EIEI ACOFI 2025
5º Congreso Latinoamericano de Ingeniería
Más Información: www.acofi.edu.co/eiei
Ingeniería de impacto para cuidar y transformar la vida
ACOFI: 50 años por la excelencia de la educación en ingeniería.

Aplicación de la docencia en la industria: formación y solución de problemas en el procesamiento de frutas para exportación

Jorge Iván Quintero Saavedra, Juan José Rodríguez Marín, Johanna Andrea Jiménez Molano, Angie Tatiana Agudelo Villada

Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia

Resumen

Desde el programa de Ingeniería en Procesos Agroindustriales y a través de sus objetivos de aprendizaje y estrategias de enseñanza, se busca aportar soluciones a las problemáticas de la agroindustria nacional; es por esto que, en el marco de una práctica empresarial desarrollada en la Asociación de Agricultores del Occidente (ADAGRO), en colaboración con la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), se diseñó un proceso de choque térmico para el tratamiento del mango Kent, con el fin de optimizar su calidad para exportación. El estudio, realizado en el Valle del Cauca, incluyó análisis fisiológicos, metabólicos y microbiológicos del fruto según las condiciones específicas de la zona de producción. Se determinó que los mangos en niveles de maduración 0 y 1 son los más adecuados para el tratamiento, debido a su firmeza y menor contenido de grados Brix. El tratamiento térmico óptimo consistió en un baño a 46 °C durante 20 minutos, seguido de un hidroenfriado a 15 °C por 30 a 45 segundos. Los análisis microbiológicos mostraron una disminución significativa de contaminantes, mejorando así la calidad sanitaria del producto. Finalmente, se ajustaron los planos de la planta de procesamiento ubicada en el Centro Agroindustrial del Pacífico para adaptar la infraestructura al nuevo proceso, aplicable tanto a mango como a papaya.

Palabras clave: agroindustria; ingeniería; innovación tecnológica; exportación

Abstract

From the Agroindustrial Process Engineering program, and through its learning objectives and teaching strategies, the aim is to provide solutions to the challenges faced by the national agroindustry; thus, as part of a professional internship at the Asociación de Agricultores del Occidente (ADAGRO), in collaboration with the Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), a

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4301

thermal shock process was designed for the treatment of Kent mangoes to improve their quality for export. The study, conducted in Valle del Cauca, included physiological, metabolic, and microbiological analyses of the fruit under the specific conditions of the production zone. It was determined that mangoes at ripening stages 0 and 1 are the most suitable for treatment due to their firmness and lower Brix content. The optimal thermal treatment consisted of a bath at 46 °C for 20 minutes, followed by hydro-cooling at 15 °C for 30 to 45 seconds. Microbiological tests showed a significant reduction in contaminants, improving the fruit's sanitary quality. Finally, the layout of the processing plant at the Centro Agroindustrial del Pacífico was adjusted to adapt the infrastructure to the new process, applicable to both mango and papaya.

Keywords*: agroindustry; engineering; technological innovation; exportation*

1. Introducción

La vida útil o de anaquel de las frutas u hortalizas, se conoce como el periodo de tiempo, desde su recolección en el cual mantiene una calidad agradable de sus propiedades sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas, que además debe seguir cumpliendo con los estándares que espera el mercado y sea seguro para su consumo; lo anterior se puede lograr mediante procesos térmicos, recubrimientos, encerados comestibles u otras tecnologías. Se ha buscado la solución mediante diferentes alternativas; además cuando el fruto se pretende comercializar en otros países es necesario la implementación de tecnologías o procesos que ayuden a su preservación; lo cual se ha logrado mediante baños hidrotérmicos e hidroenfriado.

En este trabajo se pretende desarrollar un proceso de choque térmico como método de conservación para las frutas u hortalizas locales (Mango) logrando la eliminación de larvas de la mosca de la fruta e inactivar enzimas como la polifenol oxidasa (PPO) que es la responsable del pardeamiento de frutas y vegetales, que conlleva a tener problemas en el desarrollo del fruto después de su recolección, la PPO da lugar al "Oscurecimiento enzimático, se presenta en la superficie de cortes y heridas. Esta enzima en presencia de oxígeno actúa sobre los sustratos fenólicos, formando las quinonas. Estos compuestos reaccionan entre sí o con otros compuestos (aminoácidos, péptidos y azúcares reductores) formando melaninas, compuestos de color rojo, café o negro". (Apodaca et al, 2016). De esta forma el mango disminuye sus propiedades organolépticas y nutricionales, teniendo en cuenta que es un fruto climatérico por lo tanto sigue su proceso de maduración después de la recolección, por eso es ideal inactivar la PPO.

Por otra parte, implementar un recubrimiento o cera comestible después del tratamiento hidrotérmico es una apuesta que permite alargar su vida útil y tener el mango más tiempo en almacenamiento, si es necesario; además, tener presente que es un fruto climatérico (sigue su proceso de maduración después de la recolección), por lo tanto tener en cuenta los recubrimientos que son definidos como "Una capa capa de material comestible, depositada en un alimento como cubierta para extender la vida útil de vegetales frescos, que permite reducir procesos metabólicos, facilitar la distribución y la comercialización, retardar el crecimiento microbiano y servir como barrera protectora para reducir respiración y la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, entre otros gases; ya que actúan como barreras semipermeables". (Fernández, N. et al,

2017). Con lo anterior el recubrimiento permite ofrecer un sistema de protección adicional al fruto y mejorar características tanto visuales como físicas. El choque térmico permite realizar una esterilización al fruto, recordando que el objetivo principal de este trabajo es diseñar el proceso de choque térmico de exportación para Mango Kent a Estados Unidos, orientado por la Asociación de Agricultores de Occidente (ADAGRO) y la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) en el Departamento del Valle del Cauca, en el cual se establece una temperatura y tiempo adecuados del tratamiento hidrotérmico, además de verificar que con los ensayos realizados no exista presencia de la larva de la mosca de la fruta y lograr disminución de la presencia de enzimas como la polifenol oxidasa (PPO) que es la responsable de variables negativas como el pardeamiento de frutas y vegetales, formando coloraciones rojas, cafés o negras

2. Metodología y materiales

A continuación, se presentan los procedimientos realizados para determinar las condiciones del Mango Kent y las condiciones del choque térmico.

- Caracterización Mango Kent para el proceso de choque térmico

  Primero Se consiguieron tres muestras de mango Kent en madurez comercial en la Unión, Valle del Cauca (23 febrero), a estas se evaluaron las características finales del producto de consumo para realizar una comparación con el mango en estado de madurez 0 y 1.

  Para estas muestras se realizó visita en finca "La Divisa" en la cual se trajeron muestras del mango Kent (marzo 10). Con las muestras a estudiar se empiezan a realizar las pruebas, Se debía identificar el mango Kent como fruto climatérico y se estudia el tipo y grado de madurez del mango Kent para el proceso de choque térmico, basándose en la NTC 5210:2003, y las características del proceso según el APHIS, Se identificaron las principales enfermedades y plagas presentes en el mango Kent, teniendo en cuenta las muestras y la investigación científica. Después se realizó mediciones físicas de ancho (sobre los hombros del mango), largo (desde el pedúnculo hasta la punta), y se tomó el peso en gramos, esto para definir el calibre con el cual se realizará el proceso térmico, esto se calibro con el instrumento Pie de rey (Calibrador Vernier).

  Se realiza prueba de firmeza o dureza con un (Penetrometro), este se introdujo de forma horizontal y se midió la fuerza aplicada para introducirlo. Seguido de esto se determinó la materia seca la cual se realizó por medio secado en un horno a una temperatura de 60 °C durante 40-44 horas.

Figura. 1 Medición física del Mango Kent

- Prueba polifenol

1. Se colocó 5 mg de mango Kent en un mortero de porcelana limpio y se macero en aproximadamente 5 ml de agua destilada.
2. Luego se colocó el jugo extraído en tubo de ensayo y se adiciono 1 ml de una solución de guayacol al 1% en alcohol etílico al 96%.
3. Posteriormente se añadió 1 ml de una solución fresca de peróxido de hidrógeno al 0.5%. (Esta última se preparó diluyendo 3.5 ml de peróxido de hidrógeno en 200 ml de agua destilada).

Nota: La metodología anterior se realizó para el mango Kent después de someterlo a las condiciones de Temperatura (45 - 47°C durante 20, 40 y 60), y una muestra sin tratamiento, esto con la finalidad de comparar la muestra inicial con cada uno de los tiempos de exposición.
La presencia de la enzima PPO es indicada por un color café rojizo de la siguiente manera:

Trazas: Puntos pardo – rojizo o insignificante cambio de color en el líquido en 4 minutos. Ligeramente Positivo: Puntos pardos a través del tejido o coloración parda en algunas secciones. Positivo: Cambio brusco de color en menos de 4 minutos.

- Proceso recubrimiento aloe vera y almidón

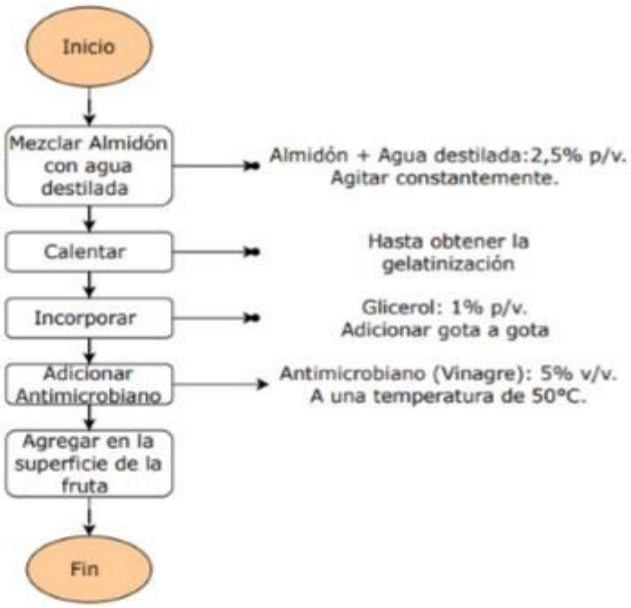


Figura. 2 Proceso realizado para elaborar

- Evaluación de recubrimientos enviados por empresa COATING S.A.

Para realizar la aplicación de este recubrimiento se evaluaron 20 muestras (mango Kent), las cuales fueron pesadas antes de realizarle cualquier procedimiento.

Muestra	Tratamiento	Recubrimiento
1,2	NO	NO
3,4,5	46°C durante 20 minutos	NO
6,7,8	80°C durante 15 Segundos	NO
9,10,11	80°C durante 15 Segundos	WAX INDI 50 %
12,13,14	80°C durante 15 Segundos	WAX INDI 90 %
15,16,17	80°C durante 15 Segundos	WAX INDI 50 %
18,19,20	80°C durante 15 Segundos	WAX INDI 90 %

Tabla. 1 Muestras evaluadas

Se evaluaron las 20 muestras con las especificaciones anteriormente descriptas, se realizaron a diferentes temperaturas y con las concentraciones de los dos recubrimientos a 50% y 90%. Inicialmente se realizó un lavado en una dilución de 200 ppm de hipoclorito de sodio para la limpieza y desinfección, posteriormente se aplicó el tratamiento térmico en baño maría se sometieron algunas muestras a 46°C durante 20 min y otras a 80°C durante 15 s. Después fueron llevadas al baño de enfriamiento la cual contenía vinagre comercial a 100 ppm según el volumen utilizado, y estaba a una temperatura de 12°C aproximadamente.

Este procedimiento duró 30 segundos aproximadamente. Luego se retiró el exceso de agua que se encontraba en el mango y se realizó la aplicación del recubrimiento, el cual se encontraba previamente diluido al 50% y al 90%. Por consiguiente, se dejó secar y se evaluó durante aproximadamente 10 días la pérdida de peso y el cambio en las características durante 20 en el mango Kent.

- Pruebas microbiológicas de Mango Kent con tratamiento térmico a 46°C, almacenado temperatura ambiente.

Para este procedimiento se realizó una esterilización en autoclave de los implementos a utilizar en la siembra, así como cajas de Petri, puntas las cuales son para succionar el líquido, perlas de ebullición y tubos de ensayo. Teniendo en cuenta que los implementos de seguridad como bata, tapabocas, cofia y guantes debían estar esterilizados. Después adicionaron los medios de cultivo a las cajas Petri para que a cavo de 24 horas realizar las diluciones seriadas. Para iniciar se diluyo 10 gramos de cascara de mango en 90 ml de agua destilada se realizó una agitación para obtener un jugo homogéneo, después se tomó 1 ml de este líquido y se agregó aun tubo de ensayo, así mismo se realizó en 6 tubos más hasta obtener 10 -6 de diluciones.

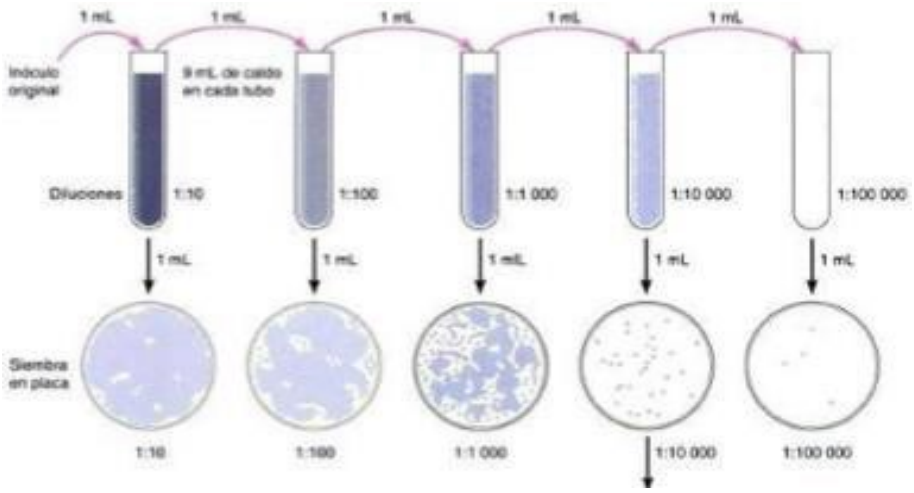


Figura. 3 Diluciones seriadas, para observar en la caja Petri el número de colonias formadas Fuente: Geman Tortosa (2020)

Después se toma 0.1 ml de las diluciones seriadas realizadas anteriormente pero solo de 10-4, 105,10- 6 y se adiciona a cada caja Petri individual esto se realiza por triplicado para

poder determinar algún margen de error. Se agregan las perlas de ebullición para agitar las cajas y la muestra quede esparcida por todo el medio, por último, se llevan las cajas Petri a la incubadora la cual está a una temperatura de 36°C por 48 horas.

Medios para microorganismos

PDA- (Potato Dextrose Agar): Se utilizó el agar de papa y dextrosa, es un medio recomendado para la detección y enumeración de hongos.

PCA- (Plate Count Agar): Medio de cultivo para el recuento de microorganismos aerobios.

TSA- (Agar Triptona-Soja): medio nutritivo para crecimiento de bacterias aeróbicas y anaeróbicas

- Levantamiento planta choque térmico

Se visitó el lugar el cual está ubicado en el CAP, Se tomaron las mediciones y se realizaron las correcciones del plano determinando las medidas para conocer el área en la cual se va a realizar el proceso de choque térmico.

3. Resultados y análisis de resultados

- Caracterización Mango Kent para el proceso de choque térmico

Mediciones físicas de mango Kent grado 0 y 1

Medición	Mango Kent Grado 0	Mango Kent Grado 1
Ancho (cm)	10,132	10,8
Largo (cm)	13,172	10,59
Peso (g)	601	571,7

Tabla. 2 Mediciones físicas (largo, ancho y peso) del mango Kent.

Esta medición se realiza abarcando el tamaño del fruto con los palpadores leyendo el valor de la escala en centímetros (cm), y para el peso se utilizó una balanza. Se define que se trabajara con mango en calibre B los cuales corresponden a las siguientes características:

Límites normales (351 gramos – 550 gramos), Límites permisibles; la fruta puede variar y tener un rango mínimo o máximo (≤ 10% de la fruta / envase) (251gramos – 650 gramos)

Contenido de sólidos solubles (% Grados Brix)

Grados Brix (%) Mango Grado 0,1 y 4			
Muestra	% Brix 1	% Brix 2	% Brix 3
Grado 0	3,7	3,9	4,3
Grado 1	4,6	5,1	5,8
Grado 4	11,1	12	13,2

Tabla. 3 Evaluación de los Grados Brix para mango Kent en grados de maduración 0,1 y 4.

Nota. Se realizó la medición del % de grados Brix para el mango en 3 niveles de maduración (0,1,4), Esta medición se realizó con el equipo refractómetro con el fin de determinar la cantidad de azúcar presente en cada fruta (solidos solubles). Se analiza que entre mayor el nivel de madurez más alto el valor de % Brix. Para entender más este valor es necesario saber que un grado Brix (°Bx) corresponde al cociente total de sacarosa disuelta en un líquido; en relación con este dato, la fruta pasa por las diferentes etapas de maduración, y la composición de azúcares va aumentando como se evidencia al comparar los grados Brix de la muestra 0 y 1 con la 4.

Kgf: (kilogramo fuerza o kilopondio)

Firmeza o Dureza (kgf)			
Muestra/Medición	1	2	3
Mango Kent Grado 0	8,6	9	9,3
Mango Kent Grado 1	8,5	8,45	8,8

Tabla. 4 Resultados de la prueba de Firmeza para mango Kent

Nota. Para la realización de la prueba de dureza se utilizó un Penetrómetro, la medición permitió tener un valor en relación con el control de su maduración. Se analizó que, en niveles menores de maduración, mayor es la fuerza aplicada. Teniendo en cuenta esto, la firmeza de la pulpa y la resistencia mecánica al corte con el equipo en las dos direcciones de carga longitudinal (largo) y transversal (ancho) disminuyen con el tiempo de postcosecha, por lo cual se necesitan grados de maduración menores para resistir a los diferentes procesos de lavado, tratamientos térmicos, y manipulación.

Prueba de secado a mango Kent comercial

Determinación de Humedad en muestra de Mango						
N°	Muestra	P. papel (g)	P. muestra Humedad (g)	P. de la muestra seca + papel (g)	P. muestra Seca (g)	Porcentaje de Humedad (%)
1	M1	0,33	5,40	1,05	0,72	86,65
2	M1	0,34	5,34	0,99	0,65	87,87
3	M1	0,34	5,34	1,01	0,67	87,42
4	M2	0,35	5,31	1,21	0,86	83,73
5	M2	0,34	5,26	1,19	0,85	83,84
6	M2	0,33	5,33	1,28	0,95	82,27
7	M3	0,33	5,68	1,07	0,74	87,02
8	M3	0,33	5,88	1,06	0,73	87,55
9	M3	0,35	5,22	1,01	0,66	87,39

Promedio (M 1)	87,310 %
Desviación Estándar	0,615

Promedio (M 2)	83,280 %
Desviación Estándar	0,876

Promedio (M 3)	87,323 %
Desviación Estándar	0,2703

Tabla. 5 Determinación del porcentaje de humedad en el mango Kent en estado comercial.

Nota. Se realizó la prueba de secado con el mango comercial el cual presento un % de humedad entre 82% - 88%; Según la teoría el valor esta entre (74%-87%), este varía dependiendo de los grados de maduración.

Tras la realización de las diferentes pruebas para el estudio fisiológico, metabólico y microbiológico del mango según las condiciones de la zona de producción, se establecen los parámetros y características del fruto que se va someter al tratamiento térmico.

Ficha técnica de Mango Kent para el proceso de choque térmico

Ficha técnica de Mango Kent para el proceso de choque térmico

Nombre científico: *Mangifera indica*
Clase: Magnoliopsida
Familia: Anacardiaceae
Género: Mangifera
Variedad: Kent

Descripción del producto

El mango es un fruto tropical, suculento, aromático y de fácil consumo; conocido por sus propiedades nutritivas las cuales varían por su grado de madurez, la variedad Kent tiene una excelente calidad y larga vida comercial

Característica	Descripción
Fruto	Carnoso
Textura	Poca fibra, jugoso, firme
Color	Pulpa: Amarilla Superficie: Verdoso con amarillo, parte superior roja y tiene pequeños puntos blanquecidos.
Sabor	Dulce, con toques ácidos (según nivel de maduración)
Forma	Ovoide ensanchado

Especificaciones Fisicoquímicas

Grados Brix	Estado de madurez 0 → 3,7 – 4,5°Bx Estado de madurez 1 → 4,6 - 5,8°Bx
Porcentaje de Humedad	82-85%
Calibre (Peso)	Calibre B Límites normales (351gramos – 550 gramos) Límites permisibles (≤ 10% de la fruta/ envase) (251gramos – 650gramos)

Grados de Madurez	0 u 1(Anexo 1)
Dimensiones	Longitud 10-12 cm

Especificaciones de calidad

REQUISITOS MÍNIMOS

En todas las categorías, a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, los mangos deberán:

- Estar enteros
- Estar sanos, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo
- Estar limpios, y exentos de cualquier materia extraña visible.
- Estar exentos de plagas que afecten al aspecto general del producto.
- Estar exentos de daños causados por plagas.
- Estar exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica.
- Estar exentos de cualquier olor y/o sabores extraños.
- Ser de consistencia firme.
- Tener un aspecto fresco.
- Estar exentos de daños causados por bajas y/o altas temperaturas.
- Estar exentos de manchas necróticas negras o estrías.
- Estar exentos de magulladuras marcadas
- Estar suficientemente desarrollados y presentar un grado de madurez satisfactorio.

NOTA: Cuando tengan pedúnculo, su longitud no deberá ser superior a 1 cm.

CATEGORIA

Selecto - Los mangos de esta categoría deberán ser de calidad superior y característicos de la variedad. No deberán tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase. (De acuerdo al CODEX STAN 184-1993, norma creada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS); En esta la categoría de mango selecto es conocida como "Extra").

Frutos sin manchas grandes, firmes, coloración representativa, libres de plagas y enfermedades. (Anexo 2)

Transporte y manipulación.

Para los frutos de mango, una vez recibida la fruta, se mueve directamente al cuarto frío con temperatura de 54°F (12.2°C). No permitir que la fruta se enfríe o se caliente demasiado. La misma regla se aplica a la fruta que va saliendo de la bodega, deben mantener la humedad relativa a un nivel entre el 90 y el 95%.

- Prueba polifenol oxidasa

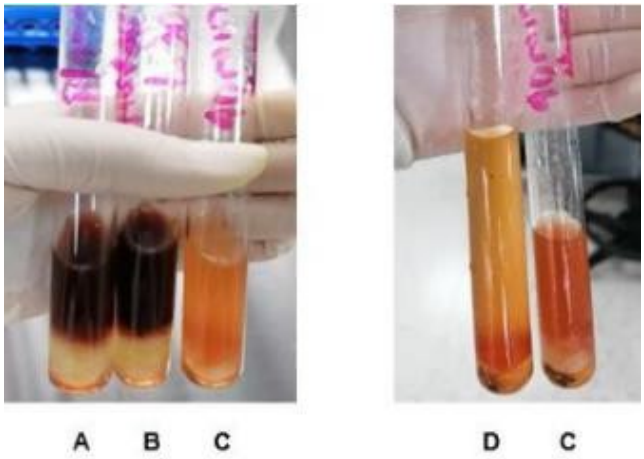


Figura. 4 Ensayo polifenoloxidasa

A: Muestra Blanco (mango sin tratamiento).
B: Muestra con 20 minutos de tratamiento.
C: Muestra con 40 minutos de tratamiento.
D: Muestra con 60 Minutos de tratamiento.

En esta prueba se evidencio la presencia de la enzima PPO en el mango Kent, en la muestra A y B se observa alta presencia de la enzima; sin embargo, en la muestra C y D presento una reducción, ya que la coloración fue más clara, lo que quiere decir que se redujo su actividad enzimática y por ende la probabilidad de que aparezcan manchas cafés en el fruto (pardeamiento).

Aunque el resultado presento disminución de la PPO, las características del mango cambiaron, esto en relación con el tiempo en el que estuvo sumergido a los 60 minutos, ya que la pulpa cambio de color de un amarillo pálido a un amarillo más fuerte y se presentó una cocción leve en su interior, por lo tanto, el método a la temperatura de 45-47°C durante 60 minutos no es viable, ya que los cambios son irreversibles.

- Proceso recubrimiento aloe vera y almidón

El resultado fue que el recubrimiento realizado con aloe vera y almidón de yuca no fue favorable, ya que existía mayor contenido de agua y no actuó como una barrera para los gases y la humedad, ya que a medida que avanzaron los días el fruto con recubrimiento perdió el brillo, empezó a tener coloraciones indeseadas, el color amarillo aumento y el verde desapareció casi completamente, al día 15 su textura era blanda, por lo tanto, el recubrimiento se quedó en la capa superficial y lo absorbió aumentando su actividad de agua y por ende reduciendo su vida útil. Por otra parte, el mango sin recubrimiento conservo sus características; hasta el día 15 seguía con la coloración inicial, conservo la firmeza y sin manchas.

A: Mango sin recubrimiento B: Mango con recubrimiento

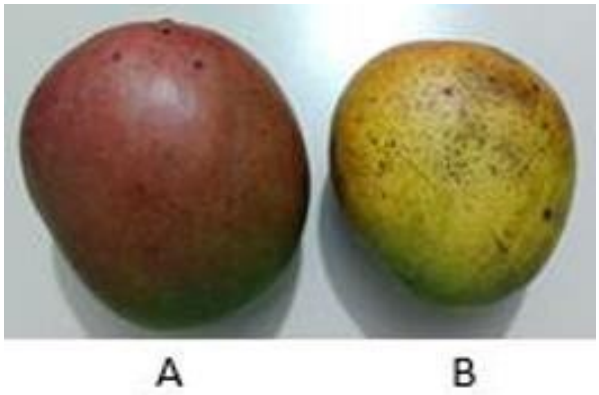
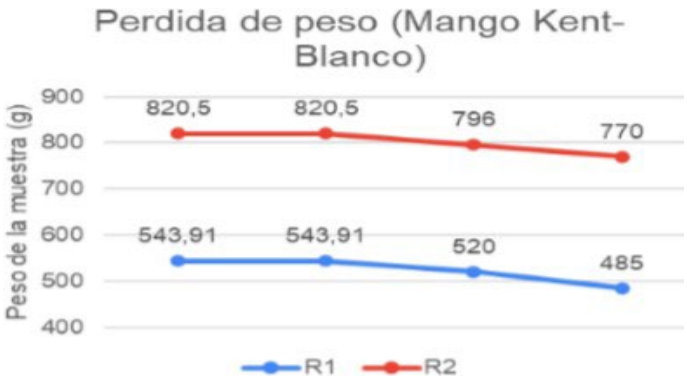


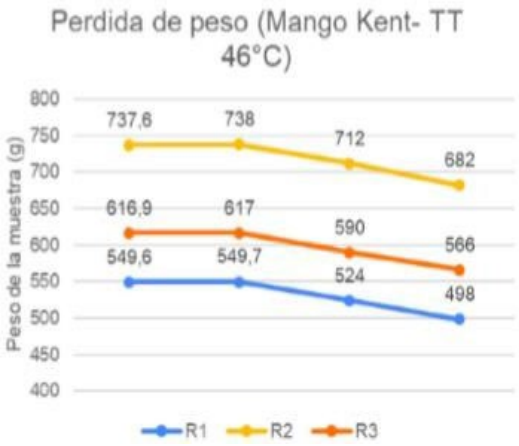
Figura. 5 Ensayo de recubrimiento en mango Kent

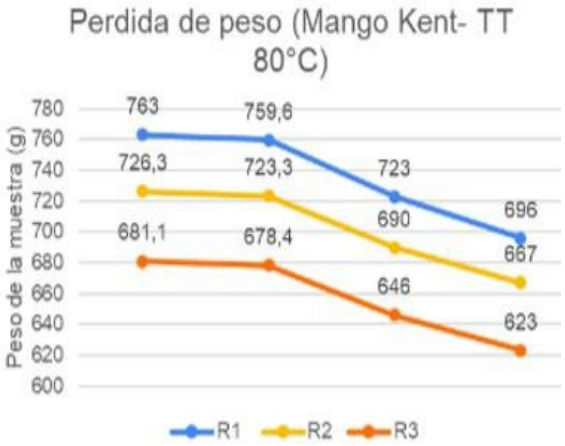
Análisis de comportamiento choque térmico y recubrimientos

A continuación, se presentan las gráficas correspondientes a los procesos térmicos y recubrimientos realizados, analizando la diferencia según la pérdida de peso de cada muestra.

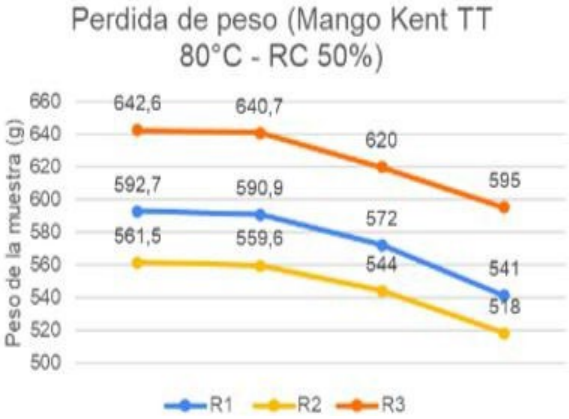


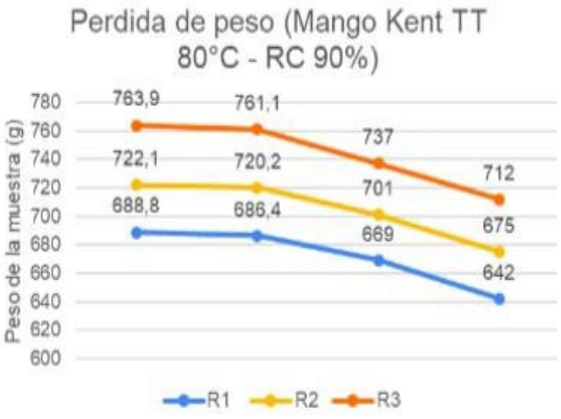
En esta grafica se evidencia la pérdida de peso del mango Kent sin ningún procedimiento (sin choque térmico y sin recubrimiento). Su comportamiento es una pérdida de peso ya que el fruto tiene reacciones internas que ocasiona la perdida de gases en su interior a medida que pasan los días. Se evidencia que en la muestra R1 y R2 una pérdida de 58,91 y 50,5 respectivamente.

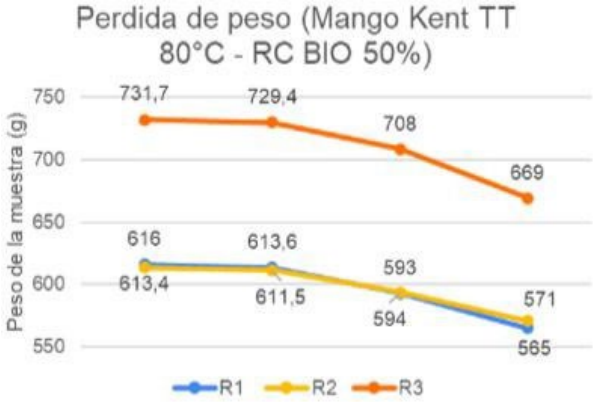


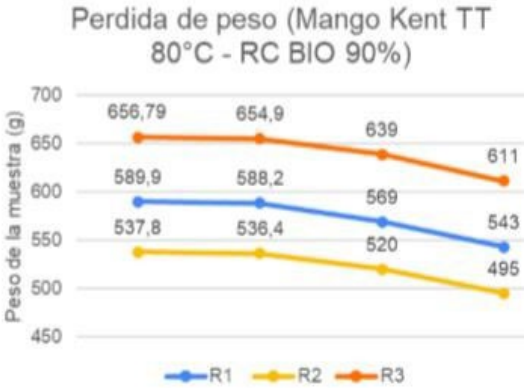


En las gráficas anteriores se evidencia la pérdida de peso teniendo en cuenta que en la primera relaciona el mango Kent con solo el tratamiento térmico a 46°C y la segunda con un tratamiento térmico de 80°C. Evidenciando que hubo mayor pérdida de peso en el segundo tratamiento debido al calor aplicado se generó mayor pérdida de gases además la superficie cambio debido a la perdida de pigmentos.









En las gráficas anteriores se evidencia el comportamiento de los recubrimientos y del choque térmico en las 20 muestras evaluadas, se analiza la pérdida de peso para la cual más adelante se presenta la tabla con promedios de perdidas según los recubrimientos al 50%y al 90%, sin embargo, se evidencia que las líneas empiezan un decline, en algunos más que otros. Se define que el mejor comportamiento fue el recubrimiento a 50% de WAX INDI y el choque térmico a 46°C por 20 minutos, ya que las otras concentraciones de recubrimiento tienen mayor pérdida de peso y el choque térmico a 80°C ocasiona la perdida de color natural del fruto.

A continuación, se presentan las tablas con el resumen de los resultados obtenidos en función de los dos recubrimientos utilizados (WAX INDI Y WAX INDI BIO) y su peso a medida que pasaban los días. Además, permite analizar en qué porcentaje de concentración (50% y 90%) del recubrimiento se obtiene menor pérdida de peso.

4. Recomendaciones y disposiciones finales

Se desarrolló un planteamiento del proceso de choque térmico para el presente proceso se tuvo en cuenta los requisitos fitosanitarios (ICA), El plan de trabajo para el tratamiento y certificación de mangos peruanos para exportación a EEUU; ya que para Colombia se presenta método de irradiación por Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS), United States Department of Agriculture (USDA) y solo algunas especificaciones de tratamiento térmico, Esta investigación se hizo con la finalidad de tener un acercamiento a procesos hidrotérmicos aceptados por el país de ingreso.

Choque Térmico

- Tratamientos hidrotérmicos: 46°C durante 20 minutos
- Tratamiento hidroenfriado: 15°C durante 30-45 segundos
- Temperatura de Almacenamiento en refrigeración: 11°C
- Concentración recubrimiento: 50% y 90 % WAX INDI (recubrimiento empresa COATING S.A)
- Vida útil: 2 meses 25 días

Recomendaciones

Se recomienda realizar el proceso de choque térmico a 46°C durante 20 minutos, ya que este proceso permite conservar las características organolépticas (color, olor, sabor, firmeza) del mango Kent.

Se recomienda utilizar recubrimientos comestibles al mango Kent logrando un fruto más apetecible según el mercado y disminuir la pérdida de peso; se puede llevar a cabo con recubrimiento de la empresa COATING S.A con las concentraciones establecidas (50%,70% y 90%).

Se recomienda que para el proceso establecido y siendo un fruto para mercado internacional aplicar recubrimiento WAX INDI a 50% y 90% los cuales fueron evaluados.

Se recomienda que para posteriores pruebas utilizar frutos selectos, ya que para obtener resultados más efectivos se necesitan realmente con las características propias del fruto a comercializar.

5. La educación en la ingeniera agroindustrial

De Acuerdo con Suarez-Guzman 2020, junto con los desafíos reportados por los estudiantes durante este proceso, constituye un tema clave que debe abordarse e incorporarse en la investigación y en los contenidos curriculares de los programas enfocados en agroindustria. Esto implica que las instituciones deben repensar sus programas académicos para mantenerse a la vanguardia en la educación que ofrecen a sus estudiantes. De esta manera, es posible definir apuestas directas dentro de la cadena de I+D+i, así como actividades de formación desde las universidades, a través de la interacción Empresa-Universidad-Estado, que impulsen el desarrollo de las cadenas productivas, en este caso puntual, de la variedad de mango Kent, como se ilustra en la Figura 6.

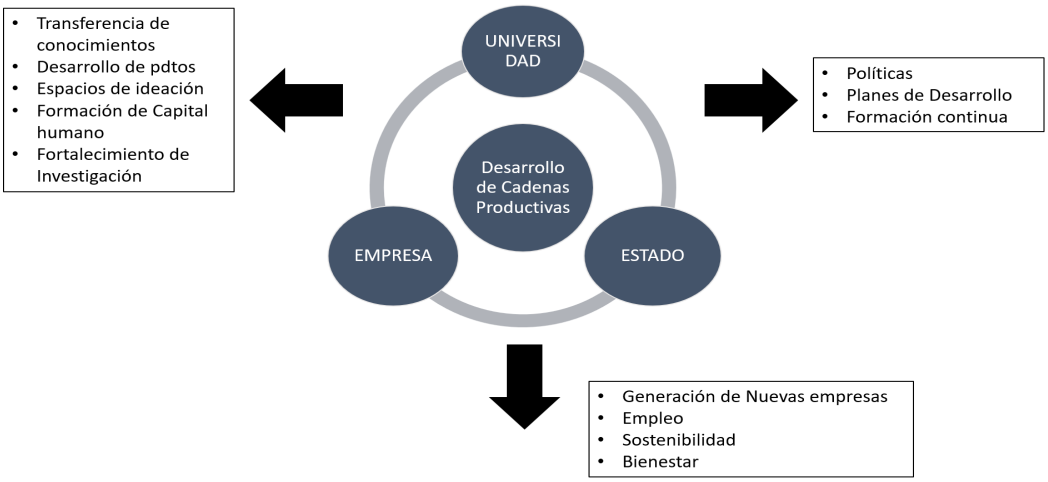


Figura. 6 Desarrollo de las cadenas productivas a través de los programas de formación de la UTP

Adicionalmente, los temas y tecnologías mencionados trascienden la región específica donde se realizó el estudio y se convierten en insumos valiosos para los actores vinculados al sistema productivo del subsector del mango, en línea con los Planes Estratégicos del Sector Agropecuario Colombiano (2017–2027), particularmente en su objetivo 1: "Incrementar la productividad y competitividad de los sistemas productivos agroindustriales, para el cambio técnico y la generación de valor mediante actividades de I+D+i y soluciones enfocadas a las demandas".

Entre estas apuestas se encuentran la participación en el desarrollo de políticas y planes regionales, la ejecución de proyectos de transferencia de conocimiento, el estudio de tecnologías emergentes, y la creación de espacios para la ideación y el trabajo en equipo que impulsen soluciones innovadoras y nuevos emprendimientos. Asimismo, se prioriza la formación de capital humano capaz de integrar actividades del sector agroindustrial con procesos de investigación y

extensión en contextos globalizados, contribuyendo al desarrollo sostenible de las cadenas productivas.

También se contempla la generación de programas pertinentes y el fortalecimiento de programas de la UTP, como la Ingeniería en Procesos Agroindustriales y la Maestría en Desarrollo Agroindustrial, a través de la renovación de sus currículos, en línea con la política institucional. Según las orientaciones para la renovación curricular, cada facultad propone el tipo de formación que desea ofrecer a sus estudiantes y profesionales egresados, con el objetivo de promover la generación de empleo, la creación de nuevas empresas y el bienestar de la sociedad.

6. Referencias

Artículos de revistas

- Berrio, A. C. and Perez, S. J. (2002). Towards a new concept on engineering education. Journal of Educational Technology, Vol. 24, No. 12, pp. 269-286.
- Rojas, Janeth ET al. (2001). Evaluación de la efectividad de Bacillus sphaericus cepa 2362 sobre larvas de Anopheles nuñeztovari. Mérida, Venezuela. Investigación Clínica, 42(2), 131-146.
- Geman Tortosa (2020). Diluciones seriadas, para observar en la caja Petri el número de colonias formadas.

Libros

- Acosta, J. (2001). Ciudades del Conocimiento. Panamericana formas e impresos, Bogotá, D.C., pp. 116.

Memorias de congresos

- Eppinger S.D. and Salminen V. K. (2001). Patterns of product development interactions. Proceedings of ICED '01, Vol. 1, Glasgow, pp. 283 - 290.

Fuentes electrónicas

- University of Hong Kong. (1997, June). Final report: Ad Hoc Group for Learning Technologies. Consultado el 21 de mayo de 2002 en http://www.hku.hk/caut/Homepage/itt/5_Reports/5_1AdHoc.htm
- University of Hong Kong. (1997, June). Final report: Ad Hoc Group for Learning Technologies. Consultado el 21 de mayo de 2002 en http://www.hku.hk/caut/Homepage/itt/5_Reports/5_1AdHoc.htm
- Fernández, N. M Et al. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial, 15(2), 134– 141. https://doi.org/10.18684/BSAA(15)134-141
- COATINGS SAS. Empresa colombiana de suministro de insumos y servicios para el sector Agrícola. Recubrimientos para frutas. Ciudad Medellín. https://coatings.com.co/

- Anaya Dyck. (2015). Expresión génica de proteínas de choque térmico en frutos de mango (Mangifera indica l.) sometidos a tratamiento hidrotérmicos. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/106 Imagen diluciones seriadas.
- Pérez, I. (2012). Bacillus cereus y su papel en las intoxicaciones alimentarias. SciELO Saúde Pública. Retrieved June 4, 2023, from https://scielosp.org/pdf/rcsp/v38n1/spu1011__2.pdf. https://doi.org/10.1590/S0864-34662012000100010
- SUAREZ-GUZMAN, Lina M.; ESCOBAR-MARULANDA, Natalia M. y ZARTHA-SOSSA, Jhon W.. Estudio de prospectiva al 2032 de la cadena de plátano, un enfoque hacia los programas académicos del sector agroindustrial. Inf. tecnol. [online]. 2020, vol.31, n.6 [citado 2025-04-22], pp.95-104. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000600095&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-0764. https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000600095

Sobre los autores

- **Jorge Iván Quintero Saavedra**: Ingeniero Químico, Doctor en Ingeniería de la Universidad del valle. Profesor Auxiliar Universidad Tecnológica de Pereira. j.quintero@utp.edu.co
- **Juan José Rodríguez Marín**: Ingeniero Agroindustrial, Máster en Bioingeniería e ingeniería biomédica. Profesor formalizado, Universidad Tecnológica de Pereira. juanjose.rodriguez2@utp.edu.co

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)