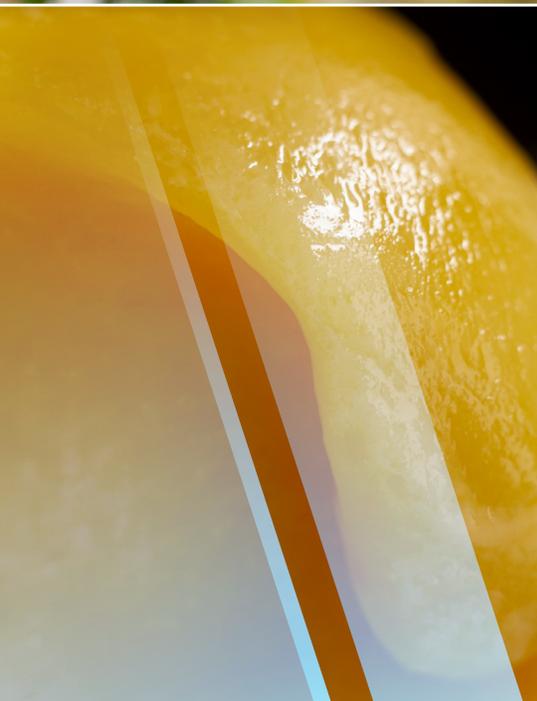


WILLIAM J. ZAMBRANO-HERRERA

CONSERVACIÓN DE PULPA DE MANGO POR MÉTODOS COMBINADOS

Aspectos de interés



UNELLEZ - VIPI
Vicerrectorado de Infraestructura
y Procesos Industriales



Conservación de Pulpa de Mango por Métodos Combinados

Aspectos de interés

William Zambrano-Herrera



Título de la obra: Conservación de Pulpa de Mango por Métodos Combinados.
Aspectos de interés

Publicación: <http://librería/unellez.edu.ve>

Depósito Legal: CO2024000009

ISBN: 978-980-248-325-9

Diseño y Diagramación: William J. Zambrano Herrera

Editorial: Fundación Editorial de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”, Avenida 23 de enero, redoma de Punto Fresco, Barinas, estado Barinas, Venezuela.

Tiraje: Formato digital

Citas de la obra: Zambrano-Herrera, W. 2024. Conservación de Pulpa de Mango por Métodos Combinados. Aspectos de interés. FEDUEZ, Cojedes, Venezuela

Copyright © 2023: Este libro no puede ser reproducido total ni parcialmente en ninguna forma, ni por ningún medio o procedimiento, sea reprográfico, fotocopia, microfilmación, mimeográfico o cualquier otro sistema, mecanismo, fotoquímico, electrónico, informático, magnético, electróptico, etcétera, cualquier reproducción sin el permiso previo de la editorial viola los derechos reservados, es ilegal. © 2024 Fundación Editorial UNELLEZ.





William José Zambrano Herrera. Doctor en Ingeniería Agroindustrial, Magíster e Ingeniero Agroindustrial (Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Venezuela). Profesor Asociado del Programa Ciencias del Agro y del Mar (PCAM) del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales (VIPI) de la UNELLEZ San Carlos.

Investigador adscrito a la línea de investigación Preservación de alimentos, enmarcada en la extracción de lípidos de fuentes vegetales, formulación de alimentos de alto valor nutritivo a partir de fuentes alternativas, conservación de pulpa de mango a temperatura ambiente empleando procesos no térmicos combinados o *hurdle technology*.

En la labor formativa, ha sido docente por más de 15 años del área de Bioquímica y Tecnología de Procesos del PCAM, asignado a las cátedras de Bioquímica (Licenciatura en Educación mención Biología, Ingeniería en Producción Animal), Bioquímica General y Bioquímica Aplicada (Ingeniería Agroindustrial, Tecnología Agroindustrial y Tecnología para la Industria de los Alimentos), Bioquímica I y Bioquímica II (Medicina Veterinaria), además de impartir otras como Fisicoquímica I, Fisicoquímica II y Química Analítica.

Dentro de su trayectoria investigativa, Zambrano es autor y coautor de una decena de artículos científicos publicados en revistas indizadas nacionales e internacionales, destacando la publicación como compilador/editor de cuatro Libros de Memorias de Congresos Científicos. También ha participado como árbitro, miembro organizador y conferencista en diversos eventos de este tipo. Ha prestado asesoría como tutor y jurado en diversos trabajos de grado de pregrado, maestría, doctorado y servicio comunitario.

En cuanto a su labor administrativa intrauniversitaria, se ha desempeñado como Jefe de los Subprogramas Tecnología Agroindustrial e Ingeniería Agroindustrial, Jefe de Unidad del Programa de Innovación Curricular, Jefe Responsable del Centro de Creación Intelectual Desarrollo e Investigaciones Agrícola y Agroindustrial para la Soberanía Alimentaria Sustentable (CCDIASA) y Secretario del Consejo Académico del VIPI. Actualmente es *Editor in Chief* de la Revista de Ciencia y Tecnología Agrollanía. Contactos:

willzamb@gmail.com / williamz@unellez.edu.ve



**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS
LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”**

Rector	Adán Chávez Frías
Secretaria General	Joneidy Rivas
Vicerrector de Servicios	Antonio José Albarrán
Vicerrectora de Planificación y Desarrollo Social	Gyzel Guillent
Vicerrector de Producción Agrícola	José Gregorio Baudo
Vicerrector de Planificación y Desarrollo Regional	Marielida Rodríguez
Vicerrector de Infraestructura y Procesos Industriales	Hayden Pirela Sánchez
Gerente de Publicaciones	Dalia González

Índice de Contenido

Índice de Ilustraciones.....	viii
Índice de Tablas y Cuadros.....	x
Prólogo.....	xi
CAPÍTULO 1: Generalidades del cultivo del Mango.....	1
1.1. Características morfológicas del fruto.	1
1.2. Producción de mango en el mundo.....	2
1.3. El cultivo del mango en Venezuela.	4
1.4. Cojedes: entidad productora de mango por excelencia.	7
1.5. Características físicas y químicas de los mangos.	9
1.6. Catálogo de productos a base de mango.....	10
CAPÍTULO 2: Aspectos clave en el deterioro de los frutos.....	15
2.1. Factores que influyen en el deterioro de los frutos.....	15
2.2. Microflora característica presente en los frutos.	21
2.3. Generalidades del metabolismo microbiano.....	23
2.4. Factores que afectan a la actividad microbiana.....	24
CAPÍTULO 3: Fundamentos de conservación por métodos combinados.....	32
3.1. Tecnologías de Conservación a través de Métodos Combinados.....	32
3.2. Avances en el uso de Tecnologías de barreras en la conservación de pulpa de mango.	34
3.3. La actividad de agua (a_w).	36
3.4. El potencial de hidrógeno y la acidez.	42
3.5. El Potencial óxido-reducción (POR) / Capacidad de equilibrio REDOX	42
3.6. Los aditivos antimicrobianos.....	44

CAPÍTULO 4: Conservación de pulpa de mango a temperatura ambiente mediante Métodos Combinados.....	64
4.1. Pulpa de mango: metodología de obtención.	64
4.2. Características físicas y químicas de la pulpa.	66
4.3. Características microbiológicas de la pulpa.....	69
4.4. Metodología de aplicación de métodos combinados vía diseño experimental.	71
4.5. Optimización tecnológica de la pulpa.	74
4.6. Metodología estandarizada de conservación empleando los métodos combinados.....	76
4.7. Evaluación la estabilidad química y microbiológica de la pulpa de mango optimizada durante un período de 3 meses.	77
4.7.1. Estabilidad y vida útil de alimentos.....	77
4.7.2. Estabilidad de la pulpa en relación a la ATT y el pH durante las 12 semanas.	79
4.7.3. Estabilidad de la pulpa en relación al P.O.R. y los grados Brix durante las 12 semanas.....	81
4.7.4. Estabilidad de la pulpa en relación a la población de aerobios totales (AT) y flora fúngica (FF).....	82
Conclusiones.....	86

Índice de Ilustraciones

Figura 1. Clasificación taxonómica del mango	2
Figura 2. Precios medios al por mayor mensuales y anuales, de enero de 2019 a diciembre de 2022, USD/kg.....	4
Figura 3. Zonas productoras por excelencia y Zonas con potencial para la producción de mango en Venezuela	6
Figura 4. Monumento al Mango en San Carlos, estado Cojedes (Venezuela).	8
Figura 5. Productos elaborados a partir de pulpa de mango.....	11
Figura 6. Principales factores que intervienen en el deterioro de los frutos	15
Figura 7. Principales daños mecánicos en los frutos	19
Figura 8. Infestación de larvas de mosca de las frutas en mangos.....	21
Figura 9. Microflora característica en frutos frescos.....	21
Figura 10. Etapas del metabolismo	24
Figura 11. Factores que afectan el crecimiento microbiano	24
Figura 12. Empleo de las tecnologías de obstáculos en la conservación de alimentos.33	
Figura 13. Representación esquemática de los procesos de diferencial de aw inter y extramembrana celular en distintos medios	37
Figura 14. Reacciones que ocurren en los alimentos en función de la actividad de agua	39
Figura 15. Proceso catabólico desde la oxidación de la glucosa hasta la cadena de transporte de electrones.....	43
Figura 16. Requisitos para el empleo de aditivos en alimento	45
Figura 17. Ilustración de cómo actúa un ácido no dissociado en el pH intracelular de una célula microbiana	57
Figura 18. Estructura del ácido cítrico	58

Figura 19. Estructura del ácido málico	59
Figura 20. Estructura del ácido succínico.....	59
Figura 21. Estructura del ácido tartárico.....	59
Figura 22. Proceso tecnológico para la obtención de la pulpa de mango	66
Figura 23. Vista de los 16 tratamientos experimentales según diseño optimal	72
Figura 24. Optimización y perfil de deseabilidad de la pulpa de mango.....	73
Figura 25. Optimización tecnológica de la pulpa.....	74
Figura 26. Tecnología de barreras aplicada a la pulpa de mango.....	75
Figura 27. Proceso tecnológico optimizado de la pulpa de mango	77
Figura 28. Comportamiento de la ATT y el pH durante 12 semanas a Temperatura ambiente.....	79
Figura 29. Flujo de protones H ⁺ hacia el espacio extracelular	80
Figura 30. Flujo de protones de H ⁺ desde las mitocondrias hacia el citoplasma celular80
Figura 31. Comportamiento del P.O.R. y los SS durante las 12 semanas de almacenamiento de la pulpa estandarizada	81
Figura 32. Comportamiento del P.O.R. y los SS durante las 12 semanas de almacenamiento de la pulpa estandarizada	82

Índice de Tablas y Cuadros

Tabla 1. Productividad del mango en Venezuela entre los años 2014-2021.....	7
Tabla 2. Composición proximal y físico-química de la pulpa de diversas variedades de mango, y la composición de mango cv bocado.....	10
Tabla 3. Algunas reacciones químicas que inciden en el deterioro de las frutas y hortalizas.....	17
Tabla 4. Rangos de pH para el crecimiento de la mayoría de microorganismos.....	25
Tabla 5. Clasificación de los microorganismos de acuerdo a las temperaturas de incubación o ambiental.....	27
Tabla 6. Rangos de Actividad de agua para el crecimiento de microorganismos.....	38
Tabla 7. Grupos de aditivos empleados comúnmente en alimentos.....	47
Tabla 8. Valores de IDA de algunos aditivos de interés.....	50
Tabla 9. Constantes de disociación de algunos ácidos orgánicos.....	57
Tabla 10. Características físicas y químicas de la pulpa de mango (PM).....	66
Tabla 11. Caracterización microbiológica de la pulpa de mango.....	69
Tabla 12. Diseño de tratamiento D-optimal para las respuestas ATT, pH, POR.....	72
Tabla 13. Formulación de los cuatro tratamientos óptimos basado en tecnologías combinadas.....	75
Cuadro 1. Resultados de los indicadores de estabilidad de la pulpa de mango en el lapso de 0-12 semanas.....	78

Prólogo

Venezuela es un país que tiene todas las condiciones para surgir de los múltiples problemas que la aquejan, considerando que tiene inmensas riquezas, fuentes para producir y talento humano emprendedor que puede asumir la recuperación científica, tecnológica y productiva. Para ello se hace imprescindible investigar, innovar e inventar para dar las respuestas que la sociedad demanda.

Es particularmente preocupante ver como la seguridad alimentaria ha estado amenazada durante los últimos años, debido al aumento en los costos de producción, la escasez de agroquímicos, la inflación elevada, el desestimulo a la inversión privada y extranjera, la deficiencia de los servicios públicos e industriales, entre muchos otros.

Como resultado, hay problemas estructurales en ciertos rubros alimenticios que debe ser atendidos, no sin antes involucrar a expertos que conduzcan a su solución. Un caso particular lo constituye la producción de pulpas de frutas, que dado su carácter perecedero urge implementar métodos de conservación que mantengan su calidad el mayor tiempo posible. Pero cuando se activan las soluciones, necesariamente se recurre a las bajas temperaturas, a través de la refrigeración y la congelación, lo que pone de manifiesto la dependencia de este tipo de alimento a la energía eléctrica en una nación donde existen problemas periódicos en este servicio. ¿Qué hacer entonces?

La respuesta suele involucrar a los Ingenieros Agroindustriales, que con capacidad técnica, operativa, científica podemos brindar alternativas a este tipo de problemas. La conservación a temperatura ambiente más que una solución, es una necesidad, dado el contexto en el que Venezuela se encuentra hoy día. Un ejemplo de ello, son los mangos, que cada año se cosechan cientos de miles de toneladas en nuestro país y en el mundo, y muchas veces se pierde por falta de mercado, y también por deterioro. Ciertamente, con la pulpa se pueden fabricar muchos productos, pero hay que afrontar su carácter perecedero durante el almacenamiento. La clave es: ¿cómo conservarla?

En atención a lo anterior, este libro de texto desarrolla una metodología de conservación de la pulpa basada en las denominadas tecnologías de barreras,

tecnología de obstáculos, o simplemente métodos combinados. A lo largo de esta obra demostré que es factible controlar las principales variables químicas y microbiológicas responsables de su deterioro, a través del uso de al menos tres tecnologías de control. Dicho esto, lo invito a buscar en los próximos cuatro capítulos las razones que sustentan mi tesis doctoral, los aportes teóricos, técnicos, prácticos y metodológicos que son de utilidad social y cuyos resultados son relevantes para la academia y la ciencia.

William J. Zambrano Herrera
Doctor en Ingeniería Agroindustrial
Docente/investigador UNELLEZ-VIPI

Generalidades del cultivo del Mango

Contenido

- 1.1. [Características morfológicas del fruto.](#)
- 1.2. [Producción de mango en el mundo.](#)
- 1.3. [El cultivo del mango en Venezuela.](#)
- 1.4. [Cojedes: entidad productora de mango por excelencia.](#)
- 1.5. [Características físicas y químicas de los mangos.](#)
- 1.6. [Catálogo de productos a base de mango.](#)



Imagen cortesía del Autor

1.1. Características morfológicas del fruto.

El mango es un fruto carnoso y grande perteneciente a la familia Anarcadaceas que incluye 14 géneros, se encuentra clasificado como una drupa que contiene un mesocarpio comestible resinoso y altamente variable con respecto a forma, tamaño, colores, presencia de fibras y sabores. El rango de sabor va desde un ligero gusto a trementina hasta un agradable sabor

dulce. Respecto a la forma, puede ser redondeada, ovoide u oblongada, el tamaño y color dependen de la variedad. El color puede ser verde, amarillo-verde, amarillo, rojo, naranja o púrpura. El peso comprende desde unos pocos gramos hasta más de 5 libras (2,3 kg). El exocarpio liso rodea a la parte comestible o pulpa de color amarillo pálido a naranja oscuro. La fruta tarda de 100 a 120 días, en términos generales desde la floración

hasta la cosecha (Mukherjee y Litz, 2009, p.3).

La Figura 1 muestra la clasificación taxonómica del mango.

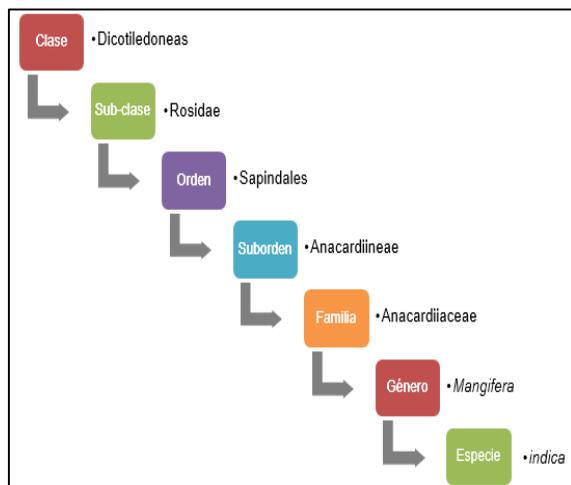


Figura 1.

Clasificación taxonómica del mango. La *Anacardiaceae* son una familia de plantas perteneciente al orden Sapindales conformada por plantas leñosas, hojas simples o compuestas, alternas. Posee 72 géneros con unas 500 especies propias de países cálidos y templados.

Para Medina (2015), el mango puede haberse originado en la zona comprendida entre Asma (India) y la antigua Birmania (hoy Nyanmar) donde aún existen poblaciones silvestres. Asimismo, el autor estima que la mayoría de los cultivares comerciales provienen de materiales importados de la India, a tal punto que al día de hoy se tienen reportados casi mil cultivares

avanzados procedentes de la India y Sri Lanka y 102 cruces de mango.

1.2. Producción de mango en el mundo.

De acuerdo a Pat-Fernández, Caamal-Cauich y Caamal-Pat (2017), el mango representa el tercer fruto tropical en cuanto a producción e importación a nivel mundial, inmediatamente situado tras el plátano y la piña tropical y el quinto de todos los frutos. Esta fruta se cultiva en alrededor de 100 países, y es una de las más consumidas a nivel mundial. Se encuentra ampliamente distribuida en países asiáticos y latinoamericanos, y en general, en regiones con clima cálido (p.79).

Para la FAO (2020), las cifras provisionales indican que la producción mundial de mango, mangostán y guayaba, alcanzó los 52,1 millones de toneladas métricas en 2018, un incremento del 2,8 por ciento con respecto a 2017. Como la cifra está englobada en los tres cultivos antes mencionados, y la fuente indica que el mango representa el 75% del total del volumen de producción, entonces la cifra final del mango se calcula en poco más de 39 millones de TM para ese año.

Asimismo, el autor cita que 73% de la producción de mango, mangostán y guayaba para el año 2018 se originó en Asia, el 16%, en África y el 11%, en América Latina y el Caribe. De todas estas regiones, el principal país productor, la India, registró un aumento estimado de 500.000 TM en 2018. La producción de mango en la India se destina principalmente al consumo en el país, debido a la amplia demanda interna y los altos precios internos, que hacen que el mercado nacional sea muy lucrativo para los productores

Además de la India, Pat-Fernández (*ob cit*) indica que los países que siguen en orden decreciente de producción son China, Tailandia, Indonesia y México, mientras que los principales países exportadores son México, India, Tailandia, y Perú. Por otra parte, en lo que respecta a los principales consumidores se sitúa en primer lugar a los Estados Unidos de América (EUA) y la Unión Europea, con proporciones de un tercio de las importaciones mundiales cada uno en 2018 aproximadamente. De este grupo de productos básicos, los principales importadores de mangos han

observado un aumento del interés de los consumidores gracias a preferencias favorables y al aumento de la sensibilización en materia de nutrición. Las cifras más recientes disponibles indican que la disponibilidad per cápita de mangos alcanzó 1,5 kg en los Estados Unidos de América y 0,8 kg en la Unión Europea en 2018, en comparación con 1 kg y 0,4 kg en 2009, respectivamente. En volúmenes de exportaciones, el mango siguió representando aproximadamente el 90 por ciento de los envíos mundiales (FAO, *ob. cit.*)

Por otra parte, en lo que respecta a los precios del rubro, destaca a nivel internacional que para el año 2018 en los EUA los precios al por mayor del mango respondieron a fluctuaciones estacionales en la oferta y la demanda, mostrando una menor volatilidad que en años anteriores. Los precios fluctuaron en promedio unos 1,68 USD/kg durante los primeros ocho meses de ese año y alcanzaron un máximo de 2,5 USD/kg para septiembre de 2018, esto último en respuesta a una contracción de los volúmenes de comercio.

No obstante, los precios medios al por mayor de los mangos en los EUA, siguieron reflejando las fluctuaciones estacionales en la oferta y la demanda a lo largo de 2022, pero se situaron aproximadamente en un 7% por encima de su media del año anterior (Figura 2). Los precios fluctuaron en gran medida alrededor de 2,0 USD por kilogramo durante el primer semestre del año, alcanzando un máximo de 2,88 USD por kilogramo en junio de 2022 en respuesta a la escasez de suministros, y descendieron a 1,59 USD por kilogramo en agosto, cuando la competencia de las frutas de verano más baratas ejerció una presión a la baja

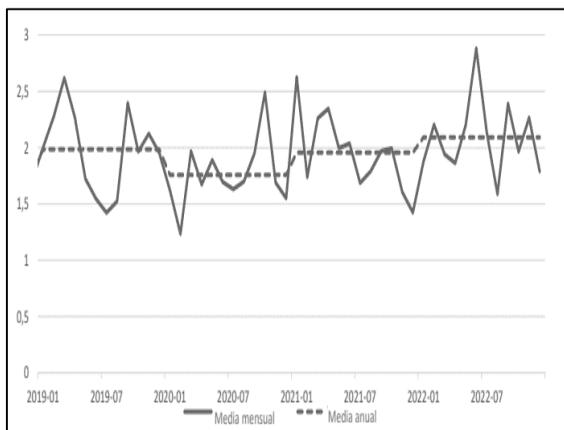


Figura 2.

Precios medios al por mayor mensuales y anuales, de enero de 2019 a diciembre de 2022, USD/kg. Con una media de 2,09 USD por kilogramo en 2022, los precios al por mayor en Estados Unidos de América alcanzaron su nivel más alto en más de una década.

1.3. El cultivo del mango en Venezuela.

Entre los cultivares presentes en Venezuela se encuentran las variedades Haden, Tommy Atkins, Keitt, Kent, Springfels, Palmer, Irwin, Glenn, Bocado, Hilacha, Pico e' Loro, Hilacha, Paleta, entre otros.

El mango clase-variedad "Bocado" es colectado en Venezuela, de padres desconocidos. Se trata de un fruto de tamaño pequeño, de peso entre 132-181 g., forma oblonga-oval, entre 7-8 cm de largo, 6 cm de ancho y unos 5-6 cm de espesor. La base es ligeramente aplanada, pico ligeramente presente. La pulpa de esta variedad es de espesor medio y textura fina, representa las 2/6 partes del fruto, de color amarillento fuerte, con presencia abundante de fibras finas y largas, de sabor dulce y aroma moderado (Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1998).

En cuanto a las zonas productoras en el país, de acuerdo a Briceño *et al.*, (2005), las plantaciones de mango están localizadas en los estados Aragua, Carabobo, Cojedes, Apure, Miranda, Guárico, Anzoátegui y Monagas, aun cuando, existen zonas con mayor o menor potencial para su producción

(Figura 3). Justamente, Avilán y Rengifo (1998), autores con destacada experiencia en el estudio de del mango en Venezuela, establecen cinco áreas de producción que van de las de mayor potencial a las de menor producción, agrupadas de la siguiente manera:

- a) Áreas con mayor potencial para la producción: la componen la Zona Sur de San Carlos (Cojedes), Acarigua, Turén y Guanare (Portuguesa), alrededores de la ciudad de Barquisimeto (Lara), costa oriental del lago de Maracaibo (estado Zulia), el piedemonte andino (estados Trujillo y Mérida), alrededores del lago de Valencia (Carabobo-Aragua) y zonas de Barlovento (Miranda).
- b) Áreas con ligeras restricciones para la producción debido a la fertilidad del suelo: Abarca parte del piedemonte andino (noroeste de Portuguesa hasta el suroeste de Barinas); zona sur de san Carlos (Cojedes) hasta El Sombrero y sur de Calabozo (Guárico); áreas localizadas al noroeste del estado Zulia, comprendiendo Villa del Rosario, Machiques, algunas zonas al sur de este estado y el piedemonte andino; y por último, área ubicadas al norte del el Tigre (Anzoátegui), Maturín (Monagas) y una extensa área correspondiente al sur del río Orinoco (estado Bolívar).
- c) Áreas con ligeras restricciones debido a la topografía o relieve del terreno: Comprende el piedemonte de la Cordillera de la Costa, la región central del país y se extiende hasta partes de la zona oriental.
- d) Áreas con restricciones en cuanto a drenaje: Aquí se incluyen parte de los llanos occidentales, zonas ubicadas al norte del estado Apure y algunas áreas al noroeste del estado Zulia.
- e) Áreas con severas restricciones por déficit hídrico y fertilidad del suelo: Ubicadas en la zona nor-oriental del país, y se extiende desde las ciudades de valle de la Pascua (Guárico), Pariaguán, El Tigre (Anzoátegui), Temblador (Monagas).

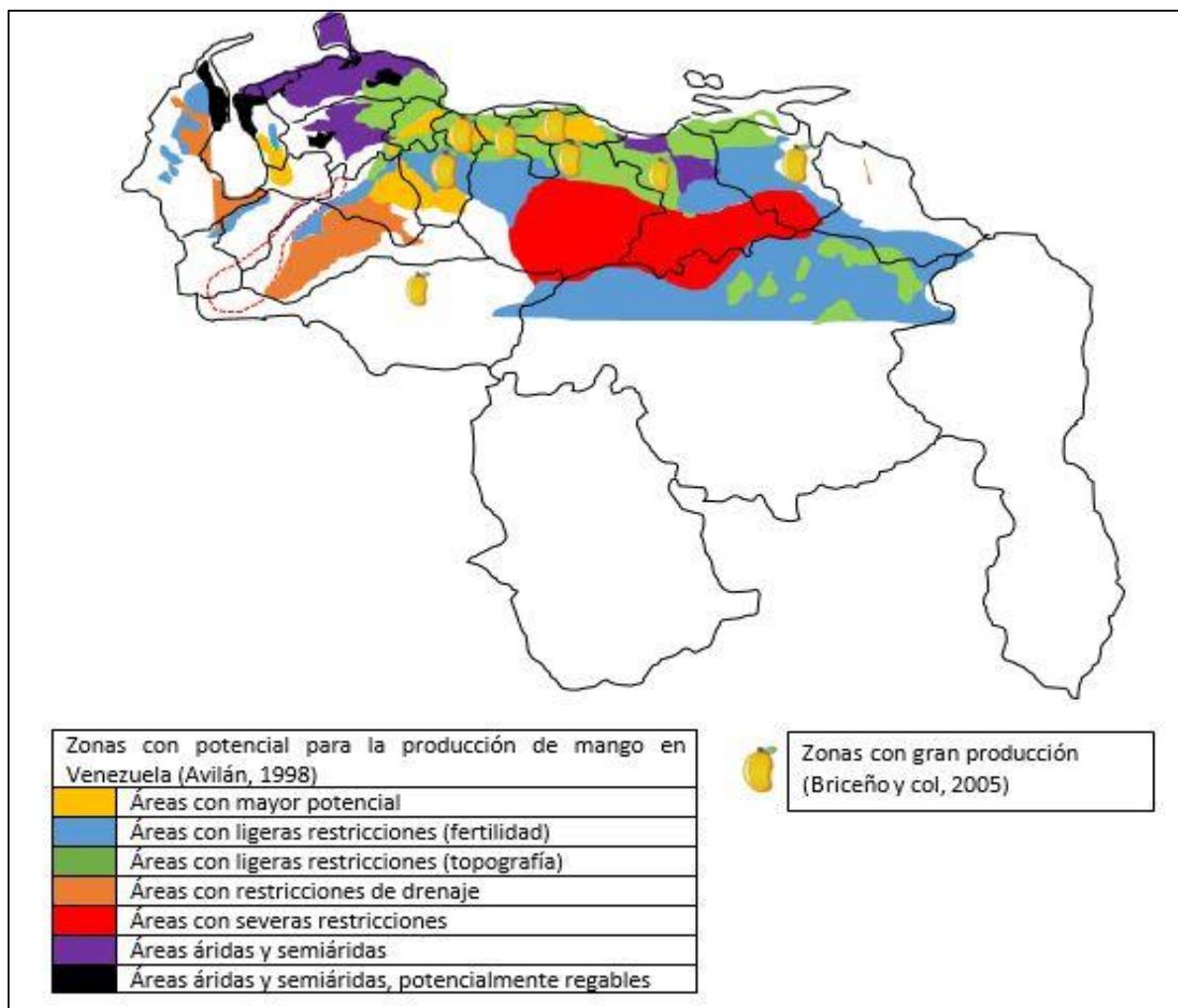


Figura 3.

Zonas productoras por excelencia y Zonas con potencial para la producción de mango en Venezuela. Destacan ocho zonas productoras por excelencia: Aragua, Carabobo, Cojedes, Apure, Miranda, Guárico, Anzoátegui y Monagas. Mientras que dentro de las áreas con potencial para la producción se encuentran aquellas con gran potencial, con ligeras restricciones bien sea por fertilidad del suelo topografía del terreno o por drenaje, y las zonas áridas y semiáridas, con poco potencial.

En lo que respecta a la productividad del rubro, esto es, la cantidad de mango cultivado por unidad de superficie, la Tabla 1 muestra las estadísticas de este indicador entre los años 2014-2021, y es visible que entre los años 2014 y 2021

el rendimiento se ha mantenido en el rango entre 12,3 y 13,3 TM/ha (Tabla 1), excepto en el año 2016 que mostró un repunte hasta los 16,1 TM/ha, pero es preciso recordar aquí que, debido a las restricciones a la hora de consultar las

estadísticas oficiales de los entes gubernamentales del país (Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras, MPPAT), justo en ese año la Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios de Venezuela (FEDEAGRO) comenzó a tomar las cifras a partir de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuya metodología pudo ser disímil a la hora de obtener los datos.

Tabla 1.

Productividad del mango en Venezuela entre los años 2014-2021.

Año	Volumen (kg)	Superficie (Ha)	Rendimiento (TM/ha)
2014	59966	4844	12,38
2015	51732	4178	12,38
2016	155988	9678	16,12
2017	106877	8018	13,33
2018	105789	8682	12,18
2019	95921	7934	12,09
2020	66862	5449	12,27
2021	64935	4881	13,30

Fuente: FEDEAGRO (2024)

1.4. Cojedes: entidad productora de mango por excelencia.

Cojedes es un estado (provincia) ubicado en la parte centro-occidental de Venezuela, muy cercano a los grandes centros de consumo y zonas

industriales como Valencia, Maracay, Acarigua, Barquisimeto, Caracas y Puerto Cabello. Posee un clima cálido con temperatura promedio anual entre los 26 y 28 °C, la precipitación media anual ronda los 1400 mm, con período lluviosos comprendido entre los meses de mayo y octubre y un período seco entre noviembre y abril. En cuanto a su fisiografía, posee cuatro zonas: montaña, piedemonte, planicies intermedias y llanos bajos, posee 528.000 Has aptas para la agricultura intensiva y cultivos anuales mecanizables y otras 800.000 Has aptas para la actividad pecuaria y forestal.

El estado Cojedes tiene una gran actividad agropecuaria y de pesca, con condiciones favorables para los cultivos de cereales, caña de azúcar, ajonjolí, hortalizas, leguminosas frutales (mango, lechosa, cítricas, guayaba), ganadería de carne y leche, pesca fluvial (Cachama, Bagre, Dorado, Palometa, Coporo, Pavoneta, Caribe).

En la región se producen muchas variedades de mango, resaltan principalmente el de Bocado, Tommy, Haden, Haitian, Kesar, Piña, Hilacha, Manga, Ford, entre otros, y los frutos

gozan de excelente calidad, tanto así, que su ciudad capital, San Carlos, es considerada simbólicamente como la “capital del mango de Venezuela”, pues su producción media anual supera las 700 Toneladas métricas.

En el año 1994 la alcaldía de la ciudad emitió el Decreto Extraordinario N° 006-94, donde se declara el árbol de mango como “símbolo y patrimonio público” en jurisdicción de este municipio, para que el mismo se consolide e identifique a la región.

En este sentido, y para darle auge y sentido de pertenencia a la región, el 16 de febrero de 1994 se erigió un monumento frente a la sede de la alcaldía, en la ciudad de San Carlos, pero posteriormente, en el año 1995, el monumento fue trasladado a la redoma ubicada en la entrada a la ciudad, donde aún se mantiene, en clara alusión para que los visitantes sepan que han llegado a la “capital nacional del mango” (Figura 4).

El monumento está compuesto por cuatro toneladas de concreto armado, de más de 1,40 metros de diámetro, con la figura de un mango asentado en un tronco de concreto, inmerso dentro de la

rotonda que dinamiza el tráfico dentro de la ciudad capital.



Figura 4.

Monumento al Mango en San Carlos, estado Cojedes (Venezuela). Una región que se destaca por la existencia de una gran variedad de mangos y una enorme producción de los mismos. El monumento fue creado en alusión a esta característica de la región.

Sin duda, el estado Cojedes se destaca no solo por la cantidad sino por la calidad de su producción de mango, de hecho, Garrido y *et al.* (2013) analizaron las variables físicas y químicas del mango Bocado de tres localidades del estado Cojedes (El Genareño, Caño Hondo y La Palma) para indagar diferencias sobre variables de proceso,

calidad nutricional y cumplimiento de normativas internacionales y nacionales.

En su investigación, los autores tomaron los frutos recolectados por los productores, y los procesaron en el Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (Cojedes, Venezuela). A los frutos se les determinó la masa total del fruto, del epicarpio, de la semilla y del mesocarpio, el diámetro ecuatorial y polar, y las proporciones (%) de las diferentes partes del fruto. Asimismo, los investigadores realizaron análisis de humedad, fibra dietética, cenizas, minerales Ca, Fe, Na, K, Mg y Zn, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable total (ATT), pH, ácido ascórbico y actividad de agua.

En sus resultados, Garrido y col. Concluyeron que las características físicas de los frutos de las localidades de El Genareño y Caño Hondo, no pudieron ser discriminadas entre sí, pero se diferenciaron ambas de los frutos del sector La Palma. Los frutos de El Genareño presentaron porcentajes de pulpa mayores a 65% y mayores

concentraciones de potasio y ácido ascórbico, por lo que los mangos Bocado de esta localidad ofrecieron mayor beneficio para procesamiento y mejor calidad nutricional. De forma general, la humedad se ubicó entre 76 y 79% (según la localidad), mientras que en las otras variables no diferencias significativas: el pH estuvo alrededor de 4,5, la actividad acuosa en 0,98, la ATT 0.4%, los SST alrededor de 18%; en cuanto al ácido ascórbico, marcó diferencias según la localidad, reportándose 30 mg en aquellos provenientes del sector La Palma, 35 mg a los de Caño Hondo y hasta 43 mg a los localizados en El Genareño.

1.5. Características físicas y químicas de los mangos.

Dado que existe una amplia variedad de frutos de mango, Occeña-Po (2006) ofrece rangos de valores para algunas características físico-químicas de la mayoría de las variedades de mango (Tabla 2). La pulpa de mango contiene un alto contenido de humedad (hasta 85% en algunas variedades), gran parte de ella en forma de agua libre, que es el tipo de agua disponible para reacciones químicas, microbiológicas y enzimáticas. Además, resalta el rango

de proteína cruda que se sitúa en 0,30% para algunas variedades, y en otras es de hasta 5,42%. Los SST comprende rangos entre 17 y 24% para diversas variedades de mango, y algo muy importante, algunas pulpas poseen pH inferiores a 4,5, condición que las hace idóneas para evitar los tratamientos térmicos intensos (como por ejemplo la esterilización), pues el pH óptimo para el crecimiento de la mayoría de las bacterias asociadas a alimentos está en el rango 6,5-7,5 (aunque algunas de naturaleza patógenas pueden crecer a pH 4,2).

Tabla 2.

Composición proximal y físico-química de la pulpa de diversas variedades de mango, y la composición de mango cv bocado.

Composición	Pulpa de mango ^a
	Rango de valores (% Peso Fresco)
Humedad	72,1-85,5
Proteína cruda	0,30-5,42
Fibra cruda	0,30-2,38
Cenizas	0,29-1,13
Sólidos Solubles Totales (SST)	17,0-24,0
Azúcares Totales	10,5-18,5
pH (Adimensional)	4,0-5,6
Acidez Titulable (%Ácido cítrico)	0,327
Lípidos	0,2

^a: Comprende diversas variedades
Fuente: Oceña-Po (2006), Moreiras (2001) y Garrido (2013)

1.6. Catálogo de productos a base de mango.

El mango tiene la particularidad de ser una drupa, un tipo de fruta con mesocarpio carnoso y/o fibroso, esto permite obtener un buen rendimiento en cuanto a pulpa, lo que unido a su sabor dulce-acido, lo hace ideal para fabricar una variedad de productos comestibles con gran valor nutricional y comercial.

El mango es fuente de pectina, taninos y ácidos orgánicos, también contiene antioxidantes como la vitamina C, vitamina E, carotenoides y fenoles, compuestos bioactivos como la vitamina A y minerales como el hierro, fósforo, calcio, potasio y magnesio (Sumaya-Martínez *et al.*, 2012). Además, el mango es uno de los subproductos agrícolas aprovechables en la dieta para rumiantes solo o mezclado con algunos forrajes. En este sentido, entre los potenciales productos derivados del mango destinados a la alimentación humana, se encuentran los dulces, mango en almíbar, jaleas, mermeladas, salsa para aderezos, tortas y ceviche, mientras que los residuos se dirigen principalmente a la alimentación animal, la obtención de compuestos bioactivos y biocombustibles.



Figura 5.

Productos elaborados a partir de pulpa de mango. Una variedad de alimentos para consumo humano se puede fabricar a partir de la pulpa de mango. El procesamiento ocurre desde lo artesanal, semi-industrial hasta lo industrial, donde cada año toneladas de mango son transformadas en diversos productos.

Algunas variedades de mango más consumidas por la gente

El mango es un fruto muy apreciado en el mundo, gracias a su valor nutritivo y sus cualidades sensoriales. La jugosidad, frescura y la percepción de distintos sabores lo hacen popular entre los consumidores y fabricantes de alimentos. A continuación, algunas de las clases y variedades más degustadas por la gente



Bocado, se trata de un fruto pequeño típico de los llanos venezolanos, de unos 7 a 8 cm de

largo y entre 132 y 181 g de peso, tanto la cáscara como la pulpa poseen un color amarillo fuerte, siendo esta última fibrosa, de aroma suave y de agradable sabor dulce.

Hilacha, ligeramente más grande que el anterior (9-10 cm de largo), peso entre 239 y 280 g, posee un color amarillo claro con tonalidades verdosas, su característica distintiva es la



abundancia de fibras gruesas y largas, además de su sabor marcadamente ácido.

Haden, es una de las variedades de más grandes, con longitudes que



oscilan entre los 10-12 cm de largo, 384 y 603 g de peso, la cáscara posee un color rojizo mientras que la pulpa oscila entre amarillo y anaranjado, comercialmente es muy apreciado por su sabor dulce y aroma característico.

Tommy Atkins, es una clase muy valorada comercialmente sobre todo para exportación muy parecido al anterior, aunque el color de su cáscara es rojo-púrpura con tonalidades verdes y amarillas, tiene entre 11 y 12 cm de longitud y un peso entre 400



y 530 g. La pulpa es de color amarilla, posee pocas fibras gruesas y largas, sabor dulce y aroma suave.

Referencias Consultadas

- Avilán, L. y Rengifo, C. 1998. Exigencias edafoclimáticas. En: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (Pp. 21-31). Maracay: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. II CA/CReA.
- PROCIANDINO/FRHUTEX.
- Briceño, S., Zambrano, J., Materano, W., Quintero, I. y Valera, A., 2005. Calidad de los frutos de mango “bocado”, madurados en la planta y fuera de la planta cosechados en madurez fisiológica. *Agronomía Tropical*. 56 (4). 461-473. En: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000400001&lng=es&tlng=esMukherjee, S.K y Litz, R.E. 2009. The mango, 2nd Edition. Mixed Source. Pp. 3-5.
- FAO. 2020. Las principales frutas tropicales-Análisis de mercado 2018. Roma 18 pp.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1998. El cultivo del manguero en Venezuela. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. II CA/CReA.
- PROCIANDINO/FRHUTEX. Maracay. 230 p.
- FEDEAGRO. 2024. FEDEAGRO: Más agricultura, más alimentación. Venezuela: Desarrollado por Moya's Comunicaciones. En: <https://fedeaagro.org/estimacione/s/>
- Garrido, E.M., García, T., Torres, A. Sangronis, E, Martínez, J., Chaparro, L. y Sánchez, L. 2013. Análisis de las características físicas y químicas del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) “Bocado” de tres localidades del Estado Cojedes, Venezuela. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 4 (2): 189-206. En <http://www.rvcta.org>
- Medina, J. 2015. Mango. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – SAGARPA. En: <https://www.researchgate.net/publication/278037619>.
- Occeña-Po, L.G. 2006. Banana, Mango, and Passion Fruit. En Huy, Y.H.2006. Handbook of fruits and

fruit processing. Blackwell Publishing.

Pat-Fernández, V. G., Caamal-Cauch, I. y Caamal-Pat, Z. H. 2017. Comportamiento y competitividad del mango de México en el mercado mundial. In: Pérez, F, Figueroa, E., Godínez, L. y Salazar, R. (eds.) Ciencias Sociales: Economía y Humanidades. Handbook T-III.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Sumaya-Martínez M. T., Sánchez, L. M. H., Torres G., G. y García, P. D. 2012. Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios* 30:826-833.

Aspectos clave en el deterioro de los frutos

Contenido

2.1. Factores que influyen en el deterioro de los frutos.

2.2. Microflora característica presente en los frutos.

2.3. Generalidades del metabolismo microbiano.

2.4. Factores que afectan la actividad microbiana.



Imagen cortesía de *Google images*

2

2.1. Factores que influyen en el deterioro de los frutos.

Las frutas y hortalizas poseen un carácter perecedero, esto implica que una vez alcanzan su madurez plena, escalan a la etapa de senescencia muy rápidamente y con ella sobrevienen cambios que pueden limitar su aprovechamiento, bien sea para el consumo humano o para procesarlos y obtener de ellos un producto alimenticio.

Estos cambios conducen a alteraciones físicas, químicas y organolépticas. La Figura 5, resume los principales factores de deterioro en las frutas y hortalizas (Elika, 2017).

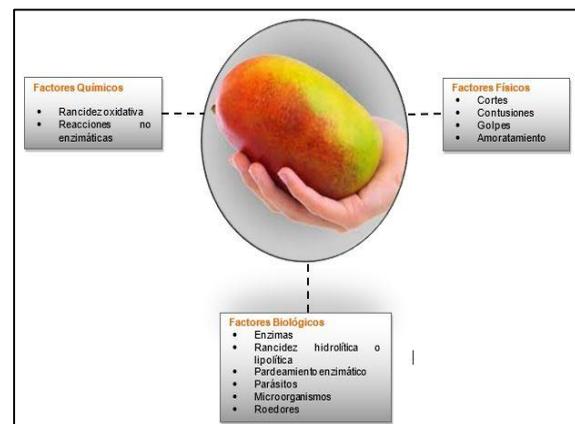


Figura 6.

Principales factores que intervienen en el deterioro de los frutos. El deterioro de los frutos obedece a tres factores primordiales: a) los químicos, que incluye la rancidez oxidativa y el pardeamiento no enzimático; b) los físicos, determinados por cortes, contusiones, golpes y amorramiento; y c) los biológicos, siendo estos los más numerosos, donde se incluyen la rancidez hidrolítica, el pardeamiento enzimático, los parásitos, microorganismos, aves y roedores.

Factores Químicos:

En este caso, el deterioro se genera por la rancidez y reacciones de pardeamiento no enzimático, que son propiciadas por el oxígeno del aire, la luz y la misma composición química del fruto (proteínas, azúcares reductores, lípidos).

Epka, Folake y Adeoye (2017) definen la rancidez como la descomposición química o microbiana de grasas, aceites y otros lípidos. Cuando se desencadenan en el fruto, generan olores y sabores indeseables, además de la reducción de su valor nutritivo. De acuerdo a las autoras, hay dos tipos de rancidez: la oxidativa y la hidrolítica, la primera tiene un origen netamente químico, y la segunda, más que químico, tiene su origen biológico y es tratado será tratado dentro de esa sección en este capítulo.

La rancidez oxidativa, conocida como autooxidación, ocurre cuando el oxígeno es absorbido del ambiente circundante y es fijado en los ácidos grasos adyacentes a la insaturación. En presencia de oxígeno y/o radiación ultravioleta (UV), la mayoría de los lípidos se descomponen y degradan,

formando varios compuestos (Epka *et. al.*, 2017).

En el caso de mango, solo un 0,5% de su porción comestible está formado por lípidos y básicamente comprenden los fosfolípidos de membrana de la membrana celular y los glucolípidos, lo que indica que la rancidez de la pulpa es generalmente incipiente. El mango es un fruto climatérico, y en estos hay un aumento en los niveles de fosfatilcolina y ácido fosfatídico, pero a su vez una disminución apreciable en el contenido de lípidos totales durante esta etapa (Damodaran, Parkin y Fennema, 2010).

Finalmente, las reacciones de tipo no enzimático en frutas y hortalizas también pueden ocasionar la pérdida de la calidad en ellas. En la Tabla 3 se presentan algunos ejemplos de reacciones que tienen lugar durante el procesado y almacenamiento de frutas y hortalizas. Resulta difícil predecir los efectos del tratamiento y de las condiciones de conservación sobre las reacciones químicas que determinan la calidad, fundamentalmente debido a la complejidad de los tejidos vegetales (Demodaran *et. al.*, 2010).

Tabla 3.

Algunas reacciones químicas que inciden en el deterioro de las frutas y hortalizas.

Compuestos que reaccionan	Producto/ resultado	Importancia	Incidencia en los frutos de mango
Clorofila	Carotenoides y Antocianinas	Los pHs bajos y las altas temperaturas, favorecen esta reacción que produce una decoloración en la cáscara del fruto.	Alta. A medida que avanza la madurez, se produce una degradación de la clorofila en el fruto y se sintetizan los carotenoides y antocianinas
Trans-carotenoides	cis,trans-Carotenoides	El calor, la luz o la acidez producen la isomerización de todos los carotenoides <i>trans</i> en distintos isómeros <i>cis</i> . Esta reacción origina pérdidas en la actividad de la vitamina A y cambios en el color.	Hay factores que aceleran o retardan este proceso de la degradación de la clorofila y síntesis de carotenoides. Uno de los principales factores es la temperatura. La temperatura óptima para la degradación de la clorofila en el fruto es de 28 °C, y de la síntesis de carotenoides es de 18 °C. A 30 °C se paraliza la síntesis de carotenoides y a 40°C se paraliza la degradación de la clorofila. Las mayores diferencias entre temperatura diurna y nocturna también favorecen el proceso de conversión.
Tiamina	Pirimidina y tiazol	El calentamiento a pH<6 produce la rotura del puente de metileno de la vitamina B ₁ con la formación de los productos mencionados.	Baja. En el fruto fresco, se mantienen los niveles de tiamina siempre que no sobrepasen los 50 °C de temperatura.
Aminoácidos, azúcares reductores	Pardeamiento Maillard	La concentración de los sustratos de la reacción, las temperaturas elevadas y el pH alcalino favorecen el desarrollo de esta reacción de pardeamiento no enzimático que modifica los aspectos nutritivos color, flavor y garantía de inocuidad de las frutas y hortalizas procesadas.	Baja. Pese a que el mango es rico en azúcares reductores (glucosa y fructosa), mientras no exista calentamiento de la pulpa no se desencadenarán las reacciones de Maillard, además el contenido de proteínas en los mangos (≈1%) no es decisivo para propiciar las reacciones de oscurecimiento, aunado a la alta actividad acusosa de sus tejidos que provoca dilución de los reactantes.

Tabla 3 (continuación)

Ácido ascórbico	Oxidación	La presencia de un entorno ligeramente ácido aunado a la presencia de oxígeno y calor, el ácido ascórbico se oxida fácilmente a ácido deshidroascórbico, estableciendo un sistema de oxidación-reducción; a su vez, este ácido se sigue oxidando y se transforma en ácido 2,3-dicetogulónico que no tiene actividad biológica.	En los tejidos frescos para consumo directo esta degradación suele ser baja, no obstante, para el procesamiento se recomienda que la transformación ocurra a baja temperatura y en lo posible al vacío o en recipientes no expuestos al aire.
Azúcares reductores y no reductores (sacarosa)	Caramelización	Se lleva a cabo a pH's tanto ácidos como alcalinos, y básicamente ocurre cuando los tejidos son expuestos térmicamente de manera intensa.	La mayoría de las variedades de mangos poseen un pH ligeramente ácido, no obstante, tecnológicamente los frutos no son expuestos a tratamientos térmicos tan intensos, por lo cual la incidencia es baja.

Fuente: Elaboración propia a partir de Demodaran *et. al.* (2010) y Badui (2006)

Factores físicos:

Los factores físicos, es decir, aquellos que se aprecian con los sentidos, involucra daños causados por una manipulación inadecuada durante la cosecha, recolección, embalaje, transporte y almacenamiento. De esta manera, las lesiones mecánicas como hematomas y grietas de frutas y verduras las hacen más propensas a ser atacadas por organismos y esto aumenta la tasa de pérdida de agua e intercambio de gases. Estos productos se degradan más rápidamente durante

el proceso de envejecimiento natural (Yahaya y Mardiyya, 2019).

El mango al ser una drupa, tienen una piel exterior propensa a sufrir daños mecánicos. Una vez causada la lesión en su exocarpio, conduce a ataques patológicos que los llevan a pudrirse. Además, las operaciones de procesamiento como la abrasión, el pulido excesivo, el pelado y el recorte se suman a la pérdida de calidad del producto (Yahaya y Mardiyya, *ob. cit.*).

Los daños físicos más prominentes se dan por cortes, magulladuras,

rajaduras, roturas, aplastamientos, abrasaduras, raspaduras de la piel, contusiones y mezclas de ellos (Figura 7). Esto ocurre cuando los mangos se desprenden de la planta madre y caen al suelo donde su exocarpio sufre uno o varios efectos descritos anteriormente. Justamente, a partir de ese momento su pulpa queda expuesta al ataque de microorganismos, aves, insectos y animales propios del suelo que al hacer contacto con ellos generan contaminación y proliferación microbiana.

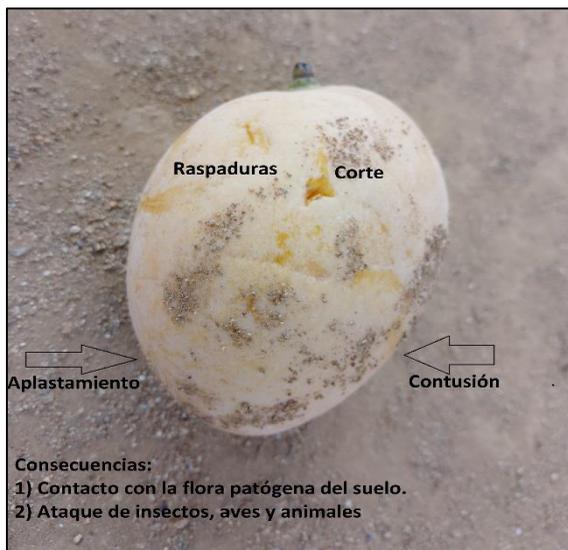


Figura 7.

Principales daños mecánicos en los frutos. Cuando los mangos se precipitan al suelo el impacto genera contusiones, cortes, raspaduras, aplastamientos, amoratamiento que constituyen la entrada de microorganismos deteriorativos, además, al ser comidos por los animales, se hacen inaptos para el consumo humano.

Es importante recalcar que el hecho de que los frutos se desprendan desde la planta, ya indica un proceso avanzado de madurez plena, etapa que es seguida de cerca por la senescencia. Esta se caracteriza por la pérdida de estabilidad termodinámica de las membranas, aumentando su permeabilidad, ocasionando así una descompartmentalización de los sistemas enzimas-sustratos, lo cual produce metabolitos indeseados y una autointoxicación que conlleva a la muerte del tejido.

Para evitar este tipo de daños, muchos productores cosechan los mangos en madurez fisiológica (verde hecho), que se define como aquella etapa del desarrollo y crecimiento donde cualquier órgano vegetal, podrá continuar su ontogenia aun siendo separado de la planta madre, esto tiene la ventaja de que se controlan adecuadamente las condiciones de cosecha y postcosecha de los frutos.

Factores biológicos:

En este caso intervienen enzimas, parásitos, microorganismos e incluso roedores. Un ejemplo donde actúan enzimas y bacterias de manera conjunta y en las que pueden generar deterioro,

es la rancidez microbiana (también llamada rancidez hidrolítica o lipolítica), en la que microorganismos como bacterias, mohos y levaduras usan sus enzimas (lipasas) para descomponerse, en este caso, el agua debe estar presente para que ocurra el crecimiento microbiano (Epka *et al.*, 2017). En este sentido, es preciso aclarar, que las lipasas son producidas por bacterias que crecen en la región límite que rodea a las gotas de agua que constituyen las emulsiones. De manera que la rancidez lipolítica o hidrolítica como generalmente se le llama incluso en la actualidad, es realmente un tipo de deterioro causado por bacterias (Nickerson y Rosinvali, 1978).

Por otra parte, el pardeamiento enzimático suele ser otro foco de deterioro de la porción comestible de la pulpa. Esto se da cuando cuando la integridad del tejido se daña, y se activan las enzimas como polifenoloxidasas (PPO), peroxidases, glicolasas y estearasas, que actúan sobre los compuestos fenólicos, transformando a los substratos incoloros en pigmentos de color que van desde el amarillo (imperceptible en mangos) hasta un tono negruzco. Vela

et al. (2001) realizaron un estudio del estrés por frío y actividad de la polifenoloxidasa en mango de la variedad manila y concluyeron que uno de los síntomas más importantes de deterioro es el pardeamiento enzimático debido a la actividad de la PPO, en la que compuestos terpinólicos y otros volátiles presentes en la savia y cáscara del mango entran en contacto con esta enzima y producen las melanoidinas (compuesto de color pardo).

En lo que respecta a la infestación por parásitos, alrededor de 60 especies de moscas de las frutas (Tephitidae) producen daños en el mango y especies afines (Peña *et al.*, 2009), siendo los más importantes los géneros *Anastrepha*, *Bactrocera* y *Ceratitits*. Estas especies no solo se alimentan de los mangos maduros, sino que causa daños físicos directos en la pulpa al depositar en esta sus huevos de los que posteriormente emergerán las larvas, además causan daños secundarios debido a la entrada de microorganismos patógenos (Figura 8). En contraste, el mango no es muy susceptible a los insectos taladradores de semilla y pulpa, excepto para unas pocas especies (Reddy *et al.*, 2018).



Figura 8.

Infestación de larvas de mosca de las frutas en mangos. La *Drosophila melanogaster*, comúnmente conocida como la “mosca de las frutas” utilizan los frutos para alimentarse y depositar sus huevos, en las cuales las larvas emergen ocasionando daños. Es común que estos insectos proliferen en la estación lluviosa, ya que en estas condiciones les es más fácil las etapas de reproducción y crecimiento. En Venezuela, el final de la cosecha de la mayoría de las variedades de mango coincide con el inicio de las lluvias, y es habitual observar frutos podridos e infestados volviéndose inutilizables para su uso y consumo.

Por último, uno de los factores biológicos que también ejerce daño en los mangos es el llevado a cabo por animales, específicamente por aves, roedores, animales domésticos y silvestres, quienes son atraídos por los componentes de aroma y sabor característicos en la etapa de madurez plena, trayendo consigo una combinación de daños físicos y microbiológicos a los frutos.

2.2. Microflora característica presente en los frutos.

En frutos frescos (Figura 9):

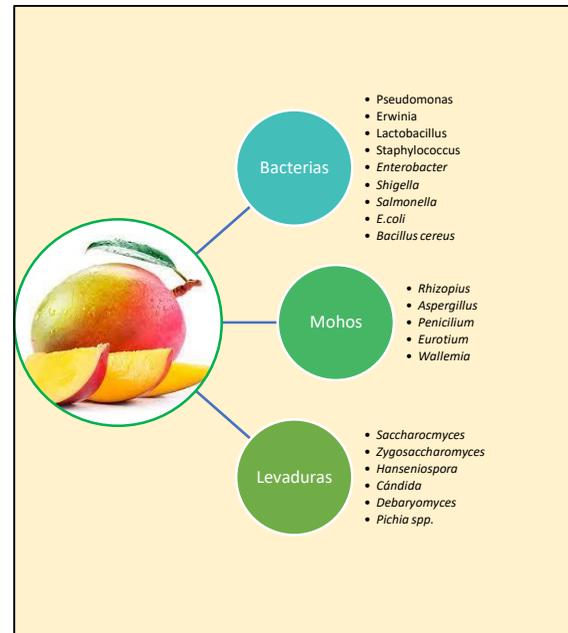


Figura 9.

Microflora característica en frutos frescos.

Estos microorganismos están restringidos para permanecer en la superficie externa de las frutas siempre que la piel esté sana o intacta. El deterioro comienza cuando los microorganismos ingresan al tejido blando por cualquier corte o contusión durante las operaciones del procesamiento postcosecha

Las frutas y hortalizas frescas contienen una flora microbiana típica, que incluye a bacterias y hongos, que en condiciones normales no constituyen riesgo de deterioro. Kalia y Gupta (2007), explican que los microorganismos se adhieren a la superficie de los frutos a través de contacto con el aire y el suelo, tal es el caso de las moscas de la fruta que inocula la piel o superficie externa con una variedad de bacterias gramnegativas (*Pseudomonas*, *Erwinia*,

Lactobacillus), además de sus huevos que posteriormente eclosionan y dañan la totalidad de la pulpa.

De igual forma, la recolección manual de los productos frescos infecta las superficies de las frutas con *Staphylococcus*. Asimismo, el contacto con el suelo, especialmente el compost parcialmente procesado o el estiércol agrega diversos microorganismos patógenos aerobios, específicamente del género fecal-oral, incluyendo *Enterobacter*, *Shigella*, *Salmonella*, *E.coli* 0157:H7, *Bacillus cereus*, así como ciertos virus como la hepatitis A, el rotavirus, el de la enfermedad de Norwalk, todos transmitidos por el consumo de frutas frescas.

En lo referente a la flora fungica, en las frutas normalmente se encuentran mohos del tipo *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Eurotium*, *Wallemia*, y levaduras como *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Hanseniospora*, *Cándida*, *Debaryomyces* y *Pichia* sp.

En frutas procesadas:

Por otra parte, cuando las frutas y hortalizas han sido procesadas, los microorganismos pueden ingresar a ellas antes, durante o después del

procesamiento. De hecho, las operaciones preliminares como el lavado con agua no potable, acarrea el contacto con *E. coli* 0157:H7, *Enterobacter*, *Shigella*, *Salmonella* sp., *Vibrio cholerae*, *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Cyclospora caytanensis*, *Toxiplasma gondii* y otros agentes causantes de enfermedades transmitidas por alimentos en humanos, aumentando así la carga microbiana de los productos frescos, y por ende, serán transmitidos al producto resultante del procesamiento de tales frutas.

Kalia y Gupta (*ob. cit.*) afirman que los productos derivados de frutas como concentrados, jaleas, mermeladas, conservas y jarabes reducen su actividad de agua (a_w) por la adición de azúcar y calentamiento a 60–82 °C, y esto elimina la mayor parte de los hongos xerotolerantes, además de inhibir el crecimiento de bacterias. Sin embargo, la microflora de estos productos puede incluir levaduras altamente osmófilicas y ciertos formadores de endosporas como el *Clostridium*, *Bacillus* sp. que resisten los procedimientos de enlatado. Asimismo, en zumos de frutas y néctares pasteurizados se da el caso donde se

suprimen la mayoría de las bacterias, levaduras y mohos vegetativos pero pueden permanecer aquellos termorresistentes como *ascosporas* o *esclerocios* que producen *Paecilomyces sp.*, *Aspergillus sp.* y *Penicillium sp.*

2.3. Generalidades del metabolismo microbiano.

El metabolismo se refiere a todas las reacciones bioquímicas que ocurren en una célula u organismo con el fin último de obtener energía para cumplir con todas sus funciones biológicas. El estudio del metabolismo microbiano se centra en la diversidad química de las oxidaciones de sustrato y las reacciones de disimilación (reacciones mediante las cuales se descomponen las moléculas de sustrato), que normalmente funcionan en las bacterias para generar energía. También dentro del alcance del metabolismo bacteriano se encuentra el estudio de la captación y utilización de los compuestos inorgánicos u orgánicos necesarios para el crecimiento y mantenimiento de un estado estacionario celular (reacciones de asimilación). Estas reacciones exergónicas (que producen energía) y endergónicas (que requieren energía) son catalizadas dentro de la

célula microbiana viva por sistemas enzimáticos integrados, y el resultado final es la autorreplicación de la célula. La capacidad de las células microbianas para vivir, funcionar y replicarse en un medio químico apropiado (como un medio de cultivo bacteriano) y los cambios químicos que resultan durante esta transformación constituyen el alcance del metabolismo bacteriano (Jurtshuk, 1996).

El metabolismo comprende dos etapas que son complementarias entre sí: el anabolismo y el catabolismo (Figura 10)

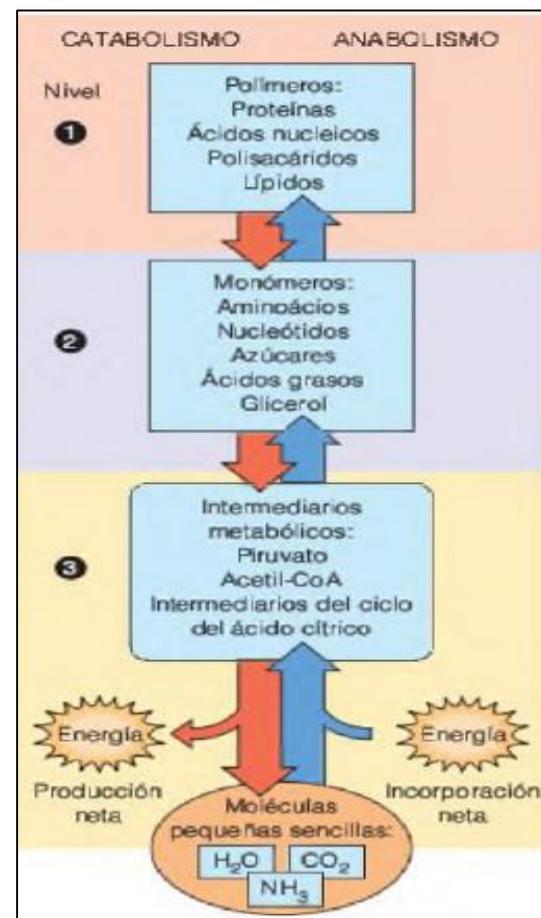


Figura 10.

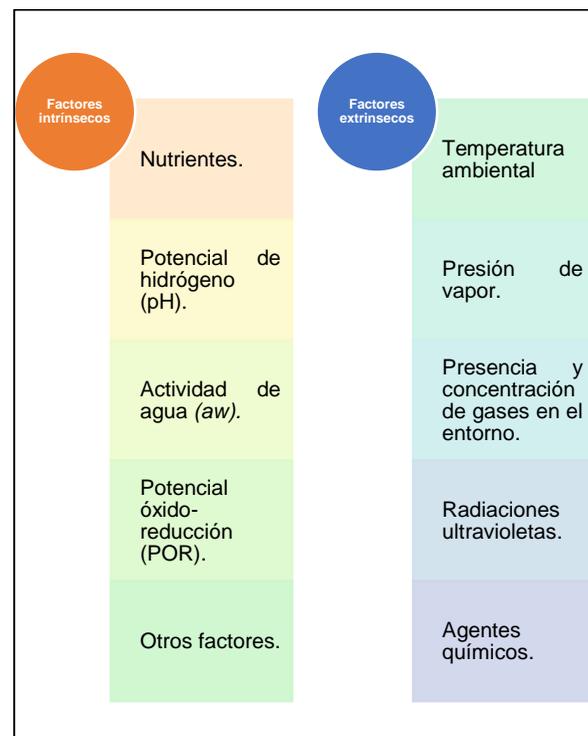
Etapas del metabolismo. El catabolismo (flecha roja en la imagen) implica la degradación de moléculas complejas a moléculas más simples, comienza inicialmente con los polímeros del tipo proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos (nivel 1), siendo transformados a sus respectivos monómeros: aminoácidos, monosacáridos, nucleótidos, ácidos grasos y glicerol (nivel 2), los cuales a través de varias rutas son simplificados a los llamados intermediarios metabólicos (nivel 3): ácido pirúvico, acetil-coenzima A e intermediarios del ácido cítrico, que finalizan en moléculas simples como el amoníaco, el dióxido de carbono y el agua. El objetivo de todo el proceso catabólico es producir energía en forma de ATP generado por diversos mecanismos como la fotosíntesis y a partir de compuestos inorgánicos y orgánicos que el microorganismo utilizará para realizar sus funciones biológicas. El proceso aparentemente inverso es el anabolismo, que se refiere a la biosíntesis de moléculas complejas a partir de aquellas más simples. Justamente el microorganismo utiliza la energía producida durante el catabolismo para emprender la formación de aquellas moléculas que les servirán de soporte: carbohidratos, lípidos y proteínas para reparar su membrana y otras partes celulares, y ácidos nucleicos para preservar y replicar su información genética.

Fuente: Mathews *et. al.* (2002)

2.4. Factores que afectan a la actividad microbiana.

Todos los microorganismos, necesitan un conjunto de factores que les permita crecer/vivir en un determinado ambiente. Estos factores pueden ser diferentes para cada microorganismo. Así, las bacterias requieren ambientes diferentes que las levaduras y estas requieren ambientes diferentes que los

hongos. Y dentro de cada uno de estos grupos existen más diferencias dependiendo de cada especie. Torrealba (2020) explica que existen factores intrínsecos, extrínsecos e implícitos que influyen en el crecimiento de los microorganismos (Figura 11).

**Figura 11.**

Factores que afectan el crecimiento microbiano. Los factores intrínsecos son aquellos propios del medio, en los que al estar presentes van a influir en el crecimiento de los microorganismos presentes en el ecosistema. Por su parte, los extrínsecos son aquellos que dependen del entorno que rodea al ecosistema microbiano.

Factores intrínsecos:

- **Nutrientes:** En cuanto a los nutrientes, el mayor o menor contenido en proteínas, azúcares

y otros nutrientes va a determinar cuál es el tipo de microorganismos capaz de crecer en el alimento. La presencia de vitaminas, aminoácidos, entre otros, va a permitir el crecimiento de algunos microorganismos más exigentes a nivel nutricional. De manera general los hongos constituyen el grupo de microorganismos nutricionalmente menos exigentes, seguido de las levaduras y estas de las bacterias.

- **pH:** Por su parte, el pH, es una medida del nivel de acidez o alcalinidad de una solución que indica la concentración de iones de hidronios [H_3O^+] presentes en determinadas sustancias. Se define también como el logaritmo negativo de base 10 de la actividad de los iones hidrógeno. El pH se mide en una escala de 0 a 14. La Tabla 4 clasifica los rangos de pH donde los microorganismos son más activos, abarca desde pH's muy ácidos (microorganismos acidófilos)

hasta pH's moderadamente alcalinos.

Tabla 4. Rangos de pH para el crecimiento de la mayoría de microorganismos.

Microorganismo	Rangos de pH para el crecimiento		
	mínimo	óptimo	máximo
Mohos	1,5-3,5	4,5-6,8	8-11
Levaduras	1,5-3,5	4-6,5	8-8,5
Bacterias	4,5-5,5	6,5-7,5	8,5-9
Bacterias lácticas	3-5	5,5-7,5	6,5-8

Fuente: InFoodQuality (2020).

- **La actividad de agua:** Definida como un parámetro físico-químico que mide la cantidad de agua libre o disponible presente en el medio. De esta manera, la disponibilidad de agua de un alimento es, uno de los principales factores que determina la facilidad con la que un determinado microorganismo puede crecer en él y consecuentemente deteriorarlo. La *aw* se mide en valores entre 0 y 1, y mientras más cercano es a 1, mayor agua libre tendrán los microorganismos para cumplir sus funciones biológicas, esto se hace patente sobre todo en alimentos frescos (carnes, leche cruda, frutas y hortalizas), que a

su vez tienen una corta vida útil durante el almacenamiento.

- **El potencial óxido-reducción (P.O.R.):** es una forma de medir la energía química de oxidación-reducción en un sistema, empleándose un electrodo para ello, quien la convierte en energía eléctrica y refleja su valor (conocido como ORP) en milivoltios. Para Frazier y Westhoff (2017), es un sistema denominado Eh, que se mide y expresa en milivoltios (mV), donde un sustrato fuertemente oxidado tendrá un Eh positivo, mientras que si está reducido será Eh negativo. El P.O.R. indica las relaciones de oxígeno entre los mismos y es utilizado para especificar el ambiente en que un microorganismo es capaz de generar energía y sintetizar nuevas células. En esta perspectiva, los microorganismos aerobios precisan valores positivos y los anaerobios, por el contrario, negativos.
- **Presencia de oxígeno:** La presencia de oxígeno en el

ambiente influye en el tipo de microorganismos que pueden crecer en un determinado alimento y en la velocidad a la que se multiplicarán. El uso de embalajes impermeables al aire tiene como consecuencia la disminución del oxígeno disponible de los alimentos.

- **Otros factores:** Además de los factores intrínsecos mencionados anteriormente, existen otros factores que, de una manera u otra, influyen en el crecimiento de los microorganismos en los alimentos tal es el caso de la presencia de estructuras biológicas (piel, tegumentos) no impide generalmente la entrada de microorganismos a ellos, sino más bien que ejercen como barrera que dificulta su entrada. Está claro que la situación cambia cuando durante la recolección, transporte, almacenaje o procesado, estas estructuras sufren daños, como el caso de los frutos frescos. Por otra parte, la estabilidad microbiológica de algunos

alimentos depende de la presencia de algunas sustancias naturales que se encuentran en ellos. Es bien conocida la acción que la presencia del ajo tiene en el crecimiento microbiano. Este posee una sustancia (alicina) capaz de inhibir el crecimiento de algunas bacterias deterioradas (utilización de ajo en la conservación de la carne). Lo mismo ocurre con otros productos (lisozima en la clara del huevo, lactoferrina en la leche, etc.)

Factores extrínsecos:

- **Temperatura ambiental:** Influye en las velocidades de todas las reacciones químicas ligadas a los procesos de crecimiento; es por ello que la temperatura de un ambiente específico, puede determinar la celeridad del incremento microbiano. A medida que disminuye, se reduce su cinética de desarrollo, aunque no necesariamente ocurre la muerte del microorganismo; mientras que, al aumentar, puede favorecer, hasta determinados rangos, el

impulso de la progresión o crecimiento. Como es sabido, los microorganismos necesitan de una determinada temperatura para desarrollarse a su velocidad máxima. Esta temperatura se designa temperatura óptima o ideal. Según esto, los microorganismos se clasifican según la temperatura óptima de crecimiento (Tabla 5):

Tabla 5. Clasificación de los microorganismos de acuerdo a las temperaturas de incubación o ambiental.

Grupo	Temperatura		
	mínima (°C)	óptima (°C)	máxima (°C)
Hipertermófilos	60 – 70	90–100	105 - 110
Termófilos	35 – 45	45 – 70	60 – 80
Mesófilos	15 – 20	35 – 37	40 – 50
Psicrófilos/ Psicrótrofos	0 – 5	15 - 20	25 - 30

Fuente: Forsythe y Hayes (2007)

- **Presión de vapor del agua:** Este factor da cuenta del equilibrio que debe existir entre un sistema y su entorno, por lo que define la relación de presión osmótica que hay entre el microorganismo y el ambiente, para favorecer o no la turgencia entre ambos. Para el microorganismo el intercambio

osmótico con el medio se da por la permeabilidad selectiva de la membrana citoplasmática en función a la disponibilidad de agua del ambiente donde se encuentre en ese momento. Es importante destacar que en función a ello se busca un equilibrio entre el producto con el medio ambiente y viceversa. En este particular, el alimento busca nivelarse con la a_w del ambiente y el ambiente con la a_w del alimento, creando así gradientes de presión osmótica.

- **Presencia y concentración de gases en el entorno:** Tiene que ver con la concentración de oxígeno e hidrógeno presente en el ambiente; siendo el nivel de oxígeno disponible el que prevalece en la presencia de gases. Es por esta razón que la presencia de oxígeno en el ambiente tiene mucha influencia en el tipo de microorganismos que pueden crecer en un determinado alimento y en la velocidad a la que se multiplicarán. Los gases principales que influyen en el

desarrollo de estos seres vivos son el oxígeno y el dióxido de carbono, dando respuestas en función a la presencia o no de alguno de ellos; dividiéndose en cuatro grupos: aerobios estrictos (solo crecen si hay oxígeno disponible), aerobios facultativos (pueden crecer en presencia o ausencia de oxígeno), anaerobios estrictos (no pueden crecer en presencia de oxígeno) y los microaerófilos (crecen en atmósferas ínfimas de oxígeno, cercanas al 5%).

- **Radiaciones:** El uso de ondas electromagnéticas afecta el crecimiento de los microorganismos según sea el tipo y la intensidad de la radiación. De esta manera, las radiaciones ionizantes de alta energía son capaces de arrancar electrones de los átomos con los que entran en contacto, generando efectos letales tanto directos como indirectos; así como mutagénicos. Los directos se logran a altas dosis de radiación (como rayos X); los indirectos y mutagénicos a menores dosis

(como rayos gama y cósmicos). En todos estos casos suceden daños al ADN de la célula, con roturas en sus cadenas helicoidales, incapaces de repararse (letal directo), cambios en el ADN capaz de repararse (mutagénicos) y autooxidación en el letal indirecto. Por su parte, las radiaciones no ionizantes no poseen suficiente energía para arrancar un electrón del átomo; es decir, no son capaces de producir ionizaciones. Son de baja energía por lo que no son capaces de ionizar la materia con la que interaccionan. La ultravioleta tiene una importancia significativa para la industria de alimentos, debido a que fomenta esterilizaciones bacterianas de amplio espectro, con una dosis letal para células vegetativas entre 1800 y 6500 $\mu\text{watt}/\text{cm}^2$, aunque sobrevivirían las endoesporas, quienes necesitan una dosis diez veces superior. Es una radiación de poco poder de penetración que no entra en objetos sólidos, penetra poco en los líquidos y pierde poder en el

cristal. Se aplica mucho en el control microbiológico de la calidad del aire en ambientes cerrados como quirófanos, por ejemplo; en salas de hospitales, en áreas de preparación de medios de cultivo para el análisis microbiológico de productos a nivel de laboratorios, en laboratorios de investigación, en industrias de beneficio de carnes para disminuir y controlar la población de aeróbios que llegan a la superficie de los cortes, entre otras aplicaciones. Para que tenga efecto en el ADN y ARN celular, la longitud de onda debe estar alrededor de 260 nm.

- **Agentes químicos o sustancias inhibitoras:** Torrealba (*ob. cit.*) citando a Forsythe y Hayes (*ob. cit.*), explica que los alimentos contienen una serie de sustancias que afectan el crecimiento microbiano, las cuales pueden presentarse naturalmente en ellos (intrínseco), tener origen microbiano o añadirse artificialmente (extrínseco).

Dentro de estos compuestos pueden estar ácidos nucleicos, ácidos orgánicos, solutos, enzimas, entre otros, que van a influir sobre la acción microbiana. Por otro lado, es posible que las sustancias hayan sido elaboradas por otros grupos microbianos, producto de la conversión biológica de los componentes del alimento. En ellos se pueden presentar fermentaciones típicas de levaduras y bacterias, que modifican las condiciones de potencial hidrógeno del medio, que limitarían la continuación del desarrollo microbiano existente o que lleguen otras especies al alimento.

Cabe señalar, que estas sustancias pueden ser añadidas en el producto, bien sea como conservante, aromatizante, espesante o como nutriente con la intención de modificar las características sensoriales del producto, además de incrementar o disminuir niveles de soluto, o de ejercer efecto sobre el pH y así contribuir a

prolongar su vida útil. Actualmente existe una variedad de agentes antimicrobianos autorizados por los entes competentes de uso común en distintos productos alimenticios, muchos de estos se estudian en el capítulo III de este libro.

Referencias Consultadas

- Badui, S. 2006. Química de los alimentos. Pearson Educación, México.
- Damodaran, S., Parkin, K. y Fennema, O. (2010). Fennema Química de los Alimentos. 3ª Edición. México: Acribia
- Ekpa, E., Folake O. M. y Adeoye R. 2017. Effects of Various Environmental Conditions on the Rancidity Levels of Some Edible Oil Sold In Lokoja Metropolis of Kogi State. Nutrition and Food Toxicology 1.3 (2017): 118-129.
En:
<https://scientiaricerca.com/srnuft/pdf/SRNUFT-01-00020.pdf>
- Elika. 2017. Alteración de Alimentos. Elika: Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. País Vasco, En:
<https://alimentos.elika.eus/wpcon>

<tent/uploads/sites/2/2017/10/7.AI-terac%C3%B3n-de-los-alimentos.pdf>

- Frazier, W.C y Westhoff, D.C. 2017. *Microbiología de los alimentos*. (4ta. Ed). España: Editorial Acribia, S.A. 681p
- InFoodQualitu. 2020. Microorganismos y alimentos. Education and culture. Lifelong learning programme Leonardo Da Vinci.
- Jurtshuk, P. 1996. Medical Microbiology 4th Edition. En: Baron, S. editor. Medical microbiology 4th edition. [University of Texas Medical Branch at Galveston](http://www.utmsd.edu/~/jurtshuk/medical_microbiology_4th_edition/)
- Kalia, A. y Gupta, R.P. 2007. Fruit Microbiology. En Huy, Y.H.2006. Handbook of fruits and fruit processing. Blackwell Publishing.
- Management”, edited by Omkar. Published by Springer Nature Signature. Pp. 415-440. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8687-8_12.
- Nickerson, J.T.R. y Rosinvalli, L.J. 1978. Elementary Food and Science. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Peña, J.E., Aluja, M. & Wysoki, M., 2009. Pests. In: “The Mango. Botany, Production and Uses. 2nd Edition.”, edited by Litz, R.E. Published by Cab International, UK. Pp. 317-366.
- Reddy, P.V.R., Gundappa, P. & Chakravarthy, A.K., 2018. Pests of mango. In: “Pests and Their
- Torrealba, M. 2020. Fundamentos de Microbiología General. FEDEUZ
- Vela Gutiérrez Gilber, León G. Dinora M., y García Galindo Hugo S. 2001. Estrés por frío y actividad de la polifenoloxidasa en Mango (*Mangifera indica* cv. Manila). En: Memorias del IX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería, XIII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica y II Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. Veracruz, México.
- Yahaya, S.M. y Mardiyya, A.Y. 2019. Review of Post-Harvest Losses of Fruits and Vegetables. Biomedical Journal of Cientific and Technical Research. *Volumen 13- Issue 4. DOI: [10.26717/BJSTR.2019.13.00244](https://doi.org/10.26717/BJSTR.2019.13.00244)*

Fundamentos de conservación por métodos combinados

Contenido

- 3.1 [Tecnologías de Conservación a través de Métodos Combinados.](#)
- 3.2 [Avances en el uso de Tecnologías de barreras en la conservación de pulpa de mango.](#)
- 3.3 [La actividad de agua \(\$a_w\$ \).](#)
- 3.4 [El potencial de hidrógeno y la acidez.](#)
- 3.5 [El Potencial óxido-reducción \(POR\) / Capacidad de equilibrio REDOX.](#)
- 3.6 [Los aditivos antimicrobianos.](#)



3.1. Tecnologías de Conservación a través de Métodos Combinados.

Desde el punto de vista microbiológico, la conservación de alimentos persigue como objetivo exponer a los microorganismos a un medio hostil (por ejemplo, a uno o más factores adversos)

para prevenir o retardar su crecimiento, disminuir su supervivencia o causar su muerte (Figura 12). Tales factores pueden ser la acidez, la limitación del agua disponible para el crecimiento, uso de conservadores, temperaturas altas o bajas, la limitación de nutrientes, etc.

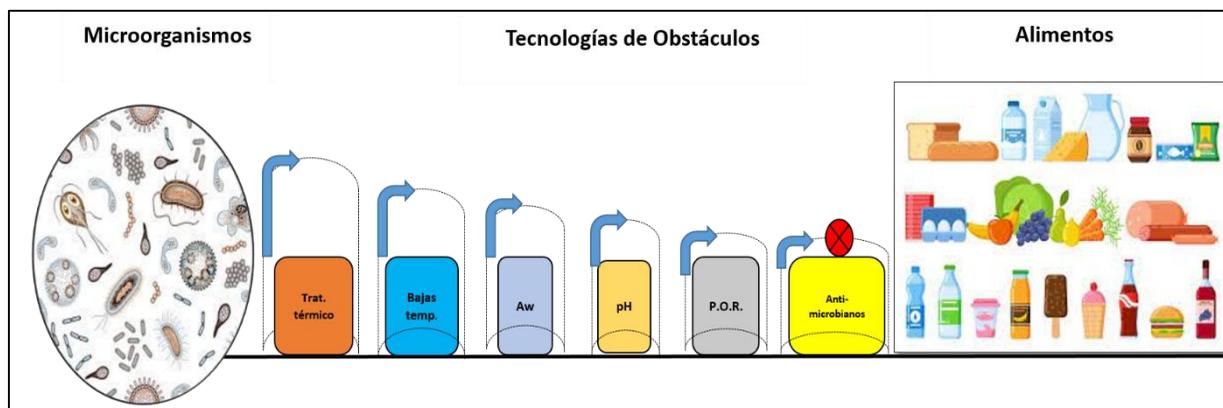


Figura 12.

Empleo de las tecnologías de obstáculos en la conservación de alimentos. En la figura se ilustra el uso de las tecnologías de obstáculos (*hurdles technology*) en la conservación de alimentos. En primera instancia, los tratamientos térmicos suelen ser muy eficientes en el control microbiológico pero a su vez afectan otras propiedades del alimentos (degradación de vitaminas, componentes bioactivos, atributos sensoriales), por lo que es posible utilizarla en menor intensidad combinada con otros métodos como las temperaturas de refrigeración, la limitación del agua libre (a_w), la acidez (bajo pH), el potencial óxido-reducción y el agregado de agentes conservadores, e incluso puede acudir a tecnologías más emergentes como el empleo de radiación UV en dosis controladas, uso de altas presiones hidrostáticas, entre otros. La elección o combinación de tratamientos dependerá del tipo de alimentos a conservar, el costo y por supuesto el acceso y disponibilidad de tales tecnologías.

Barbosa-Cánovas (2003) indica que, si se utilizan varios obstáculos simultáneamente, se podría obtener una conservación suave, que asegura alimentos estables y seguros con altas propiedades sensoriales y nutricionales. Esto es porque diferentes barreras en un alimento a menudo tienen un efecto sinérgico (potenciador) o aditivo. De esta manera, los alimentos así conservados pueden diseñarse para que no requieran refrigeración y en consecuencia se ahorre energía.

La tecnología de obstáculos se usa ampliamente para el diseño de nuevos productos de acuerdo con las necesidades de los procesadores y

consumidores. En el caso de microorganismos vegetativos, los mecanismos homeostáticos son energético-dependientes, pues la célula debe consumir energía para resistir a los factores de estrés para reparar los componentes dañados y sintetizar nuevos componentes celulares.

En el caso de las esporas, los mecanismos homeostáticos no consumen energía, ya que los mismos están incluidos en la estructura de la célula aún antes de que ésta sea expuesta a los niveles de estrés ambiental. En este sentido, los factores más importantes que controlan la velocidad de las reacciones de deterioro

y la proliferación de microorganismos en los alimentos son la disponibilidad de agua (a_w), el pH y la temperatura (Alzamora, *et al*, 2004, p. 4).

3.2. Avances en el uso de Tecnologías de barreras en la conservación de pulpa de mango.

Putnik *et. al.* (2020) explica que, para conservar los alimentos mediante tecnologías de obstáculos, es necesario crear un entorno hostil para los microorganismos. Este entorno puede causar la muerte de microorganismos o ralentizar su crecimiento, dependiendo en gran medida de cómo reaccionan los microorganismos al tratamiento. Estas reacciones están siendo investigadas como métodos de protección de los alimentos, junto con los efectos de la tecnología de obstáculos en la homeostasis, reacciones de estrés, agotamiento metabólico de microorganismos y preservación de objetivos múltiples, todos ellos esenciales para la seguridad alimentaria. Muchos de ellos aún son objeto de arduas investigaciones.

En este orden de ideas, para preservar productos alimenticios a base de frutas, el enfoque de la tecnología de barreras

a menudo utiliza métodos térmicos de poca intensidad que a menudo se combinan con diferentes obstáculos, como los antimicrobianos, aditivos, tratamiento térmico suave y luz ultravioleta o pulsada, para lograr efectos sinérgicos y mejoras generales de calidad.

Por su parte, Mir *et. al.* (2019) realizaron una investigación para preservar la calidad de rodajas de mango inmersas en solución azucarada añadiendo diferentes conservantes químicos (Metabisulfito de potasio, sorbato de potasio y benzoato de sodio). Para ello, las rodajas de mango fueron sumergidas en una solución de sacarosa hasta un 40% con los diferentes conservantes a una misma concentración y luego fueron almacenadas en frascos de vidrio en refrigeración y a temperatura ambiente. Los investigadores concluyeron que las rodajas de mango almacenadas en condiciones de refrigeración tenían mayor calidad en comparación con la temperatura ambiente durante tres meses de almacenamiento, y el metabisulfito de potasio resultó ser más eficaz manteniendo la máxima calidad seguida de benzoato de sodio y potasio.

Así mismo, Arampath y Dekker (2019) evaluaron los efectos de la extracción de pulpa, el tratamiento térmico y el almacenamiento a granel de mango (*Mangifera indica* L.) y piña (*Ananas comosus* L.) durante 20 semanas a temperatura ambiente (28 ± 2 °C) y bajo refrigeración (4 °C) sobre los fitoquímicos bioactivos e investigaron la actividad antioxidante. Los autores encontraron que el almacenamiento a granel de pulpas a 4 °C proporcionó una mejor retención de los compuestos comparado con el almacenamiento a temperatura ambiente hasta por 20 semanas. En ese sentido, los autores recomendaron el almacenamiento a granel de pulpa de mango y piña en condiciones de almacenamiento en frío como un mejor método de conservación de pulpa que el almacenamiento a temperatura ambiente.

Por otra parte, Ahmed (2017) estudió el efecto de los tratamientos con metabisulfito de potasio (6%) y sorbato de potasio (350 ppm) sobre la calidad nutricional de rodajas de mango secas deshidratadas osmóticamente, escaldadas por infrarrojos y microondas (cultivares locales “Chaunsa” y “Fajri”) almacenados durante un período de 6

meses en condiciones ambientales. Los parámetros estudiados incluyeron características físicas como actividad del agua, pardeamiento no enzimático y valores de color, parámetros químicos como humedad, ceniza, fibra, acidez, contenido de proteínas, azúcares, vitamina C, carotenoides totales y atributos sensoriales como apariencia, sabor y textura. El investigador comprobó el efecto conservante del sorbato de potasio en las rodajas de mango al no detectarse crecimiento de levadura ni mohos.

Del mismo modo, Singh *et. al* (2017) estudiaron los parámetros de calidad de la pulpa de mango almacenada en diferentes contenedores a varias temperaturas. Para ello, trataron la pulpa de mango con 1000 ppm de SO₂ y la almacenaron durante un año en un barril de madera, al cabo de ese período de tiempo no observaron ningún tipo de deterioro de la calidad.

En forma similar, Guiamba y Svanberg (2016) realizaron un estudio sobre el impacto de la acidificación con ácido cítrico, la adición de ácido etildiaminotetracético (EDTA) o escaldado con agua a alta temperatura-tiempo corto (HTST) realizado a 90 °C

durante 4 min, sobre la retención de vitamina C (L-AA y DHAA) y β -caroteno en un puré de mango a los 30 minutos después de despulpado. El escaldado con HTST antes de la ruptura de la matriz en puré dio como resultado la inactivación completa de la polifenol oxidasa (PPO) y una actividad residual menor (8%) de la oxidasa del ácido ascórbico (AAO).

De igual manera, García-García, *et. al.* (2015) publicaron un estudio en el que realizaron alteraciones combinadas en pH, conservantes, y tratamiento con campos eléctricos pulsantes (PEF, por sus siglas en inglés) para inactivar *Saccharomyces cerevisiae* y *Escherichia coli* en jugos de tuna. Estos investigadores encontraron que la *S. cerevisiae* era más resistente a la reducción del pH y la adición de conservantes que la *E. coli*. Lo más resaltante en su investigación es que el pH no solo se usó para inactivar microorganismos, sino también para aumentar su sensibilidad al tratamiento con PEF. La mayor reducción de actividad se logró con parámetros de tratamiento de 15 ls, 50 Hz, 36 kV cm⁻¹

Para finalizar, Zambrano (2008), estudió el efecto del escaldado al vapor con

adición de conservante sobre las propiedades químicas (acidez, sólidos solubles totales (TSS), azúcares totales y reductores, ácido ascórbico, carotenoides totales), reológicas y sensoriales (a los 0, 30, 60, 90 y 120 días de almacenamiento) de la pulpa de mango tipo 'Bocado', almacenada a 0±0,5 °C. Para ello, emplearon frutos de mango completamente maduros y sin daños. La mitad de los frutos (N=100) se trataron con escaldado al vapor durante 6 minutos, la otra mitad se dejó sin escaldar de modo de utilizarla como testigo. Como conservantes se añadieron ácido cítrico al 0,3% y benzoato de sodio al 0,1% a la mitad de la pulpa. Luego, la pulpa se empaquetó en bolsas de polietileno (150 g por bolsa), se selló al vacío y se almacenó.

Los autores observaron un efecto significativo de los tratamientos combinados sobre los parámetros químicos con evidentes diferencias en la pulpa escaldada respecto a la no escaldada, así como la adición o no de conservantes.

3.3. La actividad de agua (a_w).

La actividad de agua (*Activity water*, a_w) o actividad acuosa es un parámetro fisicoquímico que hace referencia a la

cantidad de agua libre presente en un alimento y que es útil para el crecimiento microbiano y diversas reacciones químicas y enzimáticas, siendo este un factor intrínseco importante para predecir la vida útil de los alimentos (Damodaran *et al*, 2010).

En este sentido, los microorganismos necesitan la presencia de agua, en una

forma libre o disponible, para crecer y llevar a cabo sus funciones metabólicas y la obtienen a través del intercambio natural de la membrana celular (Badui, 2006).

La Figura 13 da cuenta de cómo se lleva a cabo este proceso en la membrana celular de los organismos.

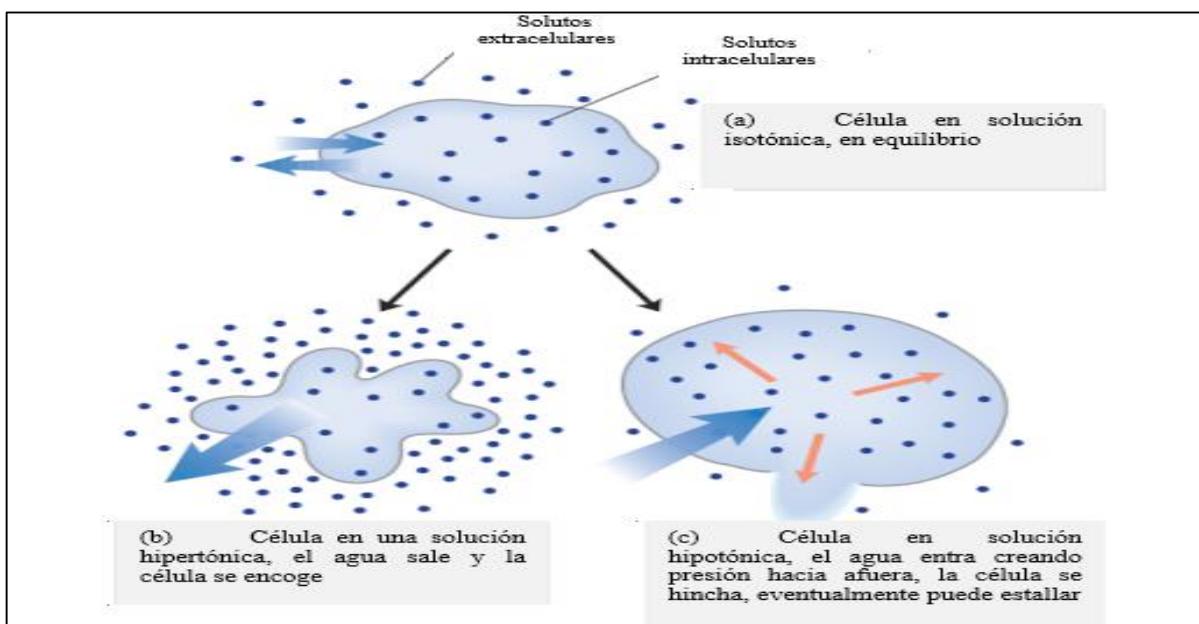


Figura 13.

Representación esquemática de los procesos de diferencial de a_w inter y extramembrana celular en distintos medios. En un medio de equilibrio en ambos lados de la membrana celular, el agua libre puede atravesarla sin que se altere la homeostasis del organismo, estableciéndose una condición de equilibrio (Figura 10a). Sin embargo, cuando afuera de la membrana existe una alta presión osmótica generada por solutos (medio hipertónico), el agua libre que se encuentra dentro tiende a salir hacia afuera para tratar de equilibrar ambos medios, para lo cual el organismo gasta energía y afecta su homeostasis, con la consecuente deshidratación (Figura 10b). Por último, si es dentro de la membrana que ocurre la alta concentración de solutos, el agua libre de afuera (medio hipotónico) va a ingresar a la célula para tratar de regular su equilibrio y reparar su homeostasis, lo que acarreará hinchado de la célula y eventualmente la lisis celular (Figura 10c).

Fuente: Adaptación propia a partir de Nelson y Cox (2014).

De acuerdo a la anterior, cuando se habla de alta presión osmótica

generada por solutos, el contenido de agua libre se reduce, por tanto, la a_w

disminuye. La reducción de la actividad del agua genera estrés y ejerce efectos adversos que influyen en todas las actividades metabólicas vitales de la célula microbiana, ya que el equilibrio interno del microorganismo se perturba por la alta presión osmótica externa, impidiendo así su reproducción. Si la reducción de la a_w por agregado de solutos o deshidratación se vuelve más extrema, la célula microbiana es incapaz de reparar la homeostasis y no puede proliferar, llevándola a la muerte (Zambrano-Herrera, 2020).

La tabla 6 muestra valores de actividad de agua mínimos para el crecimiento de

algunos microorganismos deteriorativos. En general, las bacterias comunes se inhiben a aproximadamente 0,95; los clostridios patógenos a 0,91, y la mayor parte de la especie *Bacillus* a 0,93. Mientras que el *Staphylococcus aureus* es el patógeno que posee mayor tolerancia a la actividad acuosa y pueden crecer en aerobiosis a valores de 0,87. Muchos hongos y levaduras son capaces de proliferar a a_w debajo de 0,86; algunas levaduras osmofílicas y hongos xerófilos pueden crecer lentamente a a_w ligeramente mayores a 0,60 (Tapia, Alzamora y Chiripe, 2007).

Tabla 6.

Rangos de Actividad de agua para el crecimiento de microorganismos.

Rango de a_w	Microrganismos inhibidos a a_w más baja de este rango.
1-0,95	<i>Pseudomonas</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Proteus</i> , <i>Shigella</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , <i>C. botulinum</i> E, G, algunas levaduras
0,95-0,91	<i>Salmonella</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Clostridium botulinum</i> A, B, <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i>
0,91-0,87	<i>Staphylococcus aureus</i> (aerobico), muchas levaduras (<i>Candida</i> , <i>Torulopsis</i>)
0,87-0,80	La mayoría de los hongos (<i>Penicillia mycotoxigenica</i>), <i>Staphylococcus aureus</i> , la mayoría de <i>Saccharomyces (baillii) spp.</i> , <i>Debaryomyces</i>
0,80-0,75	La mayoría de bacterias halofílicas, <i>Aspergillus micotoxigenico</i>
0,75-0,65	Levaduras Xerofílicas (<i>Aspergillus chevalieri</i> , <i>A. candidus</i> , <i>Wallemia sebi</i>), <i>Saccharomyces bisporus</i>
0,65-0,61	Hongos osmofílicos (<i>Sacharomyces rouxii</i>), pocos hongos (<i>Aspergillus echinulatus</i> , <i>Monascus bisporus</i>)
<0,61	Sin proliferación microbiana

Fuente: Tapia et. al. (2007).

Tipos de reacciones en alimentos según la actividad de agua

La Figura 14 muestra el comportamiento de la velocidad de diferentes reacciones frente a los valores de actividad de

agua. Es evidente que cada tipo de reacción tiene un comportamiento característico según la a_w , lo cual resulta útil para estimar la conservación y vida útil de los alimentos.

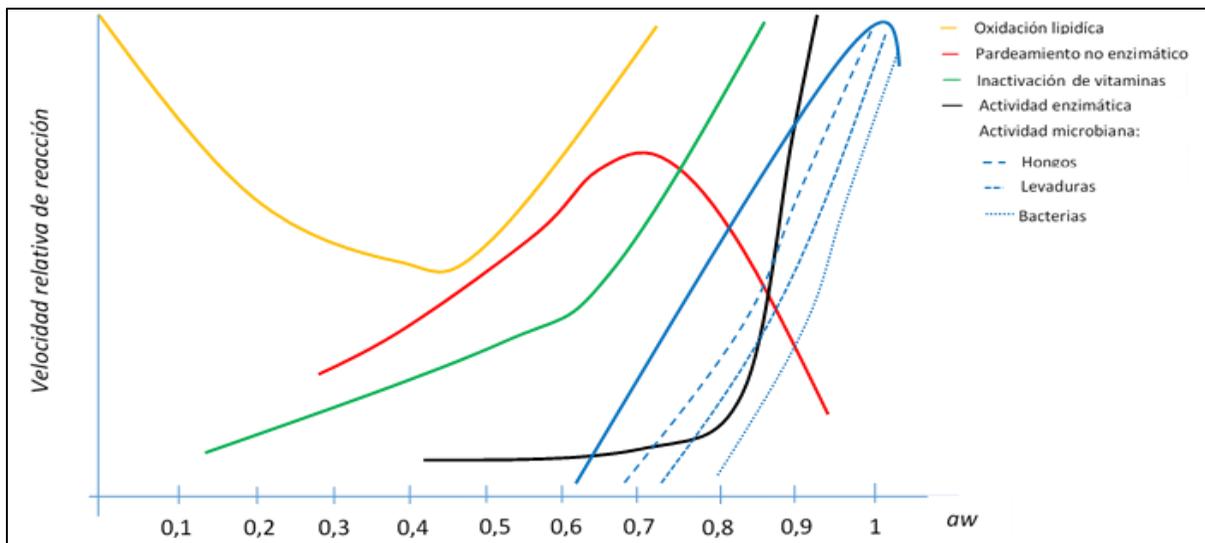


Figura 14.

Reacciones que ocurren en los alimentos en función de la actividad de agua. En la ilustración se presenta el comportamiento de algunas reacciones que ocurren habitualmente en los alimentos: Oxidación lipídica, pardeamiento no enzimático, inactivación de vitaminas, actividad enzimática y actividad microbiana. Es preciso decir que en los alimentos pueden presentarse una o varias de manera simultánea, e incluso se dan casos en los que modificando las condiciones se pueden inhibir unas pero se pueden inducir otras, por lo que la actividad de agua debe combinarse con otros factores para lograr un efecto sinérgico conservador.

Fuente: Adaptación propia a partir de Badui (2006) y Sandulachi (2016).

Caso Actividad microbiana: La curva azul de la Figura anterior representa la actividad microbiana, que comprende bacterias, levaduras y hongos. Como se sabe, la vida útil de un alimento depende en parte del crecimiento, desarrollo y supervivencia de estos seres de tamaño microscópico. La mayoría de ellos crecen adecuadamente en un intervalo de 0,70-

1,0, sin embargo, en la curva general de crecimiento se evidencia un comportamiento creciente a partir de valores de a_w de 0,61 (en correspondencia con Tapia *et al*, *ob cit*, Tabla 6), esto supone las excepciones de microorganismos como el caso de algunas levaduras osmofílicas y hongos xerófilos. Las bacterias en particular inician su crecimiento a valores de a_w de

0,80 (óptima a 0,90), incrementándose en forma proporcional a la humedad total. Similar comportamiento muestra la mayoría de las levaduras y hongos, iniciando el crecimiento a valores 0,75 y 0,70, respectivamente, lo que indica que requieren menor cantidad de agua disponible para su proliferación, pero se inhiben totalmente a valores inferiores a los precitados (excepto los osmofílicos y xerófilos).

Caso Actividad enzimática: La actividad enzimática, por su parte, inicia en la figura con una baja velocidad de reacción y muy poca humedad a una actividad de agua de aproximadamente 0,40, lo que indica que estos biocatalizadores llegan a actuar con un mínimo de agua libre, como ocurre con las lipasas que contienen los aceites puros (Badui, 2006). A valores de a_w cercanos a 0,80 en adelante, la actividad enzimática se incrementa desmesuradamente, pues las enzimas como agentes catalíticos requieren de un medio acuoso para acelerar las reacciones que desencadenan. El estudio de la actividad enzimática en el campo de los alimentos es de primordial interés debido a que las enzimas son responsables de algunos cambios

químicos, que pueden resultar beneficiosos (maduración de frutas) o dañinos (oxidación de ácidos grasos y oscurecimiento enzimático).

Caso pardeamiento no enzimático:

Las reacciones de pardeamiento no enzimático (P.N.E.), evidentemente son aquellas que no precisan de la actividad de enzimas para propiciar reacciones que generan compuestos de color (*browning*) sino más bien otros compuestos o reactantes de naturaleza química. De acuerdo a la figura 11, estas reacciones son mínimas a valores de a_w menores a 0,25 ya que el sistema no contiene la suficiente agua libre para posibilitar que los reactantes entren en estado de reacción, luego, la tendencia creciente se manifiesta cuanto mayor a_w disponga el sistema hasta valores cercanos a 0,70, por encima de este valor se observa un decaimiento de la velocidad de reacción del P.N.E., por cuanto en ese punto los reactantes se encuentran lo suficientemente diluidos y se tornan incapaces de generar compuestos de color. Son reacciones de P.N.E. las reacciones de Maillard (entre azúcares reductores y proteínas) y las reacciones de caramelización de azúcares.

Caso Oxidación de los lípidos: Este tipo de reacción merece particular atención. En la figura 11 se aprecia una alta velocidad de reacción a valores muy bajos de a_w , esto debido a la existencia de zonas predominantemente apolares que no crean una barrera contra el O_2 del aire, favoreciendo las reacciones de rancidez por incorporación de oxígenos en los ácidos grasos insaturados de los lípidos (Damodaran *et al*, *ob. cit*). Este comportamiento decae (no se inhibe del todo) hasta valores de a_w cercanos a 0,40 debido a que la concentración de agua genera una especie de capa protectora contra el oxígeno del aire, pero a valores superiores hay nuevamente una alza en la curva en correspondencia con el inicio de la zona favorable para la actividad enzimática, en este caso, la reacción de auto-oxidación se incrementa porque la excesiva agua disponible le es útil a las enzimas del grupo lipooxigenasa para activarse y catalizar nuevamente el oxígeno a los ácidos grasos insaturados.

Caso Inactivación de vitaminas: Por último, se encuentra la inactivación de vitaminas, donde se puede observar en la figura que la inactivación de éstas

posee una baja tasa de velocidad de reacción a bajos valores de a_w , luego muestra un aumento en la inactivación a medida que esta se incrementa, para finalmente aumentar excesivamente a valores por encima de 0,40-1,0. En este sentido, Damodaran *et al* (*ob cit.*) aclara que las pérdidas de vitaminas se producen, en primer lugar, por oxidación y extracción acuosa (lixiviación). Los cambios oxidativos causados por la acción de las lipooxigenasas pueden reducir la concentración de muchas vitaminas y la ácido ascórbico-oxidasa puede reducir específicamente el contenido de ácido ascórbico (Vitamina C). De modo que la gráfica evidencia una relación entre la curva de oxidación lipídica y la de actividad enzimática, puede evidenciarse que justo a una a_w de 0,40 se genera una inflexión y es dado por la actividad oxidativa que hace que las vitaminas liposolubles reaccionen y se oxiden por efecto de la autooxidación. Por otra parte, cualquier exposición al agua ($a_w \approx 1$) o a disoluciones acuosas de cortes, o trozos de tejidos procedentes de productos vegetales o animales ocasiona pérdidas de vitaminas hidrosolubles por extracción (lixiviación).

3.4. El potencial de hidrógeno y la acidez.

Las células microbianas carecen de la capacidad de ajustar su potencial de Hidrógeno (pH) interno, por lo tanto, se ven afectadas por cambios en el pH, por lo que podrían crecer mejor a pH's cercanos a la neutralidad. Las bacterias exhiben un rango de pH estrecho, sin embargo, las levaduras y mohos son más tolerantes a los ácidos que las bacterias (Damodaran *et al.*, 2010).

Las frutas poseen pH más ácido (<4,4) favoreciendo así el crecimiento de levaduras y mohos. El pH adverso afecta el funcionamiento de la respiración, las enzimas microbianas y el transporte de nutrientes hacia la célula.

En consecuencia, disminuir el pH debajo de 4,2 es una forma efectiva de lograr la inocuidad de algunos alimentos debido a la alta sensibilidad al pH de las bacterias patógenas. Sin embargo, para controlar el crecimiento de todos los microorganismos por este factor, el pH requerido en ausencia de otros factores de conservación sería muy bajo (<1,8) y ello causaría el rechazo de los productos por consideraciones sensoriales (Kalia y Gupta, 2007).

Si se utilizan ácidos orgánicos débiles como conservadores (por ejemplo, ácidos sorbico, propiónico y/o benzoico), la acidez debe ser lo suficientemente alta para asegurar que una gran proporción del ácido esté en forma no disociada. Tal es el caso del ácido benzoico no disociado que tiene actividad antimicrobiana, presentando su máxima actividad en el margen de pH 2,5-4,0, por lo que resulta muy adecuado su uso en alimentos ácidos.

3.5. El Potencial óxido-reducción (POR) / Capacidad de equilibrio REDOX

El tipo de crecimiento microbiano depende del poder de oxidación y reducción del sustrato. De acuerdo a Prévost y Brillet-Viel (2014), el potencial de oxido-reducción o redox (P.O.R.) describe las diferencias en unidades eléctricas medidas en milivoltios (mV) o voltios (V) generadas por un sistema en el que una sustancia se oxida y otra se reduce. En los sistemas biológicos, la oxidación-reducción de sustancias es el principio básico de la generación de energía.

Siguiendo este orden de ideas, el autor señala que los compuestos ricos en energía se oxidan gradualmente en

el catabolismo celular. En presencia de suficiente oxígeno, la mayoría de los microorganismos realizan la fosforilación oxidativa (Mathews, Van Holde y Ahern, 2002). Aquí, los electrones de varios donantes de electrones oxidados se movilizan a través de una cadena de transporte de electrones al oxígeno aceptor, que finalmente se reduce a agua. (Figura 15).

De lo anterior, se establece la relación entre el oxígeno que se encuentra en la atmósfera como agente oxidante y el potencial redox. Cuando un microorganismo se encuentra en un medio aeróbico (que contiene oxígeno disuelto) significa que este medio es favorable para el crecimiento de microorganismos aeróbicos que pueden utilizar el oxígeno como aceptor final de electrones producidos a partir del sustrato a través del metabolismo (Alwazeer, 2019).

El proceso está acoplado a la translocación de protones a través de la membrana citoplasmática en las bacterias o la membrana mitocondrial interna en los hongos.

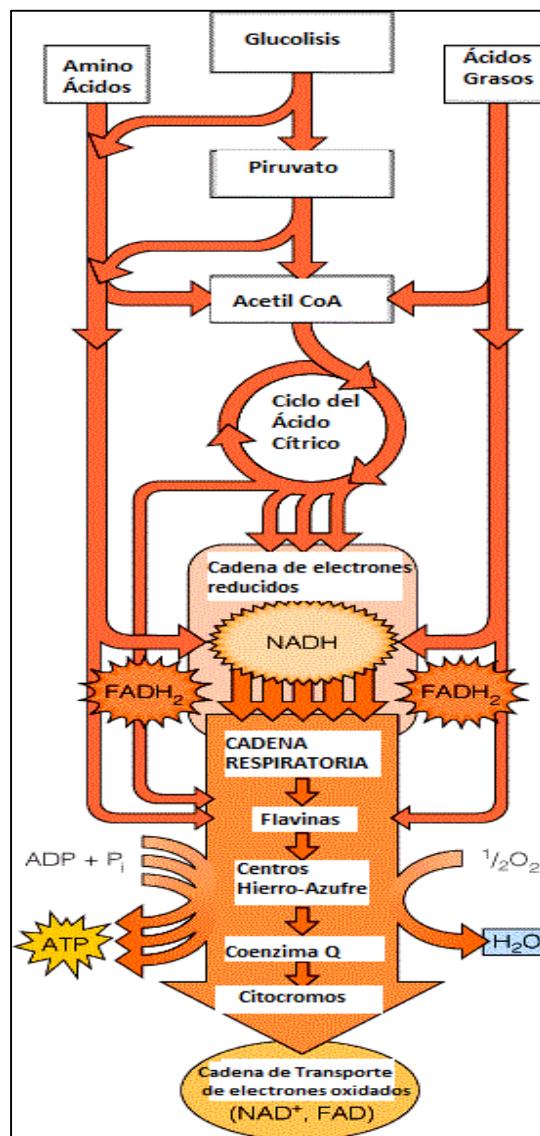


Figura 15.

Proceso catabólico desde la oxidación de la glucosa hasta la cadena de transporte de electrones. Casi toda la energía que se libera durante la oxidación de carbohidratos, ácidos grasos y aminoácidos queda disponible dentro de las mitocondrias como equivalentes reductores (—H o electrones). La cadena respiratoria, que reúne y transporta equivalentes reductores, los dirige hacia su reacción final con oxígeno para formar agua, y la maquinaria para la fosforilación oxidativa, el proceso mediante el cual la energía libre liberada se atrapa como fosfato de alta energía (ATP).

Por su parte, Alwazeer (*ob. cit*) resume el mecanismo del efecto del potencial redox sobre el crecimiento de microorganismos de la siguiente manera:

a) Su efecto sobre la composición estructural de algunos componentes o moléculas sensibles que se encuentran en la superficie de la célula. Estos componentes o moléculas sensibles a redox podrían ser enzimas ubicadas en la superficie de la célula, cuya parte proteica (apoenzima) podría estar compuesta de aminoácidos que contienen azufre, haciéndola sensible al potencial redox del medio. Además, los cofactores de estas enzimas como Fe, Zn, Mg y Cu podrían encontrarse en forma oxidada o reducida, lo que significa la susceptibilidad de estos iones metálicos al potencial redox del sustrato y / o del medio. De la misma manera está el efecto del potencial redox sobre varias moléculas sensibles a redox ubicadas en la superficie de la célula como proteínas, fosfolípidos, ácidos grasos saturados e insaturados, que podrían verse afectados directamente por el potencial redox del medio. La modificación en la estructura o la composición de estas moléculas

afecta a diferentes sistemas celulares como el de transporte y el energético.

b) Si el sistema energético de la célula (fuerza motriz del protón) cambia, el contenido de ATP de la célula cambiará, lo que puede afectar muchas funciones esenciales de la célula.

Los microorganismos aeróbicos requieren sustratos oxidados (P.O.R. positivo, hasta 300 mV) para el crecimiento mientras que los anaeróbicos los requieren reducidos (P.O.R. negativo, <420 mV) (Walden y Hentges, 1975; citado por Ávila, S/F). Las frutas contienen azúcares y ácido ascórbico para mantener las condiciones reductoras, aunque la mayoría de los vegetales tienden a tener valores positivos (300–400 mV).

3.6. Los aditivos antimicrobianos.

3.6.1. Aditivos

Un aditivo alimentario es una sustancia (o una mezcla de sustancias) que se añade a los alimentos y está implicada en su producción, procesamiento, envasado y/o almacenamiento sin ser un ingrediente principal. Por lo general, los aditivos o sus productos de degradación permanecen en los alimentos, pero en algunos casos pueden ser eliminados durante el

procesamiento (Belitz, Grosch y Schieberle, 2009).

Se entiende implícitamente que los aditivos alimentarios y sus productos de degradación no deben ser tóxicos en sus niveles recomendados de uso. esto se aplica tanto a la toxicidad aguda como a la crónica, particularmente el potencial efecto cancerígeno, teratogénico (causando un feto malformado) y mutagénico. El uso de aditivos está regulado por las administraciones de Alimentos y Medicamentos o de Salud y Bienestar

en la mayoría de los países. Las regulaciones difieren parcialmente de un país a otro, pero se están realizando esfuerzos para armonizarlos en la base de los conocimientos toxicológicos actuales y los requisitos de la tecnología alimentaria moderna.

3.6.2. Consideraciones para el uso de aditivos en alimentos.

La FAO y OMS (1995) establecieron una serie de requisitos para el uso de aditivos en alimentos, reflejados en la Norma Stand N° 192 del Codex Alimentarius. (Figura 16).

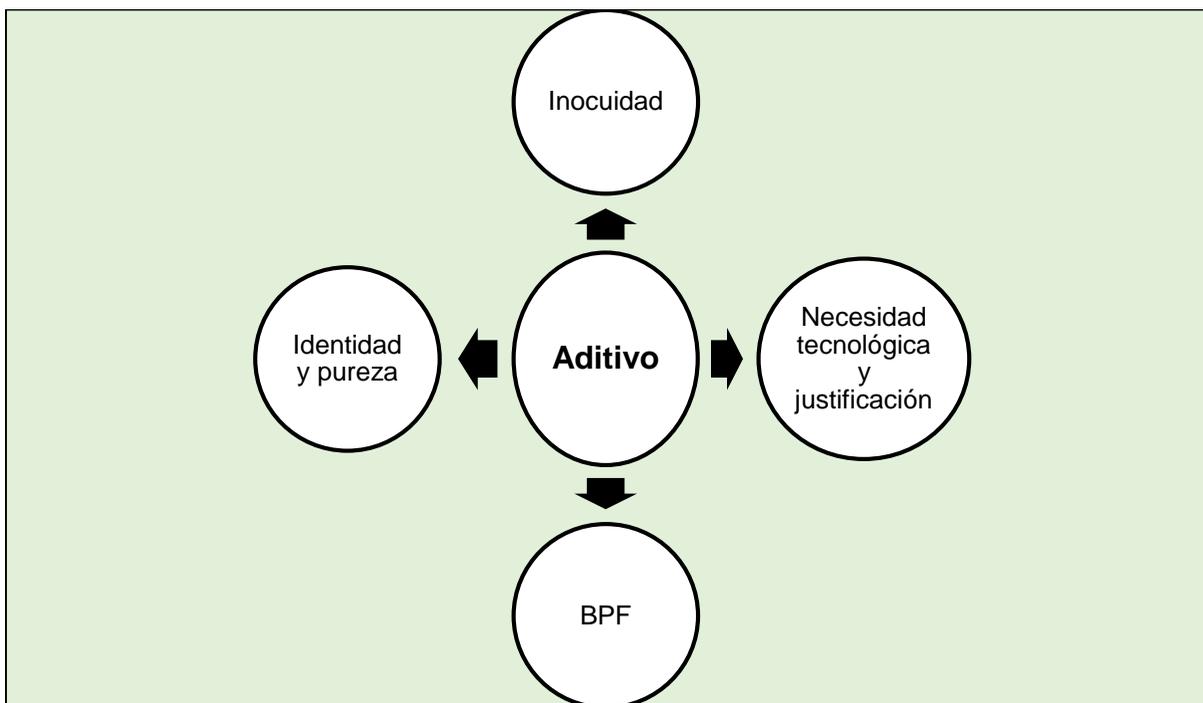


Figura 16.

Requisitos para el empleo de aditivos en alimento. Entre los requisitos se encuentran la inocuidad, la necesidad tecnológica que justifique su uso, mantener en todo momento las buenas prácticas de fabricación (BPF) y que gocen de reconocida identidad y pureza .

3.6.3 Inocuidad.

Únicamente se aprobarán aquellos aditivos alimentarios que, en la medida en que puede juzgarse por las pruebas de que dispone el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), no presentan riesgos apreciables para la salud de los consumidores en las dosis de uso propuestas. Respecto a la dosificación, la cantidad de aditivo que se añade a un alimento será igual o inferior a la dosis máxima de uso y constituirá la dosis mínima necesaria para lograr el efecto técnico previsto.

3.6.4. Justificación del uso de aditivos.

El uso de aditivos alimentarios está justificado únicamente si este ofrece alguna ventaja, no presenta riesgos apreciables para la salud de los consumidores, no induce a error a éstos, y cumple una o más de las funciones tecnológicas establecidas por el Codex, específicamente en lo concerniente a mejorar el valor nutritivo, el valor sensorial, la vida útil y el valor práctico del alimento.

3.6.5. Buenas prácticas de fabricación (BPF)

Todos los aditivos alimentarios regulados por las disposiciones del Codex Alimentarius se emplearán conforme a las condiciones de buenas prácticas de fabricación, que incluyen lo siguiente:

- a) La cantidad de aditivo que se añada al alimento se limitará a la dosis mínima necesaria para obtener el efecto deseado.
- b) La cantidad de aditivo que pase a formar parte del alimento como consecuencia de su uso en la fabricación, elaboración o envasado y que no tenga por objeto obtener ningún efecto físico o técnico en el alimento mismo, se reducirá en la mayor medida que sea razonablemente posible.
- c) El aditivo será de una calidad alimentaria apropiada y se preparará y manipulará de la misma forma que un ingrediente alimentario.

3.6.6. Especificaciones de identidad y pureza de los aditivos.

Los aditivos alimentarios empleados de acuerdo la Norma Codex-Stand- N° 192 deberán ser de calidad alimentaria apropiada y satisfacer en todo momento

las especificaciones de identidad y pureza aplicables recomendadas por la Comisión del Codex Alimentarius, o bien, en ausencia de tales especificaciones, las especificaciones apropiadas elaboradas por los organismos nacionales e internacionales competentes. Por lo que respecta a la inocuidad, la calidad alimentaria se logra ajustando los aditivos a sus especificaciones en conjunto y mediante su producción, almacenamiento, transporte y manipulación en armonía con las BPF.

3.6.7. Grupos de aditivos aprobados por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA)

Actualmente se utilizan cientos de miles de aditivos con funciones específicas

que permiten que los alimentos sean más inocuos o tengan un mejor aspecto. La Organización Mundial de la Salud (OMS), en cooperación con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), evalúa los riesgos para la salud humana de los aditivos alimentarios y han creado el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), un grupo internacional e independiente de expertos científicos (OMS, 2018).

Badui (*ob cit*) los ha clasificado en 20 grandes grupos, cada uno de ellos con decenas de compuestos químicos con diferentes funcionalidades y efectividades para el propósito en que son concebidos. La tabla 7 muestra los aditivos de uso común en alimentos.

Tabla 7.

Grupos de aditivos empleados comúnmente en alimentos.

Grupo	Propiedad funcional	Ejemplos	Alimentos en los que se emplean
Acentuadores de sabor	Realzan los aromas de los alimentos	Glutamato de sodio, maltol, etilmaltol	Caldos, sopas deshidratadas, aderezos
Acidulantes, alcalinizantes y reguladores de pH	Modifican o mantienen la acidez o alcalinidad de los productos	Ácido cítrico, ácido acético, ácido fosfórico,	Mermeladas, mayonesas, gaseosas
Acondicionadores de masa	Mejora las cualidades de la masa de panificación.	Bicarbonato de sodio o de amonio	Panificados
Antiaglomerantes o antiapelmazantes	Evita la cohesión del producto	Dióxido de silicio y todos sus derivados; silicato de aluminio.	Huevo, azúcar, sal, harinas, vegetales, quesos, sopas.

Tabla 7 (continuación)

Antiespumantes		Disminuye la formación de espuma	Dimetil-polisiloxano, los ácidos grasos laúrico, oleico, esteárico y palmítico, los estearatos de aluminio y de amonio y la oxiestearina	Jugos de frutas
Antihumectantes		Disminuye la capacidad higroscópica de los productos	Almidón, celulosa microcristalina, silicato de calcio, carbonato de magnesio	Leche en polvo, queso rallado, azúcar glass, sopas instantáneas, chocolate en polvo, mezclas para elaborar bizcochos
Antioxidantes		Retarda o evita la oxidación y enranciamiento de los productos, especialmente los que contienen lípidos	BHA, BHT, galatos.	Aceíte, margarinas, aderezos.
Antisalpicantes		Evitan que las grasas emulsionadas se esparzan al calentarlas	Lecitina y los citroglicéridos	grasas emulsionadas (margarinas)
Clarificantes		Elimina la turbidez de alimentos líquidos	enzimas pécticas y proteolíticas, las proteínas (gelatina), ácido tánico, bentonita	Jugos de frutas
Colorantes y pigmentos	y	Imparte color al producto	Tartrazina, amarillo ocazo, caramelo, azul patente V.	Bebidas, golosinas, yogures, flanes, helados.
Conservadores		Previene, retarda o detiene la actividad microbiológica responsable del deterioro.	Ácido benzoico y sus sales, ácido sórbico y sus sales, ácido propiónico y sus sales, dióxido de azufre, entre otros.	Mayonesas, mermeladas, salsas, productos de panadería.
Humectantes		Previene la pérdida de humedad del producto	Propilenglicos, sorbitol, xilitol, manitol, glicerol, gomas, dextrinas y gelatinas	Productos secos, productos de panadería
Edulcorantes nutritivos	no	Imparte sabor dulce al producto	Ciclamato de sodio, sacarina, aspartame, acelsulfame.	Bebidas, productos de pastelería, lácteos,
Humectantes		Previene la pérdida de humedad del producto.	Propilenglicos, sorbitol, xilitol, manitol, glicerol, gomas, dextrinas y gelatinas.	Productos secos, productos de panadería.

Tabla 7 (continuación)

Emulsificantes, emulsivos, estabilizadores, espesantes y gelificantes	Impide la separación de fases en productos emulsionados.	Lecitina, mono y diglicéridos, polisorbatos.	Chocolates, embutidos, margarinas, helados.
Saborizantes, saboreadores y aromatizantes	Imparten sabor y aroma al producto	Glutamato sódico, sal común, picantes (capsaicina), amargantes (quinina)	Diversos alimentos
Enzimas	Catalizan reacciones específicas durante el procesamiento	Renina, pectinmetilesterasa,	Quesos, bebidas,
Espumantes	Modifica la tensión superficial y estabiliza las burbujas o favorece la formación de espuma	Proteínas de la clara de huevo	Postres, productos y confitería
Gasificantes para panificación y polvos de hornear, leudantes químicos	Favorece el desprendimiento de dióxido de carbono	Fosfatos, tartratos ácidos, glucono- δ -lactona, bicarbonato de sodio, carbonato de amonio	Productos de panadería
Sustitutos de grasas	Aporta propiedades de textura, viscosidad, lubricación similares a la de las grasas en los alimentos	Maltodextrinas, povidona, inulina, celulosa microcristalina, ácidos grasos de cadena media, gomas	Simplese®, Litesse®
Secuestradores o quelantes	Evitan la acción dañina de iones metálicos en los alimentos	ácidos cítrico, tartárico, málico, oxálico, succínico y fosfórico, los gluconatos, los hexametáfosfatos, los fosfatos, los tartratos, los tripolifosfatos y el etilendiamintetracetato de sodio (EDTA)	Aceites insaturados, vegetales enlatados, bebidas refrescantes, derivados marinos

Fuente: Tomado de Badui (2008); Rembado y Sceni (2009).

3.6.8. Ingesta diaria admisible (IDA)

Es una estimación efectuada de la cantidad de aditivos alimentarios, expresada respecto al peso corporal, que una persona puede ingerir diariamente durante toda la vida, sin

riesgos apreciables para su salud (se refieren normalmente a una persona de 60 kg). Se expresa en miligramos de aditivos sobre kilogramos de peso corporal (mg/kg de peso) (COVENIN-910, 2016). La Tabla 8 muestra la IDA

de algunos aditivos de uso común en la industria de alimentos:

3.6.9 Ingesta diaria admisible no especificada (NE)

De acuerdo a OMS y FAO (1995), se trata de una expresión que se aplica a las sustancias alimentarias de muy baja toxicidad cuya ingestión alimentaria total, derivada de su uso en las dosis necesarias para conseguir el efecto deseado y de su concentración admisible anterior en los alimentos, no representa, en opinión del JECFA, un

riesgo para la salud, teniendo en cuenta los datos químicos, bioquímicos, toxicológicos y de otro tipo disponibles.

Por tal motivo la JECFA no considera necesario asignar un valor numérico a la ingestión diaria admisible. Consecuentemente, su empleo queda supeditado a las buenas prácticas de fabricación (BPF).

En la Tabla 8 se puede evidenciar que los ácidos málico, ascórbico y cítrico cumplen con esta condición.

Tabla 8.

Valores de IDA de algunos aditivos de interés.

Nº INS/CODEX Nº ECC	Nombre del aditivo	Funciones tecnológicas	IDA (mg/kg peso corporal)	Dosis máxima de uso (mg/kg alimento)*
200/E200	Ácido sórbico	Conservador, preservante químico, antimicrobiano, estabilizante .	25	1000
202/E202	Potasio sorbato, Sorbato de Potasio	Conservador, estabilizante	25	1000
211/E211	Sodio benzoato, Benzoato de Sodio.	Conservador	5	1000
222/E222	Sodio bisulfito, sodio sulfito ácido, Bisulfito de Sodio y de Potasio.	Conservador, antioxidante	0.7	100
296/E296	Ácido málico (D-, L-)	Secuestrante, regulador de la acidez	SE	BPF

Tabla 8 (Continuación)

334/E334	Ácido tartárico (L (+)-)	Acidulante, secuestrante, antioxidante, emulsionante, estabilizante, antiaglutinante / antihumectante, agente de masa, mejoradores de la harina, humectante. conservador, leudante químico, espesante, acentuadores del sabor	30	4000
300/E300	Ácido ascórbico (L-)	Estabilizante de color, antioxidante, mejorador de las harinas, regulador de la acidez	SE	BPF
330/E330	Ácido cítrico	Acidulante, agente de retención de color, antioxidante, secuestrante	SE	3000
338/E338	Ácido fosfórico, ácido orto-fosfórico	Acidulante, secuestrante, antioxidante, emulsionante, estabilizante de color, resaltador de sabor, antiaglutinante / antihumectante, mejoradores de la harina, conservador, leudantes químicos, estabilizante, espesante, humectante, agente de firmeza	70	1000
385/E385	Sodio (di) EDTA cálcico, calcio disodio etilendiamino tetraacetato	Agente de retención del color, antioxidante, secuestrante, conservador	2.5	130

(*): Dosis en pulpas de frutas según el Codex Alimentarius

Fuente: COVENIN-910 (2016); OMS y FAO (1995).

3.6.10. Dosis máxima de uso

Es la concentración más alta de éste respecto de la cual la Comisión del Codex Alimentarius ha determinado que es funcionalmente eficaz en un alimento o categoría de alimentos y ha acordado que es inocua. Por lo general se expresa como mg de aditivo por kg de alimento (Tabla 8). La dosis de uso máxima no suele corresponder a la dosis de uso óptima, recomendada o normal. Conforme a las buenas prácticas de fabricación, la dosis de uso óptima, recomendada o normal, difiere para cada aplicación de un aditivo y depende del efecto técnico previsto y del alimento específico en el cual se utilizaría dicho aditivo, teniendo en cuenta el tipo de materia prima, la elaboración de los alimentos y su almacenamiento, transporte y manipulación posteriores por los distribuidores, los vendedores al por menor y los consumidores (OMS y FAO, 1995).

3.7 Algunos conservantes de uso común en Alimentos.

Los conservantes son sustancias que prolongan la vida útil de los alimentos, ya que impiden o retardan la alteración de los mismos provocada por

microorganismos, como bacterias, hongos y levaduras (Rembado y Sceni, *ob. cit.*).

De acuerdo a Badui (*ob. cit.*) la efectividad de los agentes conservantes está en función de:

- La Especificidad de acción: algunos tienen un espectro muy amplio de acción, mientras que otros son específicamente efectivos contra un determinado tipo de microorganismo, por lo cual son versátiles en su uso en alimentos.
- La Composición del alimento: el pH, la fuerza iónica, la actividad del agua y la disponibilidad de nutrientes disponibles para los microorganismos.
- El Nivel inicial de la contaminación: Cuando el producto viene con una alta carga microbiana, el efecto conservador no se logrará con el uso del conservante.
- El Manejo y distribución del producto terminado: para lograr el efecto conservador se debe realizar un adecuado manejo integral del producto y no solo enfocarse en el conservante.

Algunos de estos compuestos se tratan a continuación:

3.7.1. Sulfitos y dióxido de azufre.

Se añaden a los alimentos para inhibir el pardeamiento no enzimático, inhibir las reacciones catalizadas por enzimas, inhibir y controlar a los microorganismos y además para que puedan actuar como un antioxidante y un agente reductor. Las formas más comúnmente utilizadas comprenden el dióxido de azufre gaseoso y los sulfitos (SO_3^{-2}), bisulfitos (HSO_3^{-}) o metabisulfitos ($\text{S}_2\text{O}_5^{-2}$) de sodio, potasio o calcio. En las concentraciones empleadas (200-300 ppm) no generan olores indeseables ni son tóxicos para la mayoría de los individuos; mediante la enzima sulfito oxidasa se metabolizan y se eliminan en la orina como sulfato sin ningún efecto dañino. Sin embargo, hay individuos, sobre todo aquellos que padecen de asma, que son sensibles a los sulfitos y sufren de broncoespasmos al consumirlos; aun las personas sanas, cuando los ingieren en exceso, pueden padecer constricciones bronquiales (Badui, *ob. cit.*).

Los sulfitos son muy utilizados en derivados de frutas ya que además de inhibir el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras, inhiben el oscurecimiento enzimático y actúan

como antioxidante. Por lo tanto, son utilizados en la conservación de jugos de uva, mostos y vinos, así como para la de la sidra y vinagre.

3.7.2. Los nitratos y nitritos

Son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno, que se encuentran naturalmente en alimentos vegetales y de manera adicionada en algunos productos cárnicos procesados (Londoño y Gómez, 2021). El uso de estos compuestos en alimentos ha sido controversial, ya que pueden transformarse en nitrosaminas carcinogénicas, por lo que se ha sugerido precaución en su consumo (Kalaycioğlu, 2019). Sin embargo, se ha manifestado que los procesados cárnicos no son las únicas fuentes alimentarias que pueden aportar estos compuestos nitrosos sino que también los alimentos de origen vegetal como las verduras, frutas y legumbres contienen compuestos nitrogenados como los nitratos, que a nivel orgánico pueden seguir diferentes rutas metabólicas, algunas de ellas con impacto favorable para la salud (Hord, Tang y Bryan, 2009, citados por Londoño y Gómez, *ob. cit.*).

Por su parte, Damodaran (*ob. cit.*) explica que las sales sódicas y potásicas de los

nitritos y nitratos se utilizan comúnmente en el curado de las carnes para desarrollar y fijar el color, para inhibir los microorganismos y para desarrollar sabores característicos, siendo el nitrito el constituyente funcional. Los nitritos forman en la carne óxido nítrico que reacciona con los compuestos hemo para dar nitrosomioglobina, que es el pigmento responsable del color rosa de las carnes curadas. Los nitritos (150-200 ppm) inhiben el crecimiento del género *Clostridia* en las carnes curadas y en las picadas enlatadas. Como inhibidor de este tipo de microorganismos, el nitrito es más eficaz a pH 5,0-5,5 que a valores de pH más elevados, y su efecto antimicrobiano es más eficiente cuando se usa sinérgicamente con cloruro de sodio (NaCl).

Los nitritos forman sustancias tóxicas para los microorganismos, al reaccionar con los grupos sulfhidrilo de las proteínas o con algunos monofenoles como la tirosina. Las concentraciones empleadas no causan problemas de toxicidad en humanos; sin embargo, un consumo excesivo produce cianosis en los niños debido a la metahemoglobina sintetizada en la sangre, que es el

producto de la oxidación de la hemoglobina y que no tiene la capacidad de combinarse y transportar el oxígeno.

3.7.3. Ácido sórbico y sus sales de sodio y potasio.

Este ácido y sus sales, tienen la ventaja de ser activos en medios poco ácidos y de carecer prácticamente de sabor. Su principal inconveniente es que son comparativamente caros y se pierden, en parte, cuando el producto se somete a ebullición. Son especialmente eficaces contra hongos y levaduras, y menos contra las bacterias. Particularmente, la actividad del ácido sórbico aumenta al disminuir el pH, lo que indica que la forma indisociada es más inhibidora que la disociada. En general, el ácido sórbico es efectivo hasta pH 6,5, y se ha utilizado en quesos, jugos de frutas, pan, vino y mermeladas, entre otros (Badui, 2006, Rembado y Sceni, 2009).

El ácido sórbico resulta muy eficaz para controlar el crecimiento de mohos con la ventaja de que no imparte sabor apreciable en el producto a las concentraciones a las que se emplea (hasta el 0,3% en peso). El procedimiento de aplicación puede ser

por incorporación directa, recubriendo las superficies o impregnando los materiales de envoltura (Damodaran, *ob cit*).

El sorbato de potasio es la sal más usada para controlar hongos, aun cuando hay investigaciones que muestran su efectividad contra *Salmonella*, *S. aureus*, *Vibrio parahaemoliticus* y *C. botulinun*. En algunas aplicaciones, genera mejor acción antimicrobiana cuando se combina con otros ácidos, como el fórmico, el cítrico o el láctico. Su efecto antimicrobiano se logra al unirse a la superficie de las células microbianas, modificando la permeabilidad de la membrana y el metabolismo, aunque también se ha sugerido que su estructura de dieno interfiere con el sistema enzimático de las deshidrogenasas de los microorganismos.

3.7.4. Ácido benzoico y sus sales de sodio y potasio

En el caso del ácido benzoico, la forma no disociada del ácido es la que presenta actividad antimicrobiana, por lo que el pH tiene un efecto decisivo en su efectividad, estudios han demostrado que, a un pH, 4.0 existe una proporción

alta sin disociar y esto hace que actúe óptimamente a valores de pH de 2,5-4,0, esta condición lo hace especialmente útil en alimentos muy ácidos como jugos de frutas, postres y mermeladas.

Este conservante controla el crecimiento de bacterias y levaduras y, en menor grado, el de hongos. Tanto el ácido benzoico como sus sales no son tóxicos si se los ingiere en las concentraciones permitidas en los alimentos, pero, un exceso de este aditivo, puede provocar convulsiones del tipo epiléptico (Rembado y Sceni, 2009).

Los benzoatos llegan a inhibir el crecimiento de algunas especies con concentraciones de solamente 0,01%, pero generalmente son necesarias concentraciones superiores. Actúa inhibiendo el metabolismo del acetato y la fosforilación oxidativa. Es un conservante económico. Su principal inconveniente es que presenta una cierta toxicidad, por lo que se utiliza cada vez menos, y solamente en productos de consumo ocasional. El ácido benzoico se elimina en la orina en forma de ácido hipúrico, conjugado con glicina (Salcedo, 2012).

3.7.5. Acidulantes.

Los ácidos se añaden a los alimentos naturales o procesados para beneficiarse de muchas de sus funciones naturales, pues además de reducir el pH, cumplen un gran número de funciones: amortiguador de pH; conservador; saborizante; promotor de reacciones de curado en los cárnicos; secuestrador; modificador de la viscosidad; coagulante de la leche; inhibidor de las reacciones de oscurecimiento; hidrolizante de la sacarosa y del almidón; promotor de la gelificación de las pectinas; inhibidor de la cristalización de la sacarosa.

El grupo de los ácidos suele ser amplio, e incluso algunos de ellos pueden cumplir funciones sinérgicas con otros aditivos. Dentro de ellos se incluyen varios compuestos, entre los que destacan los ácidos orgánicos: acético, adípico, benzoico, cítrico, fumárico, láctico, málico, propiónico, sórbico, succínico y tartárico.

Si se utilizan ácidos orgánicos débiles (por ejemplo ácidos sorbico, propiónico y/o benzoico) como conservadores, la acidez debe ser lo suficientemente alta (y por tanto el pH debe ser lo suficientemente bajo) para asegurar

que una gran proporción del ácido esté en forma no disociada.

Vale decir que el ácido benzoico no disociado posee actividad antimicrobiana en un rango de pH 2,5-4,0, por lo que resulta muy adecuado en alimentos como zumos de fruta, bebidas carbónicas, encurtidos y col ácida (Damodaran *et. al.*, 2010).

La forma no disociada del ácido actúa como transportadora de protones a través de la membrana celular, aumentando la velocidad de entrada de los mismos a la célula. El microorganismo necesita energía extra para mantener el pH constante y expulsar los protones (Zambrano-Herrera, *ob. cit.*).

En este sentido, como los ácidos tienen características lipofílicas, tienen la capacidad de atravesar la membrana celular por difusión y una vez dentro de la célula microbiana, debido al pH citoplasmático cercano a la neutralidad (≈ 7), el ácido comienza a disociarse y liberar protones de H^+ provocando la reducción del pH intracelular.

Como la célula microbiana requiere mantener su pH interno cercano a la neutralidad, comienza a bombear esos

protones hacia el medio externo, lo que genera un desgaste energético que el microorganismo no puede suplir en lo inmediato y conlleva a la muerte celular (Figura 17).

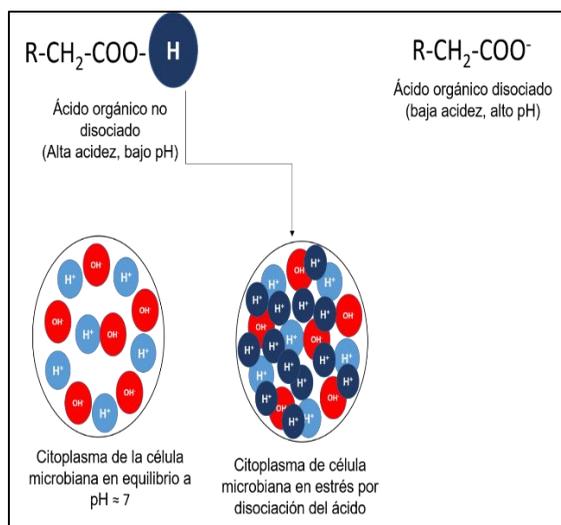


Figura 17.

Ilustración de cómo actúa un ácido no disociado en el pH intracelular de una célula microbiana. A la izquierda se representa una célula microbiana en equilibrio con sus protones de H^+ y OH^- a un pH neutro. A la derecha, un ácido orgánico con su estructura completa (no disociada) al penetrar al interior de la célula microbiana el H^+ se disocia en estas condiciones, en consecuencia el microorganismo rompe su equilibrio interno e intenta reparar su homeostasis bombeando dichos protones fuera de su membrana, para ello invierte más energía de la que puede reponer, quedando comprometida su actividad a causa de este estrés.

Dadas estas circunstancias, existe una manera de evaluar el lugar y el potencial de acción del ácido a través de su pK (capacidad que tienen las moléculas a

disociarse a un determinado pH). Cuanto más bajo es el pH (ácidos), más eficaz será la acción del ácido orgánico, porque está más intacto (o menos disociado). Cuando el valor pK de un ácido orgánico es alto, será disociado a un pH más elevado.

La Tabla 9 recoge algunas las constantes de disociación de ácidos orgánicos que son utilizados normalmente como conservantes.

Tabla 9. Constantes de disociación de algunos ácidos orgánicos.

Fórmula molecular	Nombre	pK_a
CH_2O_2	Ácido Fórmico	3,75
$C_2H_2O_4$	Ácido oxálico	1,25
$C_4H_4O_4$	Ácido málico	1,92
$C_4H_4O_4$	Ácido fumárico	3,02
$C_4H_6O_5$	Ácido málico	3,40
$C_4H_6O_6$	Ácido tartárico	3,03
$C_6H_8O_7$	Ácido cítrico	3,13

Fuente: Lide (2007).

De la tabla anterior, se infiere que para ácidos sólo la parte no disociada tiene capacidad antimicrobiana, por lo tanto, a valores de pH elevados, superiores al pK , cualquier acción antimicrobiana será débil. Entonces, se hace necesario acondicionar el medio a pH bajo para

que la forma no disociada del ácido penetre la membrana celular, y una vez dentro, a un pH superior, se disocie generando la carga protónica que afecte la homeostasis del microorganismo por inhibición de la glucólisis y del transporte activo.

La mayoría de los ácidos se encuentran de manera natural en diversos vegetales como parte de su metabolismo aportando la acidez y el sabor característico. Las manzanas, los plátanos, las peras, las papas y las zanahorias contienen una alta proporción de ácido málico, mientras que el tartárico se localiza en aguacates, uvas y toronjas y el ácido cítrico está presente prácticamente en todos los vegetales.

El ácido cítrico.

El ácido cítrico (ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico), es un ácido orgánico de origen natural, aunque también puede ser sintetizado químicamente, es un ácido orgánico que se encuentra en casi todos los tejidos animales y vegetales, se encuentra en frutos cítricos como el limón, mandarina, lima, toronja, naranja, piña, ciruela, guisantes, melocotón, así como en los

huesos, músculos y sangre de animales (Muñoz-Villa *et. al.*, 2014).

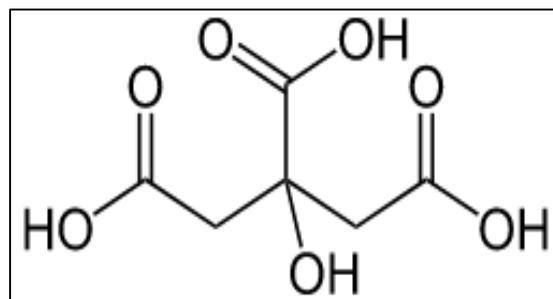


Figura 18.

Estructura del ácido cítrico. Se trata de un triácido carboxílico, cristalino, encontrado en la forma anhidra o como monohidrato, muy soluble en agua.

El ácido cítrico es empleado como secuestrador, para acelerar el curado de los derivados cárnicos y también como saborizante. Particularmente, este ácido se añade a ciertas frutas y verduras ligeramente ácidas para reducir su pH por debajo de 4,5.

En alimentos enlatados esta reducción del pH permite la esterilización en condiciones térmicas menos intensas que las que se utilizan en productos menos ácidos y además, evita el crecimiento de *Clostridium botulinum*.

El ácido málico.

Se trata de un ácido carboxílico que se encuentra principalmente en las frutas, de sabor suave que se usa como agente saborizante y conservante en los alimentos, aunque no se usa tanto como

el ácido cítrico (Marqués *et. al.*, 2020). Actúa como agente quelante y amortiguador (Merck, 2015).

El uso de las formas D y racémicas menos comunes está restringido en los alimentos infantiles, porque los niños pequeños carecen de la capacidad de metabolizar la forma D (Baker y Grant, 2018).

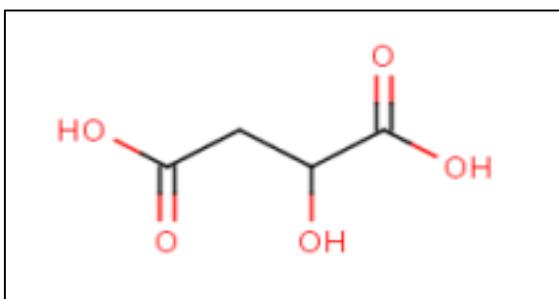


Figura 19.

Estructura del ácido málico. Contiene en su molécula un carbono asimétrico y esto le confiere actividad óptica, es decir, posee un isómero enantiomero con propiedades diferentes.

El ácido succínico.

El ácido succínico es un ácido dicarboxílico de cuatro átomos de carbono (Figura 20), cristalino, incoloro con punto de fusión comprendido entre 185 – 187 °C; es soluble en agua y poco soluble en etanol, éter, acetona y glicerina. En alimentos se emplea como saborizante en la fabricación de numerosos productos alimenticios y bebidas, incluido el vino, salsa de soja, harina de soja, zumo de frutas y

productos lácteos (por ejemplo, queso) (Megazyme, 2020).

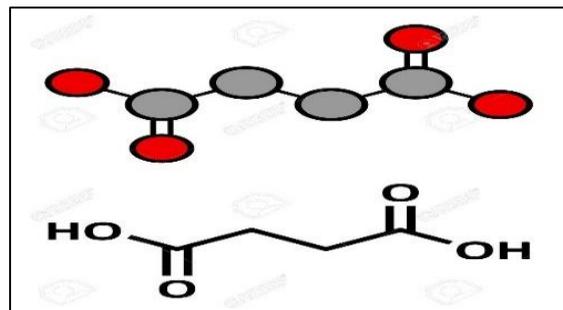


Figura 20.

Estructura del ácido succínico. También llamado ácido butanodioico es un ácido dicarboxílico de fórmula $C_4H_6O_4$. Se trata de un sólido cristalino de color blanco, que en disolución acuosa se ioniza produciendo iones succinato.

El Ácido tartárico.

El ácido tartárico es un ácido dicarboxílico (Figura 21) que se emplea como un acidulante natural. Tanto él como algunas de sus sales, se obtienen como subproductos de la fermentación del vino.

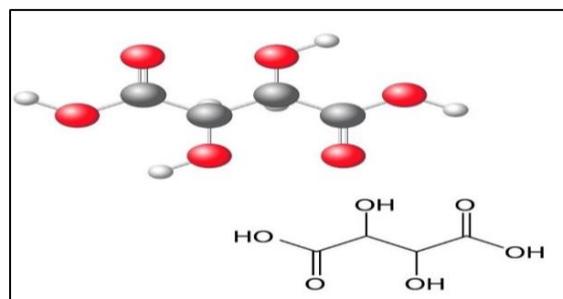


Figura 21.

Estructura del ácido tartárico. Como se observa, contiene dos grupos carboxílicos y dos grupos alcohol en una cadena de hidrocarburo lineal de longitud cuatro. Su fórmula es: $HOOC-CHOH-CHOH-COOH$, con fórmula molecular $C_4H_6O_6$. Según la nomenclatura IUPAC, su nombre es ácido 2,3-dihidroxibutanodioico.

El ácido tartárico y sus sales son sólidos incoloros fácilmente solubles en agua. Posee gran importancia en la industria alimenticia y puede ser clasificado como agente inactivador de metales. Además, se usa como antioxidante, gelificante en las pectinas, aromatizante y potenciador de los antioxidantes presentes en las uvas, por lo tanto es común emplearlo en jaleas, compotas, mermeladas, alimentos a base cacao, chocolates, bebidas y sopas enlatadas (Gómez, 2018).

Por otra parte, COVENIN-910 (2016) amplía los usos del ácido tartárico como acidulante, secuestrante, antioxidante, emulsionante, estabilizante, entre otros.

REFERENCIAS

Ahmed, M. 2017. Efecto de las técnicas y tratamientos de escaldado sobre la calidad nutricional de las rodajas de mango secas durante el almacenamiento. Revista Polaca de Ciencias de la Alimentación y la Nutrición 68 (1) DOI: 10.1515 / pjfns-2017-0012

Alwazeer, D. 2018. How redox potential of food effect microbial growth?. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/po>

[st/How-redox-potential-of-food-effect-microbial-growth/5bfe92674921ee47831e3fcd/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/328111111/figure/fig1/figure-pdf/5bfe92674921ee47831e3fcd/citation/download)

Alzamora, S., Guerrero, S., Nieto, A. y Vidales, S. (2004). Conservación de Frutas y Hortalizas mediante Tecnologías combinadas-Manual de Capacitación. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Arampatha, P.C. y Dekker, M. 2019. Bulk storage of mango (*Mangifera indica* L.) and pineapple (*Ananas comosus* L.) pulp: effect of pulping and storage temperature on phytochemicals and antioxidant activity. Journal of the Science of Food and Agriculture published by JohnWiley & Sons Ltd on behalf of Society of Chemical Industry.. DOI [10.1002/jsfa.9762](https://doi.org/10.1002/jsfa.9762)

Avila, E. S/F. Potencial de oxidación-reducción en ingeniería de matriz alimento: Un recordatorio desde el punto de vista agroindustrial, de ayuda en la discusión de resultados, en una matriz alimento compleja.

- Badui, S. 2006. Química de los alimentos. Pearson Educación, México.
- Baker, B, y Grant, J. 2018. Malic Acid Profile Active Ingredient Eligible for Minimum Risk Pesticide Use. <http://hdl.handle.net/1813/56132>
- Barbosa-Cánovas, G. V. (2003). Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas: technical manual (No. 149). Food & Agriculture Org.
- Belitz, H., Grosch W. y Schieberle, P. 2009. Food Chemistry. Editorial Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Berlín, Alemania.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. 2016. Aditivos Alimentarios (3ª Revisión). FODENORCA. Norma N° 910.
- Damodaran, S., Parkin, K. y Fennema, O. 2010. Fennema Química de los Alimentos. 3ª Edición. México: Acribia.
- FAO y OMS. 1995. Norma General para los Aditivos Alimentarios. Codex Stan 192-1995.
- García-García, R.; Escobedo-Avellaneda, Z.; Tejada-Ortigoza, V.; Martín-Belloso, O.; Valdez-Fragoso, A.; Welti-Chanes, J. 2015. Hurdle technology applied to prickly pear beverages for inhibiting *Saccharomyces cerevisiae* and *Escherichia coli*. Lett. Appl. Microbiol. 60, 558–564. [CrossRef] [PubMed].
- Gómez, I. 2018. Acidulantes fundamentales en la industria alimentaria (01/2018). En: <https://www.agrolab.com/es/actualidades/1390-acidulantes-fundamentales-en-la-industria-alimentaria.html> [Consulta: Agosto, 9, 2022].
- Guiamba, I.R.F y Svanberg, U. 2016. Efectos del escaldado, la acidificación o la adición de EDTA sobre la estabilidad de la vitamina C y el β - caroteno durante la preparación del puré de mango. Food Science & Nutrition 2016; 4(5): 706–715 doi: [10.1002/fsn3.335](https://doi.org/10.1002/fsn3.335)
- Kalaycioğlu Z, Erim FB. 2019. Nitrate and Nitrites in Foods: Worldwide Regional Distribution in View of Their Risks and Benefits. J Agric Food Chem ;67(26):7205-22. doi:10.1021/acs.jafc.9b01194

- Kalia, A. y Gupta, R.P. 2007. Fruit Microbiology. En Huy, Y.H.2006. Handbook of fruits and fruit processing. Blackwell Publishing.
- Lide, D.R. 2007. CRC Handbook of Chemistry and Physics, 88th Edition. CRC Press USA
- Londoño, M. y Gómez, B. 2021. Nitritos y nitratos: la doble cara de la moneda. Revista de Nutrición clínica y metabolismo 4(1).
- Marques, C.; Sotiles, A. R.; Oliveira, F.; Oliveira, G.; Mitterer-Daltoé, L. M. y Masson, M. L. 2020. Full physicochemical characterization of malic acid: Emphasis in the potential as food ingredient and application in pectin gels. Arabian Journal of Chemistry. DOI: [10.1016/j.arabjc.2020.10.036](https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.10.036)
- Mathews, C.K., VanHolde, K.E y Ahern, K.G. 2003. Bioquímica. Pearson Educacion. Madrid
- Megazyme. 2020. Succinic acid. [Documento en línea] En: https://www.megazyme.com/documents/Assay_Protocol/K-SUCC_DATA.pdf [Consultado Agosto, 9, 2022]
- Merck. 2015. The Merck Index Online. Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry,.
- Mir, K., Riaz, A., Ullah, I., Hussain, S. y Ullah, N. 2019. Effect of Preservatives and Storage Temperatures on the Quality of Mango Slices Dipped in Sugar Solution. Food Process Technol, 10:3 DOI: 10.4172/2157-7110.1000784
- Muñoz-Villa, A.; Sáenz-Galindo, A.; López-López, L.; Cantú-Sifuentes, L. y Barajas-Bermúdez, L. 2014. Ácido Cítrico: Compuesto Interesante. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila, Volumen 6, Nº 12.
- Prévost, H., Brillet-Viel, A. 2014. ECOLOGY OF BACTERIA AND FUNGI IN FOODS | Influence of Redox Potential En: Elsevier. 2014. Encyclopedia of Food Microbiology (Segunda edición) [pp 595-601]
- Putnik P.; Pavlić, B., Šojić, B.; Zavadlav, S.; Žuntar, I.; Kao, L.; Kitonić, D. y Bursać Kovačević, D. 2020. Innovative Hurdle Technologies for the

- Preservation of Functional Fruit Juices. *Foods*, 9, 699; doi:[10.3390/foods9060699](https://doi.org/10.3390/foods9060699)
- Rembado, M. y Sceni, P. 2009. La química en los alimentos. Editado por el Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Buenos Aires, República Argentina.
- Salcedo, J. 2012. Los agentes conservantes en los alimentos. Universidad Nacional del Callao. ACADEMIA En: https://www.academia.edu/37861227/LOS_AGENTES_CONSERVANTES_EN_LOS_ALIMENTO [S?email_work_card=view-paper](https://www.academia.edu/37861227/LOS_AGENTES_CONSERVANTES_EN_LOS_ALIMENTO/S?email_work_card=view-paper)
- Singh, K., Rakha, R., Kumar, R., y Singh, M. 2017. Studies on Quality Parameters in Mango Pulp Stored in Containers at Different Temperatures. " International Research Journal of Advanced Engineering and Science, Volume 2, Issue 1, [pp. 208-210]. En: <http://irjaes.com/wp-content/uploads/2020/10/IRJAE-S-V2N1P226Y17.pdf>
- Tapia, M.S., Alzamora, S. M., y Chirife, J. 2007. Effects of Water Activity (aw) on Microbial Stability: As a Hurdle in Food Preservation. En: Barbosa-Cánovas, Fontana, A., Schmidt, S. y LAbuza, T. *Water Activity in Foods: Fundamental and Applications*. Blackwell-Publishing.
- Walden, W. y Hentges, D. 1975. Differential effects of oxygen and oxidation-reduction potential on the multiplication of three species of anaerobic intestinal bacteria. *Applied microbiology*. Volumen 30 (5) DOI:10.1128/AEM.30.5.781-785.1975.
- Zambrano, J. 2008. Efecto del escaldado y la adición de conservantes sobre la calidad de la pulpa de mango tipo "bocado" almacenado en refrigeración. *Agronomía Tropical*, vol.58, n.3, págs. 257-265. ISSN 0002-192X.
- Zambrano-Herrera, W. 2020. Aplicación de métodos combinados para el control microbiológico de frutas y hortalizas. *In: Fernández, J. 2020. Epistemática crítica del saber académico.FEDUEZ* [pp 45-71.

Conservación de pulpa de mango a temperatura ambiente mediante Métodos Combinados

Contenido

- 4.1 [Pulpa de mango: metodología de obtención.](#)
- 4.2 [Características físicas y químicas de la pulpa.](#)
- 4.3 [Características microbiológicas de la pulpa.](#)
- 4.4 [Metodología de aplicación de métodos combinados vía diseño experimental.](#)
- 4.5 [Optimización tecnológica de la pulpa.](#)
- 4.6 [Metodología estandarizada de conservación empleando los métodos combinados.](#)
- 4.7 [Estabilidad de la pulpa en un período de tres meses.](#)



Foto Cortesía de [Alexander Mills](#) en [Unsplash](#)

4.1. Pulpa de mango: metodología de obtención.

Se denomina pulpa a la porción carnosa y comestible de la fruta sana y madura, procesada bajo condiciones sanitarias adecuadas (COVENIN-977,1983). En el caso del mango, la pulpa se deriva de

los frutos provenientes de cualquier clase o variedad de la especie *Mangifera indica* L. Para su obtención, se sigue la siguiente metodología:

- A. Selección y clasificación de los frutos:** Se seleccionan los frutos que estén en buen estado,

preferiblemente en madurez fisiológica.

B. Almacenamiento: Tal como indica la Norma COVENIN citada anteriormente, para obtener la pulpa se requiere de frutos maduros, por ende, los frutos recolectados en la etapa anterior se almacenan hasta alcanzar madurez plena uniforme. Esto ocurre aproximadamente después de cuatro días a temperatura ambiente.

C. Lavado: Por inmersión en agua potable, retirando toda la suciedad remanente.

D. Escaldado o *blanching*. El escaldado cumple tres funciones elementales: proveer, a través de agua caliente o en forma de vapor, el ablandamiento del pericarpio de modo que sea más fácil la extracción de la pulpa, eliminar el exceso de oxígeno del tejido que pueda ser utilizado por microorganismos aeróbicos y reacciones de oxidación, y, por último, inhibir la actividad enzimática, sobre todo la responsable del oscurecimiento de la pulpa. Para lograr esto, los

mangos se sumergen en agua a 85 °C por unos 15 minutos.

E. Enfriamiento: Esta etapa es obligatoria para preservar pigmentos deseados y evitar la deshidratación excesiva de la pulpa por la temperatura de escaldado. En este caso, se realiza con agua a temperatura ambiente.

F. Despulpado: Esta es una etapa clave del proceso, donde se separa las semillas y epicarpio de la porción carnosa (drupa) del fruto. En procesos altamente industrializados se emplea una despulpadora mecánica, con todas las bondades que acarrea un proceso de este tipo (mejor control microbiológico, rapidez del proceso, control de variables, etc.). Si se hace a nivel semi-industrial, puede utilizarse una licuadora industrial o doméstica, pasando luego por un tamiz de luz de malla fina. Por otra parte, si es a nivel artesanal, lo adecuado es someter los frutos contra un colador doméstico y recoger la pulpa que atraviese a dicho utensilio. En estos últimos casos deben maximizarse las medidas higiénicas del operador para asegurar la calidad

microbiológica de la pulpa. La pulpa obtenida va a procesamiento.

A continuación, se presenta el esquema tecnológico:

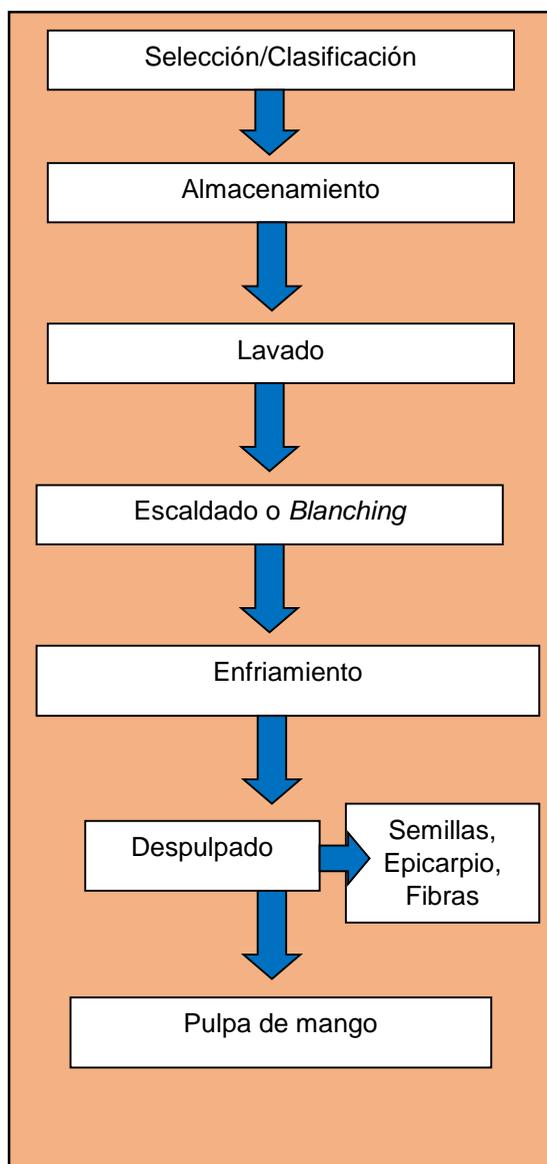


Figura 22.

Proceso tecnológico para la obtención de la pulpa de mango. Inicia con la selección y clasificación de los frutos en madurez fisiológica, seguido por el lavado, escaldado, enfriamiento y despulpado, etapas estas que pueden llevarse a cabo de forma mecánica o manual según sea industrial, semi-industrial o artesanal.

4.2. Características físicas y químicas de la pulpa.

La caracterización física y química hace referencia a componentes estructurales intrínsecos presente en la materia prima. En la Tabla 10 se muestran algunas características químicas y físicas encontradas en la pulpa de mango de la clase variedad bocado previamente escaldados. En líneas generales, la caracterización física y química tiene como objetivo ofrecer información sobre el estado de la pulpa de mango (PM) a fin de ajustar y/o corregir factores clave inherentes a su composición y así aplicar los tratamientos combinados que aseguren su conservación.

Tabla 10. Características físicas y químicas de la pulpa de mango (PM).

	Parámetro	Valor	
Químicas	Acidez titulable (% ac. cítrico)	0,124 ± 0,006	
	Sólidos Solubles (°Brix)	14,85 ± 0,07	
	Relación °Brix/acidez	120,15 ± 6,43	
	pH a 25 °C	5,56 ± 0,13	
	Potencial óxido.reducción (mV)	77,83 ± 5,66	
	Humedad	74,07 ± 2,38	
	Ácido ascórbico (mg/100 g)	27,80 ± 0,32	
	Física	Densidad (g/ml)	1,10 ± 0,03

4.2.1. Acidez

El contenido de acidez titulable de la PM arrojó un valor de 0,124%, ligeramente menor al encontrado por Aular y Rodríguez (2005). Por otra parte, Garrido *et. al.* (2013) obtuvieron en su caracterización un valor de 0,42%, sin embargo, el rango de acidez para pulpas de mango se extiende desde 0,11 hasta 0,48% dependiendo de la variedad y el grado de madurez del fruto (Occeña-Po, 2012). Como se trata de una pulpa que ha sido escaldada, es decir, que los frutos han sido objeto de un tratamiento térmico con agua caliente, una parte del ácido natural ha sido solubilizado, por lo que el resultado en cuanto a este parámetro debe ser regulado al implementar el método combinado.

4.2.2. Sólidos solubles y relación °Brix/Acidez.

Seguidamente, el contenido de sólidos solubles (SS) de la PM fue de 14 °Brix, un valor menor al reportado por Aular y Rodríguez (*ob cit*) y Garrido *et al* (*ob cit*) quienes encontraron en sus respectivas investigaciones hasta 18% SS. Nuevamente, se recalca que se trata de una pulpa escaldada, donde los SS han sido diluidos como parte de la aplicación

de dicho tratamiento. Con todo, resalta la relación de °Brix/acidez que en este caso fue de 120,15, un valor muy similar al 121,4 encontrado por Aular y Rodríguez (*ob cit*).

4.2.3. Potencial de hidrógeno (pH).

Por otra parte, el pH de la PM fue de 5,56 (baja acidez), valor que está en el límite del rango de valores (4-5,6) señalados por Occeña-Po (*ob cit*), siendo este uno de los factores que es necesario controlar cuando se aplican métodos combinados, ya que la mayoría de los microorganismos deteriorativos en los alimentos se sitúa entre 6,5 y 7,5, sin embargo, existen bacterias patógenas que pueden desarrollarse favorablemente a pH de 4,5, e incluso, de acuerdo a Torrealba (2020), hay hongos y levaduras que también lo hacen a pH's menores a 3,7, de modo que es necesario ajustar el pH hasta valores seguros que inhiban su crecimiento. Nuevamente, el hecho de someter los frutos a escaldado hace que se incorpore agua y se solubilizan los ácidos y el pH tienda hacia un valor neutro (cerca de 7) producto de la interacción con el agua.

4.2.4. Potencial óxido-reducción (P.O.R.).

El potencial óxido-reducción de la pulpa se ubica en 77,83 mV. Aunque no se encontraron referencias de investigaciones relacionadas para comparar este valor, se puede decir que de acuerdo a Walden y Hentges, 1975; citado por Ávila (S/F), los microorganismos aeróbicos requieren sustratos oxidados (P.O.R. positivo, hasta 300 mV) para el crecimiento mientras que los anaeróbicos los requieren reducidos (P.O.R. negativo, <420 mV), indicando entonces que la pulpa es proclive solo al crecimiento de microorganismos aerobios, y como tal, deben implementarse métodos que los controlen eficientemente.

4.2.5. Humedad y actividad de agua.

Así mismo, se encontró 74,07% de humedad en la PM, consistente con el rango (72,1-85,5%) publicado por Occeña-Po (*ob cit*). Es preciso acotar que los alimentos son sistemas heterogéneos donde el agua se puede encontrar en tres posibles estados: (1) agua estructural, comúnmente conocida como agua ligada, (2) agua multicapa o agua superficial o de hidratación y (3) agua libre (Hills, 1998, citado por Schmidt, 2007), y de acuerdo a Garrido *et al* (2013), el mango tiene una

actividad acuosa de 0,981, es decir, que en términos de humedad, gran parte está en la forma de agua libre, caracterizada entre otras cosas por tener alta volatilidad y movilidad.

El hecho de haber implementado un tratamiento térmico previo (escaldado) provoca dos efectos: por un lado, solubiliza componentes hidrosolubles propios de la pulpa (lixiviación) y por otro, parte del contenido de agua intrínseco migra o se mueve hacia ese medio acuoso durante la retención permitiendo una concentración incipiente de la pulpa en esta etapa.

4.2.6. Ácido ascórbico.

El contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) presente en la PM, se encuentra en $27,8 \pm 0,32$ mg/100g, un valor intermedio entre los publicados por Occeña-Po y Po (2012) y Garrido *et al* (*ob cit*), quienes reportaron 20 mg/100g y 35,23 mg/100g, respectivamente. Damodaran *et. al.* (*ob cit*) aclara que las pérdidas de vitaminas se producen, en primer lugar, por oxidación y extracción acuosa (lixiviación).

Por otra parte, los cambios oxidativos causados por la acción de las lipooxigenasas pueden reducir la

concentración de muchas vitaminas y la ácido ascórbico-oxidasa puede reducir específicamente el contenido de Vitamina C. Esto marca un hito, puesto que, pese al tratamiento de escaldado, todavía persiste una cantidad de esta vitamina que no fue lixiviada en el tratamiento, y más bien este surtió efecto: inactivó la ácido ascórbico-oxidasa responsable de la oxidación.

4.2.7. Densidad.

Finalmente, la PM de la variedad bocado posee una densidad de 1,10 g/ml, lo que permite deducir que se trata de un material más denso que el agua, algo evidente en productos de esta naturaleza, en los que se hace necesario implementar sistemas de agitación mecánica para diluir o mezclar correctamente con el agua.

4.3. Características microbiológicas de la pulpa.

Para el procesamiento y almacenamiento de la pulpa, es necesario contar con la debida caracterización, esto persigue como objetivo demostrar el empleo adecuado de las BPF, y además que el proceso térmico fue efectivo para prevenir el aumento del crecimiento microbiano o recontaminación. A continuación, el

contaje microbiológico de la pulpa obtenida de acuerdo al apartado 4.1.

Tabla 11.

Caracterización microbiológica de la pulpa de mango.

Parámetro	Valor	Mínimo	Máximo
Aerobios totales (UFC/ml)*	3,9x10 ³	5 x 10 ³	1 x 10 ⁴
Mohos (UFC/ml)*	4,8x10 ¹	5 x 10 ³	1 x 10 ⁴
Levaduras (UFC/ml)*	5,5x10 ¹	5 x 10 ³	1 x 10 ⁴
Coliformes totales (UFC/g)**	8	-	<10

(*): Referencia: COVENIN 2395 (1986).

(**): Referencia: Reglamento técnico sanitario colombiano, Diario Oficial N° 48.933(2013).

4.3.1. Aerobios totales (AT).

Aerobios mesófilos

Son todos los microorganismos, capaces de desarrollarse en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20 °C y 45°C con una óptima entre 30 °C y 40 °C. Un recuento bajo de aerobios mesófilos no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena (RENALOA, 2014).

Tal como se puede visualizar en la Tabla 10, el conteo de AT se sitúa en $3,9 \times 10^3$ unidades formadoras de

colonias (UFC) por gramo (g), valor por debajo del mínimo establecido por la Norma COVENIN 2395 (1986). De acuerdo a Torrealba (2020), este tipo de microorganismos se desarrollan según la disponibilidad de oxígeno e hidrógeno presente en el ambiente; siendo el nivel de oxígeno disponible el que prevalece en la presencia de gases.

Los mangos, pese a haber sido pre-tratados con *blanching*, este no es suficiente para inactivar estas bacterias, hongos y levaduras. Es por esta razón que la presencia de oxígeno en el ambiente tiene mucha influencia en el tipo de microorganismos que pueden crecer en un determinado alimento y en la velocidad a la que se multiplican. De la misma manera, el P.O.R. positivo es responsable del crecimiento de este tipo de microorganismos.

4.3.2. Mohos y Levaduras.

Son microorganismos eucariotas, uni y pluricelulares, que pueden tener morfología bien sea filamentosa (mohos) o no filamentosa (levaduras) (Torrealba, 2020).

Los mohos, por su parte, son ciertos hongos multicelulares filamentosos, dotados de un micelio verdadero,

microscópicos, y cuyo crecimiento en los alimentos se conoce fácilmente por su aspecto aterciopelado o algodonoso (RENALOA, ob. cit).

En cuanto a las levaduras, son hongos que crecen generalmente en forma de agregados sueltos de células independientes, que pueden ser globosas, ovoides, piriformes, alargadas o casi cilíndricas.

En algunos casos, forman cadenas de células alargadas, adheridas de modo suelto, semejantes a un micelio, por lo que se las denomina pseudomicelio. Cuando las levaduras crecen sobre medios sólidos, forman colonias de aspecto característico que recuerdan a las colonias bacterianas.

En casi todas las especies de interés industrial, el modo habitual de reproducción vegetativa es por gemación. Muchas de ellas presentan reproducción sexual por medio de ascosporas y, a diferencia de los mohos, las levaduras no pueden identificarse solamente por sus caracteres morfológicos; se precisa la ayuda de pruebas bioquímicas para la identificación específica (RENALOA, 2014).

En lo que respecta a la población fúngica presente en la pulpa de mango, el contaje dio como resultados $4,8 \times 10^1$ UFC/g para mohos y $5,5 \times 10^1$ UFC/g para levaduras, valores situados dentro del límite mínimo permitido por la Norma COVENIN 2395 (1986). Este tipo de microorganismos generan efectos perjudiciales como adhesividad y barbas (superficie algodonosa por mohos), putrefacción y coloraciones anormales (Torrealba, ob. cit).

4.3.3. Enterobacterias (Coliformes totales)

Por otra parte, la PM posee un contaje de coliformes totales alrededor de 8 UFC/g, valor menor al establecido por el Reglamento técnico-sanitario colombiano para pulpas de frutas con tratamiento térmico congeladas o no (Diario Oficial N° 48.933, 2013), el cual es de máximo 10 UFC/g.

4.4. Metodología de aplicación de métodos combinados vía diseño experimental.

La conservación por métodos combinados implica el uso de algunos factores (variables independientes) que ejercen efecto sobre una o más variables dependientes. En este caso, se tiene como factores experimentales

cantidades de un acidulante X_1 (ácido tartárico), y dos agentes antimicrobianos o conservantes (bisulfito de sodio y sorbato de potasio) con el fin de modificar sustancialmente los parámetros químicos (pH, P.O.R. y ATT) examinados previamente en la pulpa de mango.

La metodología para aplicar una evaluación de este tipo consistió en realizar una formulación bajo un diseño compuesto central (DCC) en el que siguieron las siguientes etapas:

- A. Mezclado:** La pulpa de mango se mezcla con el acidulante (ácido tartárico) y los conservantes (bisulfito de sodio y sorbato de potasio). Previo a esto se realiza la pesada de cada uno de los componentes utilizando una balanza analítica.
- B. Envasado:** Una vez realizado el mezclado, se procede a envasar la pulpa en envases apropiados. Estos pueden ser desde bolsas plásticas de polietileno, envases plásticos con tapa o incluso de vidrio. En la investigación llevada a cabo por el autor, se emplearon las bolsas plásticas, para asegurar el control local de la

experimentación, tal como se ilustra en la figura 23.



Figura 23.

Vista de los 16 tratamientos experimentales según diseño optimal. La pulpa correspondiente de cada tratamiento se envasa asépticamente en bolsas de polietileno termoselladas.

C. Medición de variables: potencial de Hidrógeno, potencial óxido-

reducción y acidez titulable, según diseño.

Elección del diseño

Para determinar la influencia de las concentraciones de ácido tartárico, bisulfito de sodio y sorbato de potasio sobre tales respuestas se aplicó un Diseño Compuesto Central, empleando los tres factores experimentales y las respuestas, en consecuencia, el software Stagraphics arroja una matriz con 16 tratamientos experimentales cuyos resultados se muestran en la tabla 12.

Tabla 12.

Diseño de tratamiento D-optimal para las respuestas ATT, pH, POR.

BLOQUE	Factores experimentales									Respuestas		
	X1: Ácido tartárico			X2: Bisulfito de sodio			X3: Sorbato de K			Y1	Y2	Y3
	Valor codific.	Valor Natural		Valor codific.	Valor Natural		Valor codificado	Valor Natural		ATT (%)	pH	POR (mV)
	(%p/p)	gr	mg	(%p/p)	gr	mg	(%p/p)	gr	mg			
1	0,4	0,4	400	0,005	0,005	5	0,05	0,05	50	0,421	4,28	148,8
2	0,2	0,2	200	0,01	0,01	10	0,05	0,05	50	0,300	4,76	125,5
3	0,3	0,3	300	0,0107	0,0107	10,7	0,075	0,075	75	0,353	4,6	134,4
4	0,4	0,4	400	0,01	0,01	10	0,05	0,05	50	0,431	4,43	143,4
5	0,3	0,3	300	0,007	0,0075	7,5	0,10718	0,1071	107,1	0,376	4,37	148,1
6	0,3	0,3	300	0,004	0,0042	4,2	0,075	0,075	75	0,331	4,51	139,7
7	0,3	0,3	300	0,0075	0,0075	7,5	0,0428	0,0428	42,8	0,338	4,49	140,5
8	0,2	0,2	200	0,01	0,01	10	0,1	0,1	100	0,265	4,8	122,9
9	0,2	0,2	200	0,005	0,005	5	0,1	0,1	100	0,286	4,73	127,3
10	0,3	0,3	300	0,0075	0,0075	7,5	0,075	0,075	75	0,334	4,62	133,3
11	0,3	0,3	300	0,0075	0,0075	7,5	0,075	0,075	75	0,349	4,54	137,7
12	0,1712	0,1712	171,2	0,0075	0,0075	7,5	0,075	0,075	75	0,268	4,97	113,5
13	0,4	0,4	400	0,01	0,01	10	0,1	0,1	100	0,405	4,46	142,5
14	0,4	0,4	400	0,005	0,005	5	0,1	0,1	100	0,405	4,35	148,7
15	0,2	0,2	200	0,005	0,005	5	0,05	0,05	50	0,396	4,46	142,1
16	0,4287	0,4287	428,7	0,0075	0,0075	7,5	0,075	0,075	75	0,397	4,34	149

Resultados de la aplicación del Diseño experimental

De acuerdo a los datos obtenidos de la aplicación del diseño experimental, se puede evidenciar que cuando se agregan apropiadamente el acidulante y la mezcla de conservantes los valores de ATT se incrementan desde 0,124% obtenidos en la caracterización hasta un mínimo de 0,265% (tratamiento 8: 0,2% X_1 , 0,01% X_2 y 0,1% de X_3) y un máximo de 0,431% (tratamiento 4: 0,4% X_1 , 0,01% X_2 y 0,05% X_3), evidenciando que el ácido añadido es determinante en esta respuesta. Por su parte, los valores de pH fluctúan entre 4,28 y 4,97, es decir, hay un descenso desde 5,56 de la pulpa no tratada, en concordancia con el aumento de la acidez (relación mayor acidez, menor pH). El P.O.R. también experimenta un incremento desde 77,83 mV en la pulpa no tratada hasta valores 113,5 mV y 149 mV en los diferentes tratamientos del diseño.

Ahora bien, en la aplicación del diseño se puede observar que algunos tratamientos surtieron mejor efecto en cuanto a la preservación del color de la pulpa, tal es el caso de los tratamientos 1, 3 y 16 (resaltados en la Tabla 12).

4.5. Optimización y perfil de deseabilidad de la pulpa.

En la figura 24 se visualiza la optimización y deseabilidad de los factores experimentales, de las variables multirrespuesta ATT, pH y P.O.R. de la pulpa de mango evaluada según diseño optimal (Tabla 11). Allí se observa un patrón de deseabilidad consistente en la maximización controlada de la acidez y el P.O.R., y la correspondiente reducción del pH, esto es lo que se conoce como perfil de deseabilidad.

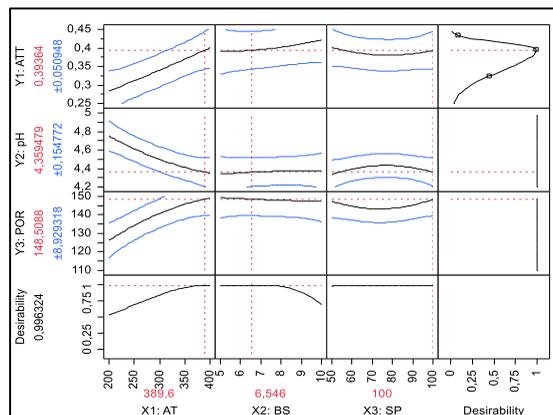


Figura 24.

Optimización y perfil de deseabilidad de la pulpa de mango. Con una deseabilidad del 99,66% el software JPM recomienda una formulación optimizada tomando en cuenta todos los datos experimentales presentados en la Tabla 11. En este punto, fue posible predecir que, al utilizar 389,6 mg de ácido tartárico (AcT), 6,546 mg de bisulfito de sodio (BS) y 100 mg de sorbato de sodio (SP), se obtiene una pulpa de mango óptima con aproximadamente 0,39% de ATT, 4,36 de pH y 148,5 mV de P.O.R.

4.5. Optimización tecnológica de la pulpa.

A los fines de evaluar la estabilidad, se seleccionó el tratamiento óptimo determinado por el software JMP (Figura 24), y además otros tres tratamientos del diseño optimal de la Tabla 11, esto con el fin de estandarizar el producto basado en esas proporciones de acidulantes y conservantes.

En este sentido, para establecer la estandarización del proceso, se formuló una pulpa proveniente de mangos enteros escaldados a 85 °C por 15 minutos, a la que se le agregó el acidulante (afecta ATT, POR y pH), la mezcla de conservantes o antimicrobianos (controla la población microbiana) y un edulcorante (controla los grados °Brix de la pulpa).

La pulpa debe concentrarse a temperatura ambiente para lograr la estabilización, en consecuencia, se hace necesario regular la acidez a valores alrededor del 1% y los sólidos solubles en mínimo 30%, esto para asegurar la estabilidad microbiológica. Tales valores se tomaron como referencia a partir de lo que indica la Norma COVENIN 2395 (1986) para

varios concentrados de frutas. La figura 25 muestra el proceso y el balance materia para preparar 100 g de pulpa de mango optimizada.

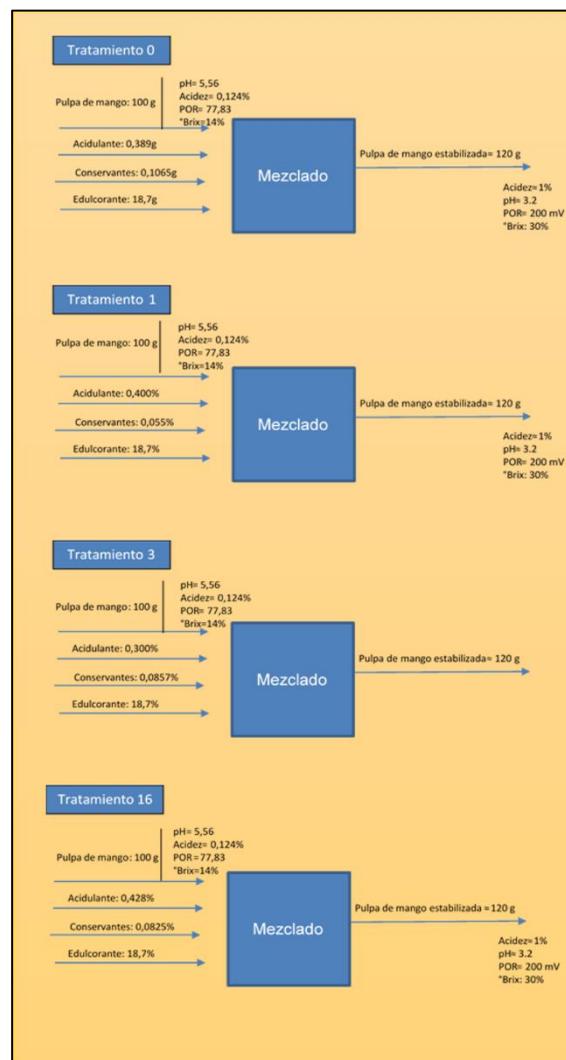


Figura 25.

Optimización tecnológica de la pulpa. Se seleccionaron cuatro tratamientos: el óptimo arrojado de acuerdo al perfil de deseabilidad (tratamiento 0), y tres seleccionados de la matriz D-optimal (tratamientos 1, 3 y 16). Todos los tratamientos siguieron la misma metodología de preparación, variando las cantidades de acidulante y mezclas de conservantes. Las cantidades de pulpa y edulcorante (azúcar invertido) se consideran condiciones fijas. Las respuestas medidas son: ATT, pH, P.O.R. y °Brix.

Lo anterior, genera una formulación con la pulpa de mango, acidulante (ácido tartárico), conservantes (sorbato de

potasio y bisulfito de sodio). Aplicando los balances de materiales para cada tratamiento se obtiene (Tabla 13):

Tabla 13.

Formulación de los cuatro tratamientos óptimos basado en tecnologías combinadas.

Tratamiento	Materia prima		Tecnologías combinadas		
	Fija	Fija	Variables		Fija
	Tratamiento Térmico	Pulpa de mango	Acidulante	Conservantes	Edulcorante
0 (óptimo)	Escaldado del fruto (°C)	(g)	Ac. Tartárico (%p/p)	(BS+SP) (%p/p)	Azúcar Invertido (%p/p)
1	85 °C x 15 min	100	0,389	0,1065	
3			0,400	0,0550	18,7
16			0,300	0,0857	
			0,428	0,0825	

Fuente: Elaboración propia (2022)

De esta manera, los métodos combinados incluyen: el *blanching* o escaldado a los frutos (85 °C x 15'), empleo de un acidulante, un edulcorante y una mezcla de

conservantes, los cuales actuaron como barreras para el crecimiento de microorganismos. La figura 26 muestra la tecnología de obstáculos diseñada para tal fin.

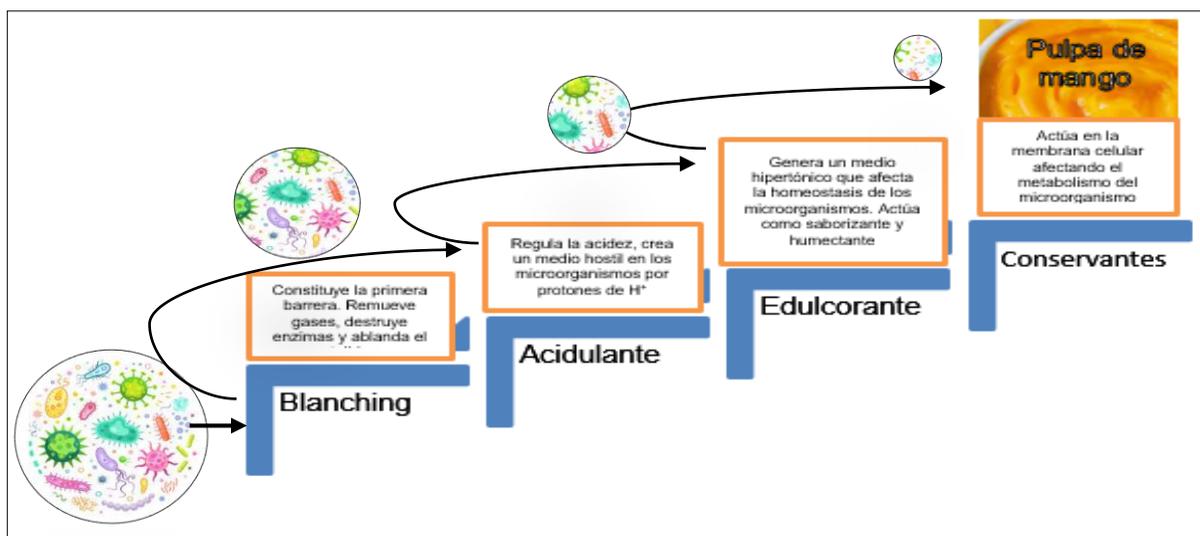


Figura 26.

Tecnología de barreras aplicada a la pulpa de mango. Se diseñaron cuatro barreras para el control: una física tomando en cuenta la temperatura de escaldado y tres químicas empleando acidulante, edulcorante y conservante.

4.6. Metodología estandarizada de conservación empleando los métodos combinados.

En la Figura 27 se observa el diseño de la metodología de conservación de pulpa de mango optimizada. Los puntos críticos que fueron detectados durante la aplicación del diseño y que fueron mejorados para optimizar la metodología y escalarla a nivel industrial son:

1. **Lavado:** En la metodología inicial contemplaba el lavado de los frutos con agua, sin embargo, se observó que recolectarlos, estos caen al suelo y allí ocurre una contaminación con la flora patógena del suelo que incluye *E. coli*, *Cl. Botulinum*, entre otros que no se inhiben con agua pura. Se recomienda agregar cloro al agua al 0,05%.
2. **Enjuagado:** No se contemplaba en la metodología inicial, pero como fueron tratados con agua clorada, es conveniente lavarlos con agua potable a fin de eliminar el cloro residual.
3. **Caracterización física:** Se incluyen:
 - a. Viscosidad: para conocer los parámetros reológicos de la pulpa, de modo que sea escalable a nivel industrial.
 - b. Organolépticos: Color, olor, sabor y apariencia para cumplir con la Norma COVENIN-977 (1983)
4. **Formulación:** Se incluye un edulcorante multifuncional como el azúcar invertido. Este tiene un poder edulcorante de 130%, es decir, un 30% más dulce que la sacarosa comercial, se agrega en menos cantidad y por su estado líquido y al preparar el producto se requeriría una mínima cantidad de azúcar. Además, el azúcar invertido actúa como humectante, aporta color brillante y no deshidrata al producto, cuestión que sí ocurre con otros edulcorantes granulados.
5. **Envasado:** La metodología inicial contemplaba envasado en bolsas de polietileno termoselladas de diferente capacidad, a las cuáles se les puede implementar vacío para eliminar el oxígeno activo en la pulpa. También pueden emplearse envases plásticos y de vidrio de 5 kg, aunque este último puede

resultar riesgoso para su transporte y almacenamiento, por el peligro de quiebre y fracturas durante el traslado y manipulación.

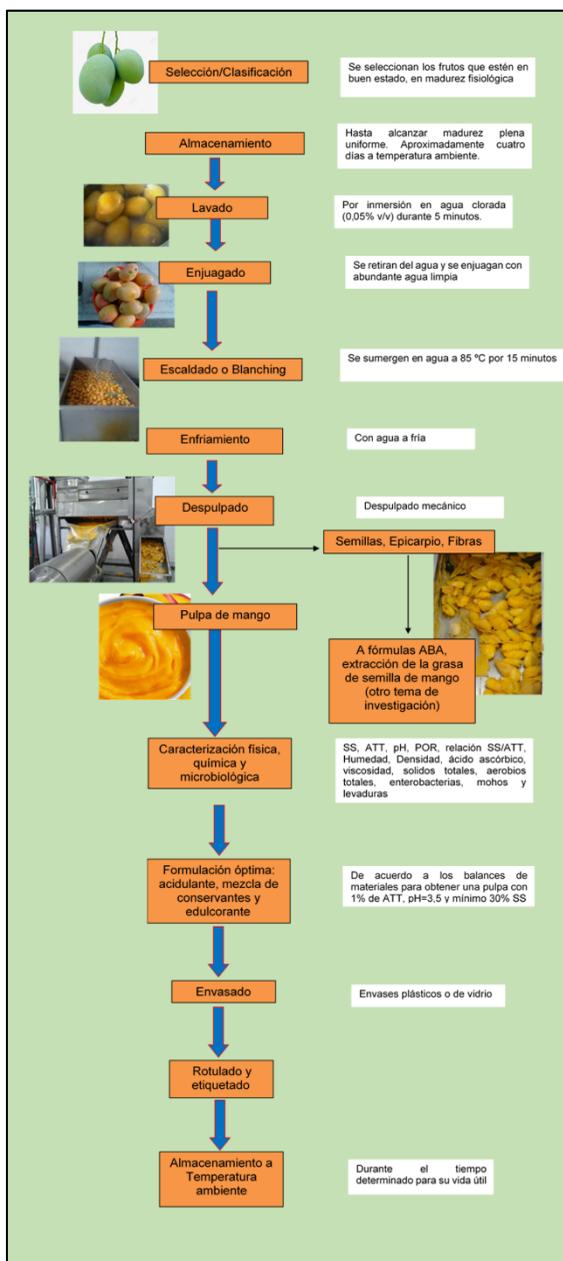


Figura 27.

Proceso tecnológico optimizado de la pulpa de mango. Las principales etapas comprenden la recolección de los frutos en madurez fisiológica hasta el almacenamiento de la pulpa a temperatura ambiente.

4.7. Evaluación la estabilidad química y microbiológica de la pulpa de mango optimizada durante un período de 3 meses.

4.7.1. Estabilidad y vida útil de alimentos.

La vida útil es el período de tiempo que transcurre desde el momento de la producción del alimento hasta que la calidad del producto se vuelva inaceptable para ser consumido (Robertson, 2010). Se habla de un alimento estable cuando sus características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales permanecen dentro de los límites considerados normales durante el tiempo en que se ha estimado su vida útil (Cardello, 1998).

Lo anterior permite establecer una ligera diferencia entre cuantificar vida útil y la estabilidad de un alimento. Esta última implica que todas las características e indicadores de calidad del producto permanecen estables dentro de los límites considerados normales durante un tiempo determinado.

Es así como las cuatro muestras de pulpa de mango optimizadas tecnológicamente fueron almacenadas a temperatura ambiente y se evaluaron

algunos parámetros químicos y microbiológicos que actuaron como indicadores de estabilidad. En este caso, se consideraron los parámetros químicos ATT, pH, P.O.R., Sólidos solubles, y como microbiológicos el

contaje de aerobios totales, flora fúngica (mohos y levaduras) y enterobacterias (coliformes totales). El cuadro 1 muestra los resultados del estudio de estabilidad medidos en un período de tres meses.

Cuadro 1.

Resultados de los indicadores de estabilidad de la pulpa de mango en el lapso de 0-12 semanas.

	Semana	Acidez Titulable Total (%Ácido cítrico)				pH			
		Tto 0	Tto 1	Tto 3	Tto 16	Tto 0	Tto 1	Tto 3	Tto 16
QUÍMICAS	0	0,909	0,803	0,85	0,719	3,41	3,39	3,37	3,41
	3	0,914	0,811	0,886	0,728	3,31	3,34	3,37	3,38
	6	1,015	0,825	1,005	0,775	3,18	3,29	3,3	3,35
	9	1,073	0,813	0,904	0,825	3,12	3,26	3,26	3,27
	12	0,947	0,903	0,924	0,857	3,08	3,15	3,17	3,18
		R²=27,6%	R²=60,7%	R²=20,6%	R²=96,6%	R²=95,8%	R²=95,3%	R²=92,5%	R²=93,7%
		Potencial Óxido-Reducción (mV)				Sólidos Solubles (%)			
	0	189,4	186	189	183	30	30	31	31
	3	189,5	190,1	192,5	186,1	30	30	31	31
	6	209	206	204	204	30	30	31	31
9	209	207	206	205	30	30	31	31	
12	213	207	206	203	30	30	31	31	
	R²=83,3%	R²=81,6%	R²=85,5%	R²=75,3%					
MICROBIOLÓGICOS		Aerobios Totales (UFC/g)				Flora fúngica (UFC/gr)			
	0	2,50X10 ¹	1,50 X10 ¹	3,80 X10 ¹	1,30 X10 ¹	1,10 X10 ¹	1,50 X10 ¹	0 X10 ¹	0,5 X10 ¹
	3	3,3 X10 ¹	2,2 X10 ¹	4,4 X10 ¹	2,2 X10 ¹	1,10 X10 ¹	2,20 X10 ¹	0 X10 ¹	1,10 X10 ¹
	6	5,5 X10 ¹	3,3 X10 ¹	6,6 X10 ¹	3,3 X10 ¹	2,20 X10 ¹	4,40 X10 ¹	1,10 X10 ¹	2,20 X10 ¹
	9	7,7 X10 ¹	7,7 X10 ¹	8,8 X10 ¹	5,5 X10 ¹	3,30 X10 ¹	4,40 X10 ¹	2,20 X10 ¹	3,30 X10 ¹
	12	15 X10 ¹	12 X10 ¹	8,8 X10 ¹	7,7 X10 ¹	4,40 X10 ¹	12,1 X10 ¹	3,30 X10 ¹	3,30 X10 ¹
		R²=85,1%	R²=89%	R²=93%	R²=96,2%	R²=94,1%	R²=76,9%	R²=94,1%	R²=94,4%
	Enterobacterias 0 UFC/g en todos los tratamientos durante las 12 semanas.								

4.7.2. Estabilidad de la pulpa en relación a la ATT y el pH durante las 12 semanas.

En el estudio de estabilidad de la pulpa de mango, la ATT mostró un comportamiento ascendente en todos los tratamientos desde la semana 1 hasta la semana 12, mientras que el pH fue descendente en todos los tratamientos durante el mismo período (Figura 28).

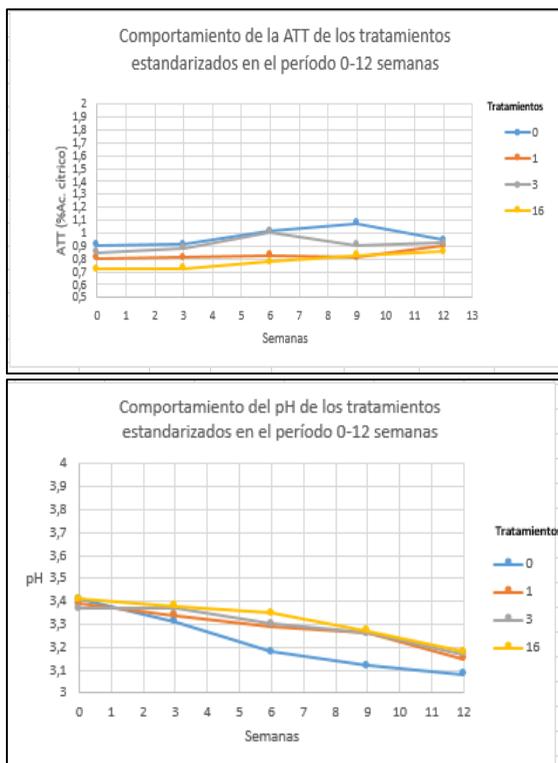


Figura 28.

Comportamiento de la ATT y el pH durante 12 semanas a Temperatura ambiente. Existe una relación inversamente proporcional entre las dos respuestas, puesto que mientras la ATT se incrementa, el pH disminuye debido a que más acidez significa mayor concentración de protones de H^+ en el sistema, que es la base química del pH.

En este sentido, de los cuatro tratamientos estudiados, resalta el número 16 que en la respuesta ATT obtuvo un R^2 de 96,6%, lo cual indica que ese modelo presenta buen ajuste (Chacín, 2000). En la variable pH todos los tratamientos obtuvieron R^2 superiores al 90%.

Por su parte, para la semana 12, el valor de pH alcanzado por las cuatro muestras en estudio se mantuvo inferior a 3,5 que indica la norma COVENIN 2395 (1986). Respecto a la ATT las cuatro muestras se mantuvieron estables aproximadamente en 1% de acidez, tal como fue formulado en la optimización tecnológica.

Asimismo, contrastando estos resultados con otras investigaciones similares, se encontró que concuerdan con el patrón creciente de acidez titulable de una pulpa de mango desarrollada por Herath, Kumara, Jayathunge y Thiruchelvan (2020) durante un período de almacenamiento de tres meses.

De igual modo, Datey y Raut (2009) informaron en su estudio que el pH de la pulpa de mango a temperatura ambiente se redujo constantemente

mientras aumentaba la acidez titulable con el avance del período de almacenamiento.

Lo anterior tiene su explicación en el hecho de que los microorganismos aeróbicos presentes en las pulpas de frutas realizan sus funciones metabólicas en un medio aeróbico (que contiene oxígeno disuelto), por lo que utilizan el oxígeno como aceptor final de electrones producidos a partir del sustrato a través del metabolismo (Alwazeer, 2019). Este está acoplado a la translocación de protones a través de la membrana citoplásmica en las bacterias (Figura 29) o la membrana mitocondrial interna en los hongos (Figuras 30).

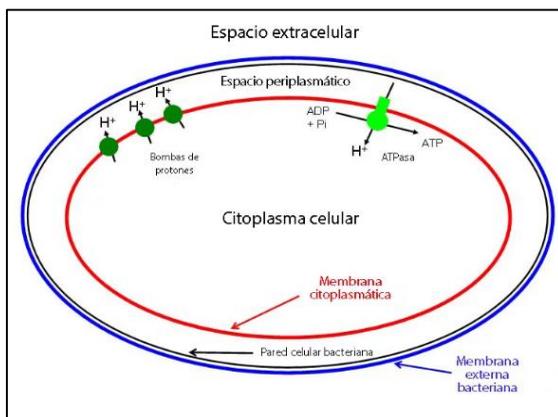


Figura 29.

Flujo de protones H⁺ hacia el espacio extracelular. La imagen muestra el bombeo de protones de hidrógeno hacia fuera del citoplasma celular. Esta acción la realizan los microorganismos para preservar el equilibrio interno.

En este orden de ideas, en el caso de las bacterias aeróbicas no poseen mitocondrias, entonces bombean directamente el exceso de protones de H⁺ hacia afuera del citoplasma celular (Figura 29).

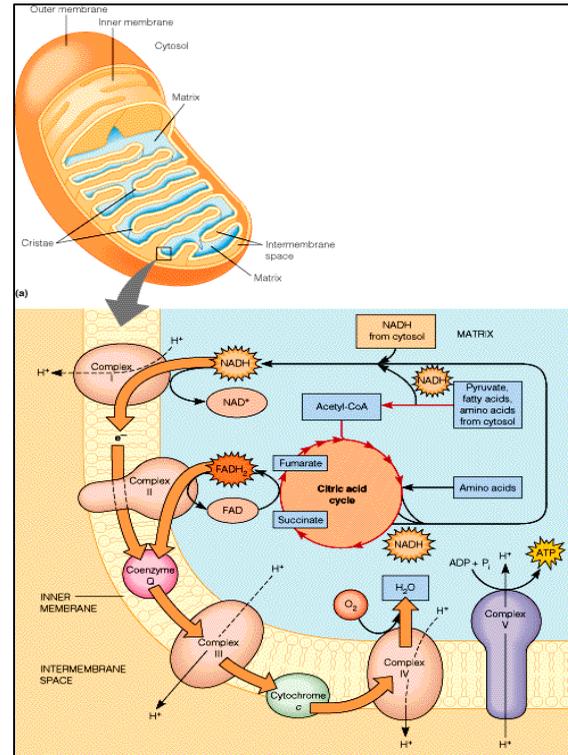


Figura 30.

Flujo de protones de H⁺ desde las mitocondrias hacia el citoplasma celular. Se muestra como los protones de H⁺ son bombeados desde la matriz mitocondrial interna hacia la externa.

Fuente: Mathews *et. al.* (2002)

Por su parte, los mohos y levaduras, a diferencia de las bacterias, sí poseen mitocondrias (Figura 24), por lo tanto, pueden utilizar el flujo de electrones (poder reductor) en el interior de la matriz mitocondriana y expulsar los

protones de H^+ hacia el citoplasma, donde a su vez serán bombeados al exterior de la célula (hacia la pulpa) incrementando ligeramente la concentración de protones de H^+ en esta.

De ahí que esa es la razón bioquímica del porqué aumenta la acidez y disminuye el pH en la pulpa, respaldada además por los hallazgos de Herath *et. al.* (*ob cit*) y Datey y Raut (*ob cit*), y confirmada en esta investigación.

4.7.3. Estabilidad de la pulpa en relación al P.O.R. y los grados Brix durante las 12 semanas.

En la Figura 31 se puede observar el comportamiento del potencial óxido-reducción y los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix). Queda demostrado que en cuanto a estas variables la pulpa así conservada se mantuvo prácticamente constante durante todo el período de almacenamiento, evidenciando una alta estabilidad.

En la referida gráfica se evidencia que los valores de P.O.R. de todos los tratamientos son positivos, en consecuencia, los microorganismos que pueden desarrollarse en este medio son de tipo aeróbicos (Ávila, S/F), situación

que ve reflejada en el conteo de aerobios totales, aunque en una proporción mínima.

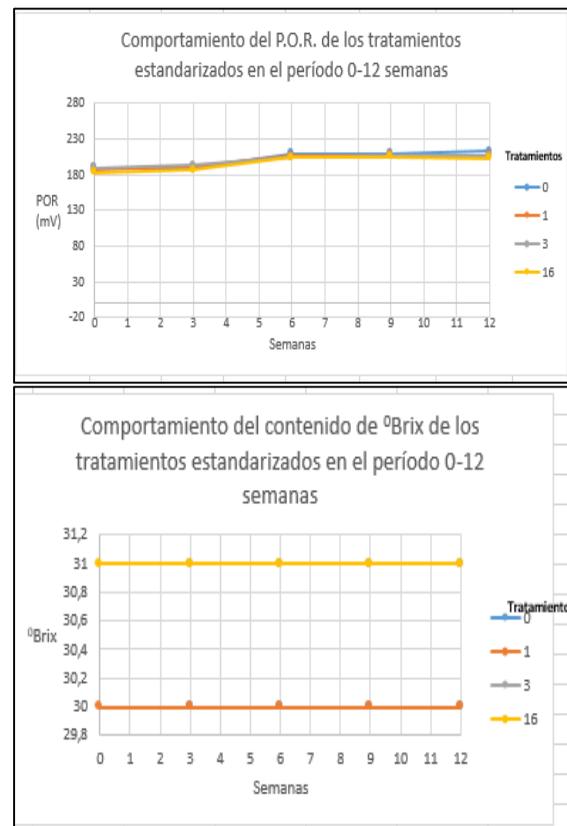


Figura 31.

Comportamiento del P.O.R. y los SS durante las 12 semanas de almacenamiento de la pulpa estandarizada. El potencial óxido-reducción mantiene un comportamiento casi estacionario durante las 12 semanas de almacenamiento, y los sólidos solubles permanecen invariables durante el mismo período, esto refleja la estabilidad de la pulpa.

Por lo tanto, al existir poder reductor en el medio (potencial óxido reducción), la población microbiana inicial aprovechará esta condición para crecer. Sin embargo, se genera un efecto inverso porque producto de este

proceso se genera estrés metabólico, en el que los microorganismos invierten más energía para conservar su homeostasis interna (bombear protones de H⁺ fuera de la célula), ralentizando su crecimiento.

Por otro lado, en lo que respecta al contenido de sólidos solubles, se observa que los valores se mantuvieron constantes en los distintos tratamientos durante las 12 semanas de almacenamiento, resultados que contrastan con los obtenidos por Herath *et al* (ob cit) quienes reportaron un ligero aumento de 16,1 °Brix a 16,87 °Brix durante el almacenamiento de tres meses.

Cabe destacar que, en el presente estudio, el azúcar invertido jugó un papel importante, no solo como edulcorante sino también como preservante al incrementar la presión osmótica en el sistema creando un medio hipertónico hostil que afecta la homeostasis de los microorganismos (Nelson y Cox, 2014).

4.7.4. Estabilidad de la pulpa en relación a la población de aerobios totales (AT) y flora fúngica (FF).

La figura 32 muestra el comportamiento de los diferentes tratamientos en cuanto al conteo microbiano. Este recuento es uno de los más importantes de la presente investigación, ya que abarca las diferentes poblaciones de microorganismos (MO) que se desarrollaron en las pulpas optimizadas.



Figura 32.

Crecimiento de microorganismos AT y FF durante las 12 semanas de almacenamiento de la pulpa estandarizada. En todos los tratamientos la población de aerobios totales se incrementó durante el almacenamiento, no obstante, tal crecimiento se mantuvo inferior al permitido por la normativa correspondiente. La situación fue la misma con la flora fúngica, siempre manteniéndose por debajo de lo permitido por la normativa colombiana.

En primer lugar, se observa que durante las 12 semanas de almacenamiento hubo crecimiento de MO, sin embargo, por analogía con los requisitos microbiológicos de la Norma COVENIN 2395 (1986), se observa que el contaje en este estudio fue menor al límite de 5×10^3 UFC/g para distintos concentrados de pulpas.

En particular, para la semana 12, el tratamiento 0 arrojó el mayor contaje de AT del estudio (15×10^1 UFC/g) significativamente menor a ese valor referencial. En este sentido, Herath *et. al.* (ob cit) obtuvieron recuentos similares en su investigación ($3,3 \times 10^3$ UFC/ml), y destacaron que, aunque dicho conteo aumentó con el tiempo de almacenamiento, nunca excedió del nivel aceptable de la normativa de ese país.

En cuanto a la FF que incluye los mohos y levaduras, resalta el tratamiento 1 con $12,1 \times 10^1$ UFC/g para la semana 12, encontrándose por debajo del límite mínimo establecido por la precitada norma (5×10^3 UFC/g).

En el caso de las enterobacterias, los análisis muestran que no hubo crecimiento de este tipo de

microorganismos (Coliformes fecales y totales), lo cual es indicativo de las buenas prácticas de fabricación a la hora de formular el producto, lo que garantiza su inocuidad.

Finalmente, es preciso resaltar que al término de las 12 semanas (3 meses) de investigación, la pulpa de mango almacenada a temperatura ambiente mantuvo sus indicadores químicos y microbiológicos estables, por debajo de lo reportado por la norma análoga más cercana (COVENIN 2395, 1986), ya que no existe en el país una norma específica para pulpas de frutas conservada a temperatura ambiente.

REFERENCIAS

- Alwazeer, D. 2018. How redox potential of food effect microbial growth?. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/post/How-redox-potential-of-food-effect-microbial-growth/5bfe92674921ee47831e3fcd/citation/download>
- Avila, E. S/F. Potencial de oxidación-reducción en ingeniería de matriz alimento: Un recordatorio desde el punto de vista agroindustrial, de ayuda en la discusión de

resultados, en una matriz alimento compleja.

- Cardello, A.V. 1998. Chapter 1 Perception of Food Quality En: Taub, I. y Singh, R. 1998. Food Storage stability. CRC Press. USA.
- Chacín, F. Diseño y Análisis de experimentos. Universidad Central de Venezuela, Vicerrectorado Académico.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN 2385). 1986. Pulpa de Frutas. Consideraciones Generales. Norma N° 977. FONDONORMA. Caracas.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN 2395). 1986. Concentrado de frutas para consumo directo. FONDONORMA. Caracas.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN 977). 1983. Pulpa de Frutas. Consideraciones Generales. FONDONORMA. Caracas.
- Damodaran, S., Parkin, K. y Fennema, O. (2010). Fennema Química de los Alimentos. 3ª Edición. México: Acribia
- Datey SP, Raut VU. 2009. Physico-chemical changes in mango pulp at ambient storage in glass containers. Green Farming Int. J. 2 (10):713-714.
- Diario Oficial de la República de Colombia N° 48.933. 2013. Resolución N° 3.929: Reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo o pulpa de fruta o concentrados de fruta, clarificados o no, o la mezcla de estos. Ministerio de Salud y Protección Social.
- Garrido, E.M., García, T., Torres, A. Sangronis, E, Martínez, J., Chaparro, L. y Sánchez, L. 2013. Análisis de las características físicas y químicas del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) “Bocado” de tres localidades del Estado Cojedes, Venezuela. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 4 (2): 189-206. En <http://www.rvcta.org>
- Herath, H.M.T.P., Kumara, U.M.A., Jayathunge, K.G.L.R. y Thiruchchelvan, N. 2020.

- Development of a mango pulp and the acceptability and storability of the product. *International Journal of Horticulture and Floriculture* Vol. 8 (9), Págs. 001-009.
- Mathews, C.K., VanHolde, K.E y Ahern, K.G. 2003. *Bioquímica*. Pearson Educacion. Madrid
- Nelson, D. y Cox, Michael. *Principios de Bioquímica de Lenhinger*. 6ª Edición. Artmed Editora, LTDA. Sao Paulo
- Occeña-Po, L.G. 2006. Banana, Mango, and Passion Fruit. En Huy, Y.H.2006. *Handbook of fruits and fruit processing*. Blackwell Publishing.
- RENALOA. 2014. *Microorganismos indicadores*. Grupo técnico de microbiología de la RENALOA, Buenos Aires, República Argentina.
- Torrealba, M. 2020. *Fundamentos de Microbiología General*. FEDUEZ.
- Walden, W. y Hentges, D. 1975. Differential effects of oxygen and oxidation-reduction potential on the multiplication of three species of anaerobic intestinal bacteria. *Applied microbiology*. Volumen 30 (5) DOI:10.1128/AEM.30.5.781-785.1975.

CONCLUSIONES

1. La pulpa procedente de mangos escaldados de la clase-variedad bocado presenta las siguientes características físicas y químicas: acidez titulable 0,124%, 14,85% de sólidos solubles (grados Brix), pH=5,56, POR=77,83 mV, 74,07% de humedad, 27,80 mg de ácido ascórbico/100g y densidad de 1,10 g/ml. Se trata de una pulpa ligeramente ácida, con un nivel aceptable de sólidos solubles, pero con una alta humedad y un POR positivo que la hacen susceptible al ataque microbiano, sobre todo de tipo aeróbico. Justamente el contenido de humedad y de azúcares generan un caldo de cultivo ideal para el desarrollo de microorganismos que pueden deteriorarla en cuestión de horas a temperatura ambiente. Por fortuna, los parámetros químicos pueden modificarse por la implementación de uno o más métodos combinados de conservación.
2. La carga microbiana de la pulpa examinada estuvo compuesta por $3,9 \times 10^3$ UFC/g de aerobios totales, 8 UFC de coliformes totales (incluye E. coli), $4,8 \times 10^1$ UFC/g de mohos y $5,5 \times 10^1$ UFC/g de levaduras, todos por debajo del mínimo establecido por las normas nacionales e internacionales consultadas. No obstante, se trata de una población inicial de microorganismos que aún sobreviven después del escaldado y que pueden multiplicarse exponencialmente si la pulpa no es tratada por algún método de conservación.
3. El Diseño compuesto central adoptado es útil para predecir el comportamiento de las variables estudiadas y definidas en él. Es así como la ATT obtuvo un $R^2=85,6\%$, siendo el factor X1: ácido tartárico (AT) estadísticamente significativo en la variabilidad de esta variable. El pH, por su parte, obtuvo un R^2 de 90,1%, con el efecto del factor X1 altamente significativo en la variabilidad del pH de la pulpa. Con respecto al POR, se obtuvo un R^2 de 89,1% también con incidencia altamente significativo de X1 en la variabilidad de esta respuesta. A la luz de estos resultados, el modelo presenta buen ajuste, al ser los coeficientes de regresión superiores al 80%. Llama la atención que, de los tres factores estudiados, solo el ácido tartárico tuvo efecto significativo y altamente significativo en la variabilidad de las respuestas, cuestión que es explicada por el hecho de que es un acidulante que

modifica sustancialmente la acidez, el pH y el POR del medio de acuerdo a la dosis en que se use. Precisamente, la dosis empleada de este factor fue superior a la suma de las dosis de los factores X2: bisulfito de sodio y X3: sorbato de potasio, lo que explica en parte su funcionalidad y efecto.

4. Mediante simulación con el software JMP se pudo determinar un tratamiento óptimo con el 99,66% de deseabilidad, empleando cantidades 389,6 mg de ácido tartárico (AT), 6,546 mg de bisulfito de sodio (BS) y 100 mg de sorbato de sodio (SP), se obtiene una pulpa de mango óptima con aproximadamente 0,39% de ATT, 4,36 de pH y 148,5 mV de POR.
5. La ejecución del diseño y la optimización multirrespuesta permitió formular cuatro tratamientos óptimos en los que se subsanaron puntos críticos del proceso, generando una metodología de utilidad técnica y social que sienta las bases de la conservación de pulpa de mango por métodos combinados. Es así como se optimizó el proceso tecnológico, identificando y ajustando los procesos de lavado y enjuagado del fruto, ampliación de la caracterización física de la pulpa, inclusión de un edulcorante multifuncional en la formulación como el azúcar invertido, y la factibilidad de usar otros de materiales de envasado.
6. Se pudo evidenciar la alta estabilidad de la pulpa gracias a los métodos combinados aplicados. Hubo relación lineal inversa entre la ATT y el pH, y lineal directa entre la ATT y el POR. Durante los tres meses de almacenamiento la pulpa mantuvo estable estos tres parámetros, y en el caso del contenido de grados Brix, se mantuvo constante durante todo el período en las diversas muestras examinadas. Este comportamiento es consecuencia de las reacciones bioquímicas propias de los microorganismos a nivel de la membrana citoplasmática y mitocondrias y del medio (la pulpa) en el que están dispersos.
7. La carga microbiana evaluada durante el período de almacenamiento mostró la presencia de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, con un crecimiento lento y, al término del estudio (semana 12) por debajo de los mínimos establecidos en la normativa análoga correspondiente.
8. Finalmente, este libro de texto cumplió su objetivo al difundir una metodología de conservación de pulpa de mango mediante métodos combinados, empleando

sustancias químicas legalmente autorizadas en uso y dosis por el Codex Alimentarius y la norma nacional, con cantidades muy inferiores a la ingesta diaria admisible (IDA) en humanos establecida para tal fin, y no menos importante, sin acudir al uso de tratamientos térmicos intensos y destructivos ni al empleo de bajas temperaturas ni cadenas de frío, obteniéndose así una inventiva útil para la sociedad y la agroindustria procesadora de frutas y hortalizas.

Este libro de texto es el resultado de una amplia investigación en métodos de conservación alternativos y emergentes en la Industria de Alimentos, poniendo particular interés en el desarrollo de una metodología de conservación de pulpa de mango basada en las denominadas tecnologías de barreras, tecnología de obstáculos o métodos combinados.

Como es sabido, la pulpa de mango resulta versátil para formular diversos productos de gran aceptación por los consumidores, no obstante, dadas sus características, también es altamente perecedera. Por ello, a lo largo de esta obra se demostró que es factible controlar las principales variables químicas y microbiológicas responsables de su deterioro empleando este tipo de tecnologías.

Con inmenso placer se le invita cordialmente a examinar los aportes teóricos, técnicos, prácticos y metodológicos que sustentan esta obra bibliográfica, cuyo contenido es relevante para la academia y la ciencia.



ISBN: 978-980-248-325-9

