



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE ESCUINAPA

Memoria de Estadía para obtener el Título de Técnico Superior Universitario

en PROCESOS ALIMENTARIOS

Periodo 2023- 2025

**“INACTIVACIÓN TÉRMICA DE LA ENZIMA PECTIN
METILESTERASA (PME) EN MANGO DESHIDRATADO PARA EL
DESARROLLO DE UN PRODUCTO INNOVADOR”**

Realizado en la Empresa

PURE MANGO S.A. DE C.V.

Presentado Por:

LUCERO YAZMIN ARENAS GILEZ

Asesor Académico: MCA. Lucila Jazmín Virgen Ceceña

Asesor Industrial: Q.F.B. Álvaro Montaña Mayorquín

Escuinapa, Sinaloa, agosto de 2025.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mí misma, por la disciplina, el esfuerzo y la constancia que me permitieron llegar hasta aquí. Por no rendirme ante los retos, por mantener el compromiso con mis metas y por seguir aprendiendo con determinación.

A mis padres María Gilez Benítez y Santiago Arenas Santos, por brindarme las herramientas necesarias para alcanzar mis metas.

Y a quienes, de alguna manera, contribuyeron con su conocimiento, orientación o respaldo a lo largo de este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a cada persona que formó parte de este proceso académico y personal.

En primer lugar, a mis docentes y asesores por compartir su conocimiento y brindarme su guía durante el desarrollo de este proyecto.

A la empresa Puré Mango por abrirme las puertas y permitirme aplicar mis conocimientos en un entorno real, así como por el acompañamiento durante mis estadías.

Y a mí misma, por mantenerme firme, por confiar en mis capacidades y por seguir avanzando a pesar de las dificultades.

RESUMEN

Lucero Yazmin Arenas Gilez. Técnico Superior Universitario en Procesos Alimentarios.

INACTIVACIÓN TÉRMICA DE LA ENZIMA PECTIN METILESTERASA (PME) EN MANGO DESHIDRATADO PARA EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO INNOVADOR

Universidad Tecnológica de Escuinapa. Procesos Alimentarios.

La Pectinmetilesterasa (PME) es una enzima que cataliza la desmetilación de la pectina, un componente importante de las paredes celulares vegetales. Esta desmetilación ocurre en el grupo metilo del ácido galacturónico, transformando la pectina en ácido pectínico y metanol. La PME juega un papel en la modificación de la pared celular y puede afectar la textura y la estabilidad de los productos alimenticios. El objetivo principal de este trabajo fue establecer las condiciones térmicas óptimas para la inactivación de la enzima pectin metilesterasa (PME) con el fin de desarrollar un producto innovador con sabores añadidos como strawberry y passion fruit. Se realizaron pruebas, evaluando diferentes temperaturas y tiempos para determinar el comportamiento y la eficacia en la reducción de la actividad enzimática. Para la formulación del producto se utilizaron mango variedad Ataúlfo y kent como materia prima principal, incorporando saborizantes naturales en forma de concentrados y purés frutales. Además, se llevaron a cabo análisis microbiológicos y fisicoquímicos para asegurar la calidad y seguridad del producto

final. Los resultados mostraron que la inactivación térmica de la PME presenta dos patrones distintos alrededor de una temperatura crítica cercana a los 68 °C, coincidiendo con estudios previos en variedades similares. Se logró identificar un rango térmico adecuado durante la cocción que es de (70°C/10 minutos) con una deshidratación (entre 65 y 70 °C durante aproximadamente 9 horas) que permite controlar la actividad enzimática sin comprometer las características organolépticas del mango. La adición de agua y saborizantes influyó en variables como el grado Brix y la humedad, aspectos importantes para la aceptación y estabilidad del producto. El proceso de deshidratación, combinado con la incorporación de saborizantes frutales (Strawberry y Passion Fruit) y fibra alimentaria Citri-Fi 400FG, permitió desarrollar un producto de mango deshidratado con características sensoriales y funcionales mejoradas.

Palabras clave: Inactivación térmica, Pectin Metil Esterasa, Mango deshidratado, Saborizantes, producto innovador

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mango variedad Kent, jugoso y dulce, con pulpa tierna y pocas fibras; piel verde oscura con rubor rojo (muy comúnmente cultivado en México, Ecuador y Perú).	14
Figura 2. Mango variedad Keitt, de gran tamaño, pulpa firme, sin hebras y sabor dulce.	15
Figura 3. Mango variedad Haden, de tamaño mediano a grande, pulpa firme con fibras finas, sabor agridulce con ligeras notas amargas y aroma tropical con matices de durazno.	15
Figura 4. Mango variedad Ataúlfo, típico de México, con pulpa suave, ligeramente dulce y piel amarilla característica.	17
Figura 5. Puré Mango S.A. de C.V., julio 2025.....	24
Figura 6. Coloración del mango deshidratado con sabor Straw Berry.....	43
Figura 7. Coloración del mango deshidratado con sabor Passion Fruits.....	43
Figura 8. Producto final.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados.	25
Tabla 2. Formulación inicial de los saborizantes Strawberry y Passion Fruit	26
Tabla 3. Resultados de la prueba uno, condiciones térmicas aplicadas a la pulpa de mango	38
Tabla 4. Resultados de la prueba dos. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos a los saborizantes (Strawberry y Passion Fruit)	39
Tabla 5. Resultados de la formulación utilizada en la prueba tres (sin adición de agua)	41
Tabla 6. Resultados de la formulación utilizada en la prueba cuatro	43
Tabla 7. Resultados de °brix de mango fresco realizado en la prueba cuatro	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Monitoreo la temperatura del saborizante a 70 °C.....	50
Anexo 2. Medición el pH en el saborizante Strawberry.....	50
Anexo 3. Selección de materia prima (mango Kent) en área de maduración.....	50
Anexo 4. Cachete de mango en charolas sabor Passion Fruits.....	50
Anexo 5. Cachete de mango en charolas sabor Strawberry.....	51
Anexo 6. Medición de Brix en mango fresco.....	51
Anexo 7. Adición de saborizante Passion Fruits al producto.....	51
Anexo 8. Producto terminado sabor Strawberry.	51
Anexo 9. Adición de fibra en el producto sabor Passion Fruits.	52
Anexo 10. Producto terminado sabor Passion Fruits.	52

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
I. ANTECEDENTES	3
1.1. Deshidratación de frutas.	3
1.2. Pectinas.	5
II. DEFINICION DEL PROBLEMA	7
III. OBJETIVOS	9
3.1. OBJETIVO GENERAL	9
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
IV. JUSTIFICACION	10
V. FUNDAMENTOS	12
5.1. MARCO TEORICO	12
5.1.1. Deshidratación de alimentos	12
5.1.2. Orígenes.	12
5.1.3. El mango	13
5.1.4. Tipos de mango	13
5.1.5. Mango Ataulfo	16
5.1.6. Los efectos de la deshidratación.	17
5.1.7. Las enzimas Pécticas.	18
5.1.8. Enzima Pectinmetilesterasa.	19
5.1.9. Tratamiento térmico	20

5.1.10. Efecto del tratamiento térmico en las enzimas	21
VI. MARCO CONTEXTUAL	22
5.2.1. Descripción de la empresa	22
5.2.2. Compromiso de la empresa con la inocuidad alimentaria.....	22
5.2.3. Misión de la empresa.....	23
5.2.4. Visión de la empresa	23
5.2.5. Código de Ética de la empresa	23
VII. METODOLOGIA.....	25
6.1. MATERIALES	25
6.1.1. Materias primas e ingredientes	25
6.1.2. Metodología de elaboración del producto	26
6.1.2.1. Prueba dos, estandarización del proceso	28
6.1.2.2. Prueba tres: modificación de la formulación sin agua.....	28
6.1.2.3. Prueba cuatro: ajuste de concentración de color, reincorporación de agua y análisis de °Brix	29
6.1.2.4. Prueba cinco: Aplicación de aditivos y cambio de variedad de mango	30
6.2. METODOS.....	30
6.2.1. Determinación del Ph.	30
6.2.2. Determinación de grados brix con Refractometro metler rm40	31
6.2.3. Determinación de actividad de agua.....	32

6.2.4. Determinación de humedad por termobalanza	33
6.2.5. Determinación de microorganismos mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras	34
6.2.6. Determinación de grados brix con refractómetro digital Hanna	36
VIII.RESULTADOS	38
7.1. Resultados de la prueba cinco cambio de variedad y aplicación de aditivos	45
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
8.1. CONCLUSIONES	47
8.2. RECOMENDACIONES.....	48
X. BIBLIOGRAFIA.....	49
XI. ANEXOS.....	53

INTRODUCCIÓN

Según Exotic Fruit Box (s.f.), El mango es una fruta dulce y refrescante de fácil consumo y digestión. Sus propiedades nutritivas varían en función del tipo y grado de madurez; sin embargo, todos destacan por su elevado contenido en agua y su gran riqueza de nutrientes. El color de la pulpa sí es un indicador de la madurez del mango: una pulpa de color naranja indica un mango maduro perfecto para su consumo. La firmeza de la pulpa disminuye conforme va madurando la fruta. La pulpa del mango se puede emplear para elaborar mermeladas, confituras, gelatinas, batidos y zumos. La carne de los mangos se puede oscurecer y hay muchas maneras para evitarlo. Las pectinasas, también conocidas como enzimas pectinolíticas, son una categoría heterogénea de enzimas que reaccionan con las sustancias pécticas presentes en las plantas. Específicamente, las pectinasas las hidrolizan. Entre las pectinasas se incluyen la poligalacturonasa, la pectina liasa y la pectina metilesterasa (PME). Hidrolizan los enlaces glucosídicos de las sustancias pécticas. Las plantas, los hongos patógenos y las bacterias producen pectina metilesterasa, una enzima hidrolítica del grupo éster metílico. Se utiliza ampliamente en la industria del vino, los zumos y otras industrias alimentarias. (Infinita Biotech, 2025). Estas características hacen del mango una excelente materia prima para el desarrollo de productos procesados, como el mango deshidratado. No obstante, durante su procesamiento pueden presentarse alteraciones en la textura, color y calidad sensorial, en parte debido a la actividad de enzimas como la pectin metilesterasa (PME). Esta enzima actúa sobre las pectinas de la fruta, modificando su estructura y afectando la firmeza del producto

final. Por ello, es fundamental controlar su actividad mediante tratamientos térmicos adecuados que permitan su inactivación, sin comprometer el valor nutricional ni las propiedades organolépticas del mango.

El presente trabajo busca establecer condiciones térmicas óptimas para la inactivación de la PME en mango deshidratado, utilizando además saborizantes frutales como fresa y maracuyá, con el fin de ofrecer un producto innovador, de alta calidad y con buen potencial de aceptación comercial.

I. ANTECEDENTES

1.1. Deshidratación de frutas.

La deshidratación permite preservar alimentos altamente perecederos, especialmente frutas y hortalizas, cuyo contenido de agua es típicamente superior al 90%. El objetivo principal de esta tecnología es reducir el contenido de humedad de los alimentos, lo cual disminuye su actividad enzimática y la capacidad de los microorganismos para desarrollarse sobre el alimento (Muratore et al., 2008 como se citó en ochoa- Reyes et al., 2013, p. 39). La deshidratación de alimentos es una de las técnicas de conservación más antiguas, basada en la extracción de agua para prevenir el crecimiento de organismos que puedan dañarlos. Este proceso permite extender la vida útil de frutas y hortalizas, haciéndolas disponibles durante todo el año, aunque conlleva la pérdida de algunos nutrientes. Existen multitud de métodos diferentes para conseguir una deshidratación correcta de los alimentos, desde el más común de todos que sería la deshidratación por el secado al sol hasta otro tipo de métodos.

Secado al sol:

Puede ser de varios tipos, los secadores solares directos, por ejemplo, se utilizan principalmente para el secado de los productos agrícolas. Otro tipo son los secaderos solares indirectos en los que la radiación solar no influye de manera directa al alimento que se va a secar. Por último, encontramos los secaderos solares asistidos que se centran en utilizar la energía térmica en lugar de la solar.

Secado por gases calientes:

Se centra en poner en contacto el alimento húmedo con gases calientes para realizar más fácilmente el proceso de deshidratación. Puede realizarse por secaderos de bandejas, secaderos de túnel, secaderos de cinta sinfín, secaderos rotatorios o por secaderos de lecho fluidizado.

Secado por contacto o conducción:

Es otro de los muchos métodos de deshidratación, se transmite el calor hasta el alimento húmedo a través de una pared metálica. Al igual que los otros métodos, este dispone de varias opciones para llevarse a cabo. Una manera de hacerlo es con secaderos de rodillos, con el secado a vacío o con el secado a vacío de cinta sinfín.

La liofilización:

Este método se basa en la congelación y sublimación del agua de un alimento para evitar dañar el producto. Consta de tres fases para llevarlo a cabo, en primer lugar, encontramos la fase de precongelación con una temperatura inferior a los 0 grados, la segunda fase es de sublimación donde se elimina el 90% del agua, y por último tenemos la fase de desorción que elimina el 10% de agua restante gracias a una evaporación a vacío.

Deshidratación osmótica:

La deshidratación osmótica se centra en sumergir frutas y hortalizas en una solución azucarada o con sal, el factor clave es que tiene una presión osmótica mayor que la del alimento por lo que el agua pasa del alimento a la solución y así

se disminuye la cantidad de agua de las frutas u hortalizas. Este método no reduce la cantidad de agua de un alimento lo suficiente como para que no se generen microorganismos, pero si consigue aumentar la vida útil de este (Barcelona culinary Hub,2024).

1.2. Pectinas.

Las pectinas de las plantas superiores forman estructuralmente la familia de polisacáridos más compleja y son capaces de formar uniones covalentes con otros componentes de la pared e interconectar redes de polisacáridos de naturalezas distintas, además constituyen poco más del 35% de la pared primaria en dicotiledóneas y plantas monocotiledóneas no gramíneas. Los homogalacturonanos (HG) son los polisacáridos de naturaleza péctica más abundantes y constituyen el 65% de total de las pectinas. Los HG sufren modificaciones entre las que se encuentra la acetilación y la metilesterificación. Los HG son sintetizados en la región *cis* del Golgi, metilesterificados en la región media y secretados por la región *trans* de forma altamente metilesterificada; subsecuentemente el grupo metilo puede ser removido por las enzimas que presentan una actividad de pectin metil esterasas (PMEs). (Zúñiga Sánchez, 2011).

La modificación de las pectinas se lleva a cabo por diferentes grupos de enzimas que incluyen poligalacturonasas y pectin metil esterasas (PMEs). Las PMEs están involucradas en diferentes procesos fisiológicos tales como el desarrollo del polen,

el crecimiento del tubo polínico, la germinación y la elongación del tallo (Pilling *et al.*, 2000; Micheli, 2001 como se citó en Zúñiga Sánchez, 2011).

II. DEFINICION DEL PROBLEMA

Es importante considerar que la deshidratación produce cambios físicos, químicos y sensoriales en los alimentos, entre estos están el encogimiento, endurecimiento y la termoplasticidad. Todos ellos contribuyen a la calidad final, tanto de los productos deshidratados como de sus equivalentes reconstituidos, por lo referente al color, sabor, textura, viscosidad, velocidad de reconstitución, valor nutritivo y estabilidad en el almacenamiento. Con frecuencia estos cambios ocurren sólo en determinados productos, pero algunos de los principales tienen lugar en casi todos los alimentos sometidos a deshidratación y el grado en que ocurren depende de la composición del alimento y la severidad del método de secado. Las reacciones de oscurecimiento pueden deberse a oxidaciones enzimáticas, por lo que se recomienda inactivarlas mediante tratamientos de pasteurización o escaldado. El oscurecimiento también puede deberse a reacciones no enzimáticas. Estas se aceleran cuando los alimentos se someten a altas temperaturas y el alimento posee elevada concentración de grupos reactivos y el secado alcanza niveles del 15 a 20%. Cuando se superan los niveles de deshidratación como el 2% los cambios en el color son menos intensos (Aguilar Aguirre & González Espinoza, 2005, p. 10).

En la empresa se observó que, en la elaboración de un nuevo producto a base de mango deshidratado con sabores añadidos, se prevenga que la enzima pectin metilesterasa (PME) genere varios problemas que afectan la calidad del producto. Esta enzima hace que la fruta pierda firmeza y que la textura se vuelva blanda o incluso pastosa, lo que no es agradable para quienes lo consumen. Además, la PME puede provocar cambios en el color y el sabor, haciendo que el mango deshidratado

se vea menos apetitoso y pierda sus características originales. Uno de los principales problemas es que esta enzima no se elimina fácilmente durante el proceso de deshidratación. Si no se controla bien, puede seguir afectando el mango incluso después de terminado el proceso, lo que reduce la vida útil del producto y limita su aceptación en el mercado. Por otro lado, si se usa demasiado calor para intentar inactivar la PME, se corre el riesgo de dañar el mango; puede perder nutrientes importantes, cambiar su sabor o volverse demasiado seco o duro. Además, esta falta de control sobre la actividad enzimática afecta la competitividad de los productos de mango deshidratado en el mercado, ya que no siempre se garantiza que mantengan su textura, sabor y color deseado.

Por eso, es necesario investigar y encontrar las mejores condiciones de temperatura y tiempo para eliminar la actividad de la PME de manera efectiva, pero cuidando que el mango conserve sus cualidades y abrir la puerta a la creación de nuevos productos que aprovechen mejor esta fruta.

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer condiciones térmicas óptimas para la inactivación de la enzima pectin metilesterasa (PME) con el fin de desarrollar un producto innovador con sabores añadidos (strawberry y passion fruit), en mango deshidratado, mediante pruebas microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.3. Formular un producto innovador de mango deshidratado saborizado con características mejoradas.

3.4. Estandarizar un tratamiento térmico que permita la inactivación eficiente de la PME sin afectar la calidad del producto.

3.5. Determinar la aceptación sensorial del producto con sabores (strawberry y passion fruit).

3.6. Evaluar parámetros microbiológicos, de humedad, actividad de agua (a_w), °Brix y pH para garantizar la inocuidad y estabilidad del nuevo producto.

IV. JUSTIFICACION

Existen muchas variedades de mango, en México podemos identificar distintos tipos, entre los más populares se encuentran el mango Ataulfo, originario de Chiapas, pequeño y ovalado con una pulpa dulce y cremosa.

El mango es una fruta tropical versátil y nutritiva. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

La deshidratación es una de las técnicas más utilizadas para prolongar su vida útil, pero este proceso no garantiza por sí solo la inactivación completa de enzimas como la pectin metilesterasa (PME), la cual puede seguir activa y provocar alteraciones en la textura, firmeza, color y sabor del producto final.

La inactivación térmica de la PME representa un reto, ya que un tratamiento excesivo puede deteriorar las propiedades sensoriales y nutricionales del alimento. Por esta razón, resulta fundamental estandarizar condiciones térmicas que permitan desactivar esta enzima sin comprometer la calidad del mango.

Este proyecto cobra relevancia al enfocarse no solo en la inactivación de la PME, sino también en el desarrollo de un producto innovador: mango deshidratado saborizado con fresa (strawberry) y maracuyá (passion fruit). Estos sabores buscan ofrecer una experiencia sensorial diferenciada, atractiva para el consumidor, y alineada con las tendencias actuales de consumo de snacks sin comprometer la calidad del alimento.

Este problema es especialmente relevante en la industria alimentaria, donde la innovación y la estabilidad del producto son clave para competir en el mercado. A

ello se suma la falta de productos diferenciados y con valor agregado a base de mango deshidratado. Por esta razón, se propuso desarrollar un producto innovador que, además de abordar el problema enzimático, ofrezca una nueva experiencia sensorial al consumidor.

V. FUNDAMENTOS

5.1. MARCO TEORICO

5.1.1. Deshidratación de alimentos

La deshidratación o secado de alimentos es una de las técnicas de conservación que permite alargar la vida útil de los alimentos, y consiste en la eliminación parcial del contenido acuoso. Es una operación de transferencia de energía y masa simultánea. La primera hace referencia a la transferencia de calor desde los alrededores, hacia el sólido húmedo para evaporar el agua de la superficie del sólido; y la segunda se refiere al movimiento del agua dentro del sólido, para que el vapor salga hacia el exterior (Valencia, 2020; Moreno et al., 2017 como se citó en Linda Japa, 2022, p.17).

5.1.2. Orígenes.

La técnica de secado al sol fue descubierta de manera empírica por las poblaciones mediterráneas, asiáticas y comunidades indígenas de América, para conservar alimentos como carne, pescado, frutas y vegetales. Así también, se menciona que los indígenas de América fueron los primeros en secar papas, mediante la exposición al frío en las montañas de los Andes. Ya en la edad de piedra, los británicos secaban granos mediante la exposición al fuego.

Debido a que el secado al sol presentaba ciertas limitaciones y dificultades, el hombre primitivo se vio en la necesidad de encontrar una técnica más eficaz y

segura de secado. Es así como en la edad de Hierro, aparecen los primeros hornos en Europa para secar trigo. En China y Roma, hace aproximadamente 4000 años, se empezó a practicar la deshidratación osmótica con sal y miel para conservar frutas y carne. En 1851, en una exhibición en Londres, se presentaron muestras de leche en polvo, las mismas que fueron obtenidas mediante la eliminación de agua al someter a un calentamiento leve. En los años 1878-1882, se registraron las patentes de los secadores por radiación y a vacío. Mientras que en 1901 aparece el secador de aire y vapor, el cual fue considerado como un avance importante (Galaviz, 2012; Hulse, 2006 2017 como se citó en Linda Japa, 2022).

5.1.3. El mango

El mango es una fruta tropical versátil y nutritiva. Cuenta con alto contenido en fibra y es fuente de vitaminas A, E y C, ácido fólico, hierro, calcio y zinc, sin contar la cantidad importante de azúcares que aporta al organismo. Además, suele ser procesado para la creación de diversos productos como mermeladas, conservas, salsas, helados, jugos, yogurth, entre otros. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

5.1.4. Tipos de mango

Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021 existen muchas variedades de mango, en México podemos identificar distintos tipos, entre los más populares se encuentran el mango Ataulfo, originario de Chiapas, pequeño y ovalado con una pulpa dulce y cremosa.

El mango Kent es uno de los favoritos por su sabor dulce, baja fibra y jugosidad. Es de color rojo intenso y amarillo.



Figura 1. *Mango variedad Kent, jugoso y dulce, con pulpa tierna y pocas fibras; piel verde oscura con rubor rojo (muy comúnmente cultivado en México, Ecuador y Perú).*

Nota. Tomado de “Kent”, por National Mango Board (s.f.), en *Mango.org*.

El tipo Keitt es entre dulce y ácido, con una pulpa firme sin fibra. Por su parte el mango Tommy Atkins se distingue por su color rojo intenso que cuando madura se torna verde oscuro con algunos pigmentos rojos.



Figura 2. *Mango variedad Keitt, de gran tamaño, pulpa firme, sin hebras y sabor dulce.*

Nota. Tomado de *Mango Keitt*, por Campo de Benamayor, s.f.

El mango Haden tiene una cascara color verde y amarillo con pequeños puntos blancos y es perfecto para acompañar ensaladas o platillos fríos. Finalmente, el mango Manila, que cuenta con un sabor y textura suave sin fibra, utilizado en la repostería por la finura de su pulpa.



Figura 3. *Mango variedad Haden, de tamaño mediano a grande, pulpa firme con fibras finas, sabor agridulce con ligeras notas amargas y aroma tropical con matices de durazno.*

Nota. Tomado de “*Haden*”, por National Mango Board (s.f.), en *Mango.org*.

5.1.5. Mango Ataulfo

Considerado por muchos como el Rey de los frutos, *Mangifera indica* L. mejor conocido como Mango es un fruto que cuenta con cientos de variedades cada una de ellas con características particulares, algunas más populares que otras, son frutos carnosos, con forma ovalada y sabor dulce, su pulpa es utilizada para hacer desde jugos y helados hasta encurtidos, ensaladas y cocteles. Este mango tiene “Denominación de origen” desde el 2003, lo que indica que es un cultivar de origen mexicano y fue llamado así en honor a Don Ataúlfo Morales Gordillo, dueño de la finca donde se descubrieron los primeros árboles de esta variedad resultado de la experimentación con diferentes injertos. La creciente popularidad de este fruto se debe a la calidad de su pulpa que comprende casi el 70% de su peso total que es de un atractivo color amarillo, tiene una semilla pequeña, aroma atrayente y un alto contenido de azúcar. Su larga vida de anaquel ha permitido que su consumo se esté extendiendo a Norteamérica, Europa y Japón. (Ruiz-May, Bautista-Valle y Elizalde-Contreras, 2023).



Figura 4. *Mango variedad Ataúlfo, típico de México, con pulpa suave, ligeramente dulce y piel amarilla característica.*

Nota. Tomado de “Mango Ataulfo: un mango muy mexicano”, por E. Ruiz-May, M. V. Bautista-Valle y J. M. Elizalde-Contreras, s.f., *INECOL* (Instituto de Ecología A.C.).

5.1.6. Los efectos de la deshidratación.

Feicán-Mejía et al., 2016 nos indican que durante el proceso de secado no solo se reduce el contenido de humedad del alimento, sino también se provoca la pérdida de la funcionalidad en las membranas del alimento, causando cambios en las propiedades nutricionales y sensoriales (Feicán-Mejía et al., 2016 como se citó en Linda Japa, 2022, p.29).

La deshidratación de alimentos a temperaturas altas, puede provocar reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático, los que también son responsables de la alteración del color, aroma y sabor. El pardeamiento no enzimático puede deberse a tres mecanismos posibles:

- **Caramelización.** Es un proceso químico en el que se degradan los azúcares al ser calentados sobre su punto de fusión, formando un color marrón.
- **Oxidación del ácido ascórbico.** Se genera por la presencia de oxígeno y más aún cuando se somete a calor, cuya degradación forma furfural de color pardo.
- **Reacción de Maillard.** Consiste en un conjunto de reacciones generadas entre un compuesto carbonilo (que generalmente es un azúcar reductor), y una amina (que puede ser un péptido, una proteína o un aminoácido). Durante dicha reacción se forman las melanoidinas que van desde un color amarillo claro hasta un color café oscuro, o negro en algunas ocasiones (Clark et al. 2014, Curubeto, 2016, Garcet et al., 2020, Nursten, 2005 como se citó en Linda Japa, 2022, p.30).

5.1.7. Las enzimas Pécnicas.

La textura es un atributo de calidad muy importante en los alimentos. En las frutas y en los vegetales, la textura se debe principalmente a carbohidratos complejos: sustancias pécnicas, celulosas, hemicelulosas y lignina. Hay una o más enzimas que actúan sobre cada uno de los carbohidratos complejos que son importantes para la textura de los alimentos. Las sustancias pécnicas son complejos heteropolisacáridos con una estructura galacturónica. Las enzimas pécnicas están definidas y clasificadas en base a su acción en dicha estructura (Fennema, Peter. 1993, G.G.Birch, N. Blakebrough and K.J.Parker como se citó en Andrea Guerrero, 2008).

5.1.8. Enzima Pectinmetilesterasa (PME).

La Pectinmetilesterasa (PME) es una enzima hidrolítica, que se encuentra de manera natural en la mayoría de las frutas, ligada a la pared celular y es liberada en el momento de la extracción del zumo (Polydera et al., 2004); cataliza la eliminación de los grupos metilo de la cadena de ácido poligalacturónico, lo que provoca la liberación de metanol, pectinas de bajo metoxilo y formación de ácidos pécticos (Menéndez Aguirre et al., 2006). Estos ácidos pueden reaccionar con iones calcio presentes en el medio para formar complejos insolubles de pectato de calcio, dejando un mayor número de grupos carboxilo libres que pueden luego enlazar cationes y formar pectinas reticuladas, las cuales pueden agregarse y asentarse (Anthon et al., 2002; de Assis et al., 2001).

En las frutas se encuentran fundamentalmente la PME y PG, cuya acción conjunta en la maduración provoca que las pectinas se degraden y el fruto adquiera una textura más adecuada para ser consumido; por otra parte, una excesiva actividad enzimática causa ablandamiento notorio, pérdida de textura, propicia las condiciones para un ataque microbiano. Pectinmetilesterasas hidrolizan los enlaces éster metílico de la pectina, liberan metanol y producen pectinas de bajo metoxilo. Esta enzima es también denominada pectinesterasa, pectasa, pectin demetoxila. Ataca a la cadena de pectina a partir de los grupos carboxilos libres y procede linealmente a través de la molécula dejando bloques sucesivos de residuos de ácido galacturónico con grupos carboxilos libres. Esto provoca la liberación del metanol y formación de ácido péctico, que, en presencia de iones divalentes, como el calcio, conduce a un incremento de la consistencia debido a la formación de puentes

cruzados entre el Ca^{+2} y los grupos carboxilo de 14 ácidos pécticos. Son las más abundantes e importantes en las frutas, sobre todo en los cítricos (Fennema, Peter. 1993, G.G. Birch, N. Blakebrough and K.J.Parker como se citó en Andrea Guerrero, 2008).

La PME aumenta la susceptibilidad de la pectina a una posterior degradación por PG, esto ocurre porque esta enzima actúa solo en los segmentos de la cadena de pectina que han sido desmetilados por la PME, la PG rompe la cadena del ácido poligacturónico de la pectina y reduce la longitud promedio de las cadenas pectínicas, lo que genera una reducción en la viscosidad del producto (Gordon E. Anthon and Dane M. Barrett, como se citó en Andrea Guerrero, 2008).

5.1.9. Tratamiento térmico

El tratamiento térmico se define como el proceso de optimización para el calentamiento de un alimento, donde se establecen las condiciones específicas para ajustar la relación entre el tiempo y temperatura para obtener productos seguros para el consumo. (Talamas et al., 2010 cómo se citó en María García, 2015). El tratamiento térmico se lleva a cabo mediante la transferencia de calor, y existen tres mecanismos para dicha transferencia los cuales son: conducción, convección y radiación, los cuales son observados cuando se aplica un tratamiento térmico a algunos alimentos. La conducción se define como la transferencia de energía de una región de alta temperatura a una de baja temperatura, por ejemplo, cuando se asa carne en una plancha, la plancha (zona de alta temperatura) transfiere energía en forma de calor a la carne (zona de baja temperatura). La convección por su parte,

es la transferencia de calor entre partes frías y calientes de un fluido (mezclándose), se puede observar cuando el agua hierve, el fluido de la superficie baja y el fluido del fondo sube, provocando el movimiento del líquido para mezclarse. Y por último la radiación es la transferencia de energía radiante de una fuente dadora a una fuente receptora, esta energía es absorbida por un receptor, aumentando de esta manera la temperatura del mismo, como cuando se calienta un alimento en el microondas (Pérez y Sosa, 2013 cómo se citó en María García, 2015).

5.1.10. Efecto del tratamiento térmico en las enzimas

La desnaturalización de las enzimas se traduce en la pérdida de su actividad, cualquier método que se utilice para dicho fin, con lleva a la destrucción de la proteína, debido a que la estructura es la que determina la actividad enzimática, cualquier cosa que altere esta estructura puede llevar a la pérdida de actividad. Como se sabe la estructura terciaria de las enzimas puesto que es proteína, mantiene su estabilidad a través de la intervención de múltiples enlaces no-covalentes de baja energía, al aplicar altas temperaturas (tratamientos térmicos) se afecta la estabilidad de estas interacciones no-covalentes de la estructura tridimensional, ya que eleva la entalpía de la molécula y se rompen dichos enlaces que mantienen el equilibrio, el calor aumenta la energía cinética lo que facilita el desplegamiento. Cabe mencionar que las proteínas con altos contenidos de aminoácidos hidrofóbicos como valina, leucina, isoleucina y fenilalanina generalmente son más estables (Badui, 2006 cómo se citó en María García, 2015).

VI. MARCO CONTEXTUAL

5.2.1. Descripción de la empresa

Puré Mango S.A. de C.V. es una empresa mexicana ubicada en Carretera Federal Libre México-Nogales km 1106, Colonia 10 de mayo en Escuinapa, Sinaloa. Se dedica a la transformación de productos tropicales, principalmente el mango, para la producción de concentrados, pulpas simples y sus derivados. Esta compañía se ha consolidado en el sector agroindustrial por su enfoque riguroso en la calidad e inocuidad de sus productos, los cuales son distribuidos y reconocidos tanto a nivel nacional como internacional.

5.2.2. Compromiso de la empresa con la inocuidad alimentaria

El compromiso se materializa a través de un sistema de gestión que asegura el cumplimiento de las normas sanitarias, la mejora continua de sus procesos y la participación activa del personal en cada etapa de la producción. Este sistema está diseñado no solo para garantizar la seguridad de los alimentos, sino también para fortalecer la confianza del consumidor y mantener la competitividad en los mercados internacionales.

Uno de los ejes fundamentales de la empresa es el cumplimiento de objetivos estratégicos como: capacitar al 100% del personal de nuevo ingreso antes del inicio de sus actividades, asegurar que todo el personal comprenda las políticas y regulaciones de inocuidad, aprobar las auditorías de segunda y tercera parte, reducir las quejas en comparación con años anteriores y garantizar que los productos cumplan con las especificaciones técnicas del cliente.

5.2.3. Misión de la empresa

Elaborar concentrados, pulpa simple y sus derivados de manera inocua y apegada a los más altos estándares de calidad, permitiendo que los productos de la empresa sean aceptados y reconocidos a nivel mundial.

5.2.4. Visión de la empresa

Satisfacer las necesidades de los clientes a través del desarrollo de productos de alta calidad, estableciendo relaciones de largo plazo basadas en el cumplimiento de los compromisos comerciales.

5.2.5. Código de Ética de la empresa

El Código de Ética de la empresa representa un conjunto de principios y lineamientos que regulan el comportamiento de todos los colaboradores, desde directivos hasta operativos, así como su relación con proveedores, clientes, competidores y la sociedad en general. Su objetivo principal es promover la honestidad, la integridad y el respeto dentro del ambiente laboral y en las operaciones diarias de la empresa.

Este código establece el compromiso de la empresa con la igualdad de oportunidades laborales, la libertad de asociación sindical, la prohibición de conductas abusivas o ilegales dentro de sus instalaciones, y el respeto a los derechos laborales como las licencias por maternidad, enfermedad y lactancia.

Asimismo, garantiza mecanismos para la apelación y denuncia de situaciones irregulares, sin que ello represente motivo de represalia. Su aplicación contribuye a reforzar la cultura ética de la organización y a proyectar una imagen responsable ante la sociedad.



Figura 5. *Puré Mango S.A. de C.V., julio 2025.*

VII. METODOLOGIA

6.1. MATERIALES

En la tabla 1 se enlistan los materiales y equipos utilizados en la elaboración del producto a base de mango deshidratado con saborizantes.

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados.

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none">• Olla• Termómetro• Cuchara• Tapadera y olla• Papel• Jarra plástica de 5 litros• Dos cubetas plásticas con tapa• Cuchillo• Tabla de corte• Charola de acero inoxidable• Bolsas transparentes• Atomizador• Guantes estériles• Vaso de precipitado• Probeta de 100 ml	<ul style="list-style-type: none">• Fogón• Máquina Selladora.• Horno

6.1.1. Materias primas e ingredientes

Además de la materia prima principal, que fue cachete de mango variedad Ataúlfo, se emplearon ingredientes para la formulación de saborizantes.

Las formulaciones utilizadas y estandarizadas fueron las siguientes:

Saborizante sabor Strawberry:

- Concentrado de jugo de manzana: 5.67 litros
- Agua: 5.67 litros
- Concentrado de jugo de betabel: 1.88 litros
- Puré de fresa: 113.4 gramos
- Concentrado de sabor fresa: 226.79 gramos

Saborizante sabor Passion fruits:

- Concentrado de jugo de manzana: 5.67 litros
- Agua: 5.67 litros
- Concentrado de jugo de maracuyá: 2.82 litros
- Concentrado de sabor maracuyá: 170 gramos
- Concentrado de sabor piña: 20 gramos

6.1.2. Metodología de elaboración del producto

La elaboración del producto inició con la preparación del jarabe base, el cual se obtuvo mediante la mezcla de todos los ingredientes correspondientes a las formulaciones de los sabores (strawberry y passion fruit).

Tabla 2. Formulación inicial de los saborizantes Strawberry y Passion Fruit

Ingrediente	Strawberry	Passion Fruit
Concentrado de jugo de manzana	5.67 litros	5.67 litros
Agua	5.67 litros	5.67 litros

Concentrado de jugo de betabel	141.7 gramos	–
Puré de fresa	113.4 gramos	–
Concentrado de sabor fresa	60 gramos	–
Concentrado de jugo de maracuyá	–	113.4 gramos
Concentrado de sabor maracuyá	–	60 gramos
Concentrado de sabor piña	–	20 gramos

Una vez integrado los ingredientes del los jarabes, se procedió a realizar un diseño experimental como prueba uno, el cual consistió en cuatro tratamientos térmicos aplicados a 2 kg de pulpa de mango variedad Ataulfo (también conocido como "cachete") por cada prueba, previamente cortada utilizando cuchillo sobre una tabla desinfectada.

Para los tratamientos térmicos se emplearon las siguientes condiciones de temperatura y tiempo, distribuidas en dos niveles de temperatura (65 °C y 70 °C), con dos tiempos de exposición (5 y 10 minutos) para cada uno.

Para cada prueba, se colocó 2.5 litros del el jarabe saborizado (ya sea de strawberry o passion fruit) en una olla con tapa. Se calentó hasta alcanzar las temperaturas mencionadas anteriormente, utilizando un termómetro para verificar el valor exacto. El termómetro fue limpiado previamente con papel y agua destilada. Una vez alcanzada la temperatura deseada, se agregó la pulpa de mango y se cubrió la olla, manteniéndola en calor durante el tiempo correspondiente.

Finalizado el tratamiento térmico, se retiró la pulpa de mango impregnada con el saborizante y se extendió cuidadosamente sobre una charola con malla, utilizando

una cuchara. El producto fue sometido a un proceso de deshidratación durante 9 horas, a una temperatura constante entre 65 y 70 °C, con el objetivo de obtener una textura y concentración adecuadas para el desarrollo del producto final.

6.1.2.1. Prueba dos, estandarización del proceso

Posteriormente, en la prueba dos, se procedió a la estandarización del proceso, empleando la condición óptima identificada previamente: 70 °C durante 10 minutos. Para posteriormente se duplicó la formulación de cada sabor para evaluar el rendimiento de cada una de ellas. El procedimiento de preparación, cocción y deshidratación fue el mismo que en la fase anterior, aplicando únicamente esta combinación de temperatura-tiempo.

Una vez obtenido el producto final deshidratado, se realizaron diversos análisis para evaluar su calidad. Estos incluyeron:

Determinación de humedad, medición de actividad de agua (a_w), análisis microbiológicos, análisis sensorial.

6.1.2.2. Prueba tres: modificación de la formulación sin agua

En la prueba tres se aplicó el mismo procedimiento descrito anteriormente (tratamiento térmico a 70 °C por 10 minutos y deshidratación durante 9 horas a 65–70 °C); sin embargo, se realizó una modificación en la receta base de los jarabes saborizados. A diferencia de las pruebas anteriores, en esta etapa no se agregó agua como parte de los ingredientes, y se ajustaron las proporciones de algunos componentes con el objetivo de evaluar el impacto directo del concentrado en el sabor y características del producto final.

Con estas nuevas formulaciones, se procedió a seguir exactamente el mismo proceso de calentamiento, incorporación de pulpa de mango, tratamiento térmico, y posterior deshidratación del producto.

6.1.2.3. Prueba cuatro: ajuste de concentración de color, reincorporación de agua y análisis de °Brix

En la cuarta prueba se mantuvo la misma formulación general empleada en la prueba tres, sin embargo, se realizaron dos ajustes importantes. El primero consistió en reducir la cantidad de concentrado de jugo de betabel en la mezcla sabor strawberry, pasando de 3.76 litros a 1.88 litros. El segundo ajuste fue la reincorporación del agua a ambas formulaciones, agregando 5.67 litros de agua a cada una, tal como se había hecho en las pruebas iniciales.

Además, se realizó el análisis de sólidos solubles (°Brix) de la pulpa de mango, determinando este parámetro por cada kilogramo de fruta utilizada. Para la mezcla sabor strawberry, se utilizaron 9 kilogramos de mango, y se realizaron 9 mediciones independientes de °Brix, una por cada kilo.

Para la mezcla sabor passion fruit, se empleó el mismo número de kilogramos (9 kg) y también se midieron los °Brix por kilo.

Posteriormente, se siguió el mismo procedimiento utilizado en las pruebas anteriores: tratamiento térmico a 70 °C por 10 minutos, seguido del proceso de deshidratación durante 9 horas a una temperatura entre 65 y 70 °C. Una vez concluido el proceso de deshidratación, el producto fue envasado de manera

provisional en bolsas plásticas transparentes y sellada, únicamente con fines de almacenamiento y conservación.

6.1.2.4. Prueba cinco: Aplicación de aditivos y cambio de variedad de mango

En esta quinta prueba experimental se mantuvo la metodología base previamente estandarizada en las pruebas anteriores, se implementaron modificaciones importantes en cuanto a la materia prima y la adición de ingredientes funcionales.

Debido a la baja disponibilidad de la variedad utilizada previamente, en esta fase se trabajó con mango variedad Kent, manteniendo las mismas condiciones de procesamiento establecidas para asegurar la comparabilidad de resultados.

Una vez deshidratado el mango, se preparó una solución saborizante utilizando 25 mL de saborizantes “Strawberry” y “Passion Fruit”. Esta solución fue aforada con 75 mL de agua potable, obteniendo un volumen final de 100 mL. La mezcla fue incorporada con ayuda de un atomizador sobre el producto deshidratado para su absorción.

Para enriquecer el producto, se integraron 20 g de fibra alimentaria Citri-Fi 400FG. Utilizando guantes estériles para garantizar la inocuidad del proceso, la fibra fue espolvoreada manualmente sobre el mango deshidratado, distribuyéndola de manera uniforme en la superficie del producto.

6.2. METODOS

6.2.1. Determinación del pH.

6.2.1.1. Materiales y equipo

- Solución reguladora de pH 4

- Solución reguladora de pH 7
- Vaso de precipitado de 100 mL
- Agua destilada
- Piceta
- Potenciómetro marca Hanna
- Papel secante
- Muestra saborizante (strawberry y passion fruit)

6.2.1.2. Procedimiento

Para llevar a cabo la determinación del pH de la muestra, se realizó en primer lugar la calibración del potenciómetro, empleando soluciones reguladoras con valores de pH 4 y 7. Luego, se transfirió una porción representativa de la muestra a un vaso de precipitado de 100 mL. Una vez ajustada la temperatura, se introdujo cuidadosamente el electrodo del potenciómetro en la muestra. Al estabilizarse la lectura, se anotó el valor de pH indicado en la pantalla del equipo.

Posteriormente, se retiró el electrodo, se enjuagó con agua destilada mediante una piceta, y se secó con papel secante, a fin de evitar cualquier tipo de contaminación entre muestras analizadas.

6.2.2. Determinación de grados brix con Refractómetro metler rm40

6.2.2.1. Materiales y equipos

- Agua destilada
- Espátula de acero inoxidable
- Piceta

- Papel secante
- Refractometro metler rm40
- Muestra saborizante (strawberry y passion fruit)

6.2.2.2. Procedimiento.

Con ayuda de una espátula, se tomó una pequeña cantidad de la muestra y se colocó sobre el prisma del refractómetro, procurando evitar la formación de burbujas y asegurando que el prisma quedara completamente cubierto. Posteriormente, se pulsó la tecla *read* y se anotó el resultado obtenido. Finalmente, con ayuda de una piceta, se lavó la celda del refractómetro y se secó utilizando papel secante.

6.2.3. Determinación de actividad de agua.

6.2.3.1. Materiales y equipos

- Medidor de actividad de agua (WA-160A)
- Papel secante
- Piceta
- Guantes
- Bascula digital
- Alcohol
- Muestra del mango con los sabores (strawberry y passion fruit)

6.2.3.2. Procedimiento

Se presionó la tecla de encendido del medidor de actividad de agua para poner en marcha el equipo. Utilizando guantes, se pesaron 5 gramos de muestra en la balanza. Posteriormente, la muestra se retiró y se colocó cuidadosamente sobre la

placa de muestra del equipo. A continuación, se cubrió el sensor del medidor sobre la placa, permitiendo que la muestra reposara durante aproximadamente cinco minutos.

Una vez transcurrido el tiempo de reposo, se obtuvo el valor correspondiente a la actividad de agua. Finalizada la medición, se retiró la muestra y la placa de muestra se lavó con alcohol, utilizando una piceta que contenía dicho solvente. Finalmente, se secó con papel secante y se presionó nuevamente el botón de encendido durante unos segundos para apagar el equipo.

6.2.4. Determinación de humedad por termobalanza

6.2.4.1. Materiales y equipo

- Analizador de humedad OHAUS
- Charola de aluminio
- Tijeras
- Balanza
- Guantes desechables
- Muestra del mango con los sabores (strawberry y passion fruit)

6.2.4.2. Procedimiento

Para determinar el contenido de humedad en la muestra, se utilizó el equipo OHAUS MB23. En primer lugar, se encendió el analizador de humedad y se dejó que alcanzara las condiciones óptimas de funcionamiento. Posteriormente, se colocaron los guantes para manipular adecuadamente la muestra y evitar contaminaciones.

Se pesaron aproximadamente 5 gramos de muestra en la balanza. Una vez obtenido el peso, la muestra fue transferida cuidadosamente a una charola de aluminio previamente limpia y seca. La charola se introdujo en el equipo OHAUS MB23 y se programó el análisis a una temperatura de 105 °C, durante un tiempo aproximado de 30 minutos.

Al finalizar el proceso de secado, el equipo mostró en pantalla el porcentaje de humedad correspondiente, el cual fue registrado para su interpretación.

6.2.5. Determinación de microorganismos mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras

6.2.5.1. Materiales y equipos

- Bascula con exactitud de 0.1 gr
- Incubadora a 35°C
- Placas petrifilm 3m recuento rapido de aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras.
- Tubo de ensaye de 50ml con agua destilada esteril
- Bolsa whirl-pak estéril de 384ml
- Punta estéril de 10ml
- Gradilla para tubos de ensaye
- Difusor de placa
- Micropipeta automática
- Mechero de alcohol
- Piceta con alcohol

- Muestra del mango con los sabores (strawberry y passion fruit)
- Plumón
- Homogeneizador
- Pañuelos desechables
- Guante esteril
- Frasco de 250ml con agua destilada esteril
- Campana de flujo laminar

6.2.5.2. Procedimiento

Para llevar a cabo el análisis microbiológico, se realizó primero la limpieza y sanitización de la mesa de trabajo, incluyendo la campana de flujo laminar. Posteriormente, se encendió la luz ultravioleta durante un periodo de 10 a 15 minutos, procurando no realizar ninguna actividad dentro de la campana mientras esta permanecía encendida. Mientras tanto, se organizó el material de laboratorio con el fin de facilitar y agilizar el proceso de pesado. Una vez preparado el espacio de trabajo, se rotularon las bolsas Whirl-Pak con los nombres correspondientes a las muestras a analizar. Se encendieron dos mecheros de alcohol, ubicándolos en los extremos de la balanza analítica, y a continuación se encendió la balanza. Se colocó una bolsa estéril abierta sobre la balanza y se taró el peso. Acto seguido, se procedió a abrir las bolsas con las muestras lo más cercano posible a la balanza y a los mecheros, para mantener un ambiente estéril. Se colocaron guantes estériles antes de manipular la muestra, y se pesaron 25 gramos, los cuales fueron transferidos a la bolsa estéril. Posteriormente, se tomó un frasco con agua estéril, flameando su boca antes y después de abrirlo, y se agregaron 225 mL de agua

destilada estéril a la bolsa con la muestra. La bolsa fue cerrada cuidadosamente, eliminando el exceso de aire, y luego se homogenizó durante un minuto utilizando el homogeneizador a velocidad nivel 1. Finalizado el proceso, la bolsa fue retirada del equipo y colocada nuevamente sobre la mesa de trabajo.

Se abrió un tubo de ensayo que contenía 9 mL de agua destilada estéril, flameando su boquilla antes y después de abrirlo. Utilizando una punta estéril, se tomó 1 mL de la dilución 1:10 y se transfirió al tubo de ensayo, obteniendo así la dilución 1:100, la cual fue homogenizada. Posteriormente, se seleccionó una placa para aerobios, coliformes totales, hongos y levadura se identificó con el nombre de la muestra y la fecha correspondiente. Se tomó 1 mL de la dilución 1:100, manteniendo la micropipeta en posición vertical, y se distribuyó sobre la película inferior de la placa, levantando cuidadosamente la película superior. Con ayuda de un difusor plano, se distribuyó la muestra en el centro de la película y, una vez completado este paso, se retiró el difusor y se dejó reposar la placa durante al menos un minuto para permitir la formación del gel. Finalmente, las placas fueron incubadas boca arriba, organizadas en pilas de hasta 20 unidades, a una temperatura de 35 ± 1 °C durante un periodo de 18 a 24 horas para aerobios y coliformes totales para hongos y levaduras son 60 horas a una temperatura de 28 ± 1 °C. Una vez transcurrido el tiempo de incubación, se procedió a la interpretación de los resultados.

6.2.6. Determinación de grados brix con refractómetro digital Hanna

6.2.6.1. Materiales y equipo

- Piceta
- Papel secante

- Espátula de acero inoxidable
- Refractómetro digital Hanna
- Muestra de mango ataulfo

6.2.6.2. Procedimiento

De cada kilogramo de mango procesado, se tomó una muestra representativa de la pulpa y se colocó una gota en el prisma del refractómetro digital previamente calibrado, con el fin de determinar el contenido de sólidos solubles expresado en grados Brix (°Brix). Después de cada medición, la muestra fue retirada utilizando papel secante, y el prisma se lavó cuidadosamente con agua destilada para eliminar residuos, secándolo posteriormente con papel absorbente limpio antes de realizar la siguiente lectura.

VIII. RESULTADOS

Tabla 3. Prueba uno, condiciones térmicas aplicadas a la pulpa de mango

Prueba	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	65	5
2	65	10
3	70	5
4	70	10

Como se observa en la tabla 3 se evaluaron dichas temperaturas de cocción por lo que se estandarizó a una temperatura de 70 °C durante 10 minutos como tratamiento térmico previo a la deshidratación, con el objetivo de inactivar la enzima pectin metilesterasa (PME) en mango. Este tratamiento se comparó con los resultados reportados por un estudio anterior realizado por Díaz-Cruz et al. 2015, el cual identificó un comportamiento bifásico de inactivación de PME a 68 °C, asociado a la existencia de dos fracciones enzimáticas: una termolábil, inactivada en menos de 5 minutos, y una termorresistente, que mantiene su actividad tras ese periodo. Este comportamiento ha sido atribuido a la presencia de isoenzimas con diferentes niveles de resistencia térmica, lo que representa un desafío en la inactivación completa de la enzima. No obstante, en el presente trabajo, se aplicó un tratamiento más severo (70 °C/10 min), lo cual permitió inactivar tanto la fracción termolábil como la termoestable.

Además, el producto fue sometido posteriormente a un proceso de deshidratación de 9 horas a una temperatura de 65–70 °C, lo que garantiza que la PME permanezca expuesta a temperaturas elevadas durante un periodo prolongado. Esta etapa de deshidratación actúa como un tratamiento térmico complementario, que refuerza la destrucción enzimática y disminuye significativamente el riesgo de reactivación enzimática durante el almacenamiento.

Tabla 4. Resultados de la prueba dos. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos a los saborizantes (Strawberry y Passion Fruit).

Saborizante	pH	°Brix	Humedad (%)	Actividad de agua (aw)	Pruebas microbilógicas
Strawberry	3.8	44.71	8.46	0.66	<100 UFC/g de bacterias aerobias <10 UFC/g de hongos y levaduras <10 UFC/g de coliforme
Passion Fruits	3.32	33.81	12.04	0.65	<10 UFC/g de bacterias aerobias <10 UFC/g de hongos y levaduras <10 UFC/g de coliforme

Se evaluaron dos formulaciones de saborizantes y además al producto a base de mango con sabores Strawberry y Passion Fruits, analizándose parámetros fisicoquímicos y microbiológicos relevantes para determinar su estabilidad y calidad.

pH. La muestra sabor Strawberry presentó un pH de 3.80, mientras que la de Passion Fruits tuvo un valor de 3.32. Aunque ambas formulaciones se encuentran

en un rango ácido, se observa que el saborizante Passion Fruits contribuyó a un pH más bajo. Esto puede deberse a que este tipo de saborizante contiene mas componentes ácidos en su formulación, lo que incrementa la acidez del producto.

°Brix. Respecto al contenido de sólidos solubles (°Brix), al saborizante Strawberry presentó un valor significativamente mayor (44.71 °Brix) en comparación con Passion Fruits (33.81 °Brix), lo cual indica una mayor concentración de sólidos disueltos en esta muestra.

Humedad. El contenido de humedad fue de 8.46% para Strawberry y de 12.04% para Passion Fruits. A pesar de haberse sometido a las mismas condiciones de deshidratación, la diferencia puede explicarse por la composición inicial de cada formulación. Es posible que el saborizante de Passion Fruits contuviera más agua libre o componentes con mayor retención hídrica. Esta diferencia indica que el tipo de saborizante influyó directamente en la capacidad del producto para perder humedad durante el secado.

Actividad de agua (aw). Ambas formulaciones mostraron valores similares de actividad de agua: 0.66 en Strawberry y 0.65 en Passion Fruits. La similitud en los valores de aw a pesar de la diferencia en humedad puede deberse a la naturaleza de los solutos presentes: Strawberry, retiene menos agua libre a pesar de tener menos humedad total, mientras que Passion Fruits retiene más humedad pero con menos solutos capaces de disminuir la aw.

Pruebas microbilógicas.

Las evaluaciones microbiológicas incluyeron el recuento de bacterias aerobias mesófilas, hongos, levaduras y coliformes totales. En la muestra sabor Strawberry se obtuvo un recuento de bacterias aerobias mesófilas inferior a 100 UFC/g, mientras que en la muestra sabor Passion Fruits este fue menor a 10 UFC/g. En ambas muestras, los valores para hongos, levaduras y coliformes totales fueron menores a 10 UFC/g.

Estas diferencias mínimas observadas entre una formulación y otra pueden atribuirse al tipo de saborizante empleado. Ambos saborizantes en su composición pueda deberse a posibles agentes acidificantes o conservadores podría influir en la reducción o inhibición de ciertas poblaciones microbianas. En este caso, el saborizante Passion Fruits, al presentar un pH más bajo (3.32), pudo haber generado condiciones ligeramente más desfavorables para el desarrollo microbiano que el saborizante Strawberry (pH 3.80), lo cual se reflejó en su menor carga de bacterias aerobias mesófilas.

Tabla 5. Resultados de la prueba tres (sin adición de agua).

Ingrediente	Strawberry	Passion Fruit
Concentrado de jugo de manzana	5.67 litros	5.67 litros
Concentrado de jugo de betabel	3.76 litros	—
Puré de fresa	113.4 gramos	—
Concentrado de sabor fresa	226.8 gramos	—
Concentrado de jugo de maracuyá	—	2.82 litros

Concentrado de sabor maracuyá	—	170.0 gramos
Concentrado de sabor piña	—	20.0 gramos

Durante la formulación del mango deshidratado con los saborizantes Strawberry y Passion Fruits, se observó que, a pesar de no haberse adicionado agua al momento de la incorporación de los saborizantes, ambas muestras presentaron cambios notables en sus propiedades visuales y organolépticas. La muestra adicionada con saborizante Strawberry mostró un color rojo intenso y brillante, con una apariencia atractiva y llamativa. Esta tonalidad se atribuye principalmente a la presencia de concentrado de jugo de betabel (3.76 L) y puré de fresa (113.4 g) en la formulación, ingredientes conocidos por su capacidad colorante natural. El color resultante fue rojo mas intenso. En cuanto al perfil sensorial, la muestra Strawberry presentó un sabor más intenso y definido.

En la formulación sabor Passion Fruits, se observó también una coloración atractiva, aunque más moderada en intensidad, con tonos amarillos y anaranjados suaves. Esta diferencia cromática se relaciona con la utilización de concentrado de jugo de maracuyá (2.82 L) y concentrado de sabor piña (20 g), los cuales aportan un tono más cálido pero menos vibrante que el color rojo del Strawberry. Aunque el color fue adecuado, resultó menos llamativo visualmente en comparación con la muestra Strawberry. Por su parte, la muestra Passion Fruits mostró un sabor ligeramente más ácido y fresco, con una intensidad moderada. En términos de textura y consistencia, ambas muestras conservaron las características típicas del mango

deshidratado pero la textura aun seguia siendo un tanto viscosa para ambos sabores.



Figura 6. Coloración del mango deshidratado con sabor Straw Berry.



Figura 7. Coloración del mango deshidratado con sabor Passion Fruits.

Tabla 6. Resultados de la formulación utilizada en la prueba cuatro

Ingrediente	Strawberry	Passion Fruit
Concentrado de jugo de manzana	5.67 litros	5.67 litros
Concentrado de jugo de betabel	1.88 litros	—
Puré de fresa	113.4 gramos	—
Concentrado de sabor fresa	226.8 gramos	—
Concentrado de jugo de maracuyá	—	2.82 litros
Concentrado de sabor maracuyá	—	170.0 gramos
Concentrado de sabor piña	—	20.0 gramos

Agua	5.67 litros	5.67 litros
------	-------------	-------------

La muestra sabor Strawberry presentó un color menos rojo en comparación con la segunda prueba (sin agua). La intensidad visual disminuyó ligeramente, aunque se mantuvo una tonalidad atractiva gracias a la inclusión del concentrado de jugo de betabel (1.88 L) y el puré de fresa (113.4 g), que continúan siendo pigmentos naturales efectivos. Sin embargo, la dilución del colorante natural por efecto del agua resultó en una apariencia menos saturada y brillante, comparada con formulaciones anteriores sin agua. En términos de sabor, la adición de agua afectó notablemente la percepción de intensidad. En la muestra Strawberry, el perfil frutal persistió, pero con menor fuerza en boca, debido a la dilución de los compuestos aromáticos. Aunque se mantuvo el uso del concentrado de sabor fresa (226.8 g), el sabor fue descrito como más suave y menos persistente que en pruebas anteriores. Por su parte, la muestra con sabor Passion Fruits mantuvo una tonalidad amarillo pálido con matices anaranjados, acorde al uso del concentrado de jugo de maracuyá (2.82 L) y el concentrado de sabor piña (20 g). Aunque el color fue menos intenso, se logró una apariencia natural. El agua también contribuyó a la dispersión de los compuestos colorantes, dando como resultado una coloración más uniforme, pero menos vibrante. En el sabor se mostro un perfil más equilibrado, aunque también más sutil. El concentrado de maracuyá (2.82 L) y el de piña (20 g) proporcionaron una nota ácida y tropical.

Ambas formulaciones presentaron una consistencia más blanda y menos firme, atribuida al contenido de humedad absorbido durante el proceso de saborización previa a la deshidratación.

Tabla 7. Resultados de brix de mango fresco realizado en la prueba cuatro.

Muestras	Promedio de °Brix
Mango fresco para strawberry	16.7
Mango fresco para Passion Fruits	17.42

Se obtuvo una medición de grados Brix al mango fresco antes de incorporar los saborizantes y someterlo a procesos térmicos como la cocción y la deshidratación. Esta prueba tuvo como finalidad conocer el contenido inicial de sólidos solubles, principalmente azúcares naturales, presentes en la materia prima. Los resultados obtenidos con un promedio fueron de 16.7 °Brix para la muestra destinada a la formulación con sabor Strawberry, y de 17.42 °Brix para la muestra que se emplearía en la variante Passion Fruit. Estos valores indican un nivel adecuado de madurez del mango y permiten establecer una base para comparar los posibles cambios que ocurran en el producto final tras el procesamiento.

7.1. Resultados de la prueba cinco. Cambio de variedad y aplicación de aditivos

En esta etapa experimental, se observó que la incorporación de los saborizantes tipo Strawberry y Passion Fruit al mango ya deshidratado generó una potencialización clara del sabor del producto final. Esta mejora sensorial se debió directamente a la adición controlada de los saborizantes mediante atomización, lo cual permitió una distribución homogénea y una buena absorción del líquido

saborizante por parte del mango seco, sin afectar negativamente su textura ni su estructura física. Por otro lado, la adición de fibra alimentaria Citri-Fi 400FG tuvo un impacto positivo en las características físico-funcionales del producto. Aunque no influyó directamente en el sabor, actuó como desaglutinante, reduciendo la tendencia de las piezas de mango deshidratado a pegarse entre sí, lo cual facilitó el manejo, el empaque y el consumo del producto. Como resultado de estas modificaciones, el producto quedó con una calidad sensorial y tecnológica adecuada para su comercialización, cumpliendo con las expectativas en cuanto a sabor, textura y funcionalidad. El mango saborizado deshidratado mostró buena estabilidad, aceptabilidad y características. Actualmente, el producto se encuentra listo para su lanzamiento comercial, quedando únicamente pendientes las fases finales de desarrollo de empaque y diseño de etiquetas, las cuales se trabajarán con base en los lineamientos normativos y de identidad visual para su adecuada presentación en el punto de venta.



Figura 8. Producto final.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a lo largo de las pruebas experimentales demuestran que el proceso de deshidratación, combinado con la incorporación de saborizantes frutales (Strawberry y Passion Fruit) y fibra alimentaria Citri-Fi 400FG, permitió desarrollar un producto de mango deshidratado con características sensoriales y funcionales mejoradas. Desde la evaluación inicial de grados Brix, se confirmó que la materia prima presentaba un contenido adecuado de sólidos solubles, estableciendo una base de calidad para la elaboración del producto.

Un aspecto relevante dentro del proceso fue la evaluación de la actividad enzimática de la pectin metilesterasa (PME). Se aplicó un tratamiento térmico controlado con el propósito de lograr su inactivación, debido a que esta enzima puede provocar pérdida de firmeza, separación de fases o deterioro estructural en productos a base de frutas. Aunque los resultados fueron satisfactorios, se reconoce la necesidad de continuar monitoreando la actividad residual de la PME como parte esencial para asegurar la calidad del mango deshidratado a lo largo del tiempo.

La incorporación de los saborizantes sobre el mango ya deshidratado resultó en una potencialización del perfil sensorial, mejorando el sabor, aroma y aceptación general del producto. Por otro lado, la fibra alimentaria Citri-Fi actuó como desaglutinante, facilitando el manejo del producto final, además de aportar beneficios funcionales.

En conjunto, estos resultados evidencian que el producto final cumple con los requisitos tecnológicos y sensoriales necesarios para su comercialización, mostrando estabilidad y aceptación potencial en el mercado.

8.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un sistema de análisis especializado para la determinación y monitoreo de la actividad enzimática de la pectin metilesterasa (PME), con el objetivo de validar de forma precisa la eficacia del tratamiento térmico aplicado al mango deshidratado saborizado. Aunque el proceso ha sido estandarizado, la evaluación periódica de la actividad residual de la PME permitirá confirmar su inactivación y prevenir efectos negativos en la textura o estabilidad del producto, como el ablandamiento indeseado o cambios estructurales durante el almacenamiento.

Es necesario establecer un plan de análisis enzimático que abarque puntos clave del proceso, como después del tratamiento térmico, tras la deshidratación y durante el almacenamiento. Esto contribuirá a desarrollar un perfil de comportamiento enzimático que ayude a identificar variaciones según la variedad de mango utilizada, las condiciones del proceso y el tiempo de conservación.

Adicionalmente, se recomienda implementar un protocolo de monitoreo continuo enfocado en la estabilidad de las propiedades organolépticas y funcionales del producto a lo largo del tiempo, especialmente durante su etapa de almacenamiento. Este protocolo debe incluir observaciones y análisis sensoriales planificados, así como controles visuales y de textura que permitan detectar cualquier cambio temprano en la calidad del producto. El seguimiento sistemático garantizará que el producto mantenga su atractivo comercial y su funcionalidad hasta el final de su vida útil.

X. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar Aguirre, J. J., & González Espinoza, J. L. (2005). Elaboración de mango deshidratado en polvo de la variedad Hilacha o Mechudo (*Mangifera indica* L). (Tesis de Ingeniería en Alimentos). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Ingeniería de Alimentos.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/656>
- Andrea Guerrero. (2008). Influencia de la Temperatura en la Inactivación de la Pectinmetilesterasa Durante Tratamiento Térmico en la Pulpa de Badea (p. quadrangularis). (Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción).
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31938>
- Anthon, G. E., Y. Sekine, N. Watanabe, y D. M.Barrett. (2002). Thermal inactivation of pectin methylesterase, polygalacturonase, and peroxidase in tomato juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(21), 6153–6159.
- Barcelona Culinary Hub. (2024). La deshidratación de alimentos como gran técnica de conservación.
<https://www.barcelonaculinaryhub.com/blog/deshidratcion-gastronomia>
- Campo de Benamayor. (s.f.). *Mango Keitt*.
<https://www.campodebenamayor.es/frutas-tropicales/mango-keitt/>
- De Assis, S., D. Lima, y O. de F. Oliveira. (2001). Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. Food Chemistry, 74, 2–6.

- Díaz-Cruz, C. A., Regalado, C. B., Morales-Sánchez, E., Velázquez, G., & Amaya-Llano, S. B. (2015). Inactivación térmica de pectinmetilesterasa de mango var. Ataulfo. En XVI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería, Guadalajara, Jalisco, México, 21–26 de junio de 2015. Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería.
<https://smbb.mx/congresos%20smbb/guadalajara15/PDF/XVI/trabajos/III/III-C-30.pdf>
- Exotic Fruit Box. (s.f.). *Mango: Variedades, beneficios y usos*. Recuperado de <https://exoticfruitbox.com/frutas-exoticas/mango/>
- Infinita Biotech Pvt. Ltd. (2020). *What are the uses of pectin methylesterase?* Infinita Biotech Blog. <https://infinitabiotech.com/blog/uses-of-pectin-methylesterase/>
- Japa Paqui, L. E. (2022). Efectos de los métodos de deshidratación de frutas sobre sus propiedades nutricionales y sensoriales (Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato).
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/77dc0151-3a70-4854-ad95-6a1625d8989b/content>
- Maria Garcia. (2015). Evaluación de la actividad pectinesterasa y los cambios de las propiedades sensoriales en el jugo de manzana de la variedad granny SMITH. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/48532/K%2063692%20Garc%C3%ADa%20Calvo%2C%20Mar%C3%ADa%20de%20los%20%C3%81ngeles.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Menéndez- Aguirre, O., y cinco autores más. (2006). Cambios en la actividad de a-amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del Maracuyá Amarillo (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa Degener*), *Interciencia*, 31(10), 728–733.
- National Mango Board. (s.f.). *Kent*. En *Mango.org*. Recuperado de <https://www.mango.org/es/mango-variety/kent/>
- National Mango Board. (s.f.). *Haden*. En *Mango.org*. Recuperado de <https://www.mango.org/es/mango-variety/haden/>
- Ochoa-Reyes, E., Ornelas-Paz, J. de J., Ruiz-Cruz, S., Ibarra-Junquera, V., Pérez-Martínez, J. D., Guevara-Arauza, J. C., & Aguilar, C. N. (2013). Tecnologías de deshidratación para la preservación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Biotecnia*, XV (2), 39-46 (2013). <https://biotecnia.uson.mx>
- Polydera, A. C., E. Galanou, N. G. Stoforos, y P. S. Taoukis. (2004). Inactivation kinetics of pectin methylesterase of greek Navel orange juice as a function of high hydrostatic pressure and temperature process conditions. *Journal of Food Engineering*, 62 (3), 291–298.
- Ruiz May, E., Bautista Valle, M. V., & Elizalde Contreras, J. M. (2023). Mango Ataulfo: un mango muy mexicano. INECOL. Recuperado de <http://www.inecol.edu.mx/index.php/divulgacion/ciencia-hoy/mango-ataulfo-un-mango-muy-mexicano>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (s.f.). El mango, producto estrella en México. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-mango-producto-estrella-en-mexico>

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). El mango, producto estrella en México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-mango-producto-estrella-en-mexico>
- Zúñiga Sánchez, E. (2011). *Estudio de la diversidad y evolución de las Pectin metil esterasas*. Congresos NNB-UNAM, Talleres Internacionales de Bioinformática 2012. <https://congresos.nnb.unam.mx/TIB2012/index.php/TIB/2012/paper/view/440>

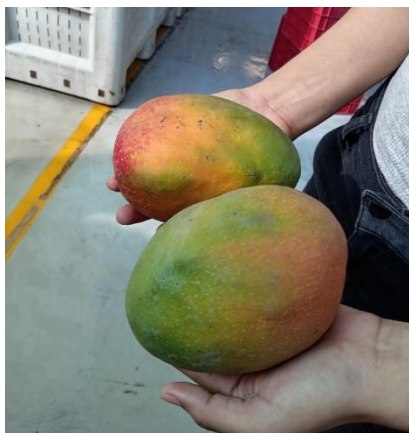
XI. ANEXOS



Anexo 1. *Monitoreo de la temperatura del saborizante a 70°C.*



Anexo 2. *Medición del PH en el saborizante Straw Berry.*



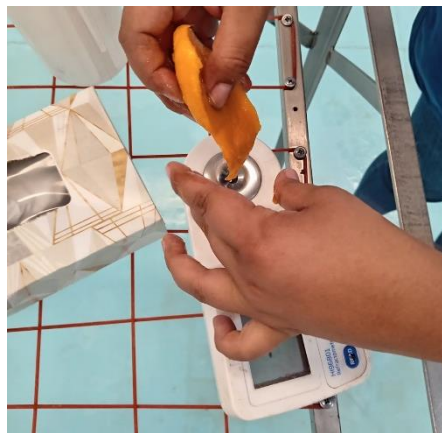
Anexo 3. *Selección de materia prima (mango Kent) en área de maduración.*



Anexo 4. *Cachete de mango en charolas sabor Passion Fruits.*



Anexo 8. *Cachete de mango en charolas sabor Straw Berry.*



Anexo 7. *Medición de Brix en mango fresco.*



Anexo 6. *Adición de saborizante Passion Fruits al producto.*



Anexo 5. *Producto terminado sabor Straw Berry.*



Anexo 10. *Adición de fibra por todo el producto sabor Passion Fruits*



Anexo 9. *Producto terminado sabor Passion Fruits.*