

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

CAMPUS TUXTEPEC

**EFFECTO DEL ULTRASONIDO SOBRE LAS
PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS EN
UNA MEZCLA DE JUGO DE PIÑA (*Ananas comosus*),
CARAMBOLA (*Averrhoa carambola L.*) Y POMELO (*Citrus
grandis*).**

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

Presenta

Rubén de Jesús Nava Luna

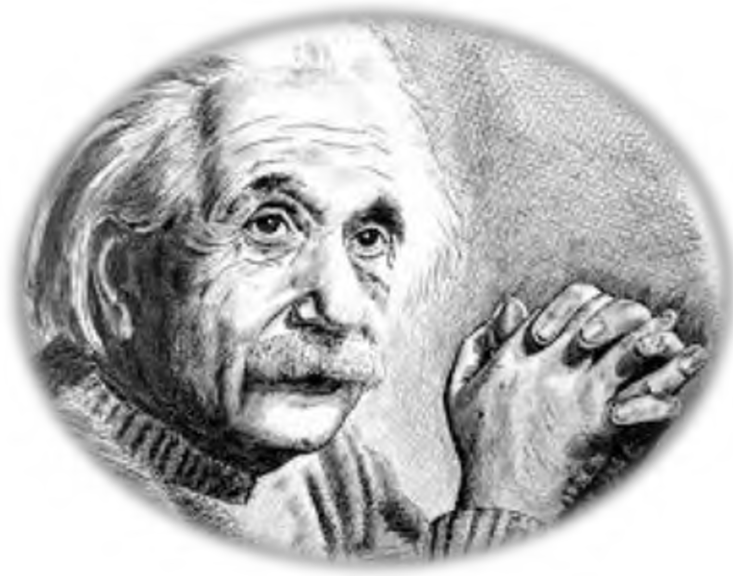
Dr. Andrés Aguirre Cruz

Asesor

Dr. Alejandro Aparicio Saguilán

Co-Asesor

2016



Nunca consideres el estudio como una obligación, si no como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber

Albert Einstein

DEDICATORIA

Dedico la tesis a Dios quien me dio sabiduría y fortaleza a cada uno de mis pasos, para no rendirme ante la adversidad durante esta etapa de mi vida y por enseñarme la firmeza de continuar adelante con humildad.

En especial dedico este proyecto culminado a la mujer que me dio la vida "Mi Madre", por guiarme en este camino y enseñarme a luchar por las cosas que deseo, siempre terminando todo lo que empiezo; Usted es una persona a la cual admiro mucho ya que con su fortaleza, sus deseos de salir adelante y su dedicación ha logrado ganar la constante lucha para darnos un futuro estable a mi hermana y a mí. Gracias por su apoyo incondicional, por sus sabios consejos, por enseñarme a valorar las cosas que me da la vida, que por mucho o poco son las mejores, gracias por todos los días llenos de amor que he pasado a su lado. La amo mama, siempre seremos los tres mosqueteros y un vochito "Uno para todos y todos para uno".

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis no habría sido posible sin el apoyo de mis directores: El Dr. Andrés Aguirre Cruz y el Dr. Alejandro Aparicio Saguilan, agradezco de ante mano por el tiempo y sus conocimientos brindados para mi formación, de igual manera les agradezco por la confianza depositada en mi.

Especialmente agradezco a mi director de tesis el Dr. Andrés Aguirre Cruz, por sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y motivación ya que han sido fundamentales para mi formación, además por su ayuda durante todo el proceso de experimentación, por apoyarme en cada problema experimental presentado. También quiero darle las gracias por las enseñanzas que me proporciono a nivel académico y personal durante los cinco años que tuve la oportunidad de trabajar con usted, ya que aun en los momentos más difíciles siempre estuvo ahí conmigo para seguir adelante comprometiéndonos con este proyecto.

Agradezco a la universidad del Papaloapan y a los profesores que me brindaron sus conocimientos participando en mi formación académica en especial a: La Dra Concepción Salas, al Dr. Jorge Conde, M.C Bertha López Azamar, Dra Sandra del Moral, Dra Laura Patricia Ramírez, Dr. Oscar Núñez Gaona, Dra. Delia Paramo Calderón, Dra. Jacqueline Capataz, Dr. Vladimir Sánchez López.

Agradezco de todo corazón a mis padres por sus consejos, apoyo y cariño durante todo este tiempo.

Gracias a mi hermana Aurea por estar siempre a mi lado, por ser mí mejor amiga. Te quiero mucho ya que me has apoyado y motivado para cumplir mis metas, has sido mi compañera desde pequeños siendo sumamente unidos, hemos reído y llorado junto. En las buenas y en las malas siempre serás mi hermanita.

Gracias a Bany por la ayuda que me has brindado ya que ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos más difíciles. No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo siempre fuiste muy motivadora. Muchas gracias por alentarme a seguir adelante en los momentos en los que quise tirar la toalla.

Gracias a mis amigos y compañeros que han estado conmigo durante este largo camino, con ustedes aprendí el verdadero significado de la amistad, en especial al grupo PCCH (Fercho, Luz, Jair, Conchita, Rafa, Jade). Muchas gracias por estar conmigo en los momentos más difíciles, gracias por darme ánimos, consejos y sobre todo apoyarme cuando más lo necesite. Los quiero mucho y siempre estaré muy agradecido por todo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Agua	4
2.2 Frutas	5
2.2.1 Carambola (Averrhoa carambola L).....	6
2.2.1.1 Variedades de carambola.....	8
2.2.1.2 Producción de carambola	9
2.2.1.3 Composición química de la carambola	9
2.2.1.4 Propiedades curativas atribuidas al consumo de de la carambola.....	11
2.2.2 Pomelo (Citrus grandis).....	11
2.2.2.1 Variedades de pomelo.....	12
2.2.2.2 Producción de pomelo.....	12
2.2.2.3 Composición química del pomelo.....	14
2.2.3 Piña (Ananas comosus).....	15
.....	16
2.2.3.1 Variedades de piña	16
2.2.3.2 Producción de piña	16
2.2.3.3 Composición química de la piña.....	17
2.3 Alimentos funcionales.....	19
2.4 Jugos de fruta.....	19
2.5 Riesgo microbiológico	22
2.5.1 Enterobacterias	24
2.5.1.1 Coliformes	25
2.5.2 Hongos	25
2.5.3 Levaduras.....	26
2.6 Métodos de conservación de jugos.....	26
2.6.1 Pasteurización	27
2.6.2 Pasteurización óhmica	27
2.6.3 Ultrasonificación	28
2.7 Evaluación sensorial de alimentos	31
2.7.1 Pruebas sensoriales	33
2.7.2.2 Evaluación sensorial del olor.....	34
2.7.2.3 Evaluación sensorial del sabor.....	35
III. JUSTIFICACIÓN.....	36
IV. HIPÓTESIS.....	37

V. OBJETIVOS.....	37
5.1 General.....	37
5.2 Específicos.....	37
VI. MATERIALES Y METODOS.....	38
6.1 Materia prima	38
6.2 Reactivos y disolventes	38
6.3 Extracción de jugo de frutas	39
6.3.1 Formulaciones realizadas para la elaboración del jugo de frutas mixto.....	40
6.3.2 Proceso de sonicación para el jugo de frutas.....	43
6.4 Análisis fisicoquímicos	45
6.4.1 Determinación de sólidos solubles (°Brix).....	45
6.4.2 Determinación de pH.....	45
6.4.3 Determinación de acidez titulable.....	45
6.4.4 Determinación de color	46
6.4.5 Determinación de ácido ascórbico	47
6.5 Análisis químico proximal	47
6.5.1 Lípidos	48
6.5.2 Proteínas	50
6.5.3 Cenizas.....	51
6.6 Análisis microbiológicos	53
6.6.1 Preparación de la muestra.....	53
6.6.2 Hongos y levaduras.....	53
6.6.3 Coliformes totales y fecales.....	55
6.6.3.1 Prueba presuntiva de coliformes totales y fecales.....	55
6.6.3.2 Prueba confirmativa	57
6.6.3.3 Expresión de resultados.....	57
6.7 Determinación de vida de anaquel	59
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES	60
7.2 Evaluación sensorial	60
7.3 Análisis químico proximal (AQP).....	61
7.4 Análisis fisicoquímicos	63
7.4.1 Determinación de ácido ascórbico	65
7.4.2 Determinación de color.....	66
7.4.3 Análisis microbiológico.....	68
7.5 Análisis de vida de anaquel.....	71
VIII. CONCLUSIÓN.....	75
X. BIBLIOGRAFÍA.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Clasificación de las bebidas</i>	5
Figura 2. <i>Fruto del Carambolo: a) Corteza Transversal, b) Fruto Maduro en el Árbol</i>	8
Figura 3. <i>Fruto del pomelo</i>	12
Figura 4. <i>Fruto de la piña</i>	16
Figura 5 . <i>Percepción de la calidad de fruta</i>	21
<i>Figura 6. Mecanismos de contaminación de microorganismos patógenos en frutas y hortalizas.</i>	24
Figura 7. <i>Equipo de ultrasonido utilizado para el tratamiento del jugo</i>	29
Figura 8 . <i>Áreas de aplicación de la ultrasonificación</i>	30
<i>Figura 9. Frutas sumergidas en solución de hipoclorito de sodio 5% para su desinfección</i>	39
Figura 10. <i>Jugos extraídos de a partir de piña (a), carambola (b) y pomelo (c)</i>	40
Figura 11. <i>Cuestionario aplicado en la prueba sensorial</i>	42
Figura 12. <i>Diagrama del proceso de obtención del jugo de piña, carambola y pomelo.</i>	44
Figura 13. <i>Determinación de vitamina c</i>	47
Figura 14. <i>Jugo sometido a liofilización</i>	48
Figura 15. <i>Equipo Soxhlet para cuantificación de lípidos</i>	49
Figura 16. <i>Equipo microkjeldahl para cuantificación de proteínas</i>	50
Figura 17. <i>Incineración de la muestra</i>	52
Figura 18. <i>Diluciones realizadas al jugo de fruta mixto.</i>	53
Figura 19. <i>Técnica para cuantificación de hongos y levaduras</i>	54
Figura 20. <i>Prueba de coliformes totales</i>	56
Figura 21. <i>Técnica de coliformes fecales</i>	58
Figura 22. <i>Monitoreo del jugo en diferentes tiempos (7, 15, 17 y 19 días)</i>	59
<i>Figura 23. Evaluación sensorial de jugo de frutas</i>	60
Figura 24. <i>Resultados de la evaluación sensorial para 4 formulaciones de jugo mixto.</i>	61
<i>Figura 25.a) Prueba presuntiva b) prueba confirmativa caldo EC c) prueba confirmativa caldo verde brillante</i>	69
Figura 26. <i>Cajas inoculadas con crecimiento de levaduras</i>	69
Figura 27. <i>a) Prueba de coliformes negativa y b) Hongos y levaduras ausentes</i>	70
Figura 28. <i>Crecimiento de levaduras a los 19 días.</i>	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales estados productores de carambola en México.....	9
Tabla 2. Composición química por cada 100g de carambolo.....	10
Tabla 3. Principales estados productores de pomelo en México.....	13
Tabla 4. Composición química por cada 100 g de pomelo.....	14
Tabla 5. Entidades federativas más importantes en la producción nacional de piña.....	17
Tabla 6. Composición química de la piña por cada 100 g de fruta fresca.....	18
Tabla 7. Comparación de los métodos de conservación utilizados en procesamiento de jugos y néctares.....	31
Tabla 8. Formulaciones elaboradas para establecer el jugo mixto de frutas.....	41
Tabla 9. Parámetros de ultrasonicación.....	43
Tabla 10. Análisis químico proximal del jugo extraído a partir de las frutas utilizadas.....	62
Tabla 11. Análisis químico proximal (AQP) del jugo de frutas mixto (11.1 °Brix) sin y con tratamiento por ultrasonido.....	63
Tabla 12. Análisis fisicoquímicos del jugo sin tratamiento y tratado por ultrasonido en el tiempo inicial.....	64
Tabla 13. Concentración de vitamina C en jugo sin tratamiento y tratado por ultrasonido.....	66
Tabla 14. Evaluación de color de la bebida de mezcla de jugos de frutas sin tratamiento y tratado con ultrasonidos.....	67
Tabla 15. Resultados microbiológicos de jugo sin tratamiento y tratado con ultrasonido.....	68
Tabla 16. Análisis fisicoquímicos del jugo tratado por ultrasonido y almacenado por diferentes tiempos (7, 15, 17 y 19 días).....	72
Tabla 17. Resultados microbiológicos en los tiempos 7, 15, 17 y 19 días.....	72

RESUMEN.

Actualmente el consumo de frutas en la dieta humana ha tomado más importancia debido al gran aporte de sus nutrientes (proteínas, vitaminas, minerales, antioxidantes, fibra, agua, etc.) y los beneficios que traen consigo al ser consumidos. La necesidad en el consumo de alimentos y productos saludables ha generado una gran tendencia en los consumidores, los cuales demandan productos menos procesados y con un contenido de nutrientes adecuado según el régimen alimenticio. Los jugos elaborados a partir de frutas, representan una alternativa práctica para su consumo en nuestra vida moderna. Sin embargo, no son iguales a los jugos de frutas naturales recién elaborados, ya que la mayor parte de los nutrientes se pierden durante su procesamiento por lo cual este tipo de bebidas tienen que ser fortificadas. Por esta razón diferentes industrias dedicadas a la fabricación de jugos y néctares buscan nuevas tecnologías o métodos (altas presiones, radiación ultravioleta, calentamiento óhmico, pulsos eléctricos o ultrasonido) para el procesamiento de jugos de frutas que permitan conservar la calidad de los nutrientes, propiedades sensoriales y que tengan una vida de anaquel aceptable. Recientemente se han procesado las frutas para la elaboración de jugos mixtos, en los cuales se ocupan mezclas de frutas para equilibrar el aporte de nutrientes, además de darle cierto sabor atractivo. Los jugos mixtos de frutas cítricas son de mayor importancia puesto que en ellas se encuentra el mayor aporte de vitamina C y fibra. El objetivo de este trabajo fue producir un jugo mixto a base de frutas (piña, carambolo y pomelo), cultivado en la región del Papaloapan y evaluar el efecto del ultrasonido en las propiedades sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas. Se realizaron 4 formulaciones y por medio de pruebas sensoriales de tipo hedónico con la finalidad de escoger la formulación más aceptada por los jueces. Después al jugo de frutas sin tratamiento y tratado con ultrasonidos se procedió a realizarle diferentes análisis (fisicoquímicos, químico proximal y microbiológico) con el fin de ver la efectividad del tratamiento. No se observaron cambios significativos en las propiedades fisicoquímicas ya que con los parámetros utilizados en la ultrasonicación no se elevó la temperatura a más de 50°C, por lo cual, los nutrientes sensibles al calor no fueron afectados.

Después de efectuarle el proceso de ultrasonificación la bebida fue evaluada a los 7, 15, 17 y 19 días realizándole pruebas fisicoquímicas. En los resultados de los análisis fisicoquímicos, la formulación aceptada presentó un porcentaje de acidez titulable de 0.1633, un pH de 3.38, respecto al color se muestra un valor de $a^* = -2.33$ y el valor de $b^* = 15.2833$ y el porcentaje de ácido ascórbico fue de 52.333 mg/100 ml. Los resultados microbiológicos muestran contaminación con levaduras a una concentración de 6 UFC/ml en la dilución 10^{-2} , coliformes totales y fecales con una concentración de 0.09 UFC/ml, sin embargo, después del tratamiento de ultrasonificación se observaron resultados fisicoquímicos similares teniendo valores de acidez titulable de 0.16, un pH de 3.39, valores de color de $a^* = -2.34$ y $b^* = 16.0566$ y un porcentaje de ácido ascórbico de 51.39 mg/100 ml. Después del tratamiento no se observó crecimiento de microorganismos en el jugo. Comparando los resultados no se observan cambios significativos lo cual indica que el tratamiento no causa cambios en las propiedades fisicoquímicas, observando un beneficio en el color ya que potencializa el color haciendo que el jugo sea más vistoso para los consumidores.

También se realizó un análisis de vida de anaquel para determinar la vida útil del jugo tratado por ultrasonido, envasado y almacenado a 5°C , monitoreando a los 7, 15, 17 y 19 días realizándole análisis fisicoquímicos y microbiológicos para observar los cambios con respecto al tiempo, teniendo como resultado que a los 17 días no se observan cambios en el jugo, pero al ser evaluado a los 19 días se observó crecimiento de levaduras las cuales ocasionaron fermentación en el producto ocasionando cambios en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas viendo una disminución en el pH pasando de 11.0666 a 8.3666, esto debido al efecto de las levaduras, las cuales utilizan los azúcares como sustrato, causando la formación de algunos ácidos los cuales aumentaron la acidez titulable de 0.1633 a 0.3233 y disminuyendo el pH de 3.39 a 3.3066. Concluyendo que el método de ultrasonificación es muy efectivo para la eliminación de microorganismos, además de no causar ninguna alteración en las propiedades químicas y aunque causa un ligero cambio en el pH y acidez titulable, los cambios son muy mínimos así que no son considerables.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe una gran demanda de alimentos funcionales, los cuales son aquéllos que proporcionan un efecto beneficioso para la salud más allá de su valor nutricional básico. Resultan de la adición, sustitución o eliminación de ciertos componentes a los alimentos habituales, si bien en un concepto amplio de alimento funcional se incluyen no sólo los productos manufacturados, sino también ciertos alimentos tradicionales que contienen componentes con “otras propiedades” beneficiosas para la salud que los avances científicos van descubriendo, más allá de las conocidas desde el punto de vista nutricional clásico, por consiguiente estos hacen que el organismo tenga un buen funcionamiento. Así mismo se ha buscado que estos productos alimenticios cuenten con mayor vida de anaquel, tratando conservar todas sus propiedades hasta su consumo. Uno de los productos líquidos más consumido actualmente son los jugos o zumos de frutas, debido al gran aporte de ciertos nutrientes, tales como los antioxidantes, vitaminas, minerales, fibra, proteínas, ente otros. Los jugos son productos muy perecederos, debido principalmente a su alto contenido en azúcares, los cuales pueden ser degradados fácilmente por distintos microorganismos, y al ser un producto con una actividad de agua elevada, es aún más susceptible para la proliferación de microorganismos. Por esta razón, la industria de alimentos ha buscado diferentes tecnologías o métodos de conservación (pasteurización, ultrapasteurización, pasteurización óhmica, esterilización) para preservar por más tiempo este tipo de productos. (Cadaval *et al*, 2005). Hoy en día existen dos principales tipos de jugos de fruta en el mercado: jugos frescos recién exprimidos y jugos pasteurizados. Los primeros brindan un sabor natural, pero tienen poca vida de anaquel en condiciones de refrigeración. Los segundos, cuentan con una vida de anaquel más prolongada, sin embargo, existe pérdida del sabor, nutrientes, desnaturalización de algunas proteínas, etc. Este deterioro de los componentes es debido principalmente al proceso de pasteurización en donde se manejan temperaturas muy elevadas (60 a 90 °C). Por esta razón en este trabajo se planteó el uso de ultrasonido como proceso de conservación de un jugo de frutas mixto (piña, carambola y pomelo), evaluando su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y de vida de anaquel del producto.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Agua

El agua es un elemento de la naturaleza, que no se considera como un nutrimento porque no sufre cambios bioquímicos durante su aprovechamiento biológico, pero sin ella no pueden llevarse a cabo diversas transformaciones bioquímicas propias de todas las células, desde una simple bacteria hasta un sistema complejo. El agua tiene gran número de funciones biológicas basadas en su capacidad física para transportar sustancias, disolver otras, mantenerlas en solución como en suspensión coloidal, intervenir en la fotosíntesis y en muchas reacciones de hidrólisis, también regula la temperatura corporal . El cuerpo humano está compuesto entre un 60 y 70 % de agua, aun cuando hay ciertos tejidos como huesos, cabellos y dientes que la contienen escasamente (Badui, 2010).

La fuente más importante de agua son las bebidas ya sean naturales o transformadas, las cuales pueden proporcionar algunos elementos tales como carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, gomas, edulcorantes, antiespumantes, etc. (NOM-218-SSA1, 2011). El objetivo de ingerirlas es saciar la sed, mantener la hidratación y el aporte de nutrientes necesarios, teniendo en cuenta que se pueden clasificar como se muestra en la figura 1.

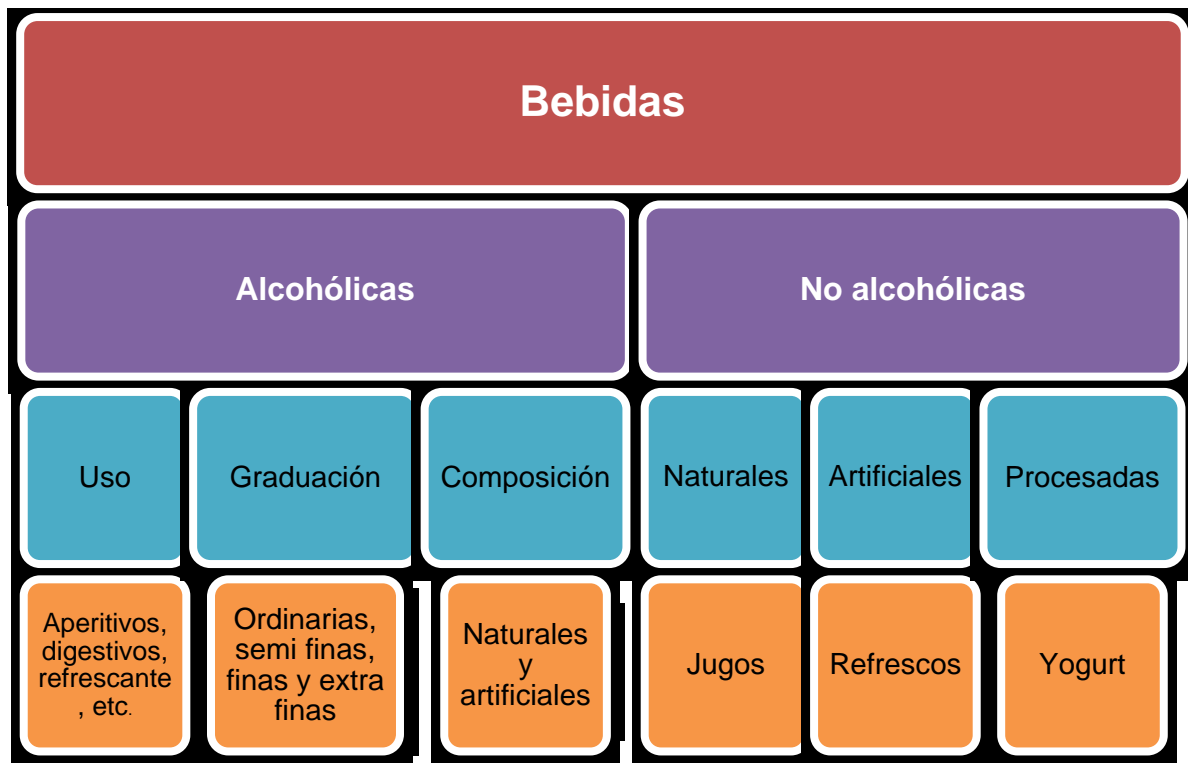


Figura 1. Clasificación de las bebidas

2.2 Frutas

Las frutas constituyen una parte muy importante en la dieta diaria, esto se debe a que son considerados como alimentos funcionales ya que contienen diferentes compuestos benéficos para la salud tales como vitamina C, ácido fólico y fibra. La fruta es refrescante como alimento y añade sabor y color a la dieta. La mayoría de las frutas consiste principalmente en agua, y por tanto su contenido de nutrientes es bajo. La importancia de la fruta radica en que es fuente de vitamina C y fibra; alrededor de 40% del contenido de vitamina C es suministrado por la fruta y los jugos de fruta. La mayor parte de este porcentaje procede de los frutos cítricos. Algunas frutas contienen así mismo vitamina A y hacen también una pequeña contribución al contenido mineral de la dieta (Fox *et al*, 2002).

En la región del Papaloapan existen diversas frutas que no son aprovechadas en su totalidad. La falta de agroindustrias con tecnologías útiles dedicadas al aprovechamiento y conservación, ocasiona que este tipo de cultivos frutícolas deba pagarse a muy bajo costo, lo cual no es redituable para el agricultor. Tal es el caso de la piña, fruta muy sensible para su comercialización o la carambola que es una fruta fibrosa fácil de sufrir daños durante su cosecha por corte, manipulación mecánica o transportación, acelerando con esto su descomposición. Otro de los factores por el cual ciertas frutas, no son aprovechadas es por la acidez que llegan a tener haciéndolas poco apetecibles por los consumidores como es el caso del pomelo y carambola. No obstante no hay que olvidar que la piña, la carambola y pomelo son frutas que contienen una variedad de nutrientes importantes tales como: vitamina C, fibras, proteínas, lípidos, entre otros micronutrientes que ayudan al mejor funcionamiento del cuerpo humano.

2.2.1 Carambola (***Averrhoa carambola L.***).

La carambola (*Averrhoa carambola L.*) es una fruta tropical que se cree que proviene del suroeste de Asia, específicamente, Malasia e Indonesia. En América fue introducido a fines del siglo XVIII; actualmente se encuentra este cultivo en un gran número de países tales como: Australia, Francia, Tailandia, Indochina, China, Malasia, Brasil, República Dominicana, Venezuela, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, México, Haití, Colombia, Ecuador, y Argentina. En México, el cultivo comercial de esta especie existe desde hace más de 10 años, en Morelos, Colima, Veracruz, Chiapas, Tabasco y Sinaloa (Salinas *et al*, 2003).

La carambola es un árbol bajo, de 5 a 10 metros de altura aproximadamente, muy ramificado, de porte piramidal, cuando es joven, pero de copa abierta y redondeada cuando es adulto. Se adapta bien a climas tropicales, con una precipitación de 1500 a 3000 mm anuales y bien distribuida durante el año; aunque puede crecer bien en climas subtropicales bajos en frío. La temperatura ideal para el

desarrollo de esta especie, está considerada entre los 21 y 34 °C, las inferiores a 15 °C afectan su crecimiento y floración (Orduz y Rangel, 2002).

Las hojas son compuestas, imparipinadas (cuyo raquis termina en un foliolo, por lo cual resulta que el número total de foliolos es impar); miden de 15 a 25 cm de longitud con 5 a 11 foliolos opuestos de forma ovalada los cuales llegan a medir de 3 a 9 cm. son de color verde, lisas en el haz y con presencia de vellos finos y blanquecinos. Las flores son producidas en forma de panículas, o sea conjunto de flores en pequeños racimos de pedúnculos rojizos, lilas o púrpuras, las cuales emergen en las axilas de las hojas de ramas jóvenes, en ramas maduras y ocasionalmente en el tallo principal (Pérez y Vázquez, 2004)

Las flores son perfectas, heterodísticas, con cinco sépalos erectos imbricados en el botón, ovalados, con puntas redondeadas y obtusas; los cinco pétalos son oblongos, de color violeta rojizo con márgenes blancos, lisos en el dorso y cubiertos en la parte interna con una densa pubescencia glandular, los cinco estambres epipétalos están reducidos a estaminoides, carecen de anteras o tienen una o dos que abortan sin polen (Campbell y Malo, 1981).

El fruto es una baya vistosa, de forma ovalada o elipsoide, con cinco costillas longitudinales que corresponden cada una a un carpelo, figura 2. La epidermis del fruto es de color amarillo pálido, amarillo brillante o amarillo naranja al madurar; la pulpa es jugosa, ligeramente amarilla y sin fibra (Campbell y Koch, 1989). Los frutos, dependiendo de la variedad, tienen un olor muy pronunciado a ácido oxálico y el sabor varía desde agrio, dulce y muy dulce; los sólidos solubles totales varían de 5 a 14 °Brix y es una excelente fuente de vitamina C. Las rebanadas en forma transversal del fruto forman estrellas, lo cual lo hace atractivo (Berry *et al*, 1977).



Figura 2. Fruto del Carambolo: a) Corteza Transversal, b) Fruto Maduro en el Árbol

La pulpa es jugosa de agradable fragancia y en las variedades más dulces poseen un sabor vivo, ligeramente subácido (Tello *et al*, 2002) Maduran a los cuatro o cinco meses después de la floración (Ordúz y Rangel, 2002). Tiene una piel fina, lustrosa y comestible, de color entre verde o dorado y amarillo-anaranjado cuando está madura.

2.2.1.1 Variedades de carambola.

La carambola es considerada una fruta exótica por su particular sabor, color y forma distintiva de estrella. Existen dos tipos de carambolas la variedad agria y dulce. El Arkin es la variedad más utilizada a nivel comercial por ser uno de los más dulces y por su color atractivo amarillo-naranja. Otra variedad común es la estrella de oro, que a comparación con el Arkin es ligeramente más grande y agria (Murdock, 2012). Existen otras variedades que no son muy comunes ya que son muy ácidas para su consumo, como lo son las variedades Fwang tung, Hoku, Kaiang, Maha, Sri kembangan, Wheeler, Thayer y Newcombe, por esta razón son muy poco consumidas y su cultivo y proliferación es muy escaso.

2.2.1.2 Producción de carambola

La producción de carambola anualmente para el 2013 fue de 858.47 toneladas mostrando a los principales productores en la tabla 1.

Tabla 1. Principales estados productores de carambola en México.

Estado	Producción (T)
Morelos	421.4
Michoacán	136.37
Jalisco	79
Nayarit	74.20
Colima	68
Tabasco	48
Yucatán	25
Veracruz	6.50

Fuente: (SAGARPA, 2013).

2.2.1.3 Composición química de la carambola

En la tabla 2 se muestra la composición química de 100 g de pulpa de carambola la cual varía dependiendo del grado de madurez en el que se encuentre, tomando en cuenta que los datos siguientes están en base húmeda, se puede decir que la carambola es una gran fuente de fibra, minerales como potasio, calcio, magnesio, fósforo, etc. y vitaminas tales como A, C, B6, y niacina, los cuales son compuestos indispensables para el buen funcionamiento del organismo.

Tabla 2. Composición química por cada 100g de carambolo.

Componente	Cantidad
Energía	42 Kcal
Agua	91%
Fibra	3 g
Lípidos	0 g
Carbohidratos	10 g
Proteínas	1 g
Calcio	5 mg
Potasio	207 mg
Magnesio	11 mg
Fosforo	20 mg
Vitamina A	62 mg
Vitamina C	27 mg
Niacina	1 mg
Vitamina B6	0.1 mg
Folato	18 mg

Fuente: Murdock, 2012.

2.2.1.4 Propiedades curativas atribuidas al consumo de de la carambola.

La carambola es una fruta rica en vitamina C. Esta vitamina contiene un poder antioxidante, el cual, ayuda a prevenir algunos cánceres de órganos con mucosa como el estómago, disminuye el riesgo de padecer cataratas y otras enfermedades crónicas o degenerativas. Junto a la acción del ácido fólico y la fibra soluble ayuda a prevenir el estreñimiento crónico y cáncer de colon. Contiene compuestos polifenólicos, como los taninos, haciendo que la fruta tenga una alta capacidad antioxidante, (Palomar, 2006). También se recomienda su consumo en otras situaciones: tabaquismo, abuso del alcohol, empleo de ciertos medicamentos, estrés, actividad física intensa, sida, pérdidas digestivas originadas por vómitos o diarreas y enfermedades inflamatorias crónicas. Todas estas circunstancias disminuyen el aprovechamiento de las vitaminas y producen una mala absorción de nutrientes. En México, se ha extendido su uso, ya que es excelente para elevar las plaquetas, bajar la fiebre y aminorar el dolor de huesos en casos de dengue clásico o hemorrágico. Las personas que sufren de cálculos y otras enfermedades renales, así como de gastritis, deben tener cuidado con el consumo excesivo de carambola, pues es rico en potasio y oxalato de calcio (Palomar, 2006).

2.2.2 Pomelo (*Citrus grandis*).

El pomelo (*Citrus grandis*) pertenece a la familia de las *Rutaceae*, se originó en Malasia y es una fruta popular en el Este, Sur y Sureste de Asia. Se cree que fue introducido a las Indias Occidentales por un Inglés capitán de barco llamado Shaddock. Los árboles de pomelo son estrictamente tropicales y crecen en regiones libres de heladas, llegando algunas veces a alcanzar alturas de 15 a 30 pies con una copa redonda. El fruto de este árbol es denominado como pomelo, es una fruta cítrica de forma circular, con tamaño y color variado el cual va de 4 y 7 pulgadas de diámetro. Esta fruta se encuentra cubierta por una suave corteza, de fácil pelado pues tiene un espesor aproximado de una pulgada y su coloración puede variar de amarillo hasta el rojo, como se puede observar en la figura 3 (Murdock, 2012).



Figura 3. Fruto del pomelo

2.2.2.1 Variedades de pomelo

Entre las variedades más comunes de pomelo se encuentran: la Chandler, Ichang, Rojo Shaddock, Reinking, Tresca y Webber. Los cuales suelen presentar distintas tonalidades que varían dependiendo las concentraciones de pigmentos presentes en los frutos (Murdock, 2012).

2.2.2.2 Producción de pomelo

La primera plantación comercial de pomelo en México se estableció en los años 60 en Loma Bonita, Oaxaca, después se expandió la producción a los estados de Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León, entre otros. Actualmente hasta el mes de septiembre del 2013, los estados que reportaron producción de pomelo fueron 19; sin embargo, fueron 2 estados los que a pesar de haber tenido superficies sembradas no obtuvieron producción total nacional, resaltando entre ellos Baja California Sur (23 hectáreas) y Oaxaca (190 hectáreas) (SIAP-SAGARPA, 2013). En la tabla 3 se presentan los estados con mayor producción nacional, siendo Veracruz el que ocupa el primer lugar.

Tabla 3. Principales estados productores de pomelo en México.

Estado	Producción obtenida (t)
Veracruz	106,506
Michoacán	48,850
Tamaulipas	25,204
Nuevo León	18,114
Sonora	17,484
Campeche	13,500
Yucatán	1,431
Jalisco	1,168
Puebla	944
Tabasco	484
Durango	316
Sinaloa	194
Morelos	176
Baja california	142
Colima	75
San Luis Potosí	59
Guerrero	9
Total	234,657

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2013

2.2.2.3 Composición química del pomelo

En la tabla 4 se muestra la composición química de pulpa de 100 g de pomelo, los resultados van a variar dependiendo el índice de madurez de la fruta que se utilice, para esto se debe tomar una muestra homogénea en la cual se tomen pomelos con el mismo grado de madurez para obtener resultados más confiables.

Tabla 4. Composición química por cada 100 g de pomelo.

Componentes	Cantidad
Energía	36 kcal
Agua	89 %
Fibra dietaria	1 g
Grasas	0
Carbohidratos	9 g
Proteína	1 g
Calcio	4 mg
Potasio	205 mg
Magnesio	6 mg
Fosforo	16 mg
Vitamina C	58 mg

Fuente: Murdock, 2012.

En el pomelo se encuentran distintos compuestos, pero los que se encuentran en mayor proporción son la vitamina C y el potasio, los cuales son de gran ayuda para complementar al organismo.

2.2.3 Piña (*Ananas comosus*)

La piña (*Ananas comosus*), de la familia de las *Bromilaceaes*, es originaria del sur de Brasil y Paraguay. En la llegada de los españoles Colón encontró la piña en su viaje al Caribe en 1493, llevándola a Europa donde se extendió a muchas otras partes del mundo en los barcos que llevaban como protección contra el escorbuto, una enfermedad causada por una deficiencia de la vitamina C (Collins, 1960). El nombre que se le dio fue dado por los españoles los cuales pensaban que el fruto parecía una piña. Se considera de acuerdo a especialistas, que las culturas precolombinas habían desarrollado mecanismos para domesticar esta fruta, incluso, se señala que la historia no escrita de la piña puede extenderse hasta cinco siglos antes, ya que se han encontrado evidencias de piña cuando el planeta era todavía inhabitable (Murdock, 2012).

Este tipo de frutos se forma o desarrolla en plantas bajas con hojas grandes, cerosas y puntiagudas (Figura 4). A diferencia de la mayoría de otras frutas la piña no tiene una reserva de almidón, ya que este se convierte en azúcar después de la cosecha. En lugar de ello, el almidón se almacena en el tallo de la planta y entra en la fruta como azúcar justo antes de que madure completamente, por lo que los productores deben permitir que la piña madure completamente en la planta para maximizar el contenido de azúcar (Murdock, 2012).



Figura 4. Fruto de la piña

2.2.3.1 Variedades de piña

En México fueron introducidas diversas variedades de piña, enfocándose solo a 3 variedades tales como: Champaka, Cayena Lisa y MD2. Sin embargo, la principal variedad más utilizada es la Cayena Lisa, la cual tiene una gran aceptación a nivel mundial y nacional ya que sus características son más agradables (Martínez, 2010).

2.2.3.2 Producción de piña

En México, la producción nacional de piña reportada en el 2013 fue de 858.47 t. En la tabla 5 se muestran los estados en donde se cultiva piña y la producción que se obtuvo en el 2013, observando que Veracruz fue el mayor productor.

Tabla 5. Entidades federativas más importantes en la producción nacional de piña.

Estados	Producción (t)
Veracruz	463,345
Oaxaca	70,889
Tabasco	26,300
Nayarit	22,271
Colima	14,938
Quintana Roo	10,070
Jalisco	9,845
Chiapas	5,440
Guerrero	380
Tamaulipas	280
Campeche	68
México	56
Total	623,882

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2013

2.2.3.3 Composición química de la piña.

Los componentes que sobresalen en la piña por su alto contenido son fibra, potasio, magnesio, fosforo, vitamina C, y vitamina A, los cuales ayudan a mejorar el funcionamiento del organismo. A continuación en la Tabla 6 se muestra la composición química para 100 g de piña, los cuales van a tener variaciones dependiendo el grado de madurez de la piña, para esto es recomendable

seleccionar las piñas con el grado de madurez adecuado para que los resultados no varíen.

Tabla 6. Composición química de la piña por cada 100 g de fruta fresca.

Composición	Cantidad
Energía	48 kcal
Agua	86.5 g
Proteínas	0.4 g
Lípidos	0.1 g
Carbohidratos	11.3 g
Fibra	1.46 g
Vitamina A	5 µg
Vitamina E	0.1 µg
Vitamina C	18 µg
Ácido fólico	14 mg
Potasio	146 mg
Magnesio	15 mg
Fosforo	1 mg
Zinc	0.1 mg

Fuente: Murdock, 2012

2.3 Alimentos funcionales

No existe un acuerdo para definir en forma precisa lo que son los “alimentos funcionales”. Muchos consideran que se trata de un concepto aún en desarrollo y que bien podría considerárseles como productos intermedios entre los tradicionales y la medicina. Pero podrían definirse como “cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contienen componentes adicionales que favorecen la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona” (Flores, 2004).

Actualmente las nuevas tendencias del consumo de productos saludables, hacen que las personas busquen productos lo más natural posible, con la finalidad de adquirir el aporte de nutrientes necesarios propios de las materias primas con las que son elaborados estos productos como es el caso de los jugos, aportando un gran beneficio a la salud.

2.4 Jugos de fruta

Son líquidos sin fermentar, obtenidos a partir de frutas en buen estado, maduras y frescas, o bien de frutas que se han mantenido en buen estado por procedimientos de conservación adecuados. El jugo debe prepararse mediante procedimientos que mantengan las características físicas, químicas, sensoriales y nutricionales esenciales de la fruta de que procede (NOM-173-SCFI, 2009). Según la NOM-173-SCFI-2009 los jugos se pueden clasificar en tres categorías las cuales son: jugos concentrados, mixtos y néctares.

Los jugos concentrados: Es el jugo de fruta al cual se ha eliminado físicamente el agua en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix al menos en un 50% más que el valor Brix establecido para el producto líquido obtenido al exprimir frutas sanas y maduras, que ha sido sometido al tratamiento físico o a las condiciones de almacenamiento adecuadas que aseguren su conservación en el envase.

Los jugos mixtos: Es la mezcla de dos o más productos líquidos obtenidos al exprimir frutas sanas y maduras de la variedad correspondiente, clarificado o no, no fermentado y sometido al tratamiento adecuado que asegura su conservación en el envase.

Los néctares: Líquido sin fermentar que puede ser obtenido al exprimir frutas en buen estado y adicionado con pulpa de la misma fruta.

Los jugos elaborados en la industria deben cumplir con los estándares de calidad apropiados establecidos en la NOM-173-SCFI-2009 en la cual nos establece que los jugos de frutas deben tener el sabor, el olor y el color característico de las frutas empleadas para su elaboración. La calidad de los jugos va ligada con la calidad de las frutas, por eso la selección de ellas es muy importante ya que dependiendo de las frutas escogidas, puede verse afectadas ciertas características sensoriales como el color, olor, sabor o consistencia (Codex alimentarius, 2005). Las frutas seleccionadas no deben contener golpes, rupturas o estar mallugadas, además deben tener buen grado de madurez, tamaño y el color debe ser característico de la fruta, deben de ser jugosas, firmes y no deben percibirse olores desagradables.

En la figura 5 se muestra la percepción que deben tener las frutas para determinar que son de buena calidad para la elaboración de jugos.



Figura 5 . Percepción de la calidad de fruta

2.5 Riesgo microbiológico

Debido a que las frutas por lo general son productos altamente perecederos, es necesario tener en cuenta que previo a la cosecha, la porción vegetal se encuentra íntimamente relacionada con la planta madre y toda demanda de agua o nutrientes es satisfecha por otras partes de la planta y todo vegetal se comporta como una unidad. Las frutas continúan viviendo después de la cosecha: respiran, transpiran y están sujetas a continuos cambios, la mayor parte de ellos no deseables, los que determinan la declinación de la calidad interna y externa. La velocidad de este deterioro depende del tipo de producto, condiciones de cultivo y otros factores, pero principalmente de las condiciones en que es mantenido: temperatura, humedad relativa, movimiento y composición del aire, etc.

Los cambios que ocurren en la postcosecha no pueden ser detenidos, sino que son demorados. Por estas razones, el procesamiento de las frutas debe ser rápido y eficientemente para evitar su deterioro y pérdida de calidad. Otro aspecto importante durante su procesamiento es la inocuidad del alimento, ya que existen distintas etapas por las cuales el producto debe pasar hasta el consumo. Esto genera innumerables oportunidades para el crecimiento o proliferación de microorganismos. La presencia de materiales extraños dentro del envase o sobre el producto, tales como suciedades (tierra, deposiciones animales, grasas o aceites de maquinarias, cabellos humanos, etc.), insectos vivos o muertos, restos vegetales, de materiales de empaque, etc. es profundamente rechazada por los consumidores. Sin embargo, esto normalmente se debe a descuidos o irresponsabilidades en la preparación o manipulación, los cuales son fáciles de detectar y eliminar.

La presencia de microorganismos es preocupante, debido a que una concentración alta puede ocasionar problemas de salud ya que no son visibles a simple vista ni detectables a través de cambios en la apariencia, sabor, color u otra característica externa. Se ha demostrado que determinados patógenos tienen la capacidad de persistir sobre el producto lo suficiente como para constituir un peligro para el ser humano y de hecho se han reportado numerosos casos de enfermedades asociadas al consumo de frutas y hortalizas (FAO, 2003).

Esencialmente existen tres tipos de organismos que pueden ser transportados por las frutas y hortalizas y que representan un peligro para la salud humana: virus (*hepatitis A*), bacterias (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Shigella* spp. y otras) y parásitos (*Giardia* spp). Los hongos normalmente no representan un peligro en sí mismos, sino a través de las micotoxinas que producen. Para que esto ocurra, sin embargo, tiene que haber transcurrido el tiempo necesario para que se desarrolle. En un sistema bien manejado esto es poco probable que ocurra, pues normalmente es detectado y eliminado antes que llegue al consumidor. De todos estos organismos, las bacterias han sido responsables en la mayoría de los casos. La mayoría de estos microorganismos tienen la capacidad de captar los nutrientes y metabolizarlos para formar un gran número de productos finales y con frecuencia reaccionan a los cambios del medio ambiente y se adaptan a nuevos ambientes, siendo potencialmente peligrosos para la salud (FAO,1993).

La contaminación microbiana es un problema complejo para resolver (Figura 6). La única estrategia posible es prevenir la contaminación del alimento a lo largo de toda la cadena de producción y distribución, conjuntamente con la ejecución de determinados tratamientos sanitarios y el mantenimiento del producto en condiciones (particularmente temperatura) desfavorables para el desarrollo de los microorganismos.

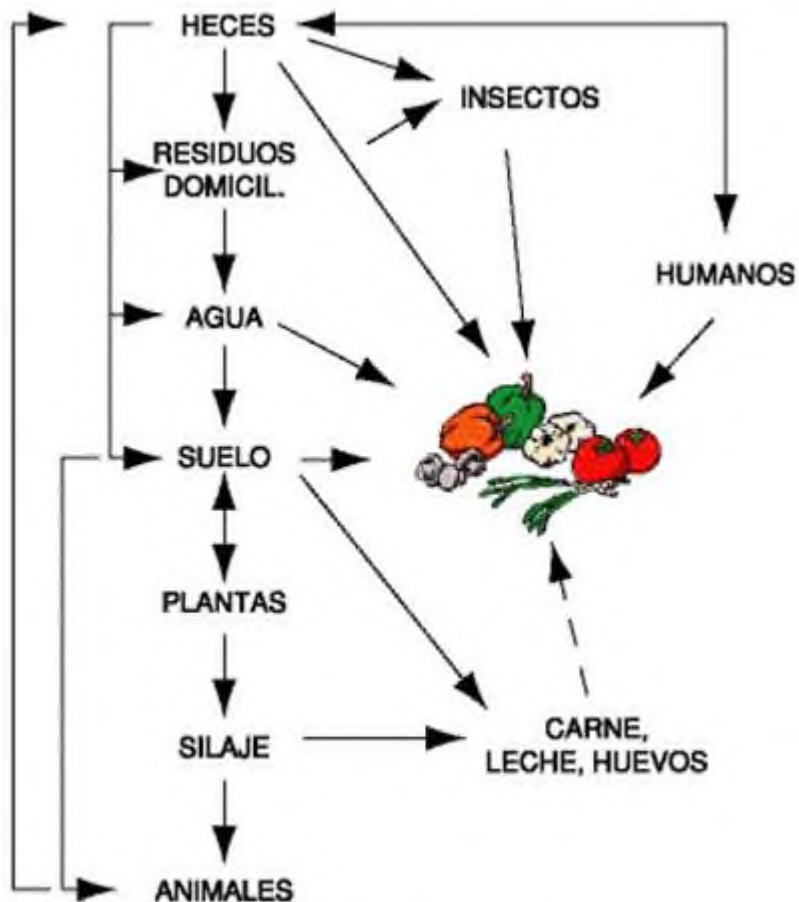


Figura 6. Mecanismos de contaminación de microorganismos patógenos en frutas y hortalizas.

2.5.1 Enterobacterias

Las Enterobacterias son un gran grupo heterogéneo de bacilos Gram Negativos en los cuales se incluyen muchos géneros como *Escherichia*, *Shigella*, *Salmonella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Proteus* entre otros. Las Enterobacterias son microorganismos aerobios que fermentan una amplia variedad de carbohidratos, poseen una estructura antigénica compleja y producen varias toxinas. La taxonomía de este tipo de bacterias es muy compleja, comprendiendo de 20 a 25 especies. Dentro de este grupo se encuentran los denominados coliformes.

2.5.1.1 Coliformes

Las bacterias del grupo Coliforme se refieren al grupo de bacterias Gram Negativas aerobias y anaerobias facultativas, no formadoras de esporas, cuentan con una forma de bacilo corto no esporulado, que fermentan la lactosa. Este grupo de bacterias se encuentran altamente distribuidas en la naturaleza, los podemos encontrar en el agua, en el suelo y en la vegetación de manera natural y no solo como contaminante, además forma parte de la flora intestinal de los seres humanos y de animales de sangre caliente.

La prueba estándar para la determinación de Coliformes puede realizarse mediante la técnica de fermentación en tubos múltiples el cual también se le conoce con el nombre del número más probable (NMP), está basado en la evaluación indirecta de la densidad microbiana de las muestras, tomando como referencia tablas estadísticas, para determinar el número más probable de microorganismos presentes en la muestra (Guinea, 1979).

2.5.2 Hongos

Los hongos son organismos eucarióticos no fotosintéticos que poseen paredes celulares rígidas, además de carecer de clorofila. Los hongos pueden ser diferenciados fácilmente de los procariontes por ser más grandes, poseer núcleo, vacuolas y mitocondria. Los hábitats de los hongos son bastantes diversos. Algunos son acuáticos (agua dulce) y algunos pocos viven en hábitats marinos. Sin embargo, la mayoría es de hábitat terrestres, en el suelo o sobre plantas muertas, a menudo juegan un papel crucial en la mineralización del carbono orgánico en la naturaleza (Madigan *et al*, 1999). Los hongos se reproducen asexualmente mediante formación de esporas o yemas. Algunos hongos producen también esporas sexuales no para reproducirse sino más bien como medida de protección. En comparación con las bacterias los hongos tienen un mayor tamaño, forman estructuras más complejas y sus células poseen núcleo.

Se debe tener cuidado ya que en la industria alimentaria los hongos pueden contaminar los alimentos, el equipo, la maquinaria de procesado y los elementos de

los lugares de almacenamiento. Debido a su amplia distribución, los hongos son la causa principal de alteración de alimentos. La contaminación con ciertos hongos puede causar pérdidas económicas considerables ya que pueden producir toxinas fúngicas, haciendo que estos alimentos no sean aptos para consumo. Las micotoxinas como las aflatoxinas poseen un elevado poder cancerígeno; toxinas T-2 que ocasionan aleucia toxica alimentaria u ocratoxina que provoca toxicidad en el riñón (Yousef y Carlstrom, 2003).

2.5.3 Levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares y la mayoría son ascomicetas. Normalmente son células ovales o cilíndricas y la división es habitualmente por gemación. Las levaduras normalmente no desarrollan un micelio, sino que permanecen en estado unicelular durante todo el ciclo de crecimiento. Sin embargo, algunas pueden filamentosas. Las células de levaduras son mucho más grandes que las bacterianas y pueden distinguirse no solo por su tamaño sino por la presencia obvia de elementos intracelulares tales como el núcleo. Algunas levaduras se reproducen sexualmente mediante apareamiento <mating> originando un cigoto y eventualmente ascosporas. Las levaduras normalmente prosperan en hábitats con abundante azúcar, tales como frutas, flores e incluso la corteza de los árboles (Madigan *et al*, 1999).

2.6 Métodos de conservación de jugos.

Las frutas frescas se deterioran y descomponen después de la cosecha con gran facilidad debido a las actividades enzimáticas que siguen efectuando sus funciones vitales en las frutas, además de los microorganismos que se encuentran presentes aceleran aún más su descomposición, por esta razón se buscan métodos de conservación que permitan su consumo durante periodos de tiempos prolongados, aplicándoles ciertos procesos que permitan la inactivación de enzimas y microorganismos que pudieran afectar los frutos (FAO, 1993). Por lo cual hoy en día, existen distintos métodos de conservación, como lo es la pasteurización,

pasteurización flash y ultrapasteurización (UHT) y otros métodos no convencionales que se encuentran actualmente en proceso de investigación y desarrollo como lo son la pasteurización óhmica y ultrasonido.

2.6.1 Pasteurización

La pasteurización es un tratamiento térmico el cual consiste en someter el producto a temperaturas medias y altas no pasando los 100°C. Los parámetros de pasteurización van a variar dependiendo del alimento que se esté pasteurizando, ya que hay alimentos sensibles al calor y pueden perder gran cantidad de nutrientes, para esto se puede variar la temperatura con el tiempo en que este expuesto al calor ese alimento. La pasteurización es un método muy aplicado en jugos, teniendo grandes ventajas pero a la vez muchas desventajas.

Ventajas

- a) Destrucción de patógenos
- b) Inactivación de enzimas
- c) Se alarga la vida de anaquel

Desventajas

- a) No hay eliminación de esporas
- a) Ocurren pérdidas de nutrientes termolábiles
- b) Ocurren cambios en las propiedades sensoriales

2.6.2 Pasteurización óhmica

La pasteurización óhmica consiste en aplicarle una corriente eléctrica al jugo, haciendo que incremente la temperatura del jugo de forma lineal y el calentamiento eléctrico se detendrá cuando el jugo alcance la temperatura deseada. La fuente de electricidad para este sistema es corriente alterna de 220 volts, la cual es transformada a corriente alterna de 300 volts con el uso de un transformador. Esto es para generar una fuerza de campo eléctrico de alrededor de 23 V/cm. (Somboonsilp *et al*, 2012).

2.6.3 Ultrasonificación

Los tratamientos térmicos son técnicas aplicadas a los alimentos para aumentar la vida de anaquel, las cuales constan de elevar la temperatura del producto para la eliminación de microorganismos e inactivación de enzimas; los tratamientos más comunes son la pasteurización y la esterilización. La demanda de los consumidores de alimentos de la más alta calidad en términos de sabor y gusto, y que están libres de aditivos y conservadores, ha estimulado la necesidad del desarrollo de nuevos métodos de conservación no térmicos en la elaboración de alimentos, de los cuales la tecnología de ultrasonidos tiene demostrado ser muy efectiva (O'Donnell *et al*, 2010).

El ultrasonido se refiere a las ondas sonoras inaudibles con frecuencias en el rango de 16 kHz-500 MHz, por encima del límite superior del oído humano. Se puede transmitir a través de cualquier medio elástico incluyendo el agua (Sillanpaa, 2011).

El equipo de ultrasonido que se muestra en la figura 7 consta de un generador eléctrico que hace pasar electricidad a un transductor y este a su vez convierte la energía eléctrica en vibraciones, estas a su vez son transmitidas por transmitidas por una sonda. El rápido movimiento de la sonda crea un efecto llamado cavitación, la cual se produce cuando las vibraciones crean una serie de burbujas microscópicas en la solución, espacio situados entre las moléculas que se forman y que luego vuelven a colapsar bajo el peso de la solución, enviando minúsculas ondas de choque a la sustancia circundante. Miles de estas burbujas que se forman y colapsan constantemente crean poderosas ondas de vibración que ocurren en ciclos en la solución y separan las células, haciendo que los microorganismos que estén presentes sean eliminados y las enzimas inhibidas sin tener pérdida de nutrientes lo cual es una parte muy importante.



Figura 7. Equipo de ultrasonido utilizado para el tratamiento del jugo

El ultrasonido tiene mucho que ofrecer a la industria alimentaria, tales como:

- La inactivación de microorganismos y enzimas
- Cristalización
- Secado
- Desgasificación
- Extracción
- Filtración
- Homogeneización
- Oxidación
- Esterilización

Incluyendo la mejora de la eficiencia de diversas operaciones y la detección en línea de los contaminantes en los alimentos. Teniendo en cuenta que la ultrasonicación tiene diferentes aplicaciones también puede ser utilizadas en otras áreas tales como se muestra en la figura 8.

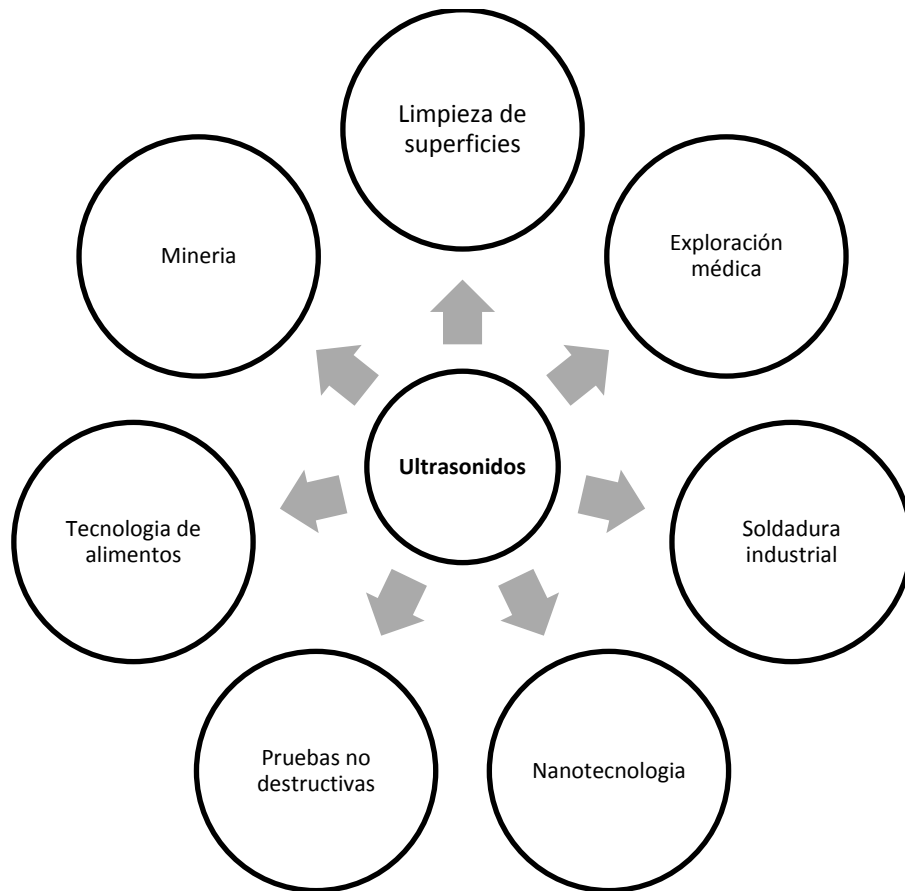


Figura 8 . Áreas de aplicación de la ultrasonicación (Patist y Bates, 2008)

La ultrasonicación es un método de conservación muy efectivo que tiene grandes ventajas comparándolo con la pasteurización, puesto que en la pasteurización se utilizan altas temperaturas, al contrario de la ultrasonicación que es un método no térmico usando temperaturas no superiores a 50°C con los parámetros utilizados. En la tabla 7, se muestran los métodos de conservación actuales más investigados en comparación con el proceso tradicional utilizado para el procesamiento y conservación de jugos de frutas a nivel industrial.

Tabla 7. Comparación de los métodos de conservación utilizados en procesamiento de jugos y néctares.

Ultrasonicación	Pasteurización	Pasteurización óhmica
Temperaturas bajas ayudando a no tener pérdidas de nutrientes termosensibles, ni ocasionar cambios en las propiedades sensoriales.	Temperaturas altas las cuales ocasionan muchas pérdidas de nutrientes sensibles al calor y causa cambios en las propiedades sensoriales	Temperaturas medias (70°C), esto hace que haya pérdida de nutrientes termolábiles.
Hay eliminación de esporas	No hay eliminación de esporas	No hay eliminación de esporas.

(Somboonsilp *et al*, 2012).

Algunas características que se le pueden evaluar a un jugo son: color, olor, sabor, consistencia, entre otras. Las cuales se pueden realizar a través de una evaluación sensorial para ver la aceptación o la calidad que tiene el producto. El color también puede ser medido mediante un equipo llamado colorímetro, con el cual se obtienen datos más precisos (Anzaldúa, 2005)

2.7 Evaluación sensorial de alimentos

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. Esta técnica de medición y análisis es tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que las personas que efectúan las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea su cinco sentidos. Las pruebas sensoriales son utilizadas en diversos tipos de industrias, tales como alimentaria, perfumera, farmacéutica, pinturas y tintes, etc. Los jueces, panelistas o personas que realizaran las pruebas son un punto muy importante ya que existen diferentes tipos de jueces tales como:

- **Juez experto.** Es una persona que tiene gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre las muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento. Su habilidad, experiencia y criterio son tales que en las pruebas que efectúa solo es necesario contar con su respuesta.
- **Juez entrenado.** Es una persona que posee bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial, y que sabe que es exactamente lo que se desea medir en una prueba. Cuando se llevan a cabo pruebas con este tipo de jueces, el número requerido de participantes debe ser al menos siete y como máximo 15.
- **Juez semientrenado o de laboratorio.** Se trata de personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente solamente participan en pruebas discriminativas sencillas, las cuales no requieren de una definición muy precisa de términos o escalas. Las pruebas con jueces semientrenados deben efectuarse con un mínimo de 10 jueces y un máximo de 20 o, cuando mucho 25, con tres o cuatro repeticiones por cada juez para cada muestra.
- **Juez consumidor.** Se trata de personas que no tienen que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábrica procesadora de alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas. Por lo regular son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, o en una tienda, escuela, etc. Los jueces de este tipo deben emplearse solamente para pruebas afectivas. Es importante que los jueces sean consumidores habituales del producto a probar o, en caso de productos completamente nuevos, que sean los consumidores potenciales de dicho alimento. El número de jueces para que una prueba sea válida es de 30 mínimo (Anzaldúa, 2005).

2.7.1 Pruebas sensoriales

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectuó. Existen tres tipos principales de pruebas: afectivas, discriminativas y descriptivas.

Pruebas afectivas. Son aquellas en las cuales el juez expresa su relación subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza.

Pruebas discriminativas. Son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras.

Pruebas descriptivas. En este tipo de pruebas se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible. Aquí no son importantes las preferencias o aversiones de los jueces, y no es tan importante saber si las diferencias entre las muestras son detectadas, sino cual es la magnitud o intensidad de los atributos del alimento (Anzaldúa, 2005).

2.7.2 Propiedades sensoriales

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos, (Anzaldúa, 2005).

2.7.2.1 Evaluación sensorial del color

Esta propiedad es la percepción de la luz de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto. Se trata de una apreciación, que depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada y de cómo nuestro cerebro la refleja. Un cuerpo rojo, por ejemplo, refleja la luz con la longitud de onda correspondiente al rojo y absorbe

la luz de todas las demás longitudes de onda del espectro visible. Los objetos blancos reflejan la luz de todas las longitudes de onda del visible, mientras que los cuerpos negros no reflejan luz. El color de un objeto tiene tres características:

- **Tono.** El cual es determinado por el valor exacto de la longitud de onda de la luz reflejada. Unos cuantos nanómetros de diferencia significan mezcla con otro color y, por lo tanto, un tono diferente.
- **Intensidad.** La cual depende de la concentración de las sustancias colorantes dentro del objeto o alimento.
- **Brillo.** Depende de la cantidad de luz que es reflejada por el cuerpo, en comparación con la luz que incide sobre él.

El color interfiere significativamente con las propiedades sensoriales. Cuando se realizan pruebas de sabor y textura, un color desagradable puede ser asociado por los panelistas, inconscientemente, con un sabor o una textura desagradables, alterando entonces sus respuestas para dichas propiedades. En estos casos es necesario enmascarar el color para evitar su influencia indeseable sobre las respuestas de los jueces. Para ello, puede recurrirse a los colorantes artificiales para alimentos, uniformizando con ellos el color de las muestras (Anzaldúa, 2005).

2.7.2.2 Evaluación sensorial del olor.

En el caso de los alimentos esta propiedad es diferente para cada uno y no ha sido posible establecer clasificaciones ni taxonomías completamente adecuadas para los olores. Una característica de las tantes de olor es la intensidad o potencia de éste, (Anzaldúa, 2005).

Además la relación entre el olor y tiempo es muy importante, ya que el olor es una propiedad sensorial que presenta dos atributos, contradictorios entre sí, en los cuales está involucrado el tiempo. El primero es la persistencia, es decir, que aun después de haberse retirado la sustancia olorosa, la persona continúa percibiendo el olor. Es por esto que, cuando se llevan a cabo pruebas sensoriales de olor, es muy

necesario ventilar bien el lugar de prueba entre las evaluaciones de una y otra muestra, y dar tiempo suficiente a los jueces entre una y otra prueba para que la sensación olfativa desaparezca.

La otra característica está más bien relacionada con la mente o la zona olfatoria del cerebro, y es que las personas se acostumbran a los olores después de un cierto tiempo. La causa de esto es que el olor produce una impresión muy fuerte en el cerebro, tal que incluso impide a este perciba otros atributos; pero después de un cierto tiempo, el mecanismo cerebral restablece la atención hacia los demás sentidos, y por ello se pierde la sensación de olor o una se acostumbra a ella.

En las evaluaciones de olor es muy importante que no haya contaminación de un olor con otro, por lo que la sustancias o alimentos que vayan hacer evaluados deberán ser mantenidos en recipientes herméticamente cerrados y deberán usarse en forma tal que su olor puedan evaluarse sin que las otras muestras se contaminen en él, (Anzaldúa, 2005). El aroma es una propiedad que consiste en la percepción de las sustancias olorosas o aromáticas de un alimento después de haberse puesto este en la boca. El aroma es el principal componente de los alimentos, (Anzaldúa, 2005).

2.7.2.3 Evaluación sensorial del sabor.

El sabor es un atributo muy complejo de los alimentos, ya que combina tres propiedades: el olor, el aroma y el gusto. El sabor es la suma de las tres características y, por lo tanto, su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado.

El sabor se ve influenciado por el color y la textura. Cuando se prueba el sabor de un alimento, para medirlo o compararlo, es importante enmascarar a las otras propiedades mencionadas, para evitar las influencias de estas en las respuestas de los jueces (Anzaldúa, 2005).

III. JUSTIFICACIÓN

El incremento de enfermedades como la diabetes, la obesidad, hipertensión arterial y cáncer entre otras, se convierten en un problema de salud pública en muchos países por lo que en la actualidad se busca una alternativa en materia de alimentación enfocadas al consumo de alimentos saludables. Las frutas representan uno de los grupo alimenticios más indispensable para la salud y bienestar del ser humano, especialmente por su aporte nutricional (fibra dietética, vitaminas, minerales y antioxidantes). En la región del Papaloapan se cultivan un gran número de productos agrícolas como: caña de azúcar y productos frutícolas (Litchi, plátano, piña, pomelo, carambolo, limón, mango, etc). Sin embargo, su producción no es del todo aprovechada debido a diferentes factores como lo son; la maduración, tecnologías de procesamiento, plagas e inclemencias del tiempo, ocasionando con esto pérdidas importantes para los productores. Una alternativa para poder aprovechar algunos de estos frutos es utilizarlos en conjunto o mezclados con otras frutas para elaboración de diferentes productos, como lo puede ser una bebida elaborada con jugo de varias frutas y de esta manera se tendría un jugo de frutas mixtas enriquecido. Una de las alternativas más usadas para el procesamiento de frutas es la obtención de jugo a partir de estas y su posterior proceso de pasteurización. Sin embargo, este proceso provoca la pérdida de nutrientes y otros componentes termolábiles.

Por esta razón diferentes industrias están en busca de nuevos métodos alternos para el procesamiento y conservación de este tipo de productos, los cuales permitan mantener la calidad original o bien que la pérdida de nutrientes sea mínima durante su procesamiento. Uno de estos métodos no convencionales es el proceso de ultrasonicación, el cual puede ser utilizado para brindar mayor vida de anaquel al producto y conservar los componentes nutricionales de los frutos. En este trabajo se plantea evaluar el uso del ultrasonido como alternativa para el procesamiento y conservación de un jugo mixto de frutas (piña, carambolo y pomelo). Del mismo modo tratar de brindar una alternativa de aprovechamiento y consumo de estos frutos, mediante la elaboración del jugo.

IV. HIPÓTESIS

El tratamiento por ultrasonido de un jugo de frutas mixto (piña, carambola y pomelo) permitirá conservar la calidad nutricional, además de permitir prolongar su vida de anaquel.

V. OBJETIVOS

5.1 General

Evaluar el proceso de ultrasonicación en una mezcla de jugo mixto (piña, carambola y pomelo) como un método de conservación y estudiar el efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas.

5.2 Específicos

- Establecer la formulación más adecuada a partir de la mezcla de tres jugos de frutas para la elaboración de un jugo mixto, con ayuda de evaluación sensorial.
- Determinar la composición químico proximal del jugo de las frutas y del jugo mixto.
- Evaluar el efecto del tratamiento por ultrasonidos sobre las propiedades fisicoquímicas del jugo mixto.
- Evaluar el efecto del tratamiento por ultrasonidos sobre las propiedades microbiológicas del jugo mixto.
- Evaluar la vida de anaquel del jugo de frutas mediante pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Materia prima

Los frutos utilizados para la elaboración del jugo fueron piña, carambola y pomelo, los cuales fueron adquiridos con productores de la región del Papaloapan en la comunidad de Jacatepec. Los frutos fueron seleccionados con el grado de madurez adecuado, donde el aroma es intenso y el sabor es dulce, además de tener un color intenso; luego fueron transportados cuidadosamente al laboratorio para su análisis y procesamiento.

6.2 Reactivos y disolventes

Reactivo	Marca	CAS
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	Meyer	7664-93-9
Oxido de mercurio (HgO)	Meyer	21908-53-2
Hidróxido de sodio (NaOH)	Meyer	1310-73-2
Sulfato de potasio anhidro (K ₂ SO ₄)	Meyer	7757-82-6
Éter de petróleo	Meyer	8032-32-4
Hipoclorito de sodio 5% (NaClO)	Meyer	7681-52-9
Fenolftaleína (C ₂₀ H ₁₄ O ₄)	Meyer	77-09-8
Etanol Tec. 96% (C ₂ H ₆ O)		64-17-5
Ácido bórico (H ₃ BO ₃)	Meyer	10043-35-3
Tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃)	Meyer	7772-98-7
Caldo verde brillante bilis 2%	Bioxon	
Caldo lauril sulfato de sodio	Bioxon	
Caldo EC	Difco	
Agar dextrosa y papa	Bioxon	

CAS (Chemical Abstracts Service)

6.3 Extracción de jugo de frutas

Para el proceso de obtención del jugo, las frutas se lavaron cuidadosamente, tallando cada fruta con la finalidad de eliminar impurezas como polvo, hojas, tallos, etc. que pudieran afectar la calidad del producto terminado, posteriormente las frutas se dejaron reposar en una solución de hipoclorito de sodio al 5% por 5 min. (Figura 9), esto para disminuir la carga microbiana en los frutos, y finalmente se procedió a extraer el jugo de cada fruta.



Figura 9. Frutas sumergidas en solución de hipoclorito de sodio 5% para su desinfección

Para realizar la extracción del jugo de la piña primero se le retiró la cáscara tratando de retirarle bien los ojillos, después se cortó en tiras y se introdujo en un extractor de jugos marca Powerful 450-watt y control de velocidad hasta extraer la mayor parte del jugo presente en el fruto. Para el caso de la extracción del jugo de carambola, los frutos también fueron cortados en tiras y colocados en el extractor controlando la velocidad. Por último para la extracción del jugo de los pomelos se cortaron por la mitad y luego fue llevado a un exprimidor de cítricos (marca Hometech Modelo HT-01-Exp-BK). La extracción de los jugos se realizó bajo los estándares de calidad que indica la (NOM-120-SSA1-1994), la cual habla de las especificaciones sanitarias que se deben llevar para evitar la contaminación de alimentos.

Por lo que durante el procesamiento de los jugos, se utilizaron guantes, cubre bocas, cofia y bata limpia, además de lavar y desinfectar todos los utensilios y mesa de trabajo para la extracción evitando de esta forma la contaminación. En la figura 10 podemos observar los jugos extraídos a partir de las diferentes frutas.

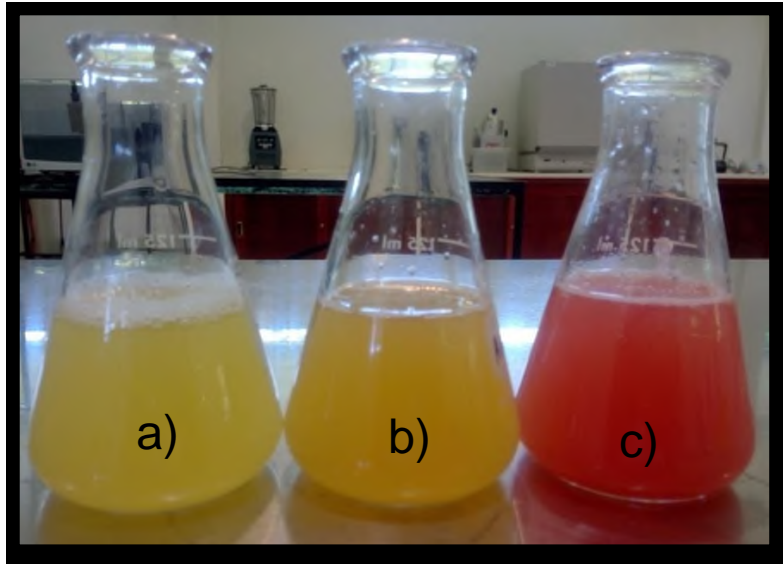


Figura 10. Jugos extraídos de a partir de piña (a), carambola (b) y pomelo (c).

6.3.1 Formulaciones realizadas para la elaboración del jugo de frutas mixto.

Para realizar el jugo de frutas mixto se decidió establecer 4 formulaciones en diferentes proporciones de jugo para la elaboración de la mezcla del jugo de frutas, las cuales se presentan en la tabla 8. Elaboradas dichas formulaciones se procedió a filtrar la mezcla con ayuda de un tamiz del N°100 para clarificar las mezclas de jugos, dándole mejor presentación y por último las mezclas de jugos se llevaron a una concentración de 11 °Brix.

Tabla 8. Formulaciones elaboradas para establecer el jugo mixto de frutas

Componente	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3	Formulación 4
Piña	334 ml	600 ml	266.6 ml	377.7 ml
Carambola	55.6 ml	60 ml	133.3 ml	133.3 ml
Pomelo	44.5 ml	60 ml	66.6 ml	66.6 ml
Agua	565.9 ml	280 ml	533.5 ml	422.4 ml

Una vez realizadas las formulaciones anteriormente descritas, se procedió a realizar una evaluación sensorial con el apoyo de jueces no entrenados, a los cuales se les aplicó una prueba hedónica de nueve puntos (Me disgusta mucho- me gusta muchísimo), evaluando atributos de olor, color, sabor y consistencia del jugo utilizando un sencillo cuestionario (Figura 11) con el cual se determinó la formulación más aceptada.

EVALUACION SENSORIAL DE ALIMENTOS

Producto: _____ Fecha: _____

Marque con una X en el lugar que indique su opinión acerca de cada muestra

ESCALA	294	738	501	685
Me gusta muchísimo	_____	_____	_____	_____
Me gusta mucho	_____	_____	_____	_____
Me gusta bastante	_____	_____	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____	_____	_____
Me disgusta bastante	_____	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____	_____
Me disgusta muchísimo	_____	_____	_____	_____

Comentarios: _____

MUCHAS GRACIAS

Figura 11. Cuestionario aplicado en la prueba sensorial

6.3.2 Proceso de sonicación para el jugo de frutas

Para establecer los parámetros a utilizar, se realizaron diferentes pruebas, hasta encontrar los parámetros en los cuales no existieran microorganismos en el jugo, teniendo como los mejores parámetros los que se muestran en la tabla 9. Las muestras se introdujeron previamente en un baño de hielo por 10 min para posteriormente ser sometido en ultrasonido.

Tabla 9. Parámetros de ultrasonicación

Parámetros	Cantidades
Frecuencia	24 kHz
Amplitud de onda	20%
Potencia	80%
Pulsos	50/100

A continuación en la figura 12 se muestra el proceso de obtención del jugo mixto elaborado a partir de piña, carambola y pomelo, al cual se le aplicó como método de conservación ultrasonicación.

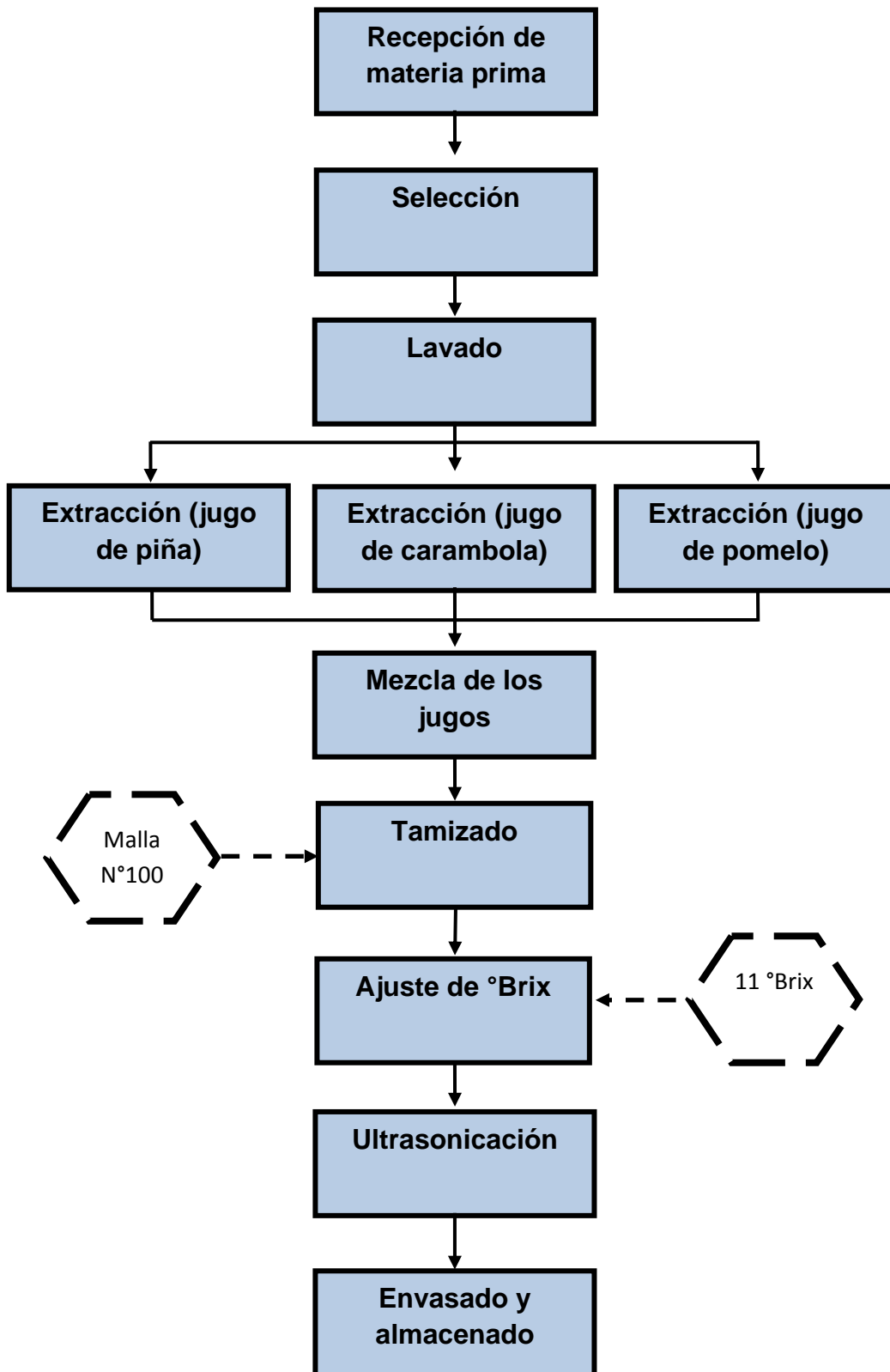


Figura 12. Diagrama del proceso de obtención del jugo de piña, carambolo y pomelo.

6.4 Análisis fisicoquímicos

6.4.1 Determinación de sólidos solubles (°Brix)

La determinación de los grados °Brix fue realizada con ayuda de un refractómetro digital Atago, a 25°C. El refractómetro fue previamente calibrado con agua destilada y posteriormente se colocó una gota de jugo el valor de °Brix se determinó por triplicado.

6.4.2 Determinación de pH

Se utilizó un potenciómetro digital (Orion 420-A, Estados Unidos), previamente calibrado con las soluciones buffer correspondientes a pH 4, 7 y 10, luego se enjuagó el electrodo con agua destilada, se secó cuidadosamente y se introdujo el electrodo cada muestra para leer el pH. Se realizó por triplicado.

6.4.3 Determinación de acidez titulable

Se determinó por triplicado por el método de la AOAC (2000) 939. 05. La acidez se realizó con la muestra diluida 1:1 de la mezcla del jugo y agua destilada. La determinación se realizó por titulación con una solución valorada de NaOH 0.1 N. para realizar este análisis se transfirieron 10 ml de la muestra a un matraz y se le adicionaron 4 gotas de solución de fenolftaleína. Posteriormente se tituló hasta mantener el vire color rosa por 1 min. La acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido cítrico y fue calculado por la siguiente ecuación:

$$\%acidez = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} * meq_{acido X} * 100}{V}$$

Donde:

V_{NaOH} = volumen de NaOH usado para la titulación

N_{NaOH} =Normalidad del NaOH

$meq_{acido X}$ =Miliequivalente de ácido.

Los valores equivalentes de base a ácido para el ácido cítrico son de 0.064.

6.4.4 Determinación de color

Se colocaron 10 ml de muestra en una celda de cuarzo y se realizaron las lecturas por triplicado en el colorímetro UltraScan Vis HunterLab en la escala referencia se determinaron los parámetros L, a y b en el sistema Hunter. A partir de las lecturas se calcularon los siguientes parámetros: diferencia de luminosidad (ΔL), diferencia neta de color (ΔE), tonalidad (H), claridad, croma o pureza de color (C), definidas por:

$$H = \arctan b/a$$

$$C = (a^2+b^2)^{0.5}$$

$$\Delta E = [(\Delta L)^2+(\Delta a)^2+(\Delta b)^2]^{0.5}$$

$$(\Delta L) = L_{\text{muestra}} - L_{\text{estándar}}$$

$$(\Delta a) = a_{\text{muestra}} - a_{\text{estándar}}$$

$$(\Delta b) = b_{\text{muestra}} - b_{\text{estándar}}$$

Donde:

$L_{\text{estándar}}$, $a_{\text{estándar}}$ y $b_{\text{estándar}}$ son las lecturas de referencia de la muestra al tiempo cero.

6.4.5 Determinación de ácido ascórbico

Se determinó por triplicado empleando el método de la AOAC (2000) 976.22. Por titulación con 2,6-diclorofenolindofenol. Inicialmente se tomaron 5 g de muestra y se mezclaron con 10 ml de una solución valorada de ácido metafosfórico-ácido acético, posteriormente se tituló con una solución de 2,6-diclorofenolindofenol hasta que viró a un color rosado y permaneció por lo menos 5 s en ese color, registrando el volumen gastado al titular para realizar los cálculos, el contenido de ácido ascórbico se expresó en mg AA/100 g muestra (Figura 13).

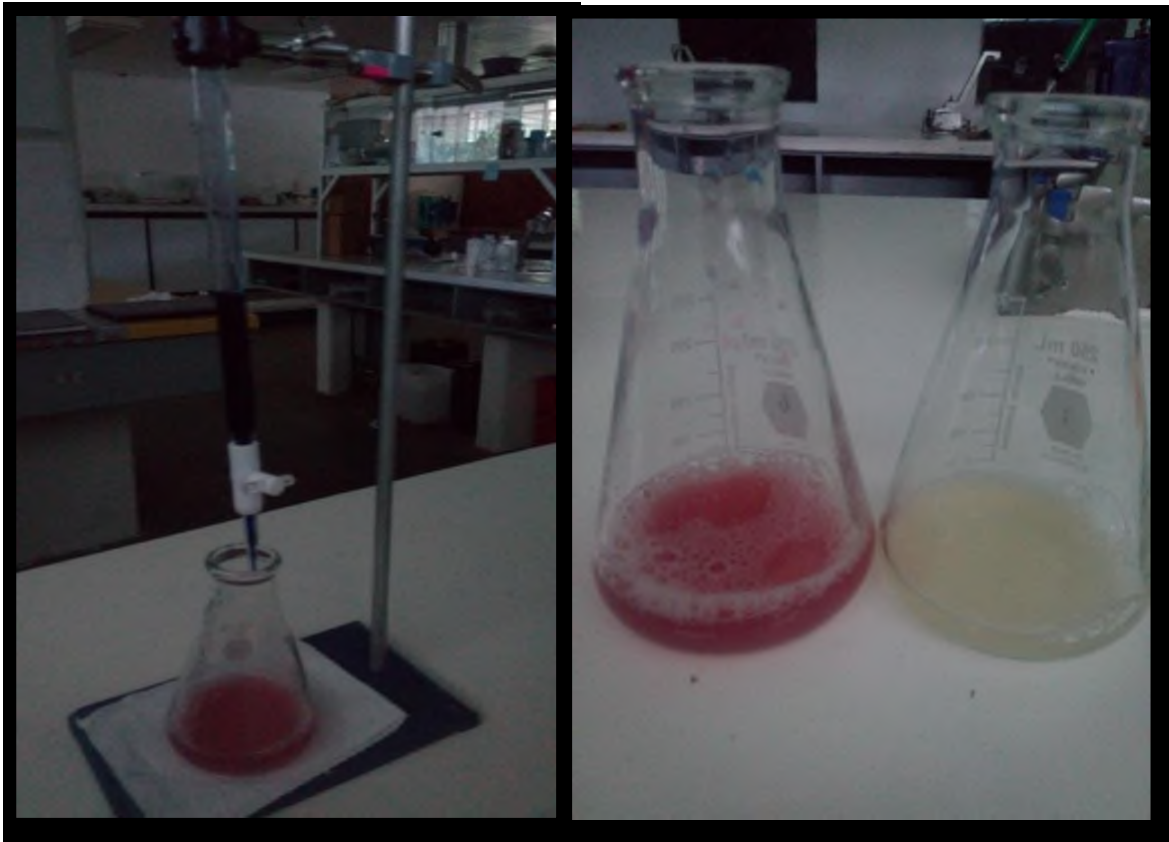


Figura 13. Determinación de vitamina c.

6.5 Análisis químico proximal

La caracterización química proximal consistió en la determinación del contenido de lípidos, cenizas, proteínas y fibra presentes en jugo de piña, carambola y pomelo. Esto se realizó empleando la metodología propuesta por la AOAC. El jugo fue llevado a una liofilizadora LABCONCO modelo 77510-21 con la finalidad de concentrarlo hasta la formación de polvo fino con mayor manejabilidad para los

análisis a realizar; teniendo la ventaja de no tener pérdidas de nutrientes sensibles al calor como lo son vitamina C y desnaturalización de algunas proteínas (Véase Figura 14).



Figura 14. Jugo sometido a liofilización

6.5.1 Lípidos

La extracción de grasas de la muestra, se llevó a cabo por calentamiento y reflujo continuo de éter de petróleo (solvente de baja polaridad (AOAC, 1997). Se pesaron 4 g de muestra liofilizada, después se elaboró un cartucho con el papel filtro del N°40, colocando la muestra en él y por último se colocó en el equipo de extracción Soxhlet marca SEV (Figura 15), utilizando un matraz de fondo plano (puesto previamente a peso constante), como ya se mencionó al principio el solvente

a ocupar fue éter de petróleo y se puso a reflujo durante 4 h (en algunos casos se requiere de un mayor tiempo). Al terminar el tiempo de extracción, el matraz se introdujo en un horno a una temperatura de 90 °C para eliminar el exceso del solvente, posteriormente fueron colocados en un desecador y se dejaron enfriar para finalmente ser pesados.



Figura 15. Equipo Soxhlet para cuantificación de lípidos

Para los resultados finales se utilizó la siguiente ecuación.

$$\% EE = \frac{B-A}{M} \times 100$$

Donde:

%EE= Porcentaje de extracto etéreo

A= Matraz a peso constante (g)

B= Matraz con extracto etéreo (g)

M= Peso de la muestra (g)

6.5.2 Proteínas

Se pesó 0.15 g de la muestra, ésta se pasó a un tubo del equipo MicroKjeldahl (Figura 16), se le adicionó 2 g de la mezcla catalizadora $\text{HgO-K}_2\text{SO}_4$ y 3 ml de ácido sulfúrico. Se colocó el tubo en el equipo de digestión y se mantuvo en calentamiento hasta que la muestra se clarificó, se dejó enfriar a temperatura ambiente, ya estando frío, se le agregó al tubo 10 ml de agua destilada e inmediatamente 10 ml de la solución mezcla de hidróxido de sodio al 60% y tiosulfato de sodio al 5%, estando ya preparado el tubo se colocó en el destilador; mientras tanto en la terminal del condensador se colocó un matraz Erlenmeyer con 15 ml de ácido bórico al 5% y dos gotas del indicador de Wesslow para recibir la destilación por arrastre de vapor, el cual se tituló con una solución valorada de HCl al 0.01 N (el vire del color será de verde a violeta tenue). Se utilizó un blanco de reactivo siguiendo el procedimiento anterior.



Figura 16. Equipo microkjeldahl para cuantificación de proteínas

Para los cálculos se tomó la siguiente ecuación.

$$\%N = \frac{V2 - V1 (eqN)N}{M} \times 100$$

Donde:

%N= porcentaje de nitrógeno total

V1= Volumen de HCl gastado en titular el blanco (ml)

V2= Volumen de HCl gastado en titular la muestra (ml).

eqN= 14.007

N= Normalidad de HCl (0.01)

M= peso de la muestra (mg)

6.5.3 Cenizas

El material mineral se cuantificó mediante la incineración de la muestra hasta la obtención de un residuo inorgánico correspondiente a la fracción de cenizas, para ello se utilizó el método de la AOAC, (1997). Se pesaron 3 g de la muestra fresca o deshidratada en un crisol a peso constante (por triplicado), de ahí se pre calcino a fuego directo (Figura 17), posteriormente fueron colocados en una mufla marca 1300 FURMACE, BARNESTEAD THERMOLYNE ® a una temperatura de 600 °C por un lapso de 4 h, pasado ese tiempo se dejó a que la temperatura disminuyera a 100 °C para transferir las muestras a un desecador y se dejó enfriaran completamente para ser pesados.



Figura 17. Incineración de la muestra

Para obtener los resultados de material mineral se aplicó la siguiente ecuación.

$$\%C = \frac{B - A}{M} \times 100$$

Donde:

% C= Porcentaje de cenizas

A= Peso del crisol vacío (g)

B= Peso del crisol con cenizas (g)

M= Peso de la muestra (g)

6.6 Análisis microbiológicos

6.6.1 Preparación de la muestra

El tamaño de las poblaciones microbianas que pueden estar presentes en un alimento, que van desde algunos miles hasta varios millones de células por gramo, su determinación cuantitativa requiere la preparación de diluciones conocidas de la muestra; y es costumbre utilizar cifras decimales para facilitar los cálculos tal como se ilustra en la figura 18.

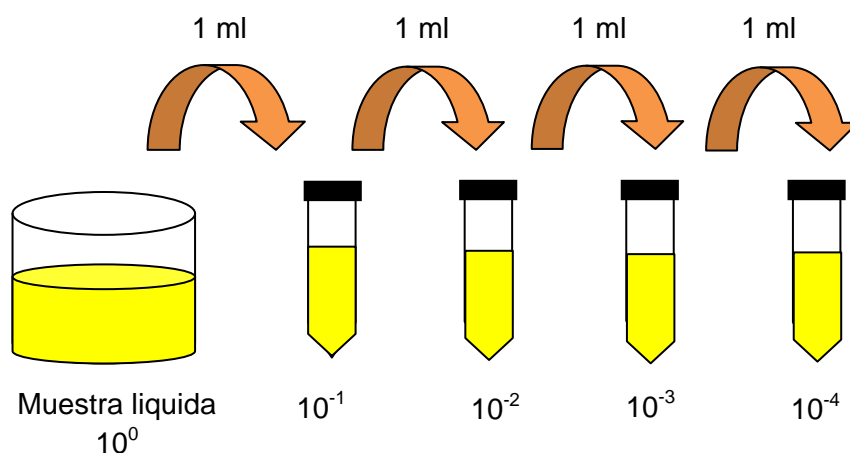


Figura 18. Diluciones realizadas al jugo de fruta mixto.

6.6.2 Hongos y levaduras.

Se determinó la presencia de hongos, mohos y levaduras por conteo en placa utilizando como medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA), añadiendo de 15 a 20 ml de medio en cajas petri, posteriormente se inocularon las muestras haciéndolo por triplicado, añadiendo 150 μ l del jugo en las cajas, se dejaron incubar a 37°C y por último se determinó si hubo presencia de colonias en las cajas petri, en caso de haber tenido contaminación y se determinaron las UFC (Figura 19).

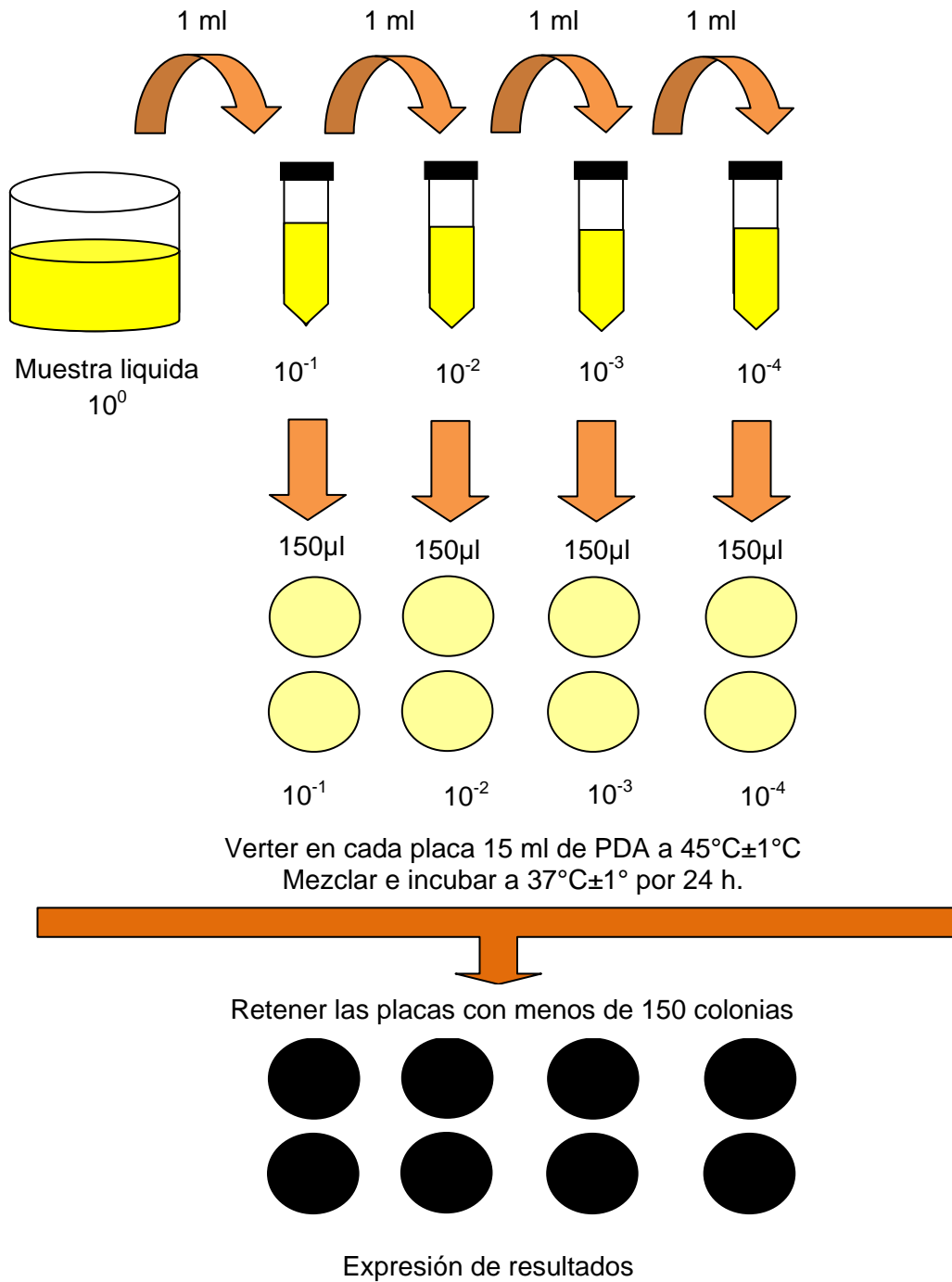


Figura 19. Técnica para cuantificación de hongos y levaduras.

6.6.3 Coliformes totales y fecales

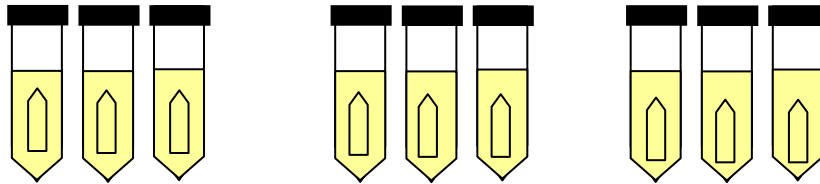
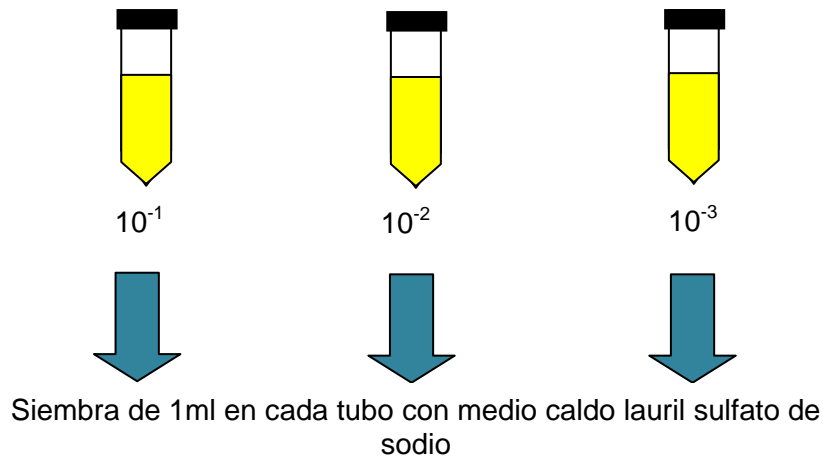
Los Coliformes Totales y fecales fueron determinados por el método del número más probable (NMP) el cual es un número basado en determinadas fórmulas de probabilidad, con las cuales se hará un cálculo de la densidad media de Coliformes de la muestra. La precisión de cada prueba dependerá del número de tubos utilizados (Rodríguez, 2012). El resultado se determinará positivo el jugo estudiado muestre gas en alguno o en todos los tubos. La densidad bacteriana puede calcularse mediante la fórmula facilitada por medio de la tabla que utiliza el número de tubos positivos en las diluciones múltiples (NOM-218-SSA1-2011).

6.6.3.1 Prueba presuntiva de coliformes totales y fecales

La prueba se realizó en una campana de flujo horizontal, utilizando etanol del 98% para esterilizar el área de trabajo, también se utilizó una lámpara UV irradiando por 15 min para asegurar que estuviese libre de microorganismos que pudieran afectar los análisis a realizar, además de encender el flujo de aire para evitar contaminación dentro de la campana.

Ya teniendo el área estéril se procedió a elaborar diluciones hasta 10^{-3} utilizando solución isotónica estéril, después se colocaron en una gradilla 9 tubos de 16x150mm con tapón baquelita atemperados conteniendo 10ml de caldo lauril concentración normal (3 para dilución 10^{-1} , 3 para 10^{-2} y 3 para 10^{-3}). Posteriormente se inocularon las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} , adicionando 1 ml a cada tubo. Se cerraron los tubos y se mezclaron cuidadosamente evitando la formación de burbujas dentro de la campana de Durham. Y por último se incubaron los tubos a 37°C. Se examinaron los tubos después de 24 horas observando si existe formación de gas, en caso de ser dudoso (burbujas muy pequeñas) se incubaron nuevamente 24 horas. En la figura 20 se puede mostrar el procedimiento gráficamente.

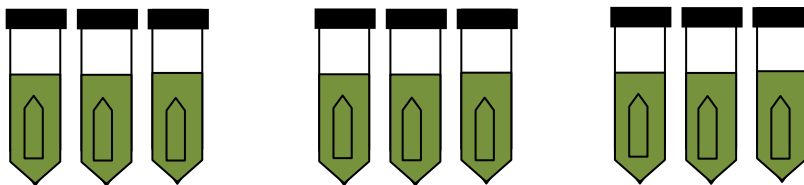
Diluciones de la muestra líquida original



Incubar a 37°C±1° por 24 h.



Siembra a partir de los tubos con gas en caldo BGBL con una asada



Incubar a 37°C±1° por 24 h., la aparición de turbidez y burbujas en la campana Durham indica contaminación



Contar el número de tubos con producción de gas
Determinarlo por el NMP

Figura 20. Prueba de coliformes totales.

6.6.3.2 Prueba confirmativa

Después de haber realizado las lecturas a las 24 o 48 horas, se tomaron de los tubos que muestren formación de gases, una muestra con un asa y se sembraron en un número de tubos iguales en 2 series utilizando para cada serie un medio de cultivo diferente:

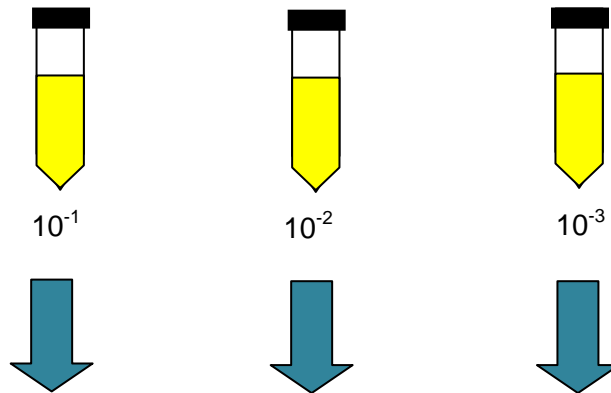
Serie 1: Se utilizó como medio de cultivo caldo lactosa verde brillante para confirmar coliformes totales, que después de la siembra se incubaron a 37°C por 24 horas y por último se observó si hay formación de gases, si el resultado fue dudoso se incubaron 24 horas más.

Serie 2: Se utilizó como medio de cultivo caldo E.C para confirmación de coliformes fecales, que ya habiendo sembrado en tubos, se incubaron (dar media vuelta al tapón del tubo) a 44-45°C por 24 horas (Figura 21) y después de ese tiempo se procederá a observar la presencia de gases.

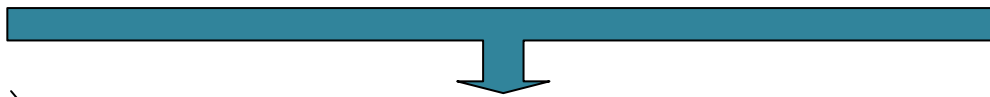
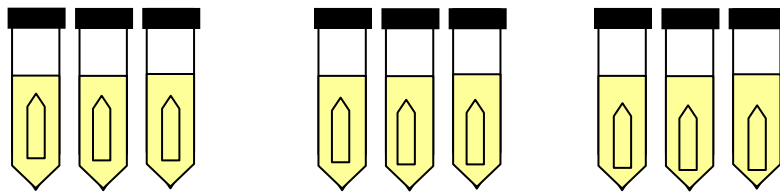
6.6.3.3 Expresión de resultados

- Contar el número total de tubos con producción de gas
- Retener 3 diluciones, según el caso:
 - a) Cuando al menos una dilución presenta 3 tubos positivos, elegir la más diluida que presente los 3 tubos positivos y las dos diluciones siguientes con tubos positivos
 - b) En caso contrario, elegir las tres diluciones más diluidas que contengan al menos un tubo positivo.
- Determinar el NMP con ayuda de la tabla del NMP.

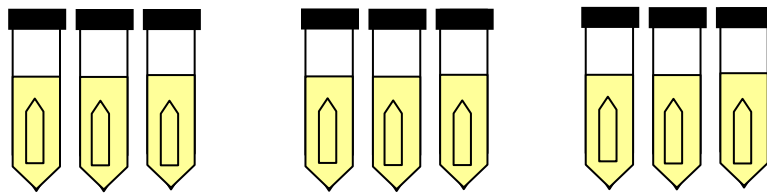
Diluciones de la muestra líquida original



Siembra de 1ml en cada tubo con medio caldo lauril sulfato de sodio e incubar a 37°C por 24 h.



Siembra a partir de los tubos con gas en caldo EC con una asada



Incubar a 45°C±1° por 24 h., la aparición de turbidez y burbujas en la campana Durham indica contaminación



Contar el número de tubos con producción de gas
Determinarlo por el NMP

Figura 21. Técnica de coliformes fecales.

6.7 Determinación de vida de anaquel

El jugo tratado por ultrasonido fue envasado y almacenado a 5°C (temperatura de refrigeración) con la finalidad de evaluar la vida de anaquel, el cual fue monitoreado a los 7, 15, 17 y 19 días después de su elaboración, realizándole evaluaciones microbiológicas tales como hongos, levaduras, coliformes totales y fecales; y análisis fisicoquímicos como pH, acidez titulable y °Brix (ver figura 22), para ver los cambios ocurridos con el transcurso de los días y así determinar el momento en que el jugo no fue apto para su consumo desde el punto de vista microbiológico. Esto fue realizado de acuerdo con la NOM-173-SCFI-2009 para ver los límites permisibles de microorganismos presentes en el jugo.



Figura 22. Monitoreo del jugo en diferentes tiempos (7, 15, 17 y 19 días)

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.2 Evaluación sensorial

Los resultados obtenidos de la prueba sensorial realizada a 50 personas para las formulaciones establecidas (F1, F2, F3 y F4) fueron realizadas en la puerta principal de las instalaciones de la tienda Chedraui en la ciudad de Tuxtepec Oaxaca (Figura 23).



Figura 23. Evaluación sensorial de jugo de frutas.

A continuación en la figura 24 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial del jugo de frutas, en donde se puede apreciar que las formulaciones más aceptadas son la F3 y F4, y comparándolas entre sí, se puede observar que existe más aceptación por parte de los panelistas para F4, poniendo como observaciones que la combinación de esas tres frutas presenta un sabor agradable al paladar, además de tener buen dulzor y acidez agradable en

comparación con las demás formulaciones, en las cuales los panelistas percibieron un sabor muy ácido, ligeramente amargo y coloración pálida.

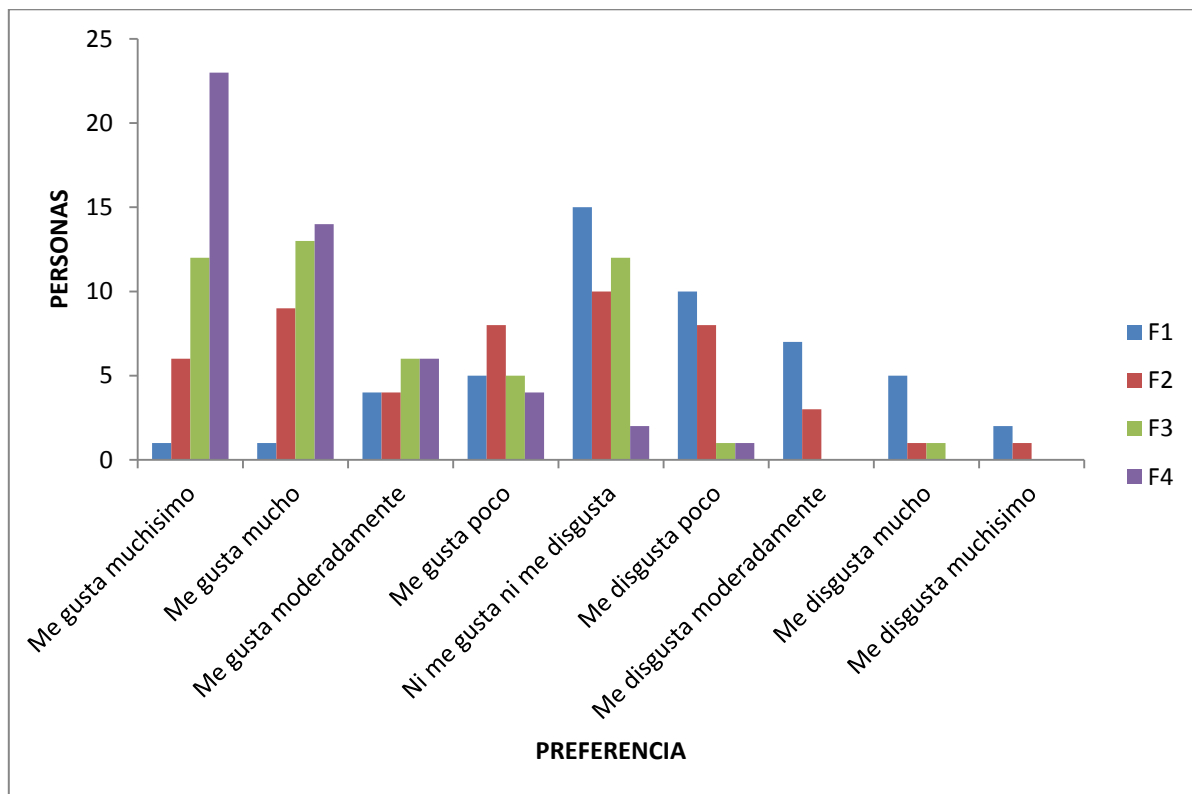


Figura 24. Resultados de la evaluación sensorial para 4 formulaciones de jugo mixto.

7.3 Análisis químico proximal (AQP)

La determinación del análisis químico proximal fue realizada primero para cada uno de los jugos extraídos a partir de las diferentes frutas, con la finalidad de tener referencia acerca del aporte que tienen cada una de las frutas. Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 10. El contenido de cenizas en el pomelo presentó el mayor valor (0.45%), seguida la piña (0.24%) y carambolo (0.18%). Tello *et al*, (2002) reportó valores menores de cenizas y lípidos, pero menores contenidos de proteína. La proporción de lípidos en las frutas fue bajo (0.21-1.10%), de los cuales el carambolo presenta el valor más alto (1.10 %), seguido de la piña (0.21%)

y pomelo (0.14%). Fox y Cameron, (2002) reportaron valores similares en el contenido de lípidos en pomelo, pero valores menores de proteínas. En el caso de la piña se han reportado valores menores de lípidos (Macrae *et al*, 1993).

Tabla 10. Análisis químico proximal del jugo extraído a partir de las frutas utilizadas.

Frutas	Cenizas*	Grasas*	Proteínas*
	(%)	(%)	(%)
Piña	0.24 ± 0.05 ^b	0.21 ± 0.03 ^a	1.39 ± 0.36 ^a
Pomelo	0.45 ± 0.02 ^a	0.14 ± 0.04 ^b	1.29 ± 0.13 ^b
Carambolo	0.18 ± 0.02 ^c	1.10 ± 0.19 ^c	1.27 ± 0.41 ^c

*Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ($p < 0.05$) con la prueba Tukey.

El contenido proteico del jugo para cada uno de los frutos fue de 1.39% para la piña, 1.29% para pomelo y 1.27% para carambolo. Estos valores son bajos para ser considerados como una fuente proteica. Murdock (2012) reportó contenidos de proteína para piña de 0%, pomelo de 1% y para carambolo de 1%. La variación de los resultados reportados entre los diferentes autores citados puede ser atribuida a la región de cultivo, condiciones ambientales donde fueron cultivados, o bien la variedad de las frutas utilizadas. Un aspecto interesante de la combinación de la mezcla de jugos elaborados a partir de estas frutas es que pueden complementar en conjunto para brindar un aporte nutricio sustancial a diferencia del que aportarían por si solas.

Posteriormente fue determinado el análisis químico proximal para la mezcla del jugo de frutas el cual fue llevado hasta los 11.1 °Brix en la formulación con mayor grado de aceptación (F4). Este análisis fue llevado cabo en el jugo de frutas mixto

antes y después del tratamiento por ultrasonido para observar si el método causaba algún efecto en los componentes analizados (ver tabla 11).

Tabla 11. Análisis químico proximal (AQP) del jugo de frutas mixto (11.1 °Brix) sin y con tratamiento por ultrasonido.

Jugo mixto	Cenizas (%)	Grasas (%)	Proteínas (%)
ST	2.36 ± 0.09 ^a	1.33 ± 0.01 ^a	2.55 ± 0.01 ^a
TCU	2.36 ± 0.04 ^a	1.33 ± 0.05 ^a	2.55 ± 0.01 ^a

*Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ($p < 0.05$) con la prueba Tukey.

ST: Sin tratamiento

TCU: Tratamiento con Ultrasonido

Se puede observar claramente que los valores de cenizas, grasas y proteínas no fueron afectadas por el tratamiento en ultrasonido ya que la temperatura alcanzada no pasa de los 50°C dejando intactos los nutrientes termosensibles. Lo cual se vuelve muy importante desde el punto de vista tecnológico como alternativa para procesamiento de jugos de frutas manteniendo su calidad nutricional y cualidades sensoriales.

7.4 Análisis fisicoquímicos

Con la finalidad de observar si el ultrasonido provoca algún cambio en el producto final se realizaron distintos análisis fisicoquímicos como; pH, °Brix, acidez titulable y color, teniendo como resultado, que no hubo ningún cambio significativo como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Análisis fisicoquímicos del jugo sin tratamiento y tratado por ultrasonido en el tiempo inicial.

Jugo mixto	pH	°Brix	Acidez titulable
ST	3.38 ± 0.05 ^a	11.1 ± 0.057 ^a	0.1633 ± 0.05 ^a
TCU	3.39 ± 0.01 ^a	11.1 ± 0.057 ^a	0.1600 ± 0.01 ^b

*Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar.

Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ($p < 0.05$) con la prueba Tukey.

ST: Sin tratamiento

TCU: Tratamiento con Ultrasonido

Los análisis fisicoquímicos realizados al jugo sin tratamiento fueron comparados con los realizados al jugo tratado por ultrasonido, el pH para el jugo control fue de 3.38 y de 3.39 para el jugo tratado por ultrasonido. Estos valores fueron muy similares lo cual indica que el tratamiento no afectó el pH del jugo. Un comportamiento similar se observó en los valores de acidez (0.1633 y 0.1600) titulable debido a que el jugo control y tratado por ultrasonido presentaron valores muy parecidos. Con respecto al análisis de °Brix se observó un valor 11.1 °Brix para ambos casos (jugo control y tratado por ultrasonido), lo cual indica que este tratamiento no causó alteraciones en el jugo de frutas al no observarse cambios significativos.

Bermúdez (2012) evaluó la inactivación de *Saccharomyces cerevisiae* en jugos de piña, uva y arándano utilizando un tratamiento por termosonicación con pulsos continuos, sin observar cambios en el pH de la piña, en arándano se observa un aumento de 2.46 a 2.59 y en uva también se observó un aumento de 2.93 a 2.98 en las muestras tratadas con ultrasonidos, de igual manera Hasan *et al.*, (2014) observaron un comportamiento semejante al tener un ligero aumento en el pH

pasando de 3.35 a 3.40, además de pequeña disminución en la acidez titulable de 0.38 a 0.37 en jugos de uva tratados con ultrasonidos.

Estas diferencias encontradas con respecto a los valores de pH y acidez titulable reportados por otros autores observados en estos trabajos, pueden ser debidas a las diferentes métodos utilizados para el tratamiento de los jugos (termosonicación o sonicación), concentración del producto, además de los parámetros utilizados en el tratamiento (Potencia, amplitud, pulsos, tiempo y temperatura). Se ha reportado que los tiempos son muy importantes para el tratamiento de ultrasonido puesto que al utilizar tiempos prolongados (1 a 3 h) se ocasiona la formación de compuestos químicos como lo son el peróxido de hidrógeno, algunos nitritos y nitratos, los cuales hacen que ocurra ese aumento en el pH y la disminución en la acidez titulable (Supeno, 2000). Durante la ultrasonicación algunos compuestos fenólicos pueden ser convertidos fácilmente en quininas no antioxidantes u otros intermediarios metabólicos, lo cual puede provocar cierto aumento en el pH (Leffler, 1993). Estos compuestos son considerados como sustancias básicas, que pueden provocar alteraciones en el valor de la acidez titulable y pH.

Por los resultados obtenidos se identificó que el tratamiento con ultrasonidos tiene el potencial de preservar la calidad de muchos productos alimenticios en términos de propiedades fisicoquímicas, color y sabor en comparación con las técnicas convencionales de pasteurización a temperaturas mucho más altas (Patist, 2008).

7.4.1 Determinación de ácido ascórbico

El ácido ascórbico o vitamina C es un nutriente muy importante para la dieta diaria, ya que es un antioxidante natural que ayuda al mantenimiento del cuerpo humano. Por la importancia que representa este componente se analizó su contenido en la mezcla del jugo elaborado, en la tabla 13 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 13. Concentración de vitamina C en jugo sin tratamiento y tratado por ultrasonido.

Tipo de jugo	mg/100 ml
ST	52.33 ± 0.055 ^a
TCU	51.39 ± 0.051 ^b

*Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ($p < 0.05$) con la prueba Tukey.

ST: Sin tratamiento

TCU: Tratamiento con Ultrasonido

El jugo de frutas mixto sin tratamiento presentó una concentración de ácido ascórbico de 52.333 mg/100 ml. Este valor es ligeramente mayor al valor reportado por Tripathi *et al*, (1992); Bhardwaj y Mukherjee (2005). Después de aplicarse el tratamiento por ultrasonido al jugo mixto, se observó que la concentración de ácido ascórbico disminuyó muy ligeramente. Sin embargo, en comparación con otros métodos como lo son la pasteurización, ultrapasteurización y esterilización, lo cual son los más utilizados en la industria para el procesamiento de jugos, la pérdida de ácido ascórbico es total, debido principalmente a que se utilizan temperaturas muy elevadas, puesto que el ácido ascórbico es termosensible y fotosensible, pero al no tener cambios significativos en este estudio, se considera que el tratamiento es eficiente para conservar las propiedades nutricionales del jugo.

7.4.2 Determinación de color.

Los valores de L*, a* b*, del jugo sin tratamiento y de jugo tratado con ultrasonido se presentan en la tabla 14, donde el valor de L* en el jugo tratado con ultrasonido presentó un ligero aumento en comparación con el jugo sin tratamiento, este mismo comportamiento fue observado para el valor de b*. Esto puede ser debido a que el tratamiento con ultrasonido provoca una ligera degradación de pared

celular y liberación de pigmentos, característicos de cada fruto lo cual potencializa la tonalidad. Sin embargo, no se detectaron diferencia con respecto al parámetro a*.

Tabla 14 Evaluación de color de la bebida de mezcla de jugos de frutas sin tratamiento y tratado con ultrasonidos.

Bebida de Mezcla de frutas	L	a*	b*
ST	42.34 ± 0.025 ^a	-2.33 ^a	15.28 ± 0.035 ^a
TCU	42.68 ± 0.026 ^b	-2.34 ^a	16.05 ± 0.040 ^b

*Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar.

Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ($p < 0.05$) con la prueba Tukey

ST: Sin tratamiento

TCU: Tratamiento con Ultrasonido

El jugo sin tratamiento presento un valor de $a^* = -2.33$, viendo un ligero aumento en el jugo tratado con ultrasonido con un valor de $a^* = -2.34$, lo cual los valores de a^* negativo indican que tienen componente verde. Los valores de b^* fueron positivos con valores de $b^* = 15.2833$ y $b^* = 16.0566$ del jugo sin tratamiento y tratado con ultrasonidos respectivamente, indicando que el color tiene componente amarillo y al aplicarle ultrasonidos los pigmentos amarillos son potencializados. Los resultados obtenidos están de acuerdo con los obtenidos por realizado por Valero *et al*, (2007) en el cual analizaron los efectos causados al tratar jugo de naranja con ultrasonidos, observando un aumento en L^* , a^* y b^* , favoreciendo su aumento, teniendo en cuenta que entre mayor cantidad de pulpa contenga el jugo, más altos serán los valores de estos parámetros.

7.4.3 Análisis microbiológico

De igual manera se realizaron distintos análisis microbiológicos, con la finalidad de ver la efectividad de la ultrasonificación para eliminar ciertos microorganismos presentes en el jugo tales como coliformes totales, coliformes fecales, hongos y levaduras, el resultado se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Resultados microbiológicos de jugo sin tratamiento y tratado con ultrasonido

Jugo	Coliformes totales	Coliformes fecales	Hongos	Levaduras
ST	0.09 UFC/ml	0.09UFC/ml	Ausente	6 UFC/ml 10^{-2}
TCU	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

ST: Sin tratamiento

TCU: Tratamiento con Ultrasonido

Como se puede observar tabla 15, en el jugo sin tratamiento existe la presencia de microorganismos provenientes de la materia prima, en este caso, las frutas con las que fue elaborado el jugo mixto, teniendo una contaminación de coliformes fecales y totales de 0.09 UFC/ml.

A continuación en la figura 25 se muestran los resultados microbiológicos del jugo sin tratamiento, para la cual se realizó una prueba presuntiva utilizando como medio de cultivo caldo lauril con adición de rojo de fenol, observando un cambio de coloración en dos de los tubos de la dilución 10^{-1} pasando de rojo a amarillo, lo que nos indica una posible contaminación de coliformes, para lo que después se realizó una prueba confirmativa usando caldo verde brillante para coliformes totales y caldo EC para coliformes fecales, para así descartar algún falso positivo y tener la certeza de que los datos obtenidos en la prueba presuntiva son correctos. Los tubos incubados en la prueba confirmativa mostraron turbidez y formación de gases en la

campana Durham, lo cual confirma que los resultados obtenidos en la prueba presuntiva son correctos.

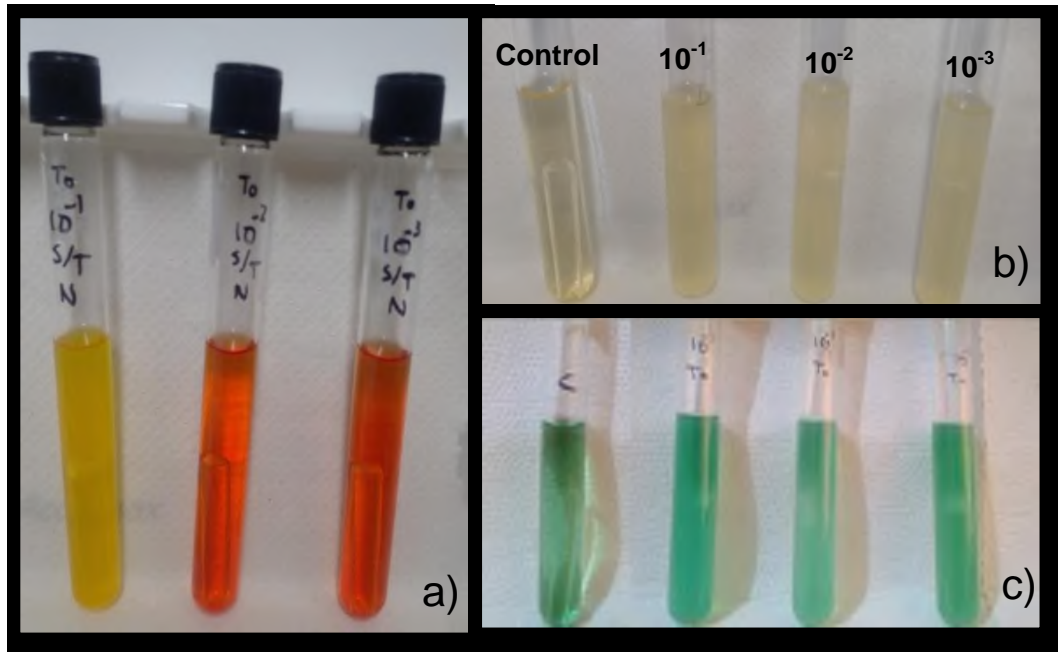


Figura 25.a) Prueba presuntiva b) prueba confirmativa caldo EC c) prueba confirmativa caldo verde brillante.

De igual manera se observó la presencia de levaduras con una contaminación de 6 UFC/ml en la dilución 10^{-2} mostrándolo en la figura 26.

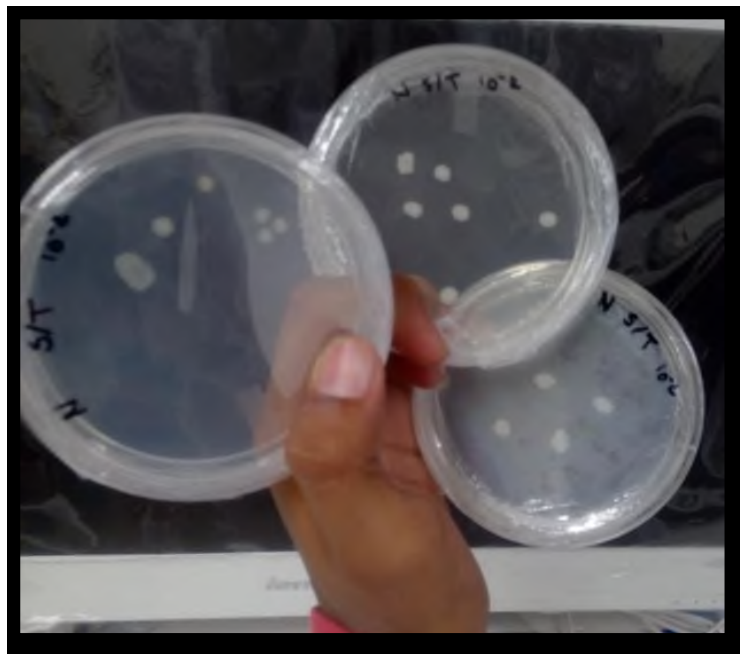


Figura 26. Cajas inoculadas con crecimiento de levaduras

Después de haberle aplicado el tratamiento de ultrasonificación obtuvimos como resultado la ausencia de estos microorganismos (Figura 27)), lo que nos da a entender que la ultrasonificación actuó sobre ellos, eliminándolos por completo.

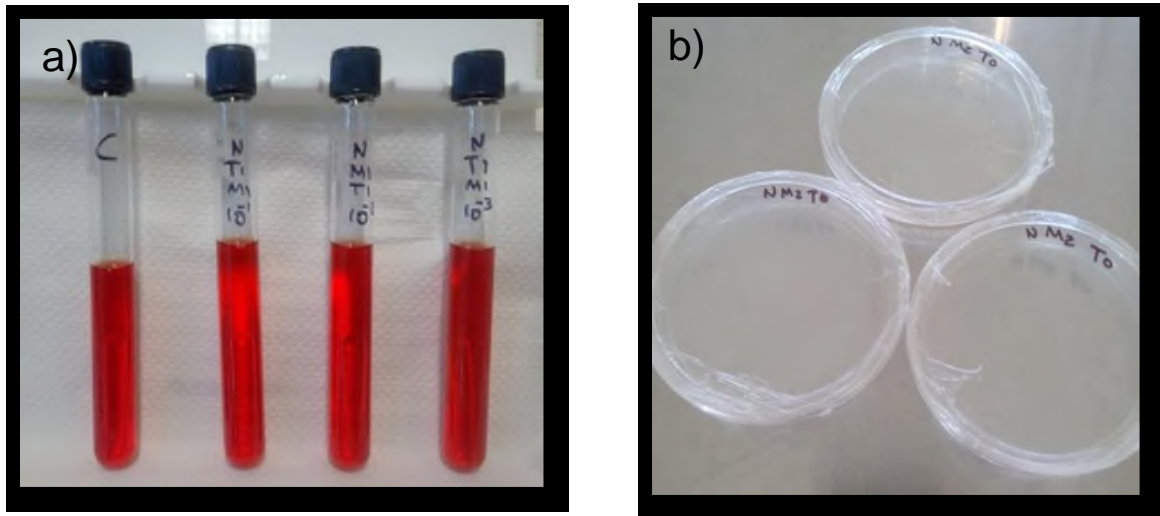


Figura 27. a) Prueba de coliformes negativa y b) Hongos y levaduras ausentes

Kiang *et al*, (2012), realizaron un estudio sobre el efecto de la termosonicación sobre *Escherichia coli* O157: H7 y *Salmonella Enteritis* en jugo de mango en el cual se encontró que la introducción de ultrasonido de alta intensidad mejoró la inactivación de patógenos en comparación con tratamiento térmico solo.

Temperatura elevada debilita la membrana bacteriana, lo que mejora el efecto de cavitación debido a la ecografía. El ultrasonido a 50 ° C tiene el potencial de preservar la calidad de muchos productos alimenticios en términos de propiedades fisicoquímicas, como lo es el color y sabor en comparación con las técnicas convencionales de pasteurización a temperaturas mucho más altas (Patist, 2008).

Adekunte *et al*, (2010) realizaron un estudio sobre el efecto que tiene el uso del ultrasonido sobre el color del jugo, ácido ascórbico y la inactivación de levaduras en jugo de tomate, teniendo resultados favorables al observar la eliminación de las

levaduras presentes en el jugo de tomate. De igual manera Lee *et al*, (2013) utilizaron ultrasonido en combinación con calor y baja presión como un tratamiento de pasteurización alternativa para ver los efectos en la inactivación de *Escherichia coli K12* y la calidad de la sidra de manzana, los cuales llegaron a la conclusión de no haber tenido pérdidas de compuestos volátiles y hubo inhibición de *Escherichia coli K12*.

7.5 Análisis de vida de anaquel

El jugo tratado por ultrasonido fue embotellado y almacenado a 5°C al cual se le realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos en diferentes tiempos de almacenamiento, esto con el fin de determinar el punto exacto de descomposición del jugo, el cual fue determinado al rebasar la carga microbiana de acuerdo a la NOM-130-SSA1-1995.

Después de haber monitoreado el jugo a los 7, 15, 17 y 19 días, se obtuvieron los resultados de los análisis fisicoquímicos, en los cuales se evaluó el pH, °Brix y acidez titulable, mostrados en la tabla 16. También se le realizaron análisis microbiológicos, en los que se evaluó la presencia de ciertos microorganismos característicos en jugos, tales como coliformes totales, coliformes fecales, hongos y levaduras. Obteniendo como resultados lo que se muestra en la tabla 17.

Tabla 16. Análisis fisicoquímicos del jugo tratado por ultrasonido y almacenado por diferentes tiempos (7, 15, 17 y 19 días).

Jugo tratado con ultrasonido	pH	°Brix	Acidez titulable
7 días	3.39 ± 0.01 ^a	11.06 ± 0.057 ^a	0.16 ± 0.05 ^a
15 días	3.39 ± 0.01 ^a	11.06 ± 0.057 ^a	0.16 ± 0.01 ^a
17 días	3.39 ± 0.01 ^a	11.06 ± 0.057 ^a	0.16 ± 0.05 ^a
19 días	3.30 ± 0.05 ^b	8.36 ± 0.057 ^b	0.32 ± 0.05 ^b

*Promedio de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística (p<0.05) con la prueba Tukey.

Tabla 17. Resultados microbiológicos en los tiempos 7, 15, 17 y 19 días.

Jugo Sonicado	Coliformes totales	Coliformes fecales	Hongos	Levaduras
7 días	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
15 días	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
17 días	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
19 días	Ausente	Ausente	Ausente	Incontables

Los datos obtenidos hasta los 17 días, no muestran ningún cambio significativo, lo cual nos indica que no existe presencia de microorganismos patógenos capaces de producir alteraciones en los parámetros de pH, °Brix y acidez titulable, observando que los parámetros antes mencionados no sufrieron cambios,

asegurando la calidad del producto hasta ese tiempo. Sin embargo, en el jugo almacenado a 19 días se observaron cambios microbiológicos y fisicoquímicos importantes, apreciando el crecimiento de levaduras a una concentración incontable, mostrando colonias mezcladas imposibles de contar y; viendo una disminución en el valor de pH pasando de 3.39 a 3.30, así como también los °Brix se vieron afectados, teniendo una importante disminución pasando de 11.06 a 8.36 y acidez titulable (de 0.1633 a 0.3233).

Estos cambios vistos a los 19 días se deben al crecimiento de levaduras en el jugo (Figura 28), las cuales degradaron los azúcares presentes en el jugo, ya que las levaduras los ocupan como sustratos para realizar sus funciones metabólicas y así reproducirse. Lo cual los azúcares son fermentados hasta la producción de alcohol que posteriormente en las frutas pueden encontrarse bacterias del genero acetobacter que convierten ese alcohol en ácido acético, lo que hace que el medio se acidifique, haciendo que el pH se reduzca y a la hora de cuantificar la acidez titulable se vea aumentada, por el aumento del ácido acético presente (Madigan *et al*, 1999).

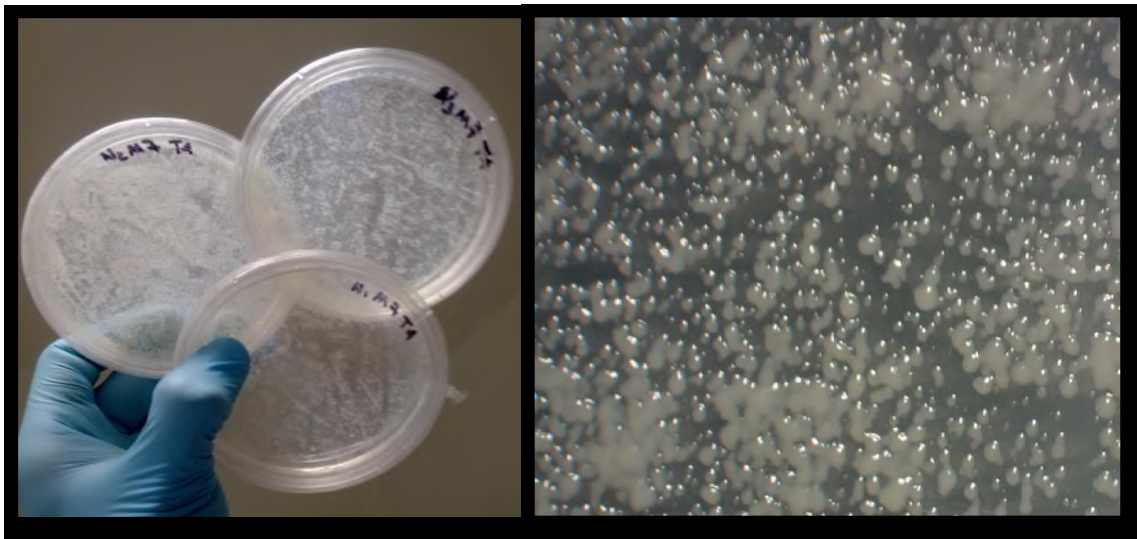


Figura 28. Crecimiento de levaduras a los 19 días.

El jugo elaborado en este proyecto no tiene adición de de ningún conservador, estabilizante o algún otro aditivo, contando con una vida de anaquel de 17 días sin ninguna alteración lo cual es de gran importancia ya que con tan solo el tratamiento de ultrasonidos hace que tenga esa duración. Un estudio realizado por Valero *et al*, (2007), los cuales evaluaron el efecto de tratamientos de ultrasonidos en el proceso de jugo de naranja, en el que aplicaron frecuencias de 500 kHz a 240 w durante 15 min, obteniendo una disminución de la carga microbiana. El jugo de naranja tratado con ultrasonidos fue almacenado a 5° y 12 °C, observando crecimiento microbiano a los 14 días de almacenamiento. Comparando los estudios realizados, nuestro jugo tiene mayor vida de anaquel que el reportado por Valero *et al*, 2007, puesto que a los 14 días ya se ve presencia de microorganismos, en comparación con el nuestro que a los 17 días no se observa presencia microorganismo en el jugo ni ninguna alteración que pudiera afectar la calidad del jugo. La adición de aditivos al jugo como lo son conservadores, estabilizantes, antiespumantes, etc., además de envasarlo al vacío aumentaría aún más su vida de anaquel sin presentar ninguna alteración.

VIII. CONCLUSIÓN

Se logró establecer la formulación más adecuada (F4) para la mezcla del jugo de frutas de acuerdo al gusto y preferencia de los evaluadores; la cual fue elaborada con un 37.77% de jugo de piña, 13.33% de jugo de carambola, 6.66% de jugo de pomelo y con un 42.24% de agua. La evaluación sensorial permitió comprobar si existía diferencia entre los atributos olor, color y sabor del jugo tratado por ultrasonido en comparación con el jugo sin tratamiento. Además de hacer evidente la aceptación entre los panelistas por la formulación F4.

El análisis físico-químico realizado al jugo de cada fruta presentó valores muy similares a los reportados en el caso de cenizas, grasas y ligeramente mayor en el caso de proteínas. Por otro lado los componentes como; cenizas, grasas y proteínas para la mezcla del jugo de frutas tratado por ultrasonido no fueron afectados.

El valor de la acidez y contenido de ácido ascórbico fue ligeramente afectado en el jugo mixto tratado por ultrasonido. Este cambio es irrelevante al compararlo con los tratamientos utilizados para el procesamiento de jugos a nivel industrial (pasteurización, ultrapasteurización y esterilización), en donde la pérdida es total. Lo cual indica que el ultrasonido no causa cambios importantes sobre las propiedades fisicoquímicas de la mezcla de jugos durante su procesamiento por este método.

Los parámetros de color L^* , a^* y b^* del sistema CIELab evaluados en el jugo de fruta mixto aumentaron ligeramente para L^* y b^* . Permaneciendo sin cambios para el caso de a^* .

El tratamiento por ultrasonido cumplió con la finalidad de eliminar microorganismos presente en el jugo de fruta mixto, lo cual fue demostrado con el análisis microbiológico realizado al jugo después de su procesamiento y durante el almacenamiento (4 °C). Estas mezclas de zumos pueden ser almacenadas de manera efectiva por un período de 17 días sin ningún conservador.

Se puede concluir que las formulaciones de mezclado (mezcla) de bebidas de zumo de fruta pueden ser desarrolladas a partir de este método no convencional, para satisfacer el gusto y preferencia del consumidor, sin sacrificar la calidad nutricional del jugo mixto.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Adekunle A. O., Tiwari B. K., Cullen P. J., Scannell A. G. M., O'Donnell C. P. (2010). Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chemistry*, 122, 500-507.
2. Anzaldúa A. (2005). Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica: Las propiedades sensoriales. Cap. 2. (1ª edición). Editorial Acribia, pp. 11-21. Zaragoza, España.
3. Badui S. (2010). Química de alimentos: Agua. Cap. 1. (4ª edición). Editorial PEARSON, pp. 9-26. Naucalpan, Estado de México.
4. Bermúdez D., Barbosa G. V. (2012). Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in pineapple, grape and cranberry juices under pulsed and continuous thermo-sonication treatments. *Journal of food engineering*, 108, 383–392.
5. Berry R. E., Wagner C. J., Shaw P.E., Knight R. J. (1977). Promising products from tropical fruits. *Food Products Development*, 4, 109-112.
6. Bhardwaj R. L. y Mukherjee S. (2011). Studies on preservation of kinnow mandarin juice and its blends. *African journal of food science*, 5, 281-286.
7. Cadaval A., Artiach B., Garin U., Perez C. y Aranceta J. (2005). Alimentos funcionales para una alimentación más saludable.
8. Campbell C.W y Malo S.E. (1981). The carambola. Fruit Crops Fact Sheet 12. Florida Cooperative Extension Service, pp. 455-457, University of Florida.
9. Campbell C. A. y Koch K. E. (1989). Sugar/acid composition and development sweet and tart carambola fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114, 455-457.
10. Codex Alimentarius. (2005). Norma general del codex para zumos (jugos) y néctares de frutas (en línea). Disponible en: [www.codexalimentarius.net/download/standards/10154/CXS_247s.pdf].
11. Collins J.L. (1960). The pineapple: botany, cultivation and utilization. Collins, J.L (Eds), Leonard Hill, New York, pp. 294.
12. FAO (1993). Prevención de pérdida de alimentos poscosecha: Frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Disponible en: [https://books.google.com.mx/books?id=32e7Ezy76DYC&pg=PA113&dq=met

[odos+de+conservacion+de+alimentos&hl=es419&sa=X&ved=0CEUQ6AEwCGoVChMlyIPOI5alxwIVUn6SCh2Fvgot#v=onepage&q=metodos%20de%20conservacion%20de%20alimentos&f=false](https://www.google.com/search?q=metodos%20de%20conservacion%20de%20alimentos&hl=es419&sa=X&ved=0CEUQ6AEwCGoVChMlyIPOI5alxwIVUn6SCh2Fvgot#v=onepage&q=metodos%20de%20conservacion%20de%20alimentos&f=false).

13. FAO (2003). Aspectos higiénicos y sanitarios. Disponible en: [\[http://www.fao.org/docrep/006/y4893s/y4893s07.htm\]](http://www.fao.org/docrep/006/y4893s/y4893s07.htm).
14. Flores R. (2004). Efecto de la incorporación de fibra dietética de diferentes fuentes sobre propiedades de textura y sensoriales en tortillas de maíz (*Zea mays* L.). Instituto politécnico nacional. Tesis de maestría.
15. Fonteles T. V., Garcia M., Ana Laura Tibério A. L., Alcântara M. R., Narciso F. A., Rodrigues S. (2012). Power ultrasound processing of cantaloupe melon juice: Effects on quality parameters. *Food Research International*, 48, 41-48.
16. Fox B. A., Cameron A. G. (2002). Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. (6ª edición). Editorial Grupo Noriega Limusa, pp. 231-236. México.
17. Guinea J., Sancho J., Pares R. (1979). Análisis microbiológicos de aguas: aspectos aplicados. Ediciones Omega, pp. 289. Barcelona.
18. Hasan M., Yun H., Kwak E., Baek K. (2014). Preparation of resveratrol-enriched grape juice from ultrasonication treated grape fruits. *Ultrasonics sonochemistry*, 21, 729-734.
19. Kiang W. S., Bhat R., Rosma A., Cheng L. H. (2012). Effects of thermosonication on the fate of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* Enteritidis in mango juice. *Letters in Applied Microbiology*, 56, 251-257.
20. Lee H., Kim H., Cadwallader K. R., Feng H., Martin S. E. (2013). Sonication in combination with heat and low pressure as an alternative pasteurization treatment - Effect on *Escherichia coli* K12 inactivation and quality of apple cider. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 1131-1138.
21. Leffler J.E., (1993). An Introduction to Free Radicals. Editorial John Wiley and Sons, pp. 119–121. New York.
22. Macrae R., Robinson R. K., Sadler M. J. (1993). Encyclopedia of food science, food technology and nutrition. (3ª edición). Editorial Academic Press, pp. 68. New York, USA.

23. Madigan M.T., Martinko J.M., Parker J. (1999). Brock: Biología de los microorganismos (8ª edición). Editorial PEARSON EDUCACION, S.A., pp. 456-458.
24. Martínez A. (2010). Modelo de estructura orgánica para los productores de piña de loma bonita, Oaxaca. Universidad del Papaloapan campus Tuxtepec. Tesis de licenciatura.
25. Morton J. F. (1987). Fruits of warm climates. Editorial Creative resource systems, pp. 125-128. Miami USA.
26. Muñoz A., Caminiti I. M., Palgan I., Pataro G., Noci F., Morgan D. J., Cronin D. A., Whyte P., Ferrari G., Lyng J. G. (2012). Effects on Escherichia coli inactivation and quality attributes in apple juice treated by combinations of pulsed light and thermosonication. *Food Research International*, 45, 299-305.
27. Murdock D.H. (2012). The encyclopedia of foods: guide to healthy nutrition. Editorial Staff, pp 168-203. Washington, D.C.
28. NOM-120-SSA1-1994. Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas
29. NOM-130-SSA1-1995. Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre herméticos y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias.
30. NOM-173-SCFI-2009. Jugos de frutas preenvasados- Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
31. NOM-218-SSA1-2011. Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba.
32. O'Donnell C. P., Tiwari B. K., Bourke P., Cullen P. J. (2010). Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science and Technology*, 21, 358-367.
33. Orduz J. O., Rangel J. A. (2002). Frutales Tropicales Potenciales Para El Piedemonte Llanero. (1ª edición). Editorial Corpoica, pp. 134. Bogotá, Colombia.

34. Palomar, A. (2006). La despensa de hipocrates: los poderes curativos de los alimentos(4ª edición). Editorial Txalaparta, pp.101. Madrid, España.
35. Patist A., Bates D. (2008). Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* , 9, 147-154.
36. Pérez Barraza, M. H., Vázquez Valdivia, V. (2004). El cultivo de carambolo (Averrhoa Carambola L.): Una alternativa para el trópico seco. *Chapingo serie horticultura*, 11, 83-87.
37. Ramírez A., Pacheco de Delahaye, E. (2011). Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interferencia*, 36, 71-75.
38. Rodríguez I.I., Urbano M. G. (2012). Determinación de la calidad microbiológica de bebidas refrescantes dispensadas en máquinas de restaurantes de comida rápida del distrito 1 de la zona metropolitana de san salvador. Universidad de el Salvador. Tesis de licenciatura.
39. SIAP SAGARPA (2013). Producción de carambolo por estado [www.sagarpa.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado].
40. Sillanpaa, M., Pham T., Shrestha R. (2011). Ultrasound technology in green chemistry. Editorial Springer, pp. 1-21. Mikkeli, Finland.
41. Somboonsilp P., Tia S., Yoovidhya T. (2012). Desarrollo a pequeña escala de un sistema de pasteurización óhmica para la retención de sabor en la producción de jugo de fruta. *Bebidas mexicanas*, 1, 9-17.
42. Supeno P.K. (2000). Sonochemical formation of nitrate and nitrite in water. *Ultrasonics sonochemistry*, 7, 109-113.
43. Tello O., García R., Vásquez O. (2002). Conservación de *Averrhoa carambola* L "carambola" por azúcar y calor. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNAP, Iquitos, Perú. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 1, 49-58.
44. Tiwari B.K., Muthukumarappan K., O'Donnell C.P., Cullen P.J. (2009). Inactivation kinetics of pectin methylesterase and cloud retention in sonicated orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 166-171.

45. Tripathi, V. K., Lyndgoh, K., Singh, D. (1992). Studies on blending of pineapple juice with different ratio of guava juice for preparation of RTS beverage. *Progressive Horticulture*, 24, 60-65.
46. Valero M., Recrosio N., Saura D., Muñoz N., Marti N., Lizama V. (2007). Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. *Journal of Food Engineering*, 80, 509-516.
47. Yousef, A. E., Carlstrom, C. (2003). *Microbiología de los alimentos: Manual de laboratorio*. Editorial Acribia, pp. 45-55. Zaragoza, España.