



UNIVERSIDAD EAN

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADO

**OBTENCIÓN DE BEBIDA ALCOHOLICA A PARTIR DE MANGO TOMY ATKINS A
TRAVÉS DEL USO DE PROCESOS QUÍMICOS, REDUCIENDO LOS DESPERDICIOS**

POST COSECHA

ERIKA LORENA RODRÍGUEZ SUÁREZ

JUAN DIEGO PALACIOS VARGAS

BOGOTA 10 DE JUNIO DE 2021

RESUMEN

Colombia no es un país ajeno a la problemática de desperdicios de alimentos, y en el caso de frutas y verduras más del 70% se desperdician en los procesos iniciales de la cadena productiva (Departamento Nacional de Planeación, 2016). En nuestro país se produce y desperdicia de manera significativa el Mango variedad Tomy Atkins, cuyas exportaciones han aumentado en los últimos años, manteniendo además un precio estable. Para hacer frente y como alternativa a la problemática de los residuos generados en el cultivo mango, en este proyecto se realizará una revisión de información en bases de datos, se determinará que el contenido de azúcares y carbohidratos del mango de la variedad Tomy Atkins en avanzado estado de maduración lo hacen una fuente de materia prima para la producción de etanol a través de procesos químicos y biotecnológicos, con cualidades únicas de olor y sabor.

Palabras clave: Producción de etanol, desperdicios post cosecha, Mango Tomy Atkins

ABSTRACT

Colombia is not a country alien to the problem of food waste, and in the case of fruits and vegetables, more than 70% are wasted in the initial processes of the production chain (National Planning Department, 2016). In our country, the Tomy Atkins variety of Mango is produced and wasted significantly; exports have increased in recent years, also maintaining a stable price. To face this and as an alternative to the problem of residues generated in mango cultivation, in this project a review of information will be carried out in databases, it will be determined that the content of sugars and carbohydrates of mango of Tomy Atkins variety in an advanced state of maturity could make it a source of raw material for the production of ethanol through chemical and biotechnological processes, with unique qualities of smell and taste.

Key Words: Ethanol production, post-harvest waste, Mango Tomy Atkins

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Colombia es un país mega diverso, gracias a esto contamos con una gran variedad de frutas disponibles para el consumo, sin embargo, las condiciones del mercado, el manejo inadecuado, la variabilidad en el clima, las condiciones del cultivo y el límite de tiempo de venta; tienen un efecto negativo en la fruta tales como: daños mecánicos, pérdidas del cultivo, malformaciones, plagas y pérdidas económicas.

Además, las reacciones bioquímicas que ocurren en el interior del fruto cambian considerablemente sus características físicas y organolépticas, reduciendo su tiempo de vida útil.

El mango es una fruta con una importante cantidad de cultivos en Colombia, que posee un nivel elevado de azúcares, carbohidratos y otros fitoquímicos que confieren sus propiedades características de olor y sabor. La cosecha del mango representa cerca de 3% del total de cultivos frutales en el país. (Martínez Anaya & Quintero, 2017) lo que es un porcentaje significativo. Actualmente se genera un alto porcentaje de desperdicios en la cosecha, por lo que se busca reducir este impacto.

OBJETIVO GENERAL

Obtener una bebida alcohólica a partir de Mango de la variedad Tommy Atkins, por medio del uso de la biotecnología y/o procesos químicos, con características únicas de olor y sabor, reduciendo el problema de desperdicios post cosecha

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el tipo de bebida alcohólica a obtener, así como sus características fisicoquímicas y organolépticas definidas.
- Definir los criterios de selección de la materia prima a utilizar para el proceso de obtención de la bebida alcohólica seleccionada, teniendo en cuenta las características propias de las materias primas e insumos necesarios.
- Definir y proponer el proceso de obtención de etanol vía biotecnológica y/o química a partir del mango de la variedad Tomy Atkins, teniendo en cuenta las especificaciones del producto, su viabilidad, sus costos y el impacto de la solución.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Debido al porcentaje de azúcar presente en el mango, que varía entre el 10-20%, dependiendo del grado de maduración (Villamizar, 2019), es posible obtener bebidas alcohólicas a partir de la disponibilidad de materias primas como frutales con propiedades biológicas, físicas y químicas, que permitan su procesamiento. (Cabrera, 2012, p. 17). Dándole un aprovechamiento a los desperdicios y obteniendo además un producto con un valor agregado: el alcohol de mango, obtenido de manera natural y con cualidades organolépticas distintivas.

Según un estudio realizado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), en Colombia se pierden o desperdician 9,76 millones de toneladas de comida al año. Al observar la cifra por tipo de productos alimenticios, se evidencia que, para el caso de frutas y verduras, la cifra de desperdicios para el año 2016 superó los seis millones de toneladas. Teniendo en cuenta que, de acuerdo al estudio por cada 10.434.327 toneladas disponibles al año, se pierden o desperdician 6.081.134 toneladas, lo que equivale al 58%. (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

Cabe destacar, además, que del total de frutas y verduras que se dañan, el 72% se pierde en los procesos iniciales de la cadena: producción, almacenamiento y procesamiento industrial. (Departamento Nacional de Planeación, 2016). Dicha cifra es alarmante, ya que se traduce en pérdidas para los agricultores, además de ser una seria problemática económica, social y ambiental. En el caso particular del mango, representa cerca de 3% del total de cultivos frutales en el país. (Martínez Anaya & Quintero, 2017) lo que es un porcentaje significativo, la producción de este se realiza en gran parte del año, lo que hace factible conseguir en cualquier temporada materia prima para la producción de etanol y mitigar los desperdicios de esta fruta en particular, generando un producto innovador y nuevo en el mercado.

Este proyecto es de carácter descriptivo basado en información secundaria, está enmarcado en el campo de ciencia, tecnología e innovación de la universidad EAN, en el grupo de investigación de gestión ambiental, teniendo en cuenta el desarrollo sostenible.

MARCO DE REFERENCIA

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, ONUAA, o más conocida como FAO, revela que las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) son una preocupación a nivel mundial, ya que se estima que cada año 1.300 toneladas de alimentos son eliminadas estando en condiciones de ser consumidos por los seres humanos. (FAO, 2011). Los alimentos se pierden a nivel de producción, cosecha y post cosecha y se desperdician en todos los ámbitos del consumo (almacenamiento, distribución y uso en el hogar). Las PDA impactan la sostenibilidad de los sistemas alimentarios, reduciendo la disponibilidad y acceso a los alimentos y deteriorando el uso sostenible de los recursos naturales para las producciones futuras. (FAO, 2017).

Las frutas y verduras (FyV) son el grupo de alimentos con mayores pérdidas (hasta el 45% de lo producido) y también representan los mayores niveles de desperdicios (hasta el 30% de las compras realizadas por los consumidores). (FAO, 2015) Las razones por las que se produce su desperdicio es por su forma, tamaño y calibre, que corresponden básicamente a los criterios de selección para su venta (González, 2018). A raíz de esta cantidad de desperdicios a nivel mundial, se realiza el aprovechamiento de estas frutas generando subproductos como:

Kétchup con tomates rojos y verdes: Algunas empresas, como Unilever, empezaron a usar, además de tomates rojos, tomates verdes para hacer kétchup.

En general los proveedores de tomate descartan los verdes, que se dejan en los campos, lo que supone un desperdicio notable de recursos.

Salsa de melocotón magullado: La empresa Campbell Soup Company produce "Just Peachy", una salsa hecha de melocotones considerados no aptos para la venta minorista porque no tienen el tamaño deseado o están magullados.

Jugos con frutas "feas": Dos estudiantes de la Universidad de Georgetown, en Washington, fundaron en 2014 Misfit Juicery, una empresa que produce jugo prensado en frío de piezas de frutas imperfectas o excedentes.

Debido a que el mango es una fruta con una vida útil corta por su rápida maduración después de la cosecha, usualmente se recolecta antes de su maduración completa, alargando su vida útil, pero carece de características organolépticas bien desarrolladas (Gentile et al., 2019, p. 477). Cuando está maduro, esta fruta es rica en vitamina A. También es consumida verde, procesada en pulpas, jugos, mermeladas, chutneys, y es congelada o secada. También es una fuente de sustento para las aves, murciélagos, mamíferos e insectos. (Bally, 2006.)

En el mundo la mayor cantidad de grupo de alimentos que se pierden y se desperdician son las frutas y verduras. No obstante, el porcentaje de pérdida y desperdicio en Colombia en este grupo de alimentos es significativamente superior al promedio mundial. En Colombia se pierde y desperdicia el 58 % de las frutas y las verduras, mientras en el mundo este porcentaje es del 45%. En el caso particular del mango, se produce una pérdida de 3% del total de cultivos frutales en el país (Martínez Anaya & Quintero, 2017). Una alternativa para reducir el problema de desperdicios post cosecha, es la obtención de alcohol a partir de Mango de la variedad Tommy Atkins, por medio del uso de la biotecnología y/o procesos químicos.

MATERIA PRIMA

El mango (*Mangifera indica*) es originario de Asia tropical, se ha introducido en zonas donde el clima es cálido y húmedo, y ahora está completamente naturalizado en muchas regiones tropicales y subtropicales (Corredor P. & García L., 2011, p. 21). Perteneciente a la familia Anacardiaceae.

En Colombia, el departamento de Tolima es el mayor productor de esta fruta, mientras que Cundinamarca tiene la mayor área sembrada (Ministerio de Agricultura, 2019). De acuerdo al análisis de mercado realizado por la FAO en 2018, el mango es la variedad de fruta tropical predominante, debido a la popularidad de este producto en la India, de donde se estima que procede el 38 % de la producción mundial, y cuya producción mundial representa más del 50% de las frutas tropicales. (FAO, 2020).

Tabla 1: Características generales de la fruta. Se especifica las condiciones generales, desde el origen de la fruta, su temperatura óptima, sus usos, familia a la cual pertenece, entre otras.

DATOS GENERALES	
Origen	India, pero cultivado en los trópicos y subtrópicos
Familia	Anacardiaceae
Variedades	Más de 1000 variedades reconocidas alrededor del mundo
Altura de la planta	15 a 30 m
Vida útil	La planta produce frutos de 2 a 4 años después de la siembra, y continúa su producción hasta por 100 años.
Clima	Cálido, se desarrolla mejor en temperaturas de 15 a 27°C y a altitudes menores a 3050 msnm

Características del fruto	Se clasifica como una drupa, de forma ovalada u oblonga, pueden llegar a pesar de 50 g hasta 2 kg. Su color varía de verde hasta tonos naranjas o rojos.
Usos de la fruta	Consumo fresco, mermeladas, jugos, postres, pulpas, chutneys
Cosecha	Generalmente de diciembre a abril
Desarrollo del fruto	De 3 a 6 meses para la maduración del fruto

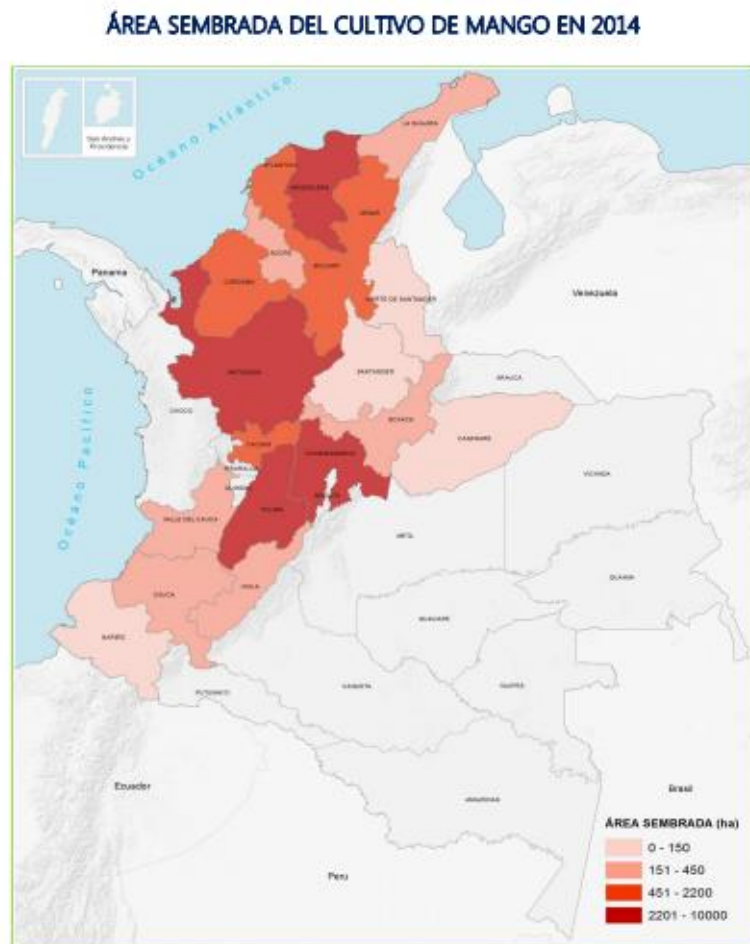
Nota. Elaboración propia, datos tomados de El cultivo de mango Agrosavia (Castro, 2018). Y Bally, I. S. (2006). *Mangifera indica* (mango). *Species profiles for pacific island agroforestry*, 1-25.

Condiciones y producción en Colombia

El mango se cultiva en Colombia en 16 departamentos, se cultiva desde el nivel del mar hasta 1.650 metros de altitud. Su adaptación es tal, que se ha generado una variedad ‘criolla’ o naturalizado colombiano, gracias a la polinización cruzada. (Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias, Corpoica & Asociación Hortofrutícola de Colombia, Asohofrucol, 2013). Según datos del Ministerio de Agricultura, en 2019 se produjo un estimado de 261.154 toneladas de mango en Colombia (Ministerio de Agricultura, 2019). Los departamentos con mayor producción de mango son Cundinamarca, Tolima y Magdalena, que representan el 68% del total de área sembrada del país, que cuenta con un área total de 24.956 hectáreas, una producción de 259.072 toneladas y un rendimiento de 11 toneladas por hectárea. (Ministerio agricultura, 2017)

Teniendo en cuentas las anteriores cifras y el mapa de Colombia que se muestra a continuación, podemos afirmar que el mango es un cultivo con una presencia importante en gran parte del país.

Figura 1. Departamentos con mayor potencial de desarrollo de Mango (Ministerio de agricultura, 2014)



Donde las variedades predominantes son Tomy atkins, hilacha, Keitt y Yulima. Adicionalmente, las exportaciones de mango colombiano han aumentado cerca de 700% entre 2014 y 2017, además de presentar un precio estable durante los últimos años y un buen margen de ganancia para los agricultores. (Ministerio de Agricultura, 2019.)



Figura 2. Mango de la variedad Tommy Atkins. (National Mango Board, s. f.)

A pesar de lo favorable del panorama, es necesario señalar que este cultivo aún presenta limitantes técnicas, climáticas y propias de la cadena productiva y servicios de apoyo (Ministerio de Agricultura 2019). Además de diversos males que atacan el cultivo, entre las cuales destacan enfermedades como antracnosis y cenicilla y plagas como moscas de la fruta y hormigas que ocasionan bajo valor del producto. (Sosa R. et al., 2011)

En la tabla N° 2 se observa los estados fenológicos y los días de desarrollo del mango.

Tabla 2: *Desarrollo del fruto según el tipo de mango.*

<i>Estado fenológico</i>	<i>Días de desarrollo</i>	
	<i>Variedad hilacha</i>	<i>Variedad Tommy atkins</i>
<i>Desarrollo del brote vegetativo</i>	5- 13	5-12
<i>Desarrollo del órgano floral</i>	12-25	12-28
<i>Desarrollo del fruto (inicio de 2cm de diámetro)</i>	33-79	40-111

Tabla tomada de Corredor, 2011.

Figura 3. Desarrollo del fruto desde la semilla hasta el fruto (Mango Tommy Atkins).



Nota. Tomada de Corredor, 2011.

Tabla 3: Características físicas del mango, variedad Tommy Atkins.

	Long. (cm)	Diam. Mayor (cm)	Diam. Menor cm	Peso total (g)	Pulpa (%)	Cáscara (%)	Semilla (%)
\bar{x}	9.88	8.42	7.91	384.65	71.70	14.13	14.80
S	1.26	0.77	0.81	112.37	3.82	1.97	2.69
C.V. (%)	12.75	9.15	10.24	29.21	5.33	13.94	19.11
Literatura	11.88	9.39	9.14	393.30	72.80	11.50	11.70
n	40	40	40	40	40	40	30

\bar{X} : Promedio S : Desviación estándar C.V. (%): Coeficiente de variabilidad n : número de muestras

Tomada de “Normas de calidad para las variedades de mango «tommy Atkins» y «común» (hilacha)” por Mahecha, G., De Civetta, L., & Rodríguez, C., 1991. Revista Colombiana de Química, 20, 10-17.

Tabla 4: Características nutricionales del mango.

VALOR NUTRICIONAL DEL MANGO TOMMY ATKINS, KEITT, KENT y/o HADEN, POR CADA 100 g.		
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD
Agua	83,6	g
Energía	60	kcal
Proteína	0,82	g
Grasa total	0,38	g
Carbohidratos	14,98	g
Fibra dietaria total	1,6	g
Azúcares	13,66	g
Calcio, Ca	11	mg
Hierro, Fe	0,16	mg
Magnesio, Mg	10	mg
Fósforo, P	14	mg
Potasio, K	168	mg
Sodio, Na	1	mg
Zinc, Zn	0,09	mg
Cobre, Cu	0,111	mg
Manganeso, Mn	0,063	mg
Selenio, Se	0,6	μ g
Vitamina C	36,4	mg
Vitamina B6	0,119	mg

Vitamina A	1082	IU
Vitamina E	0,9	mg

Nota. Esta tabla ha sido adaptada de U.S Department of Agriculture, 2019.

Es necesario precisar, que la materia prima para la fabricación de la bebida alcohólica seleccionada, denominada residuos post cosecha de mango de la variedad Tommy atkins hace referencia a aquellos frutos (enteros) que no son aptos para la venta al público en general, como los que sufren daños mecánicos, deshidratación, decoloraciones, tamaño indeseado y defectos fisiológicos, pero que a su vez se encuentran sin daños por agentes biológicos.

BEBIDAS ALCOHOLICAS

Las bebidas alcohólicas son un grupo diverso de productos alimenticios, que difieren en términos de sabor, olor y apariencia. Además de etanol y agua, pueden contener más de 1000 componentes diferentes (aditivos y contaminantes), que influyen en su calidad. (Wardencki, 2018.) Las bebidas alcohólicas son bienes hedónicos que se consumen en las sociedades desde hace mucho tiempo. (Luo et al., 2020, p. 229). Estas bebidas pueden clasificarse en bebidas fermentadas y destiladas.

Durante miles de años, las bebidas alcohólicas se han consumido alrededor del mundo. La producción de estas bebidas se realizaba mediante fermentación espontánea sin conocimiento de los microorganismos participantes. Incluso hoy, muchas bebidas alcohólicas tradicionales se producen de esta manera. (Bader et al., 2019, p. 68)

Se tiene evidencia de que la producción de las primeras bebidas fermentadas (cerveza y vino) data de 8000 a.C, y quizás se produjeron de manera accidental. (Wolf et al., 2008, p. 156). A través del tiempo, se mejoraron las técnicas para la elaboración de estas bebidas aprovechando la fermentación de los azúcares de la vid y los cereales y se popularizó su consumo.

La destilación supuso un cambio en las bebidas alcohólicas. Esta técnica apareció en Mesopotamia hacia el 4000 a.C y se propago a China y Europa entre el 800 y 1300 d.C. (Wolf et al., 2008, p. 157) y permitió concentrar aún más el alcohol presente en las bebidas fermentadas, produciendo licores a los cuales se le atribuían propiedades y virtudes que lo convertían en panacea de todos los males. Esto constituyó el punto de partida de las más variadas bebidas creadas para satisfacer el exigente paladar humano. (de Cote, 2010)

Las bebidas destiladas se hicieron populares hacia el siglo 18, cuando el consumo de licor se extendió por Europa y Norteamérica (Wolf et al., 2008, p. 157). Las mejoras de los procesos y los equipos dieron lugar a bebidas como el whiskey, la ginebra, el tequila y el ron.

Las bebidas alcohólicas han sido parte de la historia de la humanidad, y suponen una industria cuyo mercado en Colombia alcanzó un valor cercano a los 9.400 millones de euros y 2.876 millones de litros en términos de volumen. (ICEX España Exportación e Importaciones, 2020). El banco mundial estima que el consumo per cápita de alcohol (puro) en Colombia para el año 2018 era de 5,7 litros. (Banco Mundial, s. f.)

Tabla 5: Características de algunas bebidas alcohólicas comunes.

Bebida	Sustrato	Graduación alcohólica	Tipo
Cerveza	Cebada, Trigo	2.5 -12°	Fermentada
Vino	Uva	6-15°	Fermentada
Sidra	Manzana	2°-8°	Fermentada
Ron	Caña de azúcar	35°-54°	Destilado
Whiskey	Cereales (maíz, trigo, cebada)	mínimo 40°	Destilado
Vodka	Patatas y granos	mínimo 37.5°	Destilado
Sake	Arroz	-	Fermentada
Brandy	Uvas	36°-45°	Destilado
Aguardiente	Caña de azúcar	38°-54°	Destilado

Nota. Elaboración propia, datos tomados de INVIMA. (2015). Guía de inspección de productos de bebidas alcohólicas en el mercado.

Cabe resaltar, además, que el mercado de las bebidas alcohólicas en Colombia está dominado ampliamente por la cerveza, seguido de los productos destilados y los vinos (ICEX España Exportación e Importaciones, 2020).

Además de los productos más familiares, las cervezas de frutas se están volviendo muy populares en todo el mundo, respondiendo a las demandas de nuevos estímulos gustativos, olfativos y visuales del consumidor. (Nardini & Garaguso, 2020, p. 125437)

PROCESO DE FABRICACIÓN BIOTECNOLOGICA

Generalidades

Las bebidas alcohólicas tienen su origen en el proceso de fermentación alcohólica. Todo líquido azucarado sufre esta fermentación de manera espontánea debido a la acción de las levaduras que, en ausencia de aire, destruyen la glucosa y otros azúcares produciendo dióxido de carbono y etanol. La Fermentación alcohólica tiene como finalidad la transformación de un sustrato (mosto

azucarado), hasta producto alcohólico, en un medio anaerobio y por la acción de una levadura, con la presencia de nutrientes y condiciones adecuadas de temperatura, y pH, (Coronel, 2009).

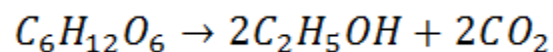
A pesar de la complejidad de los procesos bioquímicos una forma esquemática de la reacción química de la fermentación alcohólica puede describirse como una glicólisis (en la denominada vía Embden-Meyerhof-Parnes) (Ferreira, 2006). La fermentación alcohólica es desde el punto de vista energético una reacción exotérmica. Los microorganismos que intervienen en la conversión del mosto a etanol pueden ser endógenos, es decir provenientes de la pared celular de las uvas y/o frutas y de las superficies de los espacios donde se almacenen los productos; o en su defecto exógenas, obtenidas a partir cultivos estériles seleccionados (Ferreira, 2006).

Fermentación:

La fermentación es la transformación bioquímica de sustancias en productos de interés, por la acción catalítica de enzimas específicas producidas por microorganismos tales como mohos, bacterias o levaduras, bajo condiciones fisicoquímicas controladas (Cruzar et al., 2009).

Fermentación alcohólica:

La fermentación alcohólica es una biorreacción que permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono a través de un proceso anaerobio, con ayuda de una levadura, en la mayoría de los casos esta levadura es la *saccharomyces cerevisiae*. La conversión se representa mediante la ecuación:



A pesar de parecer, a nivel estequiométrico, una transformación simple, la secuencia de transformaciones para degradar la glucosa hasta dos moléculas de alcohol y dos moléculas de bióxido de carbono es un proceso muy complejo, pues al mismo tiempo la levadura utiliza la glucosa y nutrientes adicionales para reproducirse. (Vázquez H.J., 2007). Los microorganismos que intervienen en la conversión del mosto a etanol pueden ser endógenos, es decir provenientes de la pared celular de las uvas y/o frutas y de las superficies de los espacios donde se almacenen los productos; o en su defecto exógenas, obtenidas a partir cultivos estériles seleccionados (Ferreira, 2006).

Características fisicoquímicas de la fermentación alcohólica:

Contenido de azúcar y acidez: El contenido de Azúcar es determinante para las funciones básicas de las levaduras, llegando a mostrar un óptimo crecimiento cuando el medio posee un valor cercano al 20-22% p/v y pH cercano a 3.2, máximo 3.5 (Coronel, 2009; Ferreira, 2006). En este sentido es el contenido de glucosa, maltosa, sacarosa, y lactosa el que determina la cantidad de

alcohol producido por fermentación, el cual a su vez ejerce una acción antiséptica y limitara la población de levaduras. Esta concentración límite de alcohol está entre 12% y 14% para la mayoría de las levaduras (Ferreira, 2006).

Temperatura: Es necesario tener claridad con los rangos de temperatura, si la temperatura es muy baja la fermentación puede ser lenta, si la temperatura excede de los 35°C disminuye la acción de las levaduras y si esta aumenta por encima de los 40°C esta se puede detener (Coronel, 2009; Ferreira, 2006). La temperatura en el proceso de fermentación condiciona el metabolismo de las levaduras afectando la producción de compuestos volátiles. Las bajas temperaturas favorecen la obtención de vinos con carácter frutado (Mallouchos et al., 2003). El rango de temperaturas recomendado para el desarrollo de las levaduras es aquel que no afecta la integridad y funcionalidad de la membrana citoplasmática (MC), porque las levaduras crecen a temperaturas por encima del límite superior, provocando la inactivación o desnaturalización de las proteínas de transporte y otros enzimas asociados a la MC, mientras que cuando las temperaturas son muy bajas se ve comprometida su fluidez y flexibilidad (Novo et al., 2003).

Preparación del mosto: La fruta puede someterse a diferentes tratamientos que pueden ser macerados mecánicos, químicos, fisicoquímicos o enzimáticos, los cuales buscan obtener partículas de menor tamaño, de modo que la pulpa o el jugo queden expuestos a la acción de las levaduras. El producto de esta operación se conoce como mosto y puede contener jugo, cáscara, semillas, entre otros. Dependiendo de la fruta que se utilice, las cáscaras o las semillas pueden aportar sabores deseables al vino final. Adicionalmente Ruiz, 2011, indicó que fermentar en presencia de las partes sólidas de la fruta es la mejor opción, ya que el proceso se simplifica, el rendimiento es mayor, más rápido y potencializa la acción o presencia de diversas sustancias (compuestos fenólicos) (Duarte et al., 2010; Ahmed L, Diana M, Rico D, Barry-ryan C., 2011)

Microorganismos:

La población microbiana primaria o nativa de las frutas está compuesta por los microorganismos adheridos a su superficie por fuerzas interactivas entre la estructura vegetal y la pared celular de los microorganismos (Hidalgo et al., 2013; Hidalgo et al., 2012; Ferreira, 2006).

Levadura *saccharomyces cerevisiae*:

Las levaduras son cuerpos unicelulares de un tamaño que oscila entre 2 μm y 4 μm y están presentes de forma natural en algunos tejidos vegetales como las frutas, cereales y verduras (Cruzar et al., 2009; Dunga N, Romboutsb F, Noutb M., 2006). Son normalmente organismos anaeróbicos facultativos. Se puede decir que el 96% de la producción de etanol se lleva a cabo a partir de hongos microscópicos y diferentes especies de levaduras, entre las que se encuentran *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces fragilis*, *Torulasporea*, *Kloeckera*, *Hanseniaspora* y *Zymomonas mobilis* (Lage et al., 2014; Rojo et al., 2014; Hidalgo et al., 2013; Cruzar et al.,

2009). Cada uno de estos microorganismos posee una característica propia sobre la fermentación para provocar una serie de reacciones químicas que permiten la producción de etanol (Duarte et al., 2010). En algunos casos son capaces de proporcionar un sabor característico al producto final (vinos, cervezas).

El desarrollo de levaduras del género *saccharomyces*, esta favorecido por el crecimiento inicial de otras levaduras. *Saccharomyces* es tolerante a altas concentraciones de etanol (Lage et al., 2014) y a bajas concentraciones de azúcares, por tal motivo se encuentra presente al final de las fermentaciones alcohólicas en la mayoría de los estudios realizados (Hidalgo et al., 2013).

Temperatura: La temperatura óptima de crecimiento de *S. cerevisiae* es de 25°C, mientras temperaturas bajas como 13°C inhiben normalmente el proceso fermentativo y de crecimiento de esta levadura (Ferreira, 2006)

Destilación:

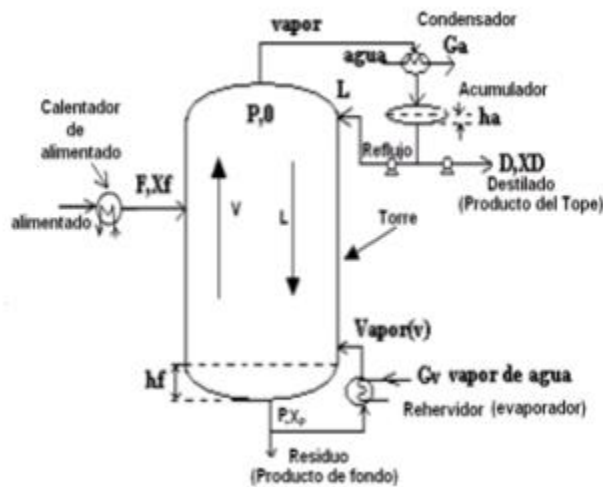
El proceso de destilación es una tecnología del mundo antiguo y se sabe que produce una esencia alcohólica concentrada del fermento inicial, que contenía niveles más bajos de etanol (Palmer, 2016, p. 203). El autor señala:

Es una operación utilizada con frecuencia para la purificación y aislamiento de líquidos orgánicos. Y aprovecha las volatilidades y puntos de ebullición de los componentes líquidos a separar. Este proceso depende de parámetros como:

- El equilibrio entre el líquido y vapor, temperatura, presión, composición y puntos de ebullición.
- El equilibrio entre el vapor y el líquido de un compuesto está representado por la relación de moles de vapor y líquido a una temperatura determinada, también puede estudiarse este equilibrio a partir de sus presiones de vapor.
- La temperatura influye en las presiones de vapor y en consecuencia de la cantidad de energía proporcionada al sistema, también influye en la composición del vapor y el líquido ya que esta depende de las presiones del vapor.
- La presión tiene directa influencia en los puntos de ebullición de los líquidos orgánicos y por tanto en la destilación.
- La composición es una consecuencia de la variación de las presiones de vapor, de la temperatura que fijan las composiciones en el equilibrio.
- Puntos de ebullición, son aquellos puntos o temperaturas de compuestos puros a las que sus presiones de vapor igualan a la presión atmosférica, produciéndose el fenómeno llamado ebullición.

La destilación consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor, para luego, condensar el vapor recuperándolo en forma líquida. La finalidad principal de la destilación es obtener el componente más volátil en forma pura. Por ejemplo, la eliminación del agua del alcohol evaporando el alcohol. En este ejemplo el principio de la destilación se basa en las diferencias que existen entre los puntos de fusión del agua (100 °C) y el alcohol (78,3 °C). Si un recipiente que contiene alcohol es calentado a una temperatura que supera los 78,3 °C, pero sin alcanzar los 100°C, el alcohol se evapora y se separa del líquido original, para luego juntarlo y recondensarlo en un líquido de mayor fuerza alcohólica. (Mulet-Hing, 2006).

Figura 4. Esquema de la configuración básica del sistema destilación mezcla binaria.



Nota. Tomada de Automatización de la destilación de alcohol de la UEB destilería de la ronera Santiago de Cuba por Mulet-Hing (2006).

McCabe et al (2007) afirman:

En la práctica, la destilación puede llevarse a cabo según dos métodos principales. El primer método se basa en la producción de vapor mediante la ebullición de la mezcla líquida que se desea separar y la condensación de los vapores sin permitir que el líquido retorne a la columna del equipo de destilación. Por lo tanto, no hay reflujo. El segundo método se basa en el retorno de una parte del condensado a la columna, en condiciones tales que el líquido que retorna se pone en contacto íntimo con los vapores que ascienden hacia el condensado.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

AMBIENTALES

Todas las actividades humanas tienen impacto al medio ambiente en mayor o menor medida. En el caso de la fabricación de bebidas alcohólicas, por ejemplo, para la fabricación de destilados, se tienen descargas de aguas residuales, emisiones atmosféricas, las aguas residuales producidas incluyen principalmente el agua destilada en el fondo de la bandeja, el líquido de fermentación, y el agua de enfriamiento y lavado de botellas. (Huang et al., 2013).

Como es bien sabido, el proceso de destilación requiere de energía, que se obtiene a través de combustibles fósiles, como el gas natural o el carbón, además de requerir agua para el enfriamiento del destilado, lo que incrementa el impacto ambiental que tienen estas bebidas.

Si bien para la elaboración de bebidas fermentadas se requiere energía para mantener la temperatura del mosto, el proceso de destilación requiere temperaturas más altas, lo que incrementa el consumo energético y la huella de carbono. Dado el tamaño de la industria, que en Colombia alcanza 2876 millones de litros en volumen (ICEX, 2020), se requiere de una gran cantidad de materias primas de origen agrícola, como la cebada, el arroz, el lúpulo, la uva y algunas frutas.

Por otro lado, la huella hídrica del proceso es también una cifra importante para medir el impacto ambiental de este, por ejemplo, Bavaria en alianza con WWF Colombia analizaron la huella hídrica de las cervezas más consumidas en el año 2014, obteniendo un valor de 3,2 hectolitros de agua por cada hectolitro de cerveza envasada (Bavaria & WWF Colombia, 2014).

En base a lo anterior, se hace necesario diseñar posibles soluciones con el mínimo de impacto ambiental a nivel energético y de emisiones, además de optimizar el uso del agua para la fabricación y las diferentes etapas productivas, además de establecer alternativas para el uso de los residuos generados, así como los posibles vertimientos durante la fabricación de la bebida alcohólica a partir de mango de la variedad Tommy Atkins.

SOCIALES

A pesar de que las bebidas alcohólicas no están prohibidas en Colombia y que el consumo de bebidas alcohólicas en las reuniones sociales es frecuente en muchos lugares del mundo, puede tener consecuencias sanitarias y sociales negativas relacionadas con sus propiedades tóxicas y la dependencia que puede producir. (World Health Organization, 2015)

En base a esto, el Ministerio de Salud diseñó una esfera de acción enfocada en la reducción del impacto del mercadeo y la publicidad de bebidas alcohólicas, cuyo principal desafío es orientar la mercadotecnia a consumidores adultos jóvenes sin exponer al mismo tiempo a los niños, niñas y adolescentes. (Suárez et al., 2018)

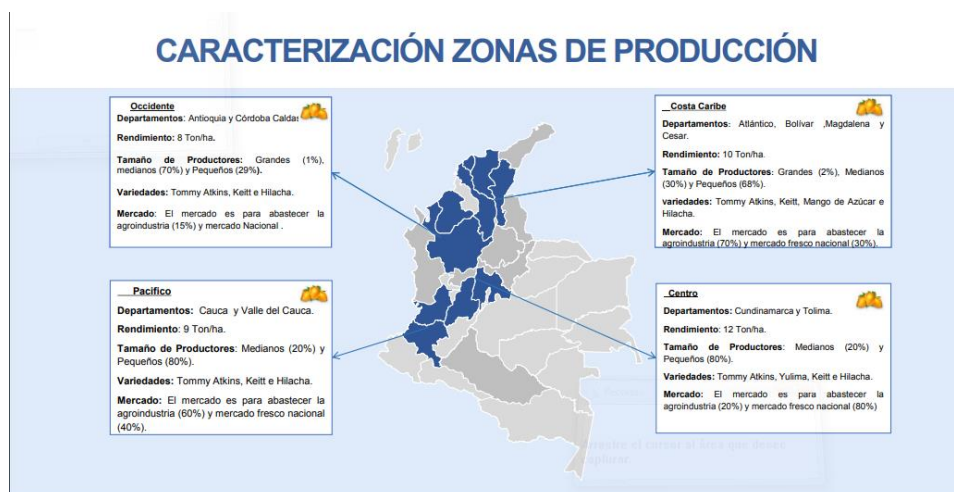
Lo anteriormente expuesto supone un reto a la hora de diseñar un plan de mercadeo para el producto, dados los efectos negativos del consumo de alcohol y los problemas de salud pública que el consumo exagerado o irresponsable representa.

CAPACIDAD DE FABRICACIÓN

Para determinar la capacidad de producción, es necesario realizar ensayos a fin de determinar las variables del proceso, pero debido a las restricciones ocasionadas por la situación actual de la pandemia no ha sido posible llevar a cabo dichos ensayos, razón por la cual, las posibles soluciones se basan en información tomada de fuentes secundarias, y su diseño es establecido en base a tal información.

Dentro de las restricciones, la más importante es la logística y el transporte de la materia prima desde las zonas de cultivo hasta la planta donde se realiza el proceso productivo. A saber, en Colombia, el departamento de Tolima es el mayor productor de esta fruta, mientras que Cundinamarca tiene la mayor área sembrada. (Ministerio de Agricultura, 2019.)

Figura 5: Zonas de producción de Mango en Colombia.



Nota. Tomada de Cadena del Mango por Ministerio de Agricultura (2019).

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos afirmar que se cuenta con disponibilidad de materia prima incluso a nivel departamental, sin embargo, el suministro puede verse afectado por las condiciones climáticas, la falta de asociaciones entre productores y las condiciones de las vías de acceso a los cultivos, así como el aumento de precios debido a fenómenos climáticos como el niño, que retrasan los cultivos, generando escasez de la materia prima. (Sosa R. et al., 2011), (Ministerio de Agricultura, 2019).

Es importante tener en cuenta la capacidad de fabricación, ya que se pueden presentar cuellos de botella en el proceso y es por eso que es pertinente mencionar que en el proceso de producción de la bebida alcohólica se requiere de insumos y máquinas que estén en buenas condiciones, se deben realizar mantenimientos correctivos y preventivos seguidamente. Por ejemplo, en el

proceso de despulpado es importante estar pendiente y realizar mantenimientos para que las semillas del mango Tommy atkins no generen obstrucciones o daños en la máquina, igualmente en el proceso de filtrado ya que es donde se separan las impurezas del producto a obtener. Es fundamental también tener presente que la cantidad de materia prima que se ingresa en el proceso no puede exceder la capacidad del equipo, esto para no generar daños, a veces por querer obtener más producto se pueden dañar los equipos o no tener los resultados no deseados.

Así mismo, es crucial saber la cantidad específica de azúcares y el tipo de microorganismos involucrados en el proceso de fermentación, si no se controlan estos parámetros se pueden afectar las características tanto físicas como organolépticas del vino obtenido (Cabrera, 2012, p. 169). Es necesario evitar cualquier contratiempo, por eso se debe llevar un control detallado del proceso y seguir lo recomendado, sin embargo, también se debe estar en la capacidad de enfrentar un cuello de botella, ya que el proceso no está exento de esto, por eso se deben estudiar las condiciones necesarias y pertinentes para la producción de vino de mango.

ÉTICAS

Teniendo en cuenta los efectos negativos del consumo de alcohol, y que esto representa un problema de salud pública, la principal restricción ética radica en producir una bebida alcohólica, promocionar su consumo de manera responsable, pese a que en Colombia la normatividad vigente está dirigida a aspectos puntuales, como la declaración obligatoria de leyendas (Decreto 1686/2012) o la restricción a la transmisión de anuncios en horarios catalogados como franja infantil (Ley 1098/2006). (Suárez et al., 2018)

SALUD Y SEGURIDAD

Condiciones necesarias para la fermentación alcohólica, para generar una bebida apta para el consumo humano:

Temperatura: Las levaduras son microorganismos mesófilos, esto hace que la fermentación pueda tener lugar en un rango de temperaturas desde los 13-14°C hasta los 33-35°C. Dentro de este intervalo, cuanto mayor sea la temperatura mayor será la velocidad del proceso fermentativo siendo también mayor la proporción de productos secundarios (García, D., & Rojas, N., 2016). Las bajas temperaturas hacen que se fermenten más fácil las levaduras, consiguiendo así un grado mayor de alcohol, cuando la temperatura es mayor de 33-35°C puede existir alteración bacteriana.

Aireación: Las levaduras son microorganismos anaerobios, sin embargo, se puede realizar el proceso con una aireación mínima, ya que cuando las levaduras viven en condiciones aeróbicas, no utilizan los azúcares por vía fermentativa sino oxidativa, esto para obtener mucha más energía. (García, D., & Rojas, N., 2016)

PH: El pH está relacionado con la resistencia a enfermedades, con el color y el enturbiamiento presente en el vino (Amerime, M, 1976), el pH de los mostos del vino de mesa debe estar entre un rango de 3,1 a 3,6, mientras que para los vinos de postre se puede estar entre 3,4 y 3,8

(Amerime, M, 1976). Según NTC 708, el vino de frutas debe presentar un valor entre 2,8 y 4,0. (ICONTEC, 2005)

POLÍTICAS

Es necesario conocer e identificar las disposiciones legales que rigen el producto final a nivel nacional e internacionales, ya que el producto de interés se encuentra relacionado con la industria de alimentos y la vitivinícola.

El Decreto 3075 de 1997 del Ministerio de Salud reglamenta las condiciones sanitarias para los establecimientos industriales y/o comerciales que manipulen alimentos. Incluye todos los requisitos que se deben cumplir para las instalaciones, maquinaria, personal, materias primas y medios de distribución. (García, D., & Rojas, N, 2016)

Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social, que reglamenta el artículo 126 del Decreto Ley 19 de 2012. Esta resolución contiene nuevas definiciones, las vigencias de los permisos y registros sanitarios, y aparece la obligatoriedad de un profesional en todas las empresas de alimentos.

Decreto 1686 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social donde reglamenta la elaboración y distribución de bebidas alcohólicas para el consumo humano. Este Decreto contiene los requisitos técnicos y sanitarios que deben tener las empresas que elaboran, almacenan, envasan, comercializan y expiden bebidas alcohólicas.

ICONTEC ha publicado dos normas técnicas que son pertinentes:

La Norma Técnica Colombiana NTC 708 del 2000 contiene las recomendaciones técnicas para la elaboración de vinos de frutas, junto con los requisitos y métodos de ensayos de calidad.

La Norma Técnica Colombiana NTC 223 del 2004, contiene las prácticas permitidas en la elaboración y producción de vinos en general. Estas normas fueron publicadas en los años.

La Norma Técnica Colombiana NTC 708 del 2005 define el vino de frutas, como el producto resultante de la fermentación alcohólica normal de mostos de frutas frescas y sanas distintas a la uva, mostos, concentrados de frutas sanas, que han sido sometidos a las mismas prácticas que los vinos de uva y cuya graduación alcohólica mínima es de seis grados alcoholimétricos. (ICONTEC, 2005)

En el ámbito internacional, está la normatividad de la Comunidad Europea (CE), que comprende normas de la industria y el mercado vitivinícola, las cuales se pueden consultar gracias al Tratado de Libre Comercio entre la Unión Europea y nuestro país.

GENERACIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES

El aroma y sabor de las bebidas alcohólicas (cerveza, vino, tequila y mezcal), son el resultado de numerosos compuestos volátiles y no volátiles, cuya mezcla compleja define sus atributos sensoriales y la aceptación por el consumidor (López, 1999; Vallejo y González, 1999; Cole y Noble, 2003).

Como fue anteriormente mencionado, existen dos grandes grupos en los que se clasifican las bebidas alcohólicas: las bebidas fermentadas y las destiladas.

En Colombia, el mercado se encuentra dominado por las bebidas fermentadas, más específicamente la cerveza, con un 75% del valor total, seguido de los destilados con un 19% y luego los vinos, con 5% de participación. (ICEX, 2020.)

En el caso de la cerveza, A pesar del monopolio impuesto por Bavaria, las compañías de cerveza artesanal han encontrado oportunidades para acceder a un mercado en el cual la demanda consumidora de esta bebida se encuentra en el 66% de la población. (Cortes et al., 2020). Este mercado tuvo ventas en 2019 de 7.094 millones de euros y 2.756 millones de litros (ICEX, 2020.)

La cerveza artesanal es producida con ingredientes tradicionales y con aditivos que no poseen las cervezas industriales, tales como frutas, café, especias y otros cereales, ya que dentro de los fundamentos de estos fabricantes está la distinción y la innovación. (Cortes et al., 2020).

Con base en lo anterior, el tamaño del mercado de la cerveza en Colombia y las tendencias actuales, es posible incursionar en el mercado una cerveza que contenga mango, dándole un sabor diferente y un valor agregado, con características organolépticas distintas.

Sin embargo, es claro que, para la producción de una cerveza, es necesario contar con la cebada u otro cereal como materia prima, y el lúpulo, por lo que el mango sería apenas un aditivo para mejorar las características propias de la bebida, haciendo que las cantidades de mango requeridas para tal proceso no sean tan significativas.

Analizando los demás segmentos del mercado, las bebidas destiladas han crecido en ventas durante el año 2019, de las cuales el ron, el whiskey y el aguardiente lideran en el mercado, siendo este último la bebida alcohólica tradicional colombiana. (ICEX, 2020.)

Si bien este segmento es el segundo más importante dentro del mercado de bebidas alcohólicas en Colombia, el proceso para la fabricación de este tipo de bebidas tiene como principal restricción la complejidad de los equipos y el proceso en sí, lo que incrementa los costos de producción y requiere una mayor inversión, además de un mayor uso de recursos energéticos y por tanto un aumento en las emisiones y el consumo de agua.

Considerando que el mercado de los vinos (que incluye los vinos de uva, los espumosos, los de frutas, entre otros) ha tenido un crecimiento de 50.8% durante el periodo 2014-2019 y que la

producción local es escasa (ICEX, 2020.) Se plantea como posible solución la elaboración de un vino de fruta (específicamente mango de la variedad Tommy atkins).

MEJOR ALTERNATIVA

Para ofrecer una alternativa de solución al contexto del problema planteado, se opta por la elaboración de un vino de mango de la variedad Tommy atkins para la reducción de los desechos postcosecha. Esta solución es viable debido a diversos factores como el potencial del mercado, la disponibilidad de materia prima e insumos, y los requerimientos técnicos y de equipos.

Cabe aclarar que este proyecto de investigación es de carácter descriptivo basado en información secundaria. No se realizarán análisis de laboratorio debido a la coyuntura presentada a nivel mundial por COVID-19.

La norma NTC 708 define un vino de frutas como: el producto obtenido por fermentación alcohólica normal de mostos de frutas frescas y sanas o del mosto concentrado de las mismas, que ha sido sometido a las mismas prácticas de elaboración que los vinos de uva. (ICONTEC, 2000.)

Dado que la cantidad de azúcar contenido en el mango de esta variedad ronda un 13%, es factible realizar un proceso fermentativo para la obtención de alcohol, gracias a la acción de microorganismos, y, teniendo en cuenta que la producción de este tipo de bebidas a nivel local es escasa, podría generarse un nuevo producto con valor agregado y económicamente viable.

El hecho de que se trate de una bebida fermentada tiene ventajas frente a un licor destilado desde el punto de vista técnico y económico, ya que no requiere la instalación de un destilador. Este destilador debe cumplir con ciertos requisitos para evitar alteraciones en las características organolépticas del producto final, así como condiciones de operación que requieren un control permanente y un consumo energético considerable.

Resumiendo, las ventajas de esta solución frente a las posibles soluciones son:

- Mercado con pocos competidores y en plena expansión
- Disponibilidad de materias primas e insumos a nivel local
- Inversión moderada para la fabricación del producto
- No se requiere equipo de destilación que aumenta costos y exige mayores requerimientos técnicos
- Posibilidad de utilizar una buena cantidad de mango para la producción, aportando a la reducción de los residuos postcosecha
- Producto con cualidades organolépticas distintas.
- Impacto ambiental medio, comparado con otras bebidas como las destiladas.

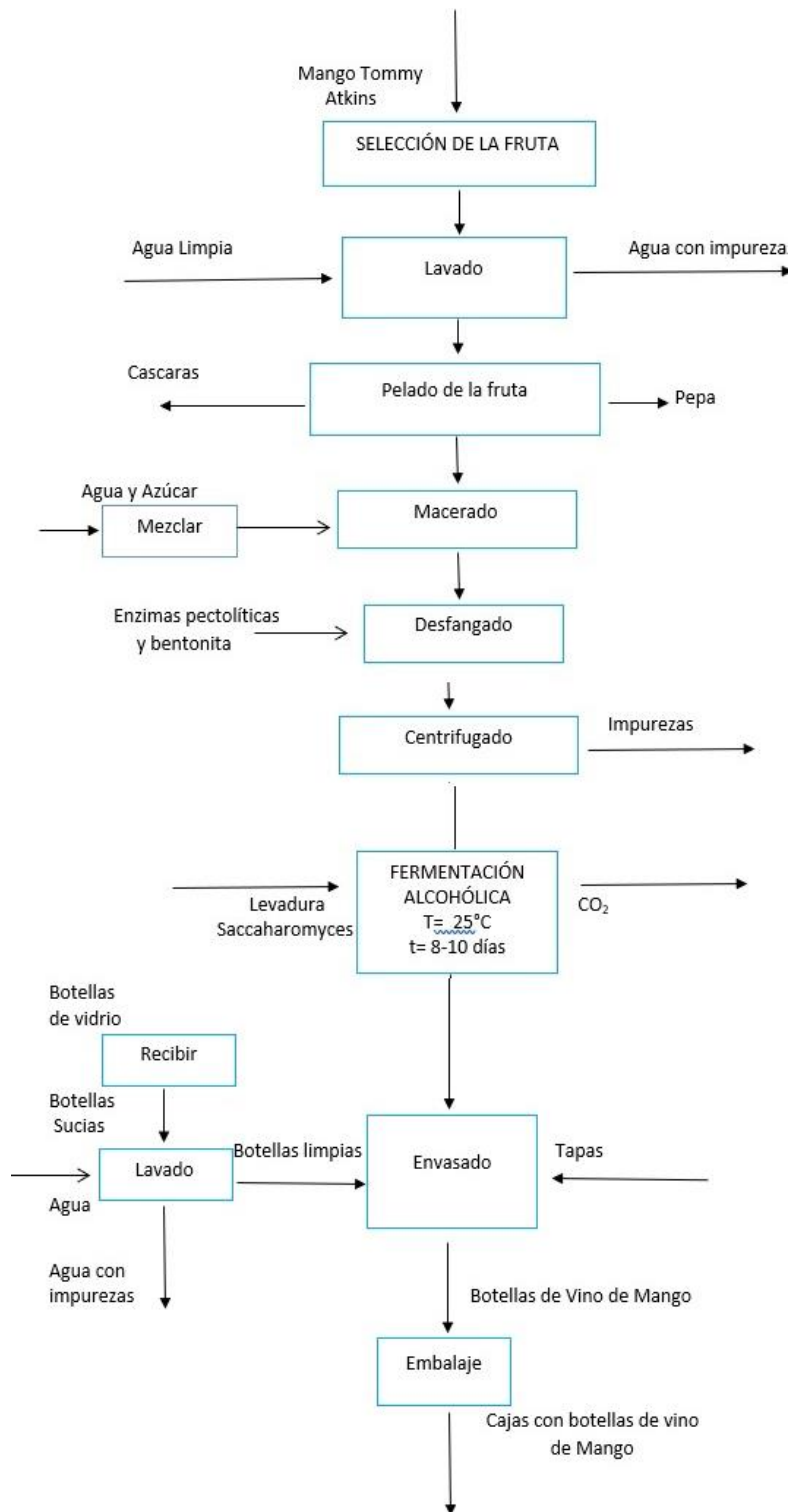
ESPECIFICACIONES DE INGENIERÍA PARA LA SOLUCIÓN

Es importante determinar las características que las frutas deben tener para realizar la fermentación y obtener buenos resultados, una de estas es que las frutas deben tener aroma y sabor agradable, tener un contenido bueno de carbohidratos y azúcares que ayuden con la producción del alcohol. Aparte de esto, deben ser frutas que tengan un contenido de agua abundante para mejorar el rendimiento y que su acidez no sea alta para permitir el desarrollo de las levaduras en el proceso de fermentación (Kolb, 2002 citado por Padín, Goitia, Hernández, y Leal, 2012). En la literatura se han encontrado registros de la producción de vino a partir de mango (Valencia, 1991; Pino y Queris, 2011). El proceso de elaboración de estos vinos emplea operaciones unitarias y condiciones similares al proceso de vinificación en blanco, debido a que el producto que se busca obtener es similar al vino blanco de uva en sus características sensoriales y fisicoquímicas. (García, D., & Rojas, N, 2016)

La figura 5 muestra la propuesta del proceso planteada para la elaboración de la fermentación del mango Tommy Atkins, para la producción de vino.

}

Figura 6. Etapas del proceso de elaboración de vino de mango (elaboración propia)



El diseño es un factor que tiene gran trascendencia en la viabilidad del proyecto, es por eso que se definen los equipos requeridos y condiciones de proceso para la fabricación de vino de mango:

Selección del mango

Primero, es necesario definir la materia prima a utilizar, teniendo en cuenta la normatividad vigente, específicamente la norma técnica colombiana NTC 708 en su quinta versión, donde se establece que, para la fabricación de vino de frutas, estas deben estar sanas.

Por esta razón, el remanente de la cosecha de mango variedad Tommy Atkins debe pasar por una inspección manual con el fin de descartar aquellas frutas que, por acción de plagas, maduración muy avanzada, daños por golpes y aquellos que no estén en condiciones para iniciar el proceso. En este caso, el tamaño de la fruta no es un criterio a tener en cuenta.

Para el proceso de selección se toman como variables la cantidad de fruta a ingresar, los mangos son colocados en las bandas transportadoras que llevarán la fruta hasta la próxima estación, donde a lo largo del recorrido se revisarán las frutas y se seleccionarán, en donde se observara su grado de maduración, tamaño y si tiene daños o defectos físicos.

Lavado de la fruta

En esta operación se toman como variables de referencia; el flujo másico, ya que la cantidad de fruta que ingrese al equipo de lavado es de acuerdo a su capacidad; flujo volumétrico debido a la cantidad de agua que necesita el equipo para poder lavar la fruta de forma adecuada. La capacidad del equipo que se utiliza en esta operación tiene una capacidad de hasta 1Ton/hora y una capacidad para almacenar 0.5 m³ de agua, se genera turbulencia para ayudar al lavado además del acondicionamiento de duchas de aspersión plana las cuales vienen incluidas en el equipo, estas ayudan a un lavado más eficiente de la fruta a tratar.

Pelado de la fruta

En esta operación se separa la pulpa del mango de los demás residuos como las cáscaras y las semillas. Esto se logra por el impulso que comunica a la masa pulpa-semilla, un conjunto de paletas (2 o 4) unidas a un eje que gira a velocidad fija o variable. La fuerza centrífuga de giro de las paletas lleva a la masa contra la malla y allí es arrastrada logrando que el fluido pase a través de los orificios la malla.

Mezclado

Se usa para unir dos o más componentes del producto producido, en este caso agua con glucosa que ayudan en el proceso de fermentación. De acuerdo a las propiedades que presenta el equipo de mezclado se ajustan variables de relevancia como flujo másico: el cual estará ligado no solo a esta sino a todas aquellas operaciones en las que se ejecute la preparación para la fermentación alcohólica. El flujo volumétrico se define en esta operación a partir de la cantidad de agua que empieza a ingresar al proceso junto con la cantidad de glucosa que se debe adicionar. La

temperatura óptima que se debe utilizar para el desarrollo del mosto no debe superar los 30 grados Celsius.

Maceración

Para esta fase, la pulpa se pone en contacto con las cascaras que fueron extraídas en el despulpado y es sometido a una maceración por periodos de entre 12 y 24 horas. Esto se realiza con el fin de extraer la mayor cantidad de compuestos aromáticos que encuentran en la cascará, con ellos se le dará el aroma al producto final. Se mantiene la pulpa a una temperatura que oscila entre 5° y 8° C, lo cual promueve la aparición de compuesto aromáticos astringentes y vegetales. (Suárez e Iñigo, 2004).

Desfangado

Mediante la acción de la gravedad se limpia el fluido obtenido y se reducen los sólidos presentes. En este proceso se adicionan enzimas pectolíticas y bentonita para clarificar el líquido y obtener la mayor cantidad de fangos para separar. (García, D., & Rojas, N, 2016)

Centrifugado

El líquido extraído pasa por el proceso de separación por centrifugado, el cual es necesario para reducir la densidad y turbidez del líquido obtenido. Lo que se realiza en esta etapa es llevar las partículas de mayor peso hacia el exterior del equipo y se obtiene un líquido menos denso, lo que permitirá un vino sin impurezas con una turbidez de entre 50 – 200 NTU.

Fermentación

Este es el proceso clave en la transformación del mosto en vino, donde los azúcares presentes se transforman en alcohol y dióxido de carbono por la acción de las levaduras, que para este proyecto será la *saccharomyces cerevisiae*. Para mantener un proceso exitoso, se deben mantener las condiciones de temperatura (25°C) y tiempo (8 a 10 días) bajo control y también de deben controlar las cantidades de nutrientes disponibles.

Rodríguez (2016) determinó de acuerdo a los resultados para algunos atributos fisicoquímicos medidos en laboratorio y sensoriales que la dosis de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) con mejor comportamiento es 1.5 g por litro de mosto para el caso del mango.

Filtración

En este proceso pasa el mosto a través de membranas porosas, las cuales consigue separar la fase líquida de la fase sólida. Este proceso elimina cualquier impureza presente en el líquido.

Estabilización

Esta técnica busca dar estabilidad al vino, frente a las precipitaciones de carácter tartárico, puesto que después de los procesos de filtración es el único tipo de precipitación que puede presentarse en la zona de almacenamiento del vino. Se puede someter a un proceso químico de adición de

coloides, o un enfriamiento del vino para acelerar la precipitación y retirar los cristales formados. (García, D., & Rojas, N, 2016)

Control de calidad

Como se mencionó anteriormente, la norma técnica Colombiana NTC 708 resulta pertinente para este proyecto, a fin de obtener un vino con características agradables de color, sabor y aroma que cumpla con los requisitos específicos que define la norma, mismos que a su vez se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 6: *Requisitos fisicoquímicos para el vino de mango variedad Tommy Atkins*

REQUISITOS	VALORES	
	Mínimo	Máximo
Contenido de alcohol en grados alcoholimétricos	6°	-
Acidez total expresada en ácido tartárico en g/l	3,5	10
Acidez volátil expresada como ácido acético en g/L	-	1,2
Metanol en mg/L de alcohol anhidro		1000
Azúcares totales previa inversión expresados como glucosa en g/L		
- Seco	0	15
- Semiseco	15,1	50
- Dulce	50,1	-
Extracto seco reducido en g/L	10	
Sulfatos expresados como sulfato de sodio, en g/L		2,0
Cloruros expresados como cloruro de sodio, en g/L		1,0
Anhidro sulfuroso total en mg/L		350
Ácido sórbico o sus sales de sodio o potasio en mg/L		150
Hierro en mg/L		8,0
Cobre en mg/L		1,0
pH	2,8	4,0
Colorantes artificiales	AUSENCIA	

Envasado

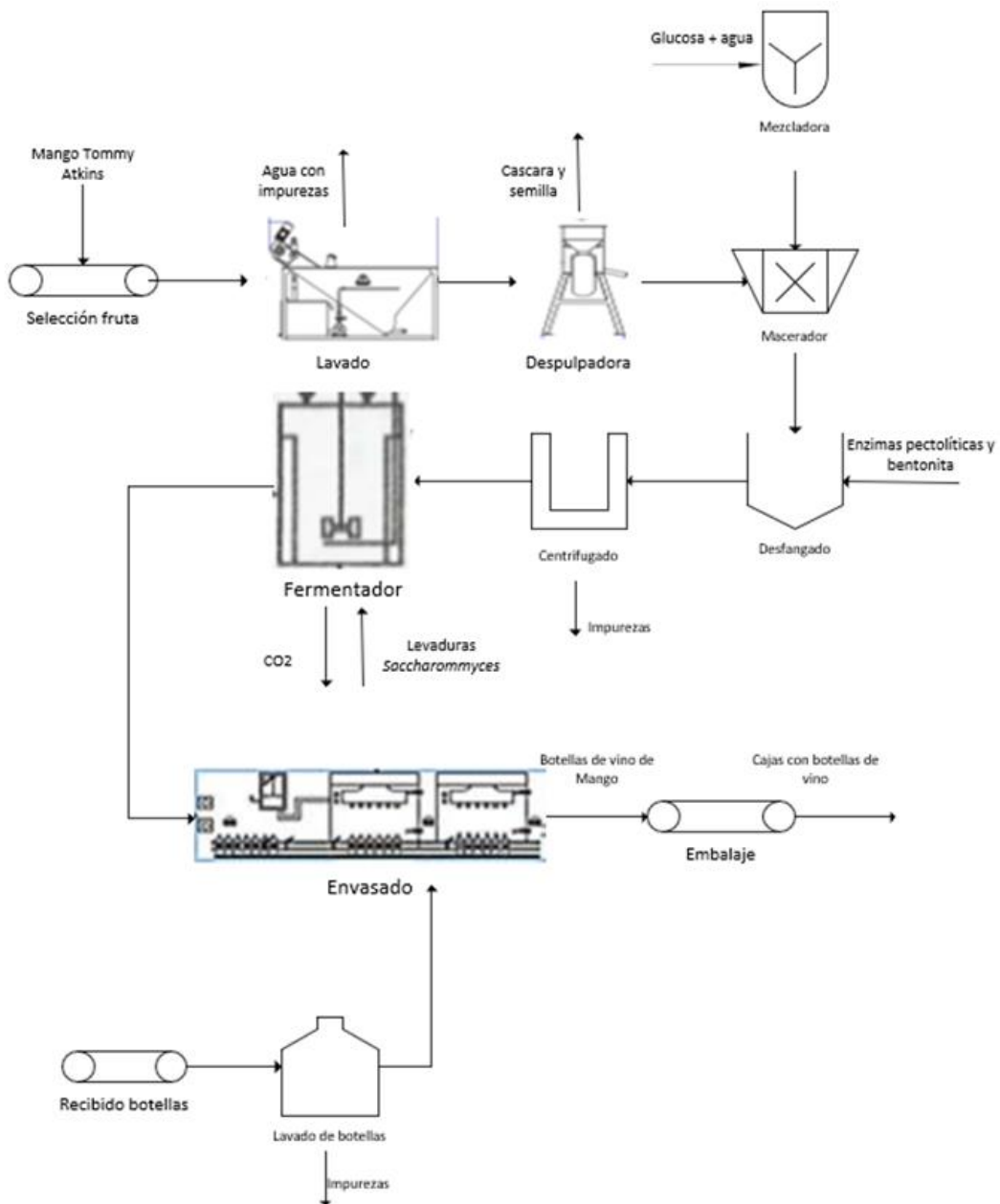
Este proceso comprende todas las operaciones necesarias para el acondicionamiento comercial del vino, esta zona está comprendida por la línea de embotellado, llenado de vino, taponado de botellas, distribución y alisado de capsulas y etiquetado.

Embalaje

Aquí se organiza el formado de cajas, llenado de cajas y paletizado de cajas.

La figura 6 muestra el diagrama de equipos del proceso planteado para la elaboración de la fermentación del mango Tommy Atkins, para la producción de vino.

Figura 7. Diagrama de equipos para elaboración de vino de mango (elaboración propia).



DIMENSIONES DE LOS COMPONENTES

Debido a las condiciones actuales por cuenta de la pandemia del COVID-19, no ha sido posible realizar los debidos ensayos de laboratorio a fin de determinar las condiciones del proceso, y su debido escalamiento para determinar las dimensiones de los equipos y los parámetros a tener en cuenta durante la fabricación.

Cabe señalar, que a pesar de que la solución propuesta ya cuenta con referentes en la literatura y teniendo en cuenta el estado del arte, la información secundaria obtenida de otras investigaciones y bases de datos se puede obtener una aproximación a las dimensiones requeridas para solucionar la problemática planteada, lo cual no significa que el producto no tenga un valor agregado o cuente con un mercado con muchos competidores, por el contrario, el mercado del vino en Colombia está en pleno auge y se cuenta con poca oferta local. (ICEX, 2020.)

En primer lugar, es necesario determinar la disponibilidad de materia prima para la fabricación de vino de mango. Como se mencionó anteriormente, se cuenta con cultivos de mango en 16 departamentos de Colombia (Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias, Corpoica & Asociación Hortofrutícola de Colombia, Asohofrucol, 2013). Con una producción anual de 261.154 toneladas, y, donde la variedad Tommy atkins tiene una presencia significativa (Ministerio de Agricultura, 2019.)

En base a estas cifras, y al elevado porcentaje de pérdida de las frutas y verduras que ronda el 45% de acuerdo a la FAO (2015.) podemos garantizar disponibilidad de nuestra materia prima durante todo el año.

En base a lo anterior, es necesario calcular la capacidad de producción del vino de mango. En primer lugar, teniendo como referencia el trabajo de Rodríguez (2016) podemos afirmar que por cada 10 kg de fruta que ingresa, tras el proceso de lavado, pelado y remoción de la semilla se obtienen cerca de 7 litros de pulpa de mango.

Posteriormente, se requiere ajustar el mosto a las condiciones óptimas para su fermentación, Rodríguez (2016) afirma que, para este proceso, se debe ajustar el mosto hasta alcanzar 23° Brix. En base a su trabajo, se determinó que la pulpa de mango de la variedad Tommy atkins tiene un valor de 9 a 14° Brix, por lo cual resulta conveniente utilizar la siguiente fórmula:

$$S=0.125(B-A)$$

Dónde:

S: Cantidad de azúcar a adicionar al mosto

B= Valor deseado (° Bx)

A=Valor inicial (° Bx)

Para la producción a partir de 2.000 Kg de mango, con una medida de 14°Bx se requieren 1.125 kg de azúcar, donde se producen 1.400 litros de mosto y por tanto se necesita un tanque agitado con enchaquetado y con una capacidad de 1.500 litros, con ventana de inspección y termómetro para mantener la temperatura del mosto en 30°C.

Para el desfangado, García y Rojas (2016) utilizan 4,6 Kg por cada 24335 Kg de mosto. Partiendo de un valor de 1.400 litros de mosto de mango, se requieren 0.26 Kg de bentonita. Por lo cual se requiere una balanza digital con capacidad de 5 Kg para su pesaje durante el proceso.

Para el proceso de centrifugado, se opta por una centrifuga de discos, ya que permite una alimentación continua y debido a su construcción los costos operacionales y de mantenimiento son relativamente bajos, además de ser las más usadas en la industria vitivinícola. (Flottweg SE, s. f.). Adicionalmente, para determinar la turbidez y determinar un criterio de aprobación o rechazo del lote, se requiere un turbidímetro capaz de medir la turbidez en las muestras de mosto clarificado.

En el caso del proceso fermentativo, sin duda uno de los más importantes se recomienda un tanque fermentador de acero inoxidable, de volumen fijo, con el fin de garantizar que el control de la temperatura no resulte un inconveniente, ya que es sabido que los fermentadores de mayor volumen requerirán una inmersión o un intercambiador de calor externo para mantener un control de temperatura efectivo. (Considine & Frankish, 2014). También es importante destacar que el fermentador debe contar con termómetro, manómetro (ya que como se mencionó anteriormente en el proceso se libera dióxido de carbono, pero se requiere que el proceso sea anaerobio) y mirilla para la inspección visual del mosto.

Es importante señalar además que todos los elementos que entren en contacto con el mosto sean grado alimenticio, incluyendo el sistema de bombeo y las tuberías. Para el traslado del mosto, denominado trasiego, En este caso particular, se sugieren bombas autocebantes, cuya turbina está construida en nitrilo sanitario, y piezas fabricadas en acero inoxidable 316 L, con capacidad de trasegar un caudal de hasta 2000 litros por hora. Se sugiere el uso de este tipo de bombas, fabricadas con materiales de grado alimenticio, ya que su montaje o desmontaje se realiza en pocos segundos para facilitar las operaciones de limpieza y/o mantenimiento. En el caso de las válvulas, es aconsejable que estas sean válvulas de bola, ya que tienen un centro abierto y permitir el acceso y el paso de sólidos (Considine & Frankish, 2014), por este motivo se recomiendan válvulas de bola en acero inoxidable, de un diámetro de una pulgada, construidas en acero inoxidable y con manija, a fin de regular el caudal de salida.

Para las tuberías, dado el elevado precio del acero inoxidable, es posible utilizar otras alternativas como el uso de mangueras PVC con certificado FDA para el manejo del mosto. Si bien estas mangueras son flexibles, resistentes a la abrasión, económicas y aptas para el manejo de alimentos, por lo que son una excelente opción. (Gates de México, s. f.). Para la succión y

descarga de mosto se sugiere una manguera reforzada con acero en espiral, de 1 pulgada de diámetro, con capacidad de soportar presiones elevadas, dada su economía frente a otras alternativas y otras ventajas como la flexibilidad y ligereza.

Posteriormente, para la etapa de filtrado, la industria vitivinícola utiliza el filtro de marcos y placas, que permite realizar separación de sólidos al hacer pasar el líquido a una presión moderada por un medio filtrante con diferentes grados de porosidad lo que permite obtener una amplia gama de resultados en la clarificación del vino.



Tras esto es necesario garantizar las propiedades fisicoquímicas del producto final, teniendo en cuenta que para esto se requieren contar con laboratorio dotado de equipos como medidor de pH, titulador automático (para realizar validaciones de acidez, cloruros y metanol, entre otros) o en su defecto material volumétrico, medidor de azúcar, turbidímetro y refractómetro, o en su defecto contratar un laboratorio externo a fin de realizar los análisis requeridos para cumplir con los criterios establecidos en la NTC 708.

Para el envasado del vino, se siguen dos pasos, el lavado de las botellas y la dosificación del volumen exacto, en este caso, las botellas serán llenadas con 750 mL de vino de mango. García y Rojas (2016) sugieren el uso de una embotelladora automática con una capacidad de llenado de 900 a 1500 botellas por hora.

El etiquetado de botellas puede llevarse a cabo de dos maneras, manual o automática, teniendo en cuenta el volumen de fabricación, se sugiere una embotelladora automática.

A continuación, se detallan los equipos sugeridos necesarios para realizar el proceso productivo y algunas de sus características, en base a la literatura.

Tabla 7: Listado, características y costo de los equipos a utilizar en el proceso. *Elaboración propia*

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	COSTO
<p>Balanza de suelo</p>	 <p>Balanza industrial de plataforma para trabajo pesado. Base de 1000*1000 mm Rango máximo de pesaje: 5000 kg</p>	<p>\$1'542.926</p>
<p>https://www.wonduu.com/material-industrial/maquinas/maquinaria-agricola/190-142623-bascula-balanza-industrial-con-plataforma-hasta-5000-kg.html</p>		
<p>Banda transportadora</p>	 <p>Cinta transportadora de grado alimenticio, en acero inoxidable Marca: YUPACK Voltaje: 220/380V Energía (W): 0.4kW - 22kW Potencia de motor: 8A*10Ts Velocidad: 5-15 m/min</p>	<p>\$1'686.150</p>
<p>https://spanish.alibaba.com/product-detail/food-grade-conveyor-belt-food-processing-conveyors-with-factory-price-60534670718.html?spm=a2700.8699010.29.106.32e75a86w18fdb</p>		



<p>Despulpadora</p>	 <p>Capacidad: 200 a 500 kilos hora Electricidad: 110 o 220 v Ficha técnica: Construida en lámina de acero inoxidable 304</p>	<p>\$4'450.000</p>
<p>https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-585461773-despulpadora-de-frutas-200-a-500-kgh-_JM?matt_tool=90507667&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11537579407&matt_ad_group_id=109266425741&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=476785500427&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=146373630&matt_product_id=MCO585461773&matt_product_partition_id=306003027722&matt_target_id=pla-306003027722&gclid=CjwKCAjw-qeFBhAsEiwA2G7Nlx0ZCDpIWLOp7gx7x1MgKDhuNdmn_OCrh5IPBLFLv2iETCITUFFBwRoC8DMQAvD_BwE</p>		
<p>Balanza</p>	 <p>Vidrio templado de seguridad (4 mm). Amplia pantalla LCD (55 x 25 mm). Capacidad de 5 kg. (División 1 gr) Función de tara: muestra el resultado del pesaje directamente. Superficie de vidrio para fácil cuidado y limpieza.</p>	<p>\$100.000</p>
<p>https://www.orquidea.com.co/gramera-verde-5k</p>		

<p>Turbidímetro</p>	 <p>Marca: BOQU Rango de medida: 0-100NTU 0,01-19.99NTU 20,0-99.9NTU 100-1000NTU Resolución: 0,01/0,1/1NTU</p>	<p>\$2'173.260</p>
<p>https://spanish.alibaba.com/product-detail/tn100-ce-certified-handheld-turbidity-meter-portable-turbidimeter-with-good-price-digital-turbidity-controller-60531277357.html</p>		
<p>Bombas</p>	 <p>Marca: YUNK Potencia: 0,25 kW Caudal máximo: 2000 l/h Presión de salida: 2 bar Velocidad de turbina: 750 rpm</p>	<p>\$657.000</p>
<p>http://www.bombasyunk.com/es/serie-sanitaria.php</p>		
<p>Válvulas</p>	 <p>Material: Acero inoxidable Válvula de bola Diámetro: 1 pulgada Vástago desnudo Palanca de mano Actuador neumático Actuador eléctrico</p>	<p>\$319.000</p>

<https://www.siovalve.com/product-item/valvula-de-bola-acero-inoxidable-2-piezas-con-brida-rf-iso-5211/>

<p>Mangueras</p>	 <p> Marca: Covalca Material: PVC liso y refuerzo de alambre de acero Diámetro: 1 pulgada Presión de trabajo: 85 psi Rango de temperatura: -21°C a 60°C </p>	<p>\$23.000 (por metro)</p>
<p>http://www.hidroca.com.co/categoria.php?seccion=5&nombre=Mangueras%20Industriales&codigo=188&marca=3&vista=</p>		
<p>Filtro prensa</p>	 <p> Modelo: 30 placas Superficie filtro: 6.6 m2 Potencia: 0,75 KW Largo, Ancho, alto: 2800 x 850 x 1500 Peso: 1.300 Kg </p>	<p>\$12.500.000</p>
<p>https://www.lifeder.com/filtro-prensa/</p>		

<p>Mezclador</p>	 <p>Ref.: EM20B Capacidad: 2000 litros Velocidades: 3 (105/180/425rpm) Voltaje: 110V 60Hz Potencia: 1100W Accesorios: Gancho, paleta y globo Dimensiones: 76X43X51cm (alto, ancho y fondo)</p>	<p>\$2'460.000</p>
<p>https://exhibirequijos.com/producto/batidora-industrial-20-litros-2/?gclid=CjwKCAjw-qeFBhAsEiwA2G7NlyfHgohZ5IYDCMr-dZpWU-R672-Oj5jMUchvb-9xnqNMBSy3r_98ERoC-awQAvD_BwE</p>		
<p>Centrifuga</p>	 <p>Marca: KNOWN Modelo: KN-S500 Capacidad: 25 kg Material: Acero inoxidable 304 Diámetro del tanque interior: 500 mm Velocidad de rotación del tanque: interior: 960r / min Dimensión: 1000x1000x650mm Peso: 250 kg Poder: 1,5 kW</p>	<p>\$10'866.300</p>
<p>https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-centrifuge-price-mini-spin-dryer-of-laundry-machine-manufacturing-price-60397023804.html</p>		

<p>Fermentador</p>	 <p> Marca: Prettech Tipos de procesamiento: Vino Voltaje: Personalizado Energía (W): Personalizado Dimensión (L*W*H): 1800(D)* 2600(H) Peso: 600KG Incluye termómetro y manómetro </p>	<p>\$16'861.500</p>
<p>https://spanish.alibaba.com/product-detail/5000l-high-quality-stainless-steel-fermenter-for-wine-making-industry-1600087229378.html?spm=a2700.7724857.topad_classic.d_image.315d7614NjjNcE</p>		
<p>Envasador</p>	 <p> Nombre del equipo: Tribloc Enjuagado llenado-taponado Marca: AGROVIN Modelo: XPLT/9-10-1/S Capacidad: 1500 Botellas/h Dimensiones: Altura: 2.2 m Ancho: 1,3 m Largo: 3m Material: Acero Inoxidable 304 Potencia: 1,5 kW </p>	<p>\$179.740.000</p>
<p>http://www.agrovin.com/agrv/pdf/maquinaria/embotellado_auto/tribloc_xplt.pdf</p>		

Basados en el trabajo realizado por García y Rojas (2016), podemos afirmar que para una cantidad de 2.000 Kg de Mango Tommy Atkins, es posible producir 1.400 litros de mosto de mango los cuales al procesarlos producen 1.134 botellas de vino de Mango.

ANÁLISIS DE COSTOS DEL DISEÑO

Costo de funcionamiento:

En la presente tabla se presentan los valores de costos mensuales para la planta de producción de vino, contemplando el uso de energía por parte de máquinas, el uso de agua y demás costos, para procesar cada dos semanas 2.000 Kg de mango (4.000 Kg al mes), con el fin de producir al finalizar el mes 2.268 botellas de vino.

Tabla 8: Costos del funcionamiento mensual. Elaboración propia.

Costos del funcionamiento (mes)	
Servicios	Costo
Agua	\$1'100.000
Energía	\$1'300.000
Salarios empleados (6 personas \$1 millón)	\$6'000.000
Mango (4.000 kg)	\$2'000.000
Caja individual por botella	\$6'804.000
Caja de 6 unidades	\$7'938.000
Botellas	\$16'102.800
Corchos	\$1'134.000
Etiquetas	\$2'268.000
Publicidad	\$2'000.000
Total	\$46'646.800

Precio propuesto:

También se realiza el análisis de mercado y los rangos de valores que las personas están dispuestas a pagar por el producto, con el fin de determinar el valor del producto, teniendo en cuenta también los costos asociados al producto como los corchos, etiquetas, cajas y entre otros.

Tabla 9: Precio unitario del producto. Elaboración propia

Descripción	Precio unitario
Botella 750 ml	\$7100
Corcho por unidad	\$500
Etiqueta	\$1.000
Caja para botella	\$3.000
Caja para distribución	\$3.500
PRECIO BOTELLA 750 mL	\$30.000

PROTOTIPADO O DISEÑO CONCEPTUAL

Características del producto final

Se espera que al final del proceso se cuente con un vino amarillo pálido y brillante, transparente y de aroma frutal característico de mango, con acidez moderada, notas verdes, tropicales, y ligeramente cítricas, con un dulzor moderado, que lo hace un gran acompañante para platos fuertes o sirve como base para cocteles sofisticados.

Tabla 10: Características del producto a obtener

GENERALIDADES	
Nombre del producto:	Vino de Mango
Fruta empleada:	Mango Tommy Atkins
Presentación comercial:	Botella de vidrio oscura de 750 ml con corcho y etiqueta
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	
Contenido de alcohol:	12,3 % Volumen
Acidez total (ácido tartárico):	6,02 g/dm ³
Azúcares totales:	7,6 g/dm ³
pH:	3,20
Densidad:	1,05 g/dm ³
Sulfatos totales:	0,076 g/dm ³
ANÁLISIS SENSORIAL	
Color:	Amarillo, pálido, brillante
Sabor:	Suave, acidez moderada, seco
Aroma:	Fresco, característico a mango
Sedimentos y turbidez:	Ausente
PARA CONSUMO	
Recomendaciones:	Servir frío, entre 8 -10°C. Maridaje: aperitivo para acompañar a cremas vegetales, aguacates, aceitunas, pescados blancos, pastas, carnes. Excelente para tomarlo con hielo o como bebida larga mezclada con tónica u otros refrescos.

CONCLUSIONES

Pese a que no se pudo llevar a cabo la parte experimental dadas las condiciones actuales de la pandemia, y gracias a la información recolectada de bases de datos y artículos científicos, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Se determinó que la bebida alcohólica que mejor se ajusta para la materia prima a utilizar es el vino, esta solución es viable debido a diversos factores como el potencial del mercado, la disponibilidad de materia prima e insumos, y los requerimientos técnicos y de equipos.
- Gracias al contenido de azúcares en el mango de la variedad Tomy Atkins, su volumen de producción y su buena disponibilidad durante el año, es viable obtener vino de esta fruta, disminuyendo las pérdidas post cosecha, generando además un producto con valor agregado.
- A pesar de que no se pudo realizar el proceso de primera mano, las fuentes de información nos dan una idea bastante aproximada de las cantidades necesarias, así como los costos y un valor tentativo por cada botella.
- Para una producción mensual de 2.268 botellas de vino de mango, se necesitan un total de 4.000 Kg de fruta, los cuales se deben dividir en dos producciones cada dos semanas de 2.000 kg.
- Al realizar el balance de costos, se llega a la conclusión de que el precio unitario por botella de vino de 750 mL de mango es de \$30.000 pesos, esto teniendo en cuenta que se asume que la planta de producción se encuentra implementada y en funcionamiento. Por lo que solo se tiene en cuenta el valor de los servicios, los salarios, las botellas, cajas, corchos y etiquetas requeridas para la producción y distribución del producto.
- A pesar de que el proceso propuesto de producción de obtención de vino vía biotecnológica genera residuos, estos pueden ser tratados para obtener composta o abonos orgánicos, pero para determinar la viabilidad de esto se requiere hacer ensayos experimentales.

RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se recomienda realizar a escala laboratorio el proceso de producción de vino, con el fin de tener un control en el proceso, poderle realizar los estudios o ensayos necesarios, y así determinar las mejores condiciones y características para el producto final.
- Dado que el producto final debe cumplir con los requisitos establecidos por la legislación y las normas técnicas, se recomienda realizar los ensayos correspondientes para ajustar todas las variables del proceso y establecer las mejores condiciones a fin de optimizar el proceso y cumplir con dichos requisitos.
- En la propuesta del proceso de obtención de vino se sugiere realizar la remoción de la cáscara y la semilla, pero en futuras investigaciones es posible determinar si la presencia de la semilla y de la cáscara del mango aportan o no sabores y aromas deseables en el producto final o si, por el contrario, afectan el proceso.
- Para trabajos posteriores, se recomienda utilizar otras variedades de mango y con diferentes grados de maduración, para analizar los posibles resultados y el perfil gustativo del producto, a fin de mejorar las características de este.

REFERENCIAS

- Amerine M, C. S. Ough. Análisis de vinos y mostos. Zaragoza. España: Editorial Acribia.. p. 29-33, 1976
- Bader, J., Brigham, C. J., Stahl, U., & Popović, M. K. (2019). Fermented Beverages Produced by Mixed Cultures, Pure Cultures, and Defined Cocultures. *Fermented Beverages*, 67–101. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815271-3.00003-8>
- Banco Mundial. (s. f.). Consumo de alcohol total per cápita (litros de alcohol puro, estimaciones previstas, mayores de 15 años) | Data. Datos. Recuperado 24 de marzo de 2021, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SH.ALC.PCAP.LI>
- Bally, I. S. (2006). *Mangifera indica* (mango). Species profiles for pacific island agroforestry, 1-25. http://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/Arbres-non-classes/Mangifera-mango.pdf
- Bavaria & WWF Colombia. (2014, Mayo). HUELLA HÍDRICA EN BAVARIA. WWF. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/huella_hidrica_bavaria_1.pdf
- Cabrera, F. (2012, 4 febrero). *BEBIDAS FERMENTADAS*. Módulo Bebidas Fermentadas. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/9636/306598_Modulo_Bebidas%20Fermentadas.pdf;jsessionid=356AC39A5E176F2E623AEC0977BD22C0.jvm1?sequence=1
- Castro, S. R. (2018, 28 septiembre). *El cultivo del mango*. Agrosavia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/33440#:~:text=El%20C3%A1rbol%20es%20siempre%20verde,travel%20de%20la%20pulpa%20var%20C3%ADa>
- Considine, J. A., & Frankish, E. (2014). Table Wine Production. A Complete Guide to Quality in Small-Scale Wine Making, 57–77. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-408081-2.00005-6>
- Coronel M. (2009). Los vinos de frutas. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Av. Occidental y Mariana de Jesús. Quito, Ecuador. 2009. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5000/1/51203_1.pdf
- Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias, Corpoica & Asociación Hortifrutícola de Colombia, Asohofrucol. (2013, Febrero). Modelo Tecnológico para el cultivo del mango en el Valle del alto Magdalena en el Departamento del Tolima. Modelo Tecnológico para el cultivo del mango en el Valle del alto Magdalena en el Departamento del Tolima. <https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/S1462-MANGO%20ASOHOFrucol%20ICA%20CORPOICA.pdf>

- Cortes, H., Mora, M., Segura, J., & Zabaleta, L. (2020, 31 mayo). ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LOS FACTORES DETERMINANTES PARA LA PERMANENCIA DE LAS MICRO CERVECERÍAS EN EL MERCADO DE CERVEZA ARTESANAL EN BOGOTÁ. Repositorio EAN. <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9916/JeidySegura2020;jsessionid=622B2C23A055459DF3C3822E99871FBB?sequence=1#:~:text=En%20la%20actualidad%20existen%20m%C3%A1s,la%20industria%20cervecera%20artesanal%20nacional.>
- Corredor P., J. P., & García L., J. (2011). Fenología reproductiva, biología floral y visitantes florales en los cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) Hilacha y Tommy Atkins en el valle del alto Magdalena (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(1), 21. <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/212/218>
- de Cote, J. (2010, 10 febrero). Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad. LEGIÓN DE HONOR NACIONAL DE MÉXICO. <https://www.medigraphic.com/pdfs/aapaunam/pa-2010/pae10i1i.pdf>
- Cruzar R, Barrios E (2009). Levaduras Nativas para Elaboración de Vino Orgánico de Calidad. GVBFFundación para la Innovación Agraria. Chile. https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75582_archivo_01.pdf
- Departamento Nacional de Planeación. (2016, 28 marzo). *Colombianos botan 9,76 millones de toneladas de comida al año*. <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Colombianos-botan-9,76-millones-de-toneladas-de-comida-al-a%C3%B1o.aspx>
- Duarte W, et al. (2010). Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabirola, jaboticaba and umbu. *LWT- Food Sci. Technol*, 43: 1564-1572. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.03.010>
- FAO (2011). Global food losses and food waste-extent, causes and prevention. En Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, van Otterdijk R, Meybeck A. Rome. 2011 <http://www.fao.org/3/a-i2697e.pdf>
- FAO (2015) Save Food. Iniciativa Global sobre la Reducción de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos, 2015 <http://www.fao.org/save-food/es/>
- FAO (2017). Reflexiones sobre el sistema alimentario en América Latina y el Caribe y perspectivas para su sostenibilidad. Santiago de Chile. 2017 <http://www.fao.org/3/a-i7053s.pdf>
- FAO. (2020). Las principales frutas tropicales - Análisis del mercado 2018. <http://www.fao.org/3/ca5692es/CA5692ES.pdf>

- Ferreya M (2006). Estudio del proceso biotecnológico para la elaboración de una bebida alcohólica a partir de jugo de naranjas. Tesis doctoral. Universidad politécnica de valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1933/tesisUPV2468.pdf>
- Flottweg SE. (s. f.). Centrífugas Flottweg para la elaboración de vino. Flottweg. Recuperado 20 de mayo de 2021, de https://www.flottweg.com/fileadmin/user_upload/data/pdf-downloads/Wein-ES-min.pdf
- García, D., & Rojas, N. (2016). PROPUESTA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DEL VINO DE MANGO VARIEDAD TOMMY ATKINS EN LA REGIÓN DEL TEQUENDAMA. Docplayer. <https://docplayer.es/83012989-Propuesta-del-sistema-de-produccion-industrial-del-vino-de-mango-variedad-tommy-atkins-en-la-region-del-tequendama.html>
- García, M. G. (2019, 24 junio). Establecimiento de variables críticas, parámetros de control y análisis en los procesos productivos de la Industria Licorera de Caldas. UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2678>
- Gates de México. (s. f.). *MÁSTER DE MANGUERAS INDUSTRIALES*. Recuperado 20 de mayo de 2021, de https://0201.nccdn.net/1_2/000/000/0c3/f9a/MASTER_MI_SEP_15.pdf
- Gentile, C., Di Gregorio, E., Di Stefano, V., Mannino, G., Perrone, A., Avellone, G., Sortino, G., Inglese, P., & Farina, V. (2019). Food quality and nutraceutical value of nine cultivars of mango (*Mangifera indica* L.) fruits grown in Mediterranean subtropical environment. *Food Chemistry*, 277, 471-479. <https://www.sciencedirect.com/bdiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0308814618318843>
- González G., C. (2018). *Frutas y verduras perdidas y desperdiciadas, una oportunidad para mejorar el consumo*. Scielo. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400198
- Hidalgo, C. (2012). Microbiological analysis and control of the fruit vinegar production process. Tesis doctoral en Xarxa. <https://www.tdx.cat/handle/10803/96296#page=1>
- Hidalgo C, García D, Romero J, Mas A, Torija M, Mateo E. (2013). Acetobacter strains isolated during the acetification of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) wine. *Letters in Applied Microbiology* 57 (3):227-6. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/124077/Acetobacter%20strains.pdf?sequence=1>
- Huang, Y. L., Sun, W., & Su, Q. Q. (2013). Environmental Issues for the Chinese Strong Aromatic Liquor Industry: an Assessment for the Brewing System. *Environmental Modeling & Assessment*, 19(2), 153–165. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10666-013-9382-2#citeas>

- ICEX España Exportación e Importaciones. (2020, 25 noviembre). El mercado de las bebidas alcohólicas en Colombia. <https://www.icex.es/icex/GetDocumento?dDocName=DOC2020866356&rendition=AlternateWeb&urlNoAcceso=/icex/es/registro/iniciar-sesion/index.html?urlDestino=https://www.icex.es:443/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/sectores/bebidas/documentos/estudio-mercado-bebidas-alcoholicas-colombia-2020-doc2020866356.html&site=icexES>
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Bebidas alcohólicas. Vinos de frutas. Quinta actualización. Santafé de Bogotá: ICONTEC. (NTC 708), 2005. NORMAS TÉCNICA
- INVIMA. (2015). GUÍA DE INSPECCIÓN DE PRODUCTOS DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS EN EL MERCADO. <https://www.invima.gov.co/documents/20143/1402493/23.+Gu%C3%ADa+de+Inspecci%C3%B3n+de+Productos+de+Bebidas+Alcoh%C3%B3licas+en+el+Mercado+V1.0.pdf>
- Lage P, Barbosa C, Mateus B, Vasconcelos I, Mendes-faia A, Mendes A. (2014). H. guilliermondii impacts growth kinetics and metabolic activity of S. cerevisiae: The role of initial nitrogen concentration. *International Journal of Food Microbiology* 172: 62–69. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.11.031>
- Luo, Y., Kong, L., Xue, R., Wang, W., & Xia, X. (2020). Bitterness in alcoholic beverages: The profiles of perception, constituents, and contributors. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 222–232. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0924224419306107#bib56>
- Lopez, M. C. (1999). Tequila Aroma. In: Flavor Chemistry of Ethnic Foods. F. Shahidi, Ch Ho (eds). Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, Pp. 211-217.
- McCabe, W. L., Harriot, P., Smith, J. C. (2007). Operaciones unitarias en ingeniería química. McGraw-Hill. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=395>
- Mahecha, G., De Civetta, L., & Rodríguez, C. (1991). Normas de calidad para las variedades de mango «tommy Atkins» y «común» (hilacha). *Revista Colombiana de Química*, 20, 10-17. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/15488/16255>
- Mallouchos A, Komaitis M, Koutinas H, Kanellaki M. (2003). Wine fermentations by immobilized and free cells at different temperatures. Effect of immobilization and temperature on volatile by-products. *Food.Chem*, 80: 109-113. [https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/S0308-8146\(02\)00247-9](https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/S0308-8146(02)00247-9)

- Martínez Anaya, M., & Quintero Pechene, J. (2017). Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia. *Memorias De Congresos UTP*, 194-201. Recuperado de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1493>
- Ministerio de agricultura. (2014). *Evaluaciones agropecuarias municipales*. Minagricultura. <https://www.agronet.gov.co/Documents/Mango.pdf>
- Ministerio de agricultura. (2017). *Aumento de exportaciones de mango dan cuenta de su potencial comercial y productivo*. Minagricultura. <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Aumento-de-exportaciones-de-mango-dan-cuenta-de-su-potencial-comercial-y-productivo.aspx>
- Ministerio de Agricultura. (2019, junio). Cadena del Mango. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Mulet-Hing, M. (2006, abril). *Automatización de la destilación de alcohol de la UEB destilería de la ronera Santiago de Cuba*. Scielo. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852013000100001
- Nardini, M., & Garaguso, I. (2020). Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry*, 305, 125437. <https://www-sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/pii/S0308814619315523>
- Novo M, Beltran G, Torija M, Poblet M, Roze`s N, Guillamo`n J, Mas A. (2003). Changes in wine yeast storage carbohydrate levels during preadaptation, rehydration and low temperature fermentations. *International Journal of Food Microbiology* 86: 153– 161 [https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/S0168-1605\(03\)00253-8](https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/S0168-1605(03)00253-8)
- Padín, c., goitia, j., hernández, j., & leal, i. (2012). Caracterización química y sensorial de vino artesanal de melón (cucumis melo l. Var. Reticulatus naud., cv. Ovation). *Revista venezolana de ciencia y tecnología de alimentos*. 3 (2), 270-284
- Palmer, G. (2016). Beverages: Distilled. *Encyclopedia of Food Grains*, 193–205. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394437-5.00233-3>
- Rodríguez, M. (2016). *Evaluación de características físicas y químicas del vino obtenido a partir de Mango (Mangifera indica L) Ataulfo y Tommy Atkins utilizando tres concentraciones diferentes de levadura (Saccharomyces cerevisiae)*. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/5502>

- SAB Miller & WWF. (2009). VALUE CHAIN APPROACH TO WATER FOOTPRINTING [Gráfico]. Waterfootprint.org. <https://www.waterfootprint.org/media/downloads/SABMiller-WWF-2009-waterfootprintingreport.pdf>
- Sosa R., M. D., Rodríguez, L. F., & Bermúdez, L. T. (2011). *1. Competitividad del sistema de producción de mango 'Tommy Atkins' en Cundinamarca (La Mesa, Anapoima y Tocaima)*. / *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolas/article/view/1250
- Suarez Lepe, j., & Iñigo leal, b. (2004). *Microbiología enológica. Fundamentos de vinificación*. 3 ed. Madrid: ediciones mundi-prensa.
- Suárez, L., Arciniegas, J., & Castañeda, D. (2018, octubre). Regulación de la publicidad de bebidas alcohólicas: estrategias para la protección de la población juvenil. MINSALUD. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PES/regulacion-publicidad-bebidas-alcoholicas.pdf>
- Valencia, j. (1991). *Elaboración de vino de mango*. Bogotá: trabajo de grado (tecnología en alimentos). Fundación universitaria del área andina.
- Vázquez, H. J., & Dacosta, O. (2009, 10 mayo). Fermentación alcohólica: una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas | DA COSTA | Ingeniería Investigación y Tecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/ingenieria/article/view/13478/12818>
- Villamizar, R. (2019, 1 abril). *Cambios fisicoquímicos durante la maduración del mango Tommy Atkins en la poscosecha* / *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. Revista U.D.C.A. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1159>
- Wardencki, W. (2018). Alcoholic Beverages. Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering, 67–76. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/B978-0-12-409547-2.14330-6>
- Wolf, A., Bray, G. A., & Popkin, B. M. (2008). A short history of beverages and how our body treats them. *Obesity Reviews*, 9(2), 151–164. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789x.2007.00389.x>
- World Health Organization. (2015, 25 agosto). OMS | Consumo de bebidas alcohólicas. Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/topics/alcohol_drinking/es/