detalle de Costos de materia prima, insumos y reactivos

Ítem 1	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo total (Bs)
Materia prima	Mango rosa	cajas	4	420
Insumos	Levadura sacharomyces Cervisiae	g	100	65
	Ácido cítrico	g	250	10
	Fosfato de amonio	g	200	40
	Carbonato de potasio	g	100	10
	Ácido ascórbico	g	125	31,50
	Metabisulfito de potasio	g	20	5
	azúcar	kg	9	63
	Agua purificada	L	32	128
	bentonita	g	100	5
	Bacterias acéticas	L	3	150
Reactivos	Hidróxido de Sodio	L	1	260
	Fenolftaleína	ml	100	70
	Agua Destilada	L	4	32
SUB TOTAL 1				1.289,50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla IV-24 Detalle de Costos de materiales de laboratorio

Ítem 2	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo total (Bs)
Bureta	25ml	pza	1	210
Pipeta	10ml	pza	1	15
Embudo vidrio	50mm	pza	1	15
Vaso precipitado	250 ml	pza	1	16
Varilla de vidrio	-	pza	1	19
Probeta	500 ml	pza	1	78
	50 ml	pza	1	35
Pizeta	500 ml	pza	1	34
Matraz Erlenmeyer	250ml	pza	1	34
Termómetro	0-200 °C	pza	1	40
pHmetro	0-14	pza	1	700
Papel filtro	media	pliegue	6	24
SUB TOTAL 2				1.220

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-25 Detalle de Costos de Acondicionamiento de fermentadores

Ítem 3	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo total (Bs)
Tachos plásticos	16 L	pza	10	350
Manguera de goma	-	m	10	30
Nilon plástico	-	m	5	18
Cinta scotch	-	pza	2	6
SUB TOTAL 3				404

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-26 Detalle de Costos de análisis de laboratorio

Ítem 4	Descripción	Cantidad	Costo total (Bs)
Análisis para Mango rosa	Azúcares totales Densidad relativa Fibra Proteína total	1	102
Análisis para el vino a partir de mango rosa	Acidez volátil Azúcares reductores Grado alcohólico	4	322,50
Análisis para el vinagre de mango rosa	Acidez volátil Azúcares reductores Azúcares totales Extracto seco Grado alcohólico	4	324
SUB TOTAL 4			748,50

Fuente: Elaboración propia

IV-27 Detalle de costos de material de apoyo

Ítem 5	Unidad	Cantidad	Costo total (Bs)
Internet	hora	200	600
Hojas Boom tamaño Carta	resma	2	64
Impresión	hojas	1120	640
Anillado	pza	8	48
Mano de obra	mes	7	8.400
Transporte	día	210	210
Otros	-	-	200
SUB TOTAL 5			10.162

Fuente: Elaboración propia

IV- 28 Detalle de costos totales

	Detalle	SUB TOTAL (Bs)
SUB TOTAL 1	Detalle de Costos de materia prima, insumos y reactivos	1.289,50
SUB TOTAL 2	Detalle de Costos de materiales de laboratorio	1.220
SUB TOTAL 3	Detalle de Costos de Acondicionamiento de fermentadores	404
SUB TOTAL 4	Detalle de Costos de análisis de laboratorio	748,50
SUB TOTAL 5	Detalle de costos de material de apoyo	10.162
	TOTAL	13.824

Fuente: Elaboración propia

Al realizarse la sumatoria de los costos totales en la tabla IV-28 se llega a la determinación que el costo necesario para llevar a cabo la investigación será de 13.824 bs aproximadamente.

4.7.1 Determinación del costo unitario del producto vinagre de mango rosa

Tabla IV-29 Detalle de Costos de materia prima, insumos

Ítem 1	Descripción	Costo total (Bs)
Materia prima	Mango rosa	420
Insumos	Levadura sacharomyces Cervisiae	65
	Ácido cítrico	10
	Fosfato de amonio	40
	Carbonato de potasio	10
	Ácido ascórbico	31,50
	Metabisulfito de potasio	5
	azúcar	63
	Agua purificada	128
	bentonita	5
	Bacterias acéticas	150
Otros	Energía eléctrica	100
TOTAL		927,50

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación del costo unitario se tomaron en cuenta la cantidad de dinero invertido en materia prima e insumos de acuerdo a la cantidad de vinagre producido en la parte experimental.

Se realizaron 8 tratamientos de los cuales en total se obtuvieron 56 litros de vinagre de mango rosa y de acuerdo a la cantidad de inversión que fue de 927,50 Bs.

Se determina que de acuerdo a la inversión el precio unitario por litro de vinagre de mango rosa será de 18,34 Bs.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se obtuvo vinagre de mango a nivel de laboratorio mediante el proceso de fermentación alcohólica y fermentación acética, utilizando como materia prima el mango de la variedad rosa (*Mangifera indica L*) procedente del Departamento de Tarija.

Se utilizaron mangos con un grado de madurez óptimo para aprovechar su contenido de azúcar, se evitó el uso de frutas podridas o con golpes para obtener un producto con condiciones de calidad.

Se realizó análisis fisicoquímico a la pulpa de mango rosa como ser los azúcares totales, densidad relativa, cantidad de fibra proteína total, pH y °Brix presentes

Se determinó que el 100% de la fruta utilizada el 10,33% es cascara, el 7,54% es el hueso que son porciones no comestibles, el 82,07% es la pulpa porción comestible concluyendo que la pulpa de mango rosa presenta un buen rendimiento para utilizarlo en la producción de vinagre.

Se realizó el acondicionamiento de los fermentadores para la fermentación alcohólica y para la fermentación acética incluyendo la debida oxigenación para la etapa de fermentación acética

Los parámetros tomados en cuenta para el diseño factorial de la fermentación alcohólica fueron: acidez 4-5 y ° Brix: 17 -21 como variable respuesta el grado alcohólico.

El vino a partir de mango rosa obtenido en la etapa de fermentación alcohólica presentaron una concentración entre 10-12 °GL (Gay Lussac) viendo que los tratamientos M2 con 11,84 °GL y M4 con 12,95 °GL presentan mayor concentración de alcohol.

Se realizó un análisis estadístico de los factores de fermentación alcohólica teniendo como resultado que el factor B (°Brix) es el único de los factores que tiene significancia

dentro de esta etapa. Se concluye que a mayor °Brix más cantidad de grado alcohólico produce durante la fermentación alcohólica

El vinagre de mango obtenido en la etapa de fermentación acética debido a la adición de bacterias acéticas para su acidificación presento una elevada acidez según lo esperado logrando convertirse en su totalidad a vinagre con un °GL de 0,0 en todos los tratamientos realizados.

Se determinó el tiempo de fermentación alcohólica que duro de 13 – 16 días según el tratamiento y el tiempo de fermentación acética que duro 36 días

Se realizó una prueba sensorial al vinagre de mango rosa con el fin de determinar la mejor formulación final con respecto a vinagre en donde el tratamiento M3 fue el mejor aceptado por los jueces teniendo como valores de acidez volátil 7,99 g/l, azúcares reductores 1,48% azúcares totales 1,98%, pH 2,3, acidez total 5,57% °GL 0.0 este tratamiento al mismo tiempo cumple con las especificaciones dispuestas en la NB/NA 100 estando dentro de los parámetros establecidos.

Se determinó el rendimiento durante el proceso de fermentación teniendo como resultado:

- Rendimiento en la etapa de fermentación alcohólica 94.0375 % en el proceso de obtención de vino a partir de mango rosa
- Rendimiento en la etapa de fermentación acética 96,676 % en el proceso de obtención de vinagre a partir de mango rosa.
- Rendimiento Total 90.9125% en el proceso de obtención de vinagre de mango rosa.

Se determinó el precio unitario de acuerdo a los costos de materia prima e insumos el valor que se obtuvo fue de 18,34 Bs por litro de vinagre de mango rosa.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda que se tenga un control constante de los cambios que se van dando durante la fermentación alcohólica, como el control de la temperatura ya que de acuerdo a las condiciones en las que se encuentra tendrá una rápida o lenta fermentación. También durante la oxidación del ácido acético, ya que de un momento a otro se pueden producir transformaciones no convenientes que podrían ocasionar un daño irreparable en las características del producto final.

Es conveniente ejecutar una serie de estudios que permitan la optimización del proceso de producción de vinagre del mango, que incluyan el estudio de la influencia de los factores intrínsecos y extrínsecos que afectan los cultivos, microbianos, el aislamiento e identificación de cepas autóctonas productoras de ácido acético y los estudios de fermentaciones controladas.

Se recomienda que en el acondicionamiento de los mostos se debe utilizar las cantidades recomendadas tanto de inóculo como de los nutrientes a ser utilizados, solamente de esta manera se llega a una estandarización definida.

Una mayor velocidad de acetificación unida a la mayor pérdida por evaporación tiene como resultado una disminución excesiva del etanol que puede influir negativamente en la elaboración de vinagre, ya que algunas bacterias acéticas son capaces de oxidar el ácido acético generando agua y CO_2 .

Para posteriores estudios se recomienda seguir con la línea de investigación para obtener vinagre de mango de otras variedades.

Se recomienda hacer un estudio de pre factibilidad para determinar la cantidad de mango que no es aprovechado en el departamento de Tarija.

La producción de vinagre es una industria que requiere inversión de conocimientos y experiencia, la cual debe ser abordada de manera profesional utilizando el apoyo de técnicas que se logran a través de la experimentación que pueden consolidarse en alternativas para el desarrollo dentro del departamento de Tarija.

