

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Ciencias Agrícolas



**EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y DE RECUBRIMIENTOS
COMESTIBLES EN CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE DATIL MEJHOUL**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROBIOTECNOLOGÍA DE ZONAS ÁRIDAS

PRESENTA

ING. ANABEL GERONIMO CRUZ

DIRECTOR

DRA. BLANCKA YESENIA SAMANIEGO GAMEZ

EJIDO NUEVO LEÓN, MEXICALI B.C., 3 DE DICIEMBRE DEL 2024

La presente tesis titulada **“Evaluación de tratamientos térmicos y de recubrimientos comestibles en características de calidad de dátil Mejhoul”**, realizada por el C. Anabel Geronimo Cruz, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROBIOTECNOLOGÍA DE ZONAS ÁRIDAS

Consejo Particular

Presidente _____

(Dra. Blancka Yesenia Samaniego Gámez)

Sinodal _____

(Dr. Raúl Enrique Valle Gough)

Sinodal _____

(Dr. Fidel Núñez Ramírez)

Sinodal _____

(Dra. Olivia Tzintzun Camacho)

Sinodal _____

(Dr. Daniel González Mendoza)

Sinodal _____

(Dr. René Garruña Hernández)

“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER”

Ejido Nuevo León, Mexicali Baja California, México; 3 de diciembre del 2024

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California, al Instituto de Ciencias Agrícolas y a la Maestría en Ciencias en Agrobiotecnología de Zonas Áridas por darme la oportunidad de continuar con mi formación académica y profesional. Así como al Cuerpo Académico de Fisiología y Ambiente en la Producción Agrícola (UABC-CA-349) y a los proyectos participantes: 200/3330 y 200/3316.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por el financiamiento otorgado para la realización de esta investigación con la beca número: 845863.

A los productores datileros por permitir el acceso a sus plantaciones.

A los miembros del comité de tesis, los Doctores: Blancka Yesenia Samaniego, Raúl Valle, Fidel Ramírez, Olivia Tzintzun, Daniel González y René Garruña por el apoyo brindado durante los dos años de estudio, por su guía, sus siempre acertadas observaciones y sugerencias para el desarrollo de esta investigación.

A mis profesores, los Doctores: Olivia, Silvia Mónica, Lourdes, Jimena, Marisol, Blancka Y., Roberto, Carlos, Raúl, y Dagoberto, por compartirme sus conocimientos y su experiencia y por brindarme su apoyo académico dentro y fuera de las aulas.

A la Dra. María de los Ángeles López por su colaboración para que parte del trabajo experimental pudiera completarse; y a los Dres. Carlos F. Moreno y Carlos Ail por su apoyo extra-clase, en laboratorio y asesorías que fueron de mucha importancia.

Al personal del ICA que contribuyó para que este trabajo pudiera realizarse, especialmente al Sr. Elihu y el Sr. Cande por su ayuda en los laboratorios. A los trabajadores y alumnos que amablemente apoyaron como panelistas. A todos los que de una u otra manera contribuyeron para la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

A mi amado esposo Rogelio, por su apoyo en todos los momentos buenos y malos durante estos dos años, por creer en mí, por alentarme a superarme y por facilitarme el camino con su apoyo en casa y con nuestros hijos, por tener las palabras correctas para animarme siempre que fue necesario. Siempre agradeceré a Dios que te haya puesto en mi camino.

A mis adorados hijos, Sara y Rogelio, que son mi motivación y mi inspiración para seguirme preparando para darles un buen ejemplo cada día, gracias por adaptarse a los cambios, que fueron muchos en estos dos años, y por ser tan comprensivos siempre. Deseo inculcarles que la educación sea para ustedes el camino que los lleve a ser mejores personas.

A mis amados padres, Benjamín y Andrea, quienes hicieron que desde niña viera a la educación como el camino correcto para superarme en la vida, gracias por sus palabras de ánimo y por el amor que siempre me han brindado.

A mis queridos hermanos, Ana Paula, Lorena, María de Jesús y Benjamín, por su apoyo, sus porras y por alegrarse por mis logros. A todos mis sobrinos, deseo que continúen con sus estudios y que nada los detenga para que se superen y logren todo lo que deseen. A mis suegros y cuñados por su cariño, sus palabras de motivación y alegrarse por mis logros.

A las Dras. Aurelia, Olivia y Jimena, así como al Dr. Antonio por su apoyo y consejo siempre que lo necesité.

A mis amigos y familia: Cristina, Alma Rosa, a todo el "French", por siempre alegrarse por mis logros y porque siempre tienen palabras de ánimo.

Por último, a mis compañeros y amigos cimarrones Nahomi y Juan, ahora sí, ¡lo logramos!

RESUMEN

En la etapa postcosecha los dátiles sufren alteraciones que disminuyen su calidad pudiendo alcanzar pérdidas de 20 % a 30 %. En este sentido el objetivo de esta investigación fue evaluar por un lado el efecto de tratamientos térmicos (combinación de tiempo y temperatura) por inmersión en agua caliente y, por otro lado, de recubrimientos comestibles (RC) a base de mucílago de nopal y cera de abeja sobre características de calidad de frutos de palma datilera cv Mejhoul almacenados a 20 °C en almacenamiento (TT: 1 y 15 días (d); RC: 30, 60 y 90 d) postcosecha. Los resultados de la aplicación de los Tratamientos Térmicos (TT) (50 °C × 1 min, 50 °C × 5 min, 50 °C × 510 min, 60 °C × 1 min, 60 °C × 5 min, 60 °C × 10 min), sobre los parámetros fisicoquímicos de los dátiles variedad Mejhoul indicaron que tanto los TT como sus componentes influyeron de forma significativa ($p < 0.05$) sobre variación de peso (VP), variación de tamaño, la firmeza y los sólidos solubles totales (SST) de los frutos. Se presentó un efecto de hidratación inmediata a 1 d de almacenamiento de los frutos, que se observó por una ganancia de peso en la mayoría de los tratamientos, a excepción de los frutos testigo y 50 °C × 1 min que presentaron pérdidas de peso, destacando el TT 60 x 10 min (7.9 %). A 15 d de almacenamiento las diferencias en la VP (pérdidas) (6.7 % y 7.7 %), no fueron significativas ($p < 0.05$) respecto al resto de los tratamientos. La VT solo presentó diferencia significativa por el tiempo de almacenamiento 1 d y a 15 d (0.5 % - 8.6 %). En cuanto a la firmeza de los dátiles se registró que todos aumentaron su firmeza durante el almacenamiento (0.89 Kgf - 2.58Kgf); así como que se obtuvieron frutos más firmes con TT temperatura de 50 °C (1.8 Kgf) y frutos más suaves con TT a temperatura de 60 °C (1.5 Kgf); en los frutos sumergidos a 60 °C se presentó una relación inversa en la pérdida de peso, la firmeza y en el contenido de SST con el incremento en los tiempos de inmersión. Se destaca el tratamiento de 50 °C × 5 min con la mayor firmeza (1.55 Kgf - 2.19 Kgf) y el mayor contenido de SST (72.2 °Bx 70.2 °Bx); así como el de 60 °C × 10 min con la menor firmeza (0.89 Kgf – 1.76 Kgf) y el menor contenido de SST (70.06 °Bx – 61.33 °Bx). Los recubrimientos comestibles a base de mucílago de nopal y cera de abeja contribuyeron a mantener los atributos de pérdida de peso, color y pérdida de tamaño de los dátiles Mejhoul,

debido a que no se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto a los tratamientos Testigo absoluto y Testigo agua durante el almacenamiento. Por otro lado, la interacción de los factores Tratamiento \times Tiempo de almacenamiento influyó significativamente sobre las características fisicoquímicas de firmeza, SST, azúcares totales (AT) y azúcares reductores (AR) de los dátiles Mejhoul. Los recubrimientos a base de CA en concentración de 0.5 % tuvieron los valores más altos de firmeza de los frutos (4.1 Kgf), los que tuvieron los valores menores fueron los frutos Testigo absoluto (3.6 Kgf). En el contenido de AT, los RC 0MN 1CA (80.7 %) y 1MN 0CA (79.7 %) obtuvieron los mayores valores con respecto al resto de los tratamientos; en cuanto al contenido de AR, los tratamientos 0.5MN 0.5CA (71.7 %) y 0MN 1CA (69.5 %) obtuvieron el mayor contenido de con respecto a los demás tratamientos. La combinación de 0.5MN 0.5CA mantuvo durante todo el almacenamiento el contenido de SST constante (67.4 °Bx), Cera comercial el que obtuvo el mayor contenido de SST (69.3 °Bx) y el de 1MN (67.2 °Bx) el que obtuvo el menor valor en esta variable. De la evaluación organoléptica (color, apariencia visual, dulzura, sabor, textura y preferencia global), por su color y apariencia visual, los dátiles con RC de mucílago de nopal a concentración de 1 % obtuvieron la mayor preferencia, por el contrario, los RC con Cera de abeja (0.5 % y 1 %) fueron los menos preferidos. En los atributos de dulzura, sabor y textura, los tratamientos Testigo absoluto y Agua fueron los más preferidos. En general, por la calificación global de sus atributos, la preferencia de los dátiles Mejhoul fue mayor conforme aumentó el tiempo de almacenamiento, así como globalmente fueron los dátiles Testigo absoluto y Agua los más preferidos.

Palabras clave: palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.), calidad, tratamiento térmico, recubrimiento comestible, poscosecha.

ABSTRACT

In the post-harvest stage, dates undergo alterations that decrease their quality, and can reach losses of 20% to 30%. In this sense, the objective of this research was to evaluate, on the one hand, the effect of heat treatments (combination of time and temperature) by immersion in hot water and, on the other hand, of edible coatings (RC) based on nopal mucilage and beeswax on the quality characteristics of date palm fruits (Mejhoul) stored at 20 °C in storage (TT: 1 and 15 days (d); CR: 30, 60 and 90 d) post-harvest. The results of the application of Heat Treatments (TT) (50 °C × 1 min, 50 °C × 5 min, 50 °C × 510 min, 60 °C × 1 min, 60 °C × 5 min, 60 °C × 10 min), on the physicochemical parameters of Mejhoul dates indicated that both TT and its components significantly influenced ($p < 0.05$) weight variation (PV), size variation, firmness and total soluble solids (TSS) of the fruits. An immediate hydration effect was presented at 1 d of fruit storage, which was observed by weight gain in most treatments, with the exception of control fruits and 50 °C × 1 min that presented weight loss, highlighting TT 60 × 10 min (7.9 %). At 15 d of storage, the differences in PV (losses) (6.7 % and 7.7 %) were not significant ($p < 0.05$) compared to the rest of the treatments. VT only showed a significant difference in storage time 1 d and at 15 d (0.5 % - 8.6 %). Regarding the firmness of dates, it was recorded that all increased their firmness during storage (0.89 Kgf - 2.58Kgf); as well as firmer fruits were obtained with TT temperature of 50 °C (1.8 Kgf) and softer fruits with TT at temperature of 60 °C (1.5 Kgf); in fruits immersed at 60 °C, there was an inverse relationship in weight loss, firmness and TSS content with increasing immersion times. Se destaca el tratamiento de 50 °C × 5 min con la mayor firmeza (1.55 Kgf - 2.19 Kgf) y el mayor contenido de SST (72.2 ° Bx 70.2 °Bx); así como el de 60 °C × 10 min con la menor firmeza (0.89 Kgf – 1.76 Kgf) y el menor contenido de SST (70.06 °Bx – 61.33 °Bx). The edible coatings based on nopal mucilage and beeswax contributed to maintain the weight loss, color and size loss attributes of the Mejhoul dates, due to the fact that there were no significant differences ($p < 0.05$) respect to the absolute control and water control treatments during storage. On the other hand, the interaction of the Treatment × Storage Time factors significantly influenced ($p < 0.05$) the physicochemical characteristics of firmness, TSS, total sugars (TA) and

reducing sugars (RA) of Mejhoul dates. The coatings based on CA in a concentration of 0.5 % had the highest values of fruit firmness (4.1 Kgf), those that had the lowest values were the absolute control fruits (3.6 Kgf). In the content of AT, the CR 0MN 1CA (80.7 %) and 1MN 0CA (79.7 %) obtained the highest values with respect to the rest of the treatments; in terms of RA content, 0.5MN 0.5CA (71.7 %) and 0MN 1CA (69.5 %) treatments obtained the highest content of the other treatments. The combination of 0.5MN 0.5CA maintained constant SST content (67.4 °Bx) throughout storage, Commercial Wax obtained the highest TSS content (69.3 °Bx) and 1MN (67.2 °Bx) obtained the lowest value in this variable. From the organoleptic evaluation (color, visual appearance, sweetness, flavor, texture and global preference), for their color and visual appearance, dates with cactus mucilage CR at a concentration of 1 % obtained the highest preference, on the contrary, CR with beeswax (0.5 % and 1 %) were the least preferred. In the attributes of sweetness, taste and texture, the Absolute Witness and Water treatments were the most preferred. In general, due to the overall qualification of their attributes, the preference of Mejhoul dates was greater as storage time increased, as well as globally Absolute Control and Water dates were the most preferred.

Keywords: date palm (*Phoenix dactylifera L.*), quality, heat treatment, edible coating, postharvest.

ÍNDICE

Sección	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	1
ÍNDICE DE CUADROS	3
1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIPÓTESIS	5
3. OBJETIVOS	6
3.1 Objetivo general	6
3.2 Objetivos particulares.....	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1 Origen y distribución de la Palma datilera (<i>Phoenix dactylifera L.</i>)	7
4.2 Manejo del Cultivo en el valle de Mexicali	8
4.3 Cosecha	15
4.4 Fruto	15
4.5 Manejo poscosecha	16
4.6 Costos de producción e importancia económica del cultivo	17
4.7 Tratamientos térmicos (TT)	18
4.8 Evaluación sensorial de productos hortofrutícolas	25
5. MATERIALES Y MÉTODOS	27
5.1 Estrategia experimental	27
5.2 Tratamientos térmicos	28
5.3 Recubrimiento comestible	31
5.4 Evaluación sensorial	41
5.5 Diseño y Análisis estadístico	42

6.	RESULTADOS y DISCUSIÓN	44
6.1	Tratamientos Térmicos (TT).....	44
6.2	Recubrimiento comestible	56
6.3	Evaluación sensorial	77
7.	CONCLUSIONES	89
8.	ANEXOS	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1.- Diagrama de representación de la estructura de una palma datilera Chao y Krueger, 2007.....	8
Figura 2.- Programa de fertilización anual en relación con el crecimiento del dátil variedad Mejhoul en el Noroeste de México (Morales <i>et al.</i> , 2023).....	11
Figura 3.- Propiedades funcionales de los recubrimientos comestibles (Lin y Zhao, 2007).....	23
Figura 4.- Etapas de Estrategia experimental para la aplicación de tratamientos térmicos y de recubrimiento comestible en dátil Mejhoul.	28
Figura 5.- Diagrama detallado del proceso de la aplicación de tratamientos térmicos por inmersión en dátil Mejhoul.....	30
Figura 6.- Diagrama de la obtención y secado de mucílago de nopal.....	32
Figura 7.- Figura 7. Diagrama de proceso de manejo postcosecha de dátil Mejhoul con aplicación de RC.	38
Figura 8.- Comparación en la variación del peso de frutos de dátil sometidos a tratamientos térmicos (Tukey, $p < 0.05$) con diferentes tiempos de almacenamiento de 1 día y 15 días. Valores negativos indican pérdidas de peso.....	49
Figura 9.- Características de calidad fisicoquímicas de dátiles en postcosecha. ..	52
Figura 10.- Comportamiento de la pérdida de peso de los dátiles Mejhoul con recubrimientos comestibles almacenados a 20°C.....	60
Figura 11.- Pérdida de tamaño en dátiles cv Mejhul por tiempo de almacenamiento. A) Diámetro polar; B) Diámetro ecuatorial.....	62
Figura 12.- Caracterización fisicoquímica de dátil Mejhul con recubrimiento comestible almacenado durante 90 días. A) Firmeza; B) Sólidos Solubles Totales.	64

Figura 13.- Comportamiento de los atributos de color del dátil Mejhoul. A: Luminosidad, B: Cromaticidad y C: Ángulo de Hue.....	67
Figura 14.- Contenido de azúcares en el dátil Mejhoul. A: Azúcares totales y B: Azúcares reductores	70
Figura 15.- Nivel de preferencia del color.....	78
Figura 16.- Nivel de preferencia de la dulzura.....	80
Figura 17.- Nivel de preferencia de la dulzura.....	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1.- Datos de la producción de dátil Mejhoul en México, durante el 2022..	18
Cuadro 2.- Propiedades de los ingredientes del recubrimiento comestible.	34
Cuadro 3.- Concentraciones de mezclas de recubrimiento comestible (RC)	36
Cuadro 4.- Comparación de valores medias de las variables variación del peso (VP) y variación de tamaño (VT) del dátil variedad Mejhoul, sometidos a tratamientos térmicos en almacenamiento postcosecha. (Tukey, $p < 0.05$).	45
Cuadro 5.- Influencia de la temperatura, el tiempo de inmersión y el tiempo de almacenamiento, y de sus interacciones sobre los atributos fisicoquímicos de dátiles Mejhoul.....	46
Cuadro 6.- Efecto de la temperatura, tiempo de inmersión y el almacenamiento en los atributos fisicoquímicos de dátil Mejhoul. (Tukey, $p < 0.05$).	47
Cuadro 7.- Caracterización de las mezclas de recubrimiento.	56
Cuadro 8.- Influencia de los recubrimientos y el tiempo de almacenamiento sobre los atributos fisicoquímicos y bromatológicos de dátil Mejhoul almacenado a 20 °C ($p < 0.05$).	57
Cuadro 9.- Comparación de medias (Tukey, $p < 0.05$) de los valores de los atributos fisicoquímicos y bromatológicos del dátil Mejhoul con recubrimiento comestible y almacenados durante 90 días a 20 °C.	58

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.), tiene gran relevancia en la actividad agrícola de muchas zonas cálidas y áridas del mundo (Tenberg, 2012). En el continente americano, la producción comercial de dátil, fruto de la palma datilera se da en Estados Unidos, México y Perú (FAOSTAT, 2022). El dátil para consumo en fresco se define de acuerdo a la NMX-117-SCFI-2012 como “el fruto sano de la palma datilera que ha sido recolectado en la fase de madurez apropiada, ha sido escogido y limpiado para eliminar el fruto defectuoso y las materias extrañas; puede estar sin hueso y sin cáliz o corona; puede estar secado o hidratado, puede estar lavado y/o pasteurizado; sea empaquetado en recipientes adecuados para conservar y proteger el producto y esté libre de humedad anormal” (Secretaría de Economía, 2012).

En Baja California, la zona productora de dátil se ubica en el Valle de Mexicali, donde el cultivo se ha incrementado en los últimos años de 1, 000 ha sembradas en 2017, a cerca de 1,660 ha en 2022, con tendencia a continuar con el crecimiento en superficie sembrada. En el 2022, el valor de su producción en el estado fue de alrededor de \$600 millones de pesos, ubicándose en el 7° lugar como cultivo de importancia por su valor económico en el ramo de cultivos hortofrutícolas (SIAP, 2023).

Los dátiles son frutos no climatéricos, generalmente se cosechan en etapas completamente maduras llamadas "Rutab" (marrón claro y suave) y "Tamar" (marrón oscuro y suave, semiseco o seco). En estas etapas, la fruta contiene la mayor concentración de azúcares, mayor suavidad, menor contenido de taninos (desaparición de la astringencia) y menor humedad (Kader y Awad, 2009). Estos frutos no maduran al mismo tiempo, por lo tanto, los frutos ya maduros son cosechados del racimo en forma manual. Una vez cosechados los dátiles, el manejo para su venta en fresco implica procesos de selección, lavado y desinfección, secado, clasificación y envasado para la venta al consumidor final (Sarraf, *et al.*, 2021). La calidad del dátil fresco en México está regulada por la NMX- FF- 117-

SCFI- 2012 que establece los requisitos mínimos de calidad (Secretaría de Economía, 2012).

Durante el almacenamiento, los frutos pueden sufrir alteraciones físicas, comúnmente de origen mecánico en las operaciones de manejo del fruto, que causan lesiones y aceleran los procesos de degradación: químicas, como la formación de manchas de azúcar, resultado de la cristalización de estos compuestos en la pulpa, conocida como azucarado; bioquímicas, como es el oscurecimiento enzimático y la separación de la cáscara conocido como hinchazón, entre otros (Sarraf, *et al.*, 2021).

Además de estos factores que afectan el rendimiento y la calidad de los dátiles durante el almacenamiento también pueden verse afectados por la infestación de insectos, así como por bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*, y algunos géneros de hongos y levaduras (Jemni *et al.*, 2014) como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Fusarium* (Hamad, 2008; Kader, 2007). En el Valle de Mexicali se reportó la presencia de especies de hongos, principalmente, *Aspergillus niger* y *Rhizopus spp* (Morales, *et al.*, 2021; Contreras, *et al.*, 2023).

En este sentido, se han reportado mermas de 20 a 30 % en etapa postcosecha en la zona productora de los Valles de San Luis Rio Colorado, Sonora y Mexicali, Baja California, (Rodríguez-Carmona, 2012; Blando, 2019), lo que representa entre 120 y 180 millones de pesos en pérdidas para los productores, si se considera como ejemplo el valor de la producción del año 2022. Por consiguiente, es necesario la implementación de alternativas para el manejo del fruto en esta etapa que permitan mantener la calidad adquirida en la palma.

Existen diferentes métodos, tradicionales y recientes para el manejo postcosecha de los dátiles entre los cuales incluyen la irradiación (Azemat, *et al.*, 2006), la aplicación de microondas (Zouba, *et al.*, 2009), ozono (Abo-El Saad, *et al.*, 2011, Jemni, *et al.*, 2014), envasado al vacío, atmósferas modificadas (Achour, *et al.*, 2003), tratamientos térmicos (Ben- amor, *et al.*, 2016), recubrimientos comestibles,

entre otros. En varios estudios se hace mención de que la respuesta del fruto a tratamientos postcosecha para conservar la calidad está en función de la variedad y de la región en la que se realizan los ensayos (Dhouibi, 2013; El-Habbab, *et al.*, 2017; Rodríguez-Carmona, 2012).

Diversos estudios se han enfocado en la aplicación de los tratamientos térmicos por inmersión en agua caliente de frutos como: el dátil, mango (*Mangifera indica* cv Kent), higo (*Ficus carica* var Black Mission), manzana (*Golden delicious*), cítricos (naranja *Citrus cinensis* cv.Tarocco y cv Shamouti, mandarina cv. Fortune), aguacate (*Persea americana*), entre otros. Este tipo de tratamientos no solo eliminan la suciedad, los pesticidas y las esporas de hongos en los productos recién cosechados, sino que también mejoran la apariencia general del fruto y mantienen su calidad (Khalil, *et al.*, 2022; Hazbavi, *et al.*, 2013; Ben amor, *et al.*, 2016; Fallik, 2004; Antunes, *et al.*, 2003). De forma contrastante el uso de este tipo de tratamientos puede tener efectos perjudiciales en la calidad, como es el caso del mango, donde se observó la aceleración de la maduración, ablandamiento del fruto y oscurecimiento de la cáscara (Kim, *et al.*, 2007).

Otro método de conservación son los recubrimientos comestibles, los cuales en diferentes reportes se han documentado sus beneficios para la extensión de la vida útil de los frutos (Espino-Díaz, *et al.*, 2010), tales como cítricos (shellac), manzanas (goma laca y cera de carnauba), tomates (*Solanum lycopersicum*) (aceite mineral) y pepinos (*Cucumis sativum* L.) (diferentes ceras) (Baldwin, 2005; Piña-Barrera, *et al.*, 2021). En el dátil también se han probado en variedades como Khadrawy, Estamaran, Hallawy, Piarom y Zahidi, Barhi, con resultados positivos en la disminución o retardo del deterioro de los atributos que contribuyen a la calidad de los frutos (Eman, *et al.*, 2020; Abu-Shama, *et al.*, 2020).

Así mismo se ha comprobado que el uso de tratamientos térmicos (55°C durante 5 min) y posterior colocación de un recubrimiento comestible a base de quitosano proporcionaron un efecto sinérgico en frutos de mango almacenados a 13 ± 0.5 °C y 85%-90% de humedad relativa durante 28 días ocasionando un retraso de la

maduración del fruto, manteniendo la firmeza del fruto, y los sólidos solubles totales, por lo que se concluyó que el uso combinado o separado de los tratamientos térmicos como de los recubrimiento se pueden utilizar de forma eficaz para disminuir los problemas en poscosecha y conservar la calidad del fruto (Khalil, *et al.*, 2022).

La compra inicial de un producto hortofrutícola se basa en la apariencia visual y la frescura, pero el sabor es esencial para continuar comprándolo, por lo que actualmente los investigadores son cada vez más conscientes de la importancia del análisis sensorial, realizando evaluaciones mediante panelistas o consumidores principalmente para evaluar parámetros que son difíciles de medir con análisis químicos (Pires, *et al.*, 2020 Hassan, *et al.*, 2018; Escribano y Mitcham, 2014).

Por lo anterior, los objetivos de esta investigación fueron: i) evaluar el efecto de la aplicación de tratamientos térmicos, y ii) evaluar la aplicación de recubrimientos comestibles, así como su efecto en la preferencia de sus características organolépticas por el consumidor, en dátil cv Mehjoul durante el almacenamiento a 20°C.

2. HIPÓTESIS

- La aplicación de un tratamiento térmico por inmersión en agua caliente mantiene los parámetros de calidad en los frutos del dátil cv Mejhoul durante el almacenamiento postcosecha.
- La aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal y/o cera de abeja mantiene los parámetros de calidad del dátil cv Mejhoul durante el almacenamiento postcosecha.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de tratamientos térmicos y de recubrimientos comestibles sobre la calidad postcosecha de frutos de palma datilera (*Phoenix dactylifera* cv Mejhoul).

3.2 Objetivos particulares

- Determinar el efecto de la aplicación de tratamientos térmicos sobre parámetros fisicoquímicos de dátil cv Mejhoul.

- Evaluar el efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles a base de mucílago de nopal y cera de abeja sobre características fisicoquímicas y bromatológicas de dátiles cv Mejhoul.

- Evaluar las propiedades organolépticas del dátil cv Mejhoul con recubrimiento comestible.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen y distribución de la Palma datilera (*Phoenix dactylifera L.*)

La palma datilera (*Phoenix dactylifera L.*) es una planta con flores de la familia *Arecaceae*, que principalmente se cultiva para el consumo de su fruto (el dátil). Esta familia botánica contiene alrededor de 200 géneros con alrededor de 3000 especies (Barreveld, 2015). La palma datilera (*P. dactylifera*) se ha cultivado en oriente medio desde hace unos 6000 años (Al-Karmadi y Okoh, 2024; Copley, *et al.*, 2001).

Los dátiles son un alimento básico para los pueblos de Medio Oriente y norte de África (Weiss, *et al.*, 2000). El registro más antiguo que se tiene del cultivo proviene de la antigua Mesopotamia (actualmente sur de Irak), aunque su origen exacto, aún se discute (Wrigley, 1995; Chao y Krueger, 2007).

Las palmas datileras y su fruto se representaron en tablillas antiguas de las culturas babilónicas y asirias, incluso en el código Hammurabi, en el que se daban a conocer las leyes referentes sobre las ventas de los frutos (dátiles). También, se hicieron referencias a su cultivo en escritos antiguos egipcios, sirios, libios y palestinos (Nixon, 1951; Popenoe, 1973). Su cultivo se extendió desde su centro de origen por la Península Arábiga, el Norte de África y Oriente Medio. Durante los últimos tres siglos, los dátiles se introdujeron en nuevas áreas de producción como son Australia, India, Pakistán, Estados Unidos, México, el sur de África y América del Sur (Chao y Krueger, 2007). En México la variedad más cultivada es la variedad Mejhoul con más del 90 % del total de su producción (Salomón-Torres, *et al.*, 2017). En el hemisferio Norte el cultivo de palma datilera (*Phoenix dactylifera L.*) se encuentra distribuido entre los 10° y 30° de latitud (Morales, *et al.*, 2023).

La palma datilera de la variedad Mejhoul tiene su origen en el Valle de Tafilalet, Marruecos, en la provincia de Errachidia, esto fue demostrado mediante análisis de ADN que se realizó a varias muestras de palmeras Mejhoul recolectadas en diversas partes del mundo incluidos Egipto, Estados Unidos y Marruecos. Lamentablemente, la aparición de la enfermedad de Bayoud, causada por un hongo del suelo (*Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*), que fue descrito científicamente por primera vez en 1919 por Foex y Vayssière, destruyó intensamente las plantaciones

de dátiles marroquíes. 'Mejhoul' estaba entre los cultivares más sensibles a la enfermedad y, por lo tanto, los dátiles frescos 'Mejhoul' desaparecieron por un tiempo del mercado después de que su producción disminuyera significativamente (Zaid y Oihabi, 2023).

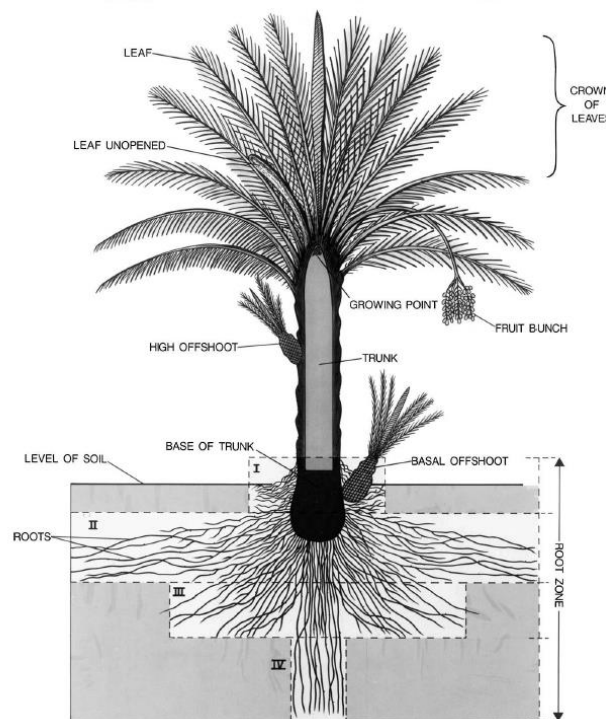


Figura 1.- Diagrama de representación de la estructura de una palma datilera (Chao y Krueger, 2007).

4.2 Manejo del Cultivo en el valle de Mexicali

De manera general, las labores que se realizan en el Valle de Mexicali desde el establecimiento del cultivo hasta su comercialización comprenden (Morales *et al.*, 2023):

- i) Preparación del terreno: consiste en obtener un suelo de textura limo arenosa, por lo que cuando se tienen suelos arcillosos o limo arcillosos se realiza un barbecho seguido de una rastra, cuando hay humedad residual, seguida de una nivelación, el trazado de la plantación, la formación de cepas y el plantado.

- ii) Trasplante: mayormente se realiza por hijuelos los cuales deben tener entre tres a cinco años y estar sanos (libre de plagas y enfermedades), así como tener un diámetro de entre 25 y 30 cm y presentar primordios de raíz o raíces en crecimiento. Esta actividad se debe realizar idealmente entre el 15 de marzo y el 15 de abril, pero se puede extender hasta el 15 de junio.
- iii) Enraizado de hijuelos: proceso lento que dura de uno a dos años para formar el sistema de raíces, por lo que una alternativa más rápida (seis meses a un año) es realizarlo en macetas con arena bajo malla sombra con entre 85 a 95 % de sombreado, donde se le brindará al hijuelo los cuidados necesarios de corte y fertilizaciones.
- iv) Poda de hojas: consiste en eliminar las hojas o secciones de ellas que estén dañadas, enfermas o presenten muerte por senescencia, se recomienda mantener de 8 a 10 hojas por racimo.
- v) Poda de hijuelos: la palma puede producir entre 20 y 40 hijuelos en promedio entre los 4 y 25 años de su actividad productiva. Se debe podar y programar la extracción de 2 a 3 hijuelos por año, considerando que cada hijuelo requiere de 3 a 5 años adherido a la palma madre para formar su sistema de raíces.
- vi) Polinización: es el proceso por el que el polen pasa de las anteras masculinas al estigma femenino de la flor. Previo a la polinización se realiza una extracción del polen de manera manual. La floración se da entre los meses de febrero y marzo; en la variedad Mejhoul la polinización se realiza de 3 a 7 d después de la apertura de la flor. En México la aplicación del polen se realiza de manera manual o mecánica.
- vii) Poda apical de racimo: esta práctica consiste en la eliminación de una tercera parte inferior de racimo y es recomendable realizarla inmediatamente después de la polinización con el objetivo de favorecer la calidad del fruto al disminuir el efecto por competencia y compactación de los frutos en el centro del racimo. El no realizar esta actividad puede ocasionar daños, lesiones o pérdidas durante la maduración, deshidratación y cosecha de los frutos.

- viii) Raleo o aclareo de los frutos: es una manera de equilibrar el número de frutos y racimos por palma. En caso de no realizar esta práctica se puede ocasionar la alternancia de la producción, menor tamaño de los frutos, y reducción de la calidad comercial, así como mayor presencia de enfermedades y de daños por compactación entre los frutos. Para el raleo de los frutos se debe respetar una distancia entre frutos de entre 2.5 y 3 cm para eliminar de la misma espiga, raquilla o hebra. Esta actividad se realiza mayormente de manera manual de 3 a 4 semanas posteriores a la polinización o cuando el fruto tiene un diámetro de entre 0.8 y 1.3 cm de diámetro. En palmas adultas se dejan de 8 a 12 frutos por espiga y de 40 a 55 espigas por racimo.
- ix) Embolsado/cubrimiento de racimos: esta actividad consiste en colocar una cubierta semi permeable sobre el racimo con la función de proteger a los frutos de daños por insectos, alta radiación solar, fauna local o cualquier factor que dañe los frutos. Estas bolsas se hacen con tela de algodón o de malla plástico anti-áfidos.
- x) Riego: Se deben revisar los niveles de humedad en el suelo frecuentemente para programar los riegos, lo cual puede realizarse de manera empírica con la “prueba del puño” (tomar una porción de suelo con el puño de la mano, apretarlo y al soltarlo, no debe desmoronarse el terrón formado, ni debe escurrir agua, lo que será indicativo de una buena humedad en el suelo). Por otro lado, se utilizan sensores electrónicos, que registran entre 25 a 33 centibares (Cb) en hijuelos y de 15 a 25 Cb en palmas de un año.
- xi) Fertilización: Antes de establecer una plantación, es recomendable realizar un perfil y análisis del suelo con muestras compuestas obtenidas de profundidades de 0 a 60 cm y otra de 60 a 120 cm. Además, se requiere realizar un análisis foliar por año en los meses de febrero o marzo para establecer un programa de fertilización adecuado.

Las fuentes de fertilización pueden ser a base de fertilizantes químicos, abonos orgánicos y/o composta, los cuales se deben distribuir a lo largo del ciclo productivo anual de las palmas datileras con la finalidad de proporcionar los nutrientes

necesarios a las palmas para su crecimiento y desarrollo que se traduce en mejor calidad y rendimiento de los dátiles (Figura 2).

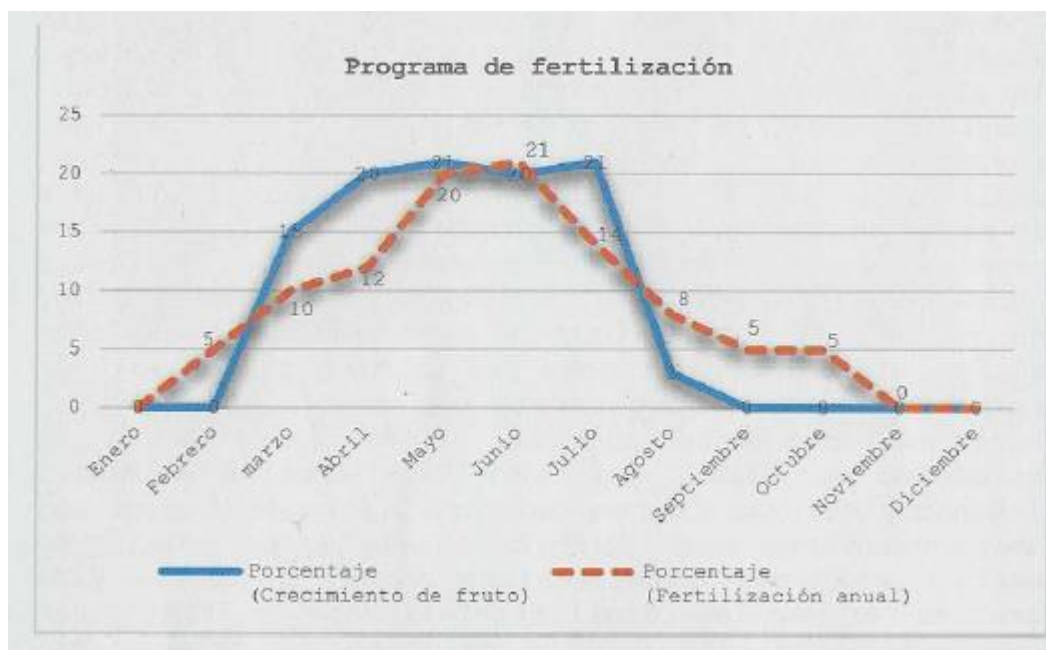


Figura 2.- Programa de fertilización anual en relación con el crecimiento del dátil variedad Mejhoul en el Noroeste de México (Morales, *et al.*, 2023).

- xii) Plagas: Las plagas que se han identificado en la zona productora del Noroeste de México en el cultivo de palma datilera son:
 - a) Polilla del dátil (*Ectomyelois ceratoniae*): las larvas completamente desarrolladas pupan dentro del fruto o en el suelo para completar su ciclo; las infestaciones de esta polilla pueden afectar el cultivo en campo, en el transporte, en el embalaje o durante el almacenamiento, incluso pueden infectarse cuando los dátiles ya han sido adquiridos por el consumidor final. Los daños ocasionados por la polilla de los dátiles disminuyen su calidad haciendo que los dátiles no sean aptos para su venta tanto nacional como para exportación.
 - b) Palomilla pequeña de los dátiles: la hembra deposita los huevos en los frutos y espigas. En los primeros estadios se alimentan de la pulpa de la

fruta en desarrollo o madura. Los mayores daños ocurren en dátiles con daños mecánicos, secos o fermentados; en los dátiles fermentados la presencia de esta plaga ocasiona que la capa externa del fruto se vuelva marrón oscuro, mientras que en los secos e infectados las larvas se observan al abrir los frutos.

c) Gallina ciega (*Phyllofaga spp.*): Los huevos se encuentran en el suelo cerca de las raíces de las palmas o en la materia orgánica como en el estiércol en descomposición. Su ciclo es de 1 a 2 años.

xii. Control de plagas: se puede realizar de distintas maneras como el control cultural en el que la eliminación de hijuelos muertos es necesario, así como mediante el uso de bolsas datileras de malla plásticas, cubiertas semipermeables de plástico, tela o malla anti áfidos que eviten la entrada de los insectos en los racimos. El control biológico es otra estrategia de control que se basa en el empleo de productos a base de microorganismos como *Bacillus thuringiensis* (control de lepidópteros), así como de otros microorganismos como *Beauveria bassiana* y *Bacillus subtilis*; otra alternativa es el uso de trampas con feromonas como las trampas Delta con adhesivo, así como el control químico aunque de este no hay registros en México de productos químicos específicos para aplicarse en el cultivo de palma datilera, se han realizado pruebas favorables para el control de la palomilla pequeña de los dátiles con spinosad no sistémico, así como con el uso de cipermetrinas y etofenprox; mientras que en hijuelos infectados se recomiendan productos a base de carbaryl, fenitrothion.

xiv. Enfermedades: Una enfermedad que afecta tanto a la palma como al fruto es la quemadura negra causada por *Thielaviopsis spp.*, cuyo síntoma principal es la aparición de ennegrecimiento, carbonización, enanismo y deformación de hojas y racimos en palmas datileras de todas las edades que en casos severos provoca la muerte del raquis y las hojas. En los racimos de palmas adultas, la enfermedad ocasiona que los dátiles se marchiten y eventualmente que el racimo completo se seque.

xv. Control de enfermedades: las estrategias de control de estas enfermedades son, control cultural mediante la desinfección de las herramientas utilizadas para el

manejo agronómico de las palmas, evitar lesiones en las palmas durante la poda y cosecha. El control biológico es otra alternativa mediante el uso de productos que contengan *Trichoderma harzianum*, *Chaetomium spp* y *Wickerhamomyces*. Por su parte el control biológico químico que es el más efectivo mediante la aplicación de fungicidas sistémicos a base de metil tiofanato (0.2 %), carbendazim (0.2 %), entre otros.

El hongo negro es la principal enfermedad de por hongos en los dátiles en la cosecha y la etapa postcosecha, el agente causal es el ascomiceto *Aspergillus niger* syn que provoca esta enfermedad denominada Moho negro, el cual coloniza tejidos muertos como el estigma y los carpelos durante la polinización y durante el cuajado del fruto (Morales *et al.*, 2023; Contreras *et al.*, 2023; Samaniego *et al.*, 2024). Otra enfermedad causada por hongos en el fruto es la pudrición blanca del dátil cuyo agente causal *Rhizopus spp*, el cual crea colonias de crecimiento rápido blancas a grises al inicio, pero se oscurecen a tonos grises; este hongo puede desarrollarse en un rango de temperatura de los 15 °C a 40 °C.

Los tipos de control que se recomiendan son en primer lugar el control cultural propiciando la ventilación, reducir la humedad dentro del racimo mediante la colocación de anillos de alambre a las espiguillas o eliminando algunas espiguillas con frutos del centro del racimo para propiciar la ventilación y el secado de los frutos.

También se puede utilizar el control químico mediante aplicaciones preventivas de productos como el Boscalid más el Pyraclostrobin.

- xvi) Malezas: Las malezas identificadas en el Valle de Mexicali son la “correhuela” (*Convolvulus arvensis L.*) que es una maleza rastrera y trepadora; así como el “pasto bermuda” (*Cynodon dactylon L.*) que al igual que la correhuela es perenne y difícil de controlar.

El control de malezas se realiza de manera manual en el caso del pasto bermuda, aunque también se realiza el control químico para el control de ambas especies.

Etapas de desarrollo del fruto

La polinización se realiza dentro del primer trimestre del año en el hemisferio norte. De la floración a la cosecha pasan alrededor de 180 d, dependiendo principalmente de los factores climáticos que se hayan presentado en ese lapso. La cosecha comienza a finales de agosto y finaliza en octubre, obteniéndose rendimientos de 68 a 91 kg planta⁻¹ en la zona del Valle de Mexicali (Morales, *et al.*, 2023).

El fruto (dátil) se conforma de pericarpio, mesocarpio, endocarpio y semilla o hueso; el componente principal es el mesocarpio, que se compone de células parenquimatosas divididas en un mesocarpio externo e interno con capas de células tanníferos entre ellas (Ghinimi, *et al.*, 2017).

El proceso de desarrollo del fruto contempla cinco etapas: Hababouk, Kimri, Khalal, Rutab y Tamar, como se les nombraron en Medio Oriente (Al- Shwyeh, 2019) descritas a continuación:

Hababouk: es la primera etapa y comienza después de la polinización, dura aproximadamente entre 4 y 5 semanas. En esta etapa los frutos se caracterizan por un color blanco.

Kimri: el fruto pasa de color de blanco a verde, en esta etapa el fruto crece hasta obtener prácticamente su máximo tamaño, peso y contenido de azúcares; esta etapa se lleva a cabo de 16 a 18 semanas posteriores a la polinización.

Khalal: en esta etapa el color del dátil cambia completamente de verde a amarillo (en la variedad Mejhoul), y comienza a perder humedad. También ocurre una transformación gradual de azúcares mayormente de sacarosa, a azúcares invertidos como fructuosa y glucosa. Tiene una duración de 6 semanas aproximadamente.

Rutab: esta etapa se distingue por los cambios en pigmentación del fruto, pasa de amarillo a café en un periodo de aproximadamente 4 semanas, también en esta etapa da el inicio la maduración.

Tamar: etapa en la cual el fruto obtiene su menor porcentaje de humedad y el máximo dulzor, dura en promedio 2 semanas. En esta etapa el fruto es suave y con

superficie arrugada (debido a la pérdida gradual de humedad), posee un color café oscuro (marrón). Los dátiles en esta etapa son menos perecederos (menos vulnerables al ataque de microorganismos) que, en las etapas anteriores, lo cual es ideal para su procesamiento y almacenaje.

Cabe destacar que la cosecha se lleva a cabo durante las etapas Rutab y Tamar (Diboun, *et al.*, 2015; Siddiq, *et al.*, 2014; Haider, 2014; Ashraf, 2011; Yahia y Kader, 2011).

4.3 Cosecha

La cosecha es la actividad de separación del fruto del pedúnculo o la recolección de las partes comestibles de una planta que lo soporta o lo mantiene unido. En el dátil esta actividad tiene ciertas consideraciones como: a) el requerimiento del mercado destino, b) grado de deshidratación del fruto, c) apariencia y d) textura. El rendimiento obtenido va a depender de la edad de la palma, pero lo más importante es el buen manejo agronómico, el rendimiento promedio para la variedad Mejhoul es de 6.78 a 7.9 t ha⁻¹ en palmas adultas (12 a 15 años).

La cosecha de racimos se realiza utilizando canastas o zarzos de malla (círculos de acero recubiertos de malla con orificios para permitir la sanidad del cáliz del fruto), se debe evitar en todo momento la caída de los frutos al suelo. En palmas adultas de 8 años en adelante se utiliza una escalera o un elevador con canasta adaptada debido a la altura de las palmas. Esta actividad se realiza en los meses de septiembre a octubre en San Luis Río Colorado, Sonora y Mexicali, Baja California, por lo que durante estos meses se puede consumir fresco o el resto del año como dátil semiseco (Salomón-Torres, *et al.*, 2017).

4.4 Fruto

El fruto (dátil) de manera general es liso, ovoide, con pulpa carnosa, este fruto se caracteriza por su contenido de azúcares, grasas, aceites, proteínas y sales minerales. Mide de 3 a 9 cm de largo y 2.5 cm de diámetro en promedio. Tiene una sola semilla alargada y ranurada. La pulpa y la cáscara del dátil pueden ser de varios

colores: amarillo, amarillo verdoso, naranja o rojo; el dátil de la variedad Mejhoul es un fruto de tamaño grande (20-40 g) comparado con el de otras variedades. Los racimos de fruta se cosechan del racimo con escaleras cortas, hasta que las palmeras tienen de 10 a 15 años. La mayoría se cosecha en las etapas de madurez completa que comprende las etapas de desarrollo del fruto denominadas Rutab y Tamar (CONABIO, 2024; Morales, *et al.*, 2023).

El dátil es una excelente fuente de energía, debido a su alto contenido de azúcares fácilmente digeribles como la glucosa y la fructosa lo que le confiere su dulzura característica (Salomón-Torres, *et al.*, 2017). El aporte nutricional de la variedad Mejhoul cultivado en México contempla valores de 25.81 % \pm 1.43 para el contenido de humedad, de 67.6 % de carbohidratos totales, mientras que los valores de las proteínas se encuentran en el rango de 3.14 \pm 0.21 %, el de lípidos de 0.75 \pm 0.05 %, fibra de 6.34 \pm 1.47 % y las cenizas aportan valores de 2.62 \pm 0.12 % (Salomón-Torres, *et al.*, 2019).

4.5 Manejo poscosecha

Una vez que el dátil es cosechado, su manejo dependerá principalmente de la etapa de maduración en la que se encuentre, así como del contenido de humedad. Para conservar y/o mejorar sus características y disminuir su deterioro los frutos pasarán por los siguientes procesos, los cuales incluyen: (i) fumigación, para prevenir y eliminar plagas; (ii) deshidratación, para disminuir el contenido de humedad; (iii) hidratación, para aumentar el contenido de humedad y (iv) maduración artificial, de ser necesario para lograr la maduración adecuada. Posteriormente, el dátil se clasifica de acuerdo con la Norma Mexicana (Secretaría de Economía, 2012), posteriormente se empaca, almacena y finalmente se comercializa.

La clasificación comercial puede variar en función de la empresa o a su mercado de destino, en general la calidad del fruto se establece de la siguiente manera (Secretaría de Economía, 2012):

- a) Jumbo: es el dátil de mayor tamaño, con un peso de 26 g o más (17 frutos o menos por 500g), con entre 0 y 10% de separación de la piel y un tamaño promedio de 5 cm o más).
- b) Grande: dátiles con peso de 22 a 25 g (18 a 21 dátiles en 500g), con entre 0 y 10 % de desprendimiento de piel, con un tamaño de entre 4.5 y 5 cm.

El dátil, así como otros frutos es perecedero, por lo que su vida postcosecha disminuye cuando no se le proporcionan las condiciones adecuadas (temperatura, humedad) durante el almacenamiento.

La conservación mayormente se realiza en congelación y refrigeración entre los 0 y 2 °C con humedad relativa de entre 90 y 95%.

A una temperatura de entre 0 y -18 °C, el dátil puede conservarse durante 6 meses o más con humedad relativa menor al 75 % (Morales, *et al.*, 2023).

4.6 Costos de producción e importancia económica del cultivo

El establecimiento de una hectárea de palma datilera Mejhoul se estima en 28 000 USD para el primer año, para su segundo año en 9 500 USD y a partir del tercer año, se mantiene en aproximadamente 4 500 USD. Esto significa que, entre los siete y ocho años, el cultivo se vuelve altamente rentable (SCSA, 2021; Salomón-Torres, 2023). En el año 2020, el cultivar Mejhoul representó el 94 % de la producción nacional de dátil, lo que convierte a México en el segundo productor más grande del continente americano y el tercer productor más grande del mundo (Salomón-Torres, 2023).

La región productora de dátil en México es muy pequeña, apenas conformada por cuatro estados de los 32 totales (Cuadro 1). Con base en datos registrados del año 2022, el principal productor nacional de dátil fue el estado de Sonora y en segundo lugar se ubicó Baja California, quienes en conjunto concentran cerca del 90 % de la producción nacional (SIAP, 2023).

Cuadro 1.- Datos de la producción de dátil Mejhoul en México, durante el año 2022.

Entidad federativa	Superficie Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Valor de la producción (M\$)
Sonora	1, 238	10, 719.96	8.66	680.07
Baja California	933.73	8, 085.14	8.66	580.09
Baja California Sur	343	628.83	2.35	25.37
Coahuila	22	31.09	1.83	1.63
Total	2, 456.23	19, 465.02	7.92	1, 287. 15

ha:hectárea; t: toneladas; M\$: millones de pesos

Fuente: SIAP, 2023

Los principales destinos de exportación son: Estados Unidos y Australia, mercados con valor económico de 34.4 millones de dólares que representan el 82.7 % del total de las exportaciones durante el 2022. Mientras que en menor proporción países como Holanda, España, Reino Unido, Canadá, Italia y Argentina, entre otros. En 2019 se exportaron 5, 550 t con un valor de \$19.5 millones de dólares (Salomón-Torres, 2023), mientras que, en 2022, la exportación de dátiles frescos y secos representó para el país 61.1 millones de dólares (data México, 2023), siendo un indicador del potencial de este cultivo para el país.

4.7 Tratamientos térmicos (TT)

Las frutas y hortalizas son tejidos vivos sujetos a actividad biológica aún después de ser cosechados (separados de la planta). Esta actividad biológica da como resultado una firmeza, color y propiedades bioquímicas adecuadas, es decir rasgos deseables para su consumo. Sin embargo, la mayoría de los cambios que sufren no lo son, debido a que provocan deterioro y muerte de células vegetales. Estos procesos no se pueden detener, pero sí pueden ser retardados hasta cierto punto,

ya sea para almacenar los productos por periodos cortos, como parte del acondicionamiento para su puesta en el mercado, o para almacenarlos por periodos largos, para alargar su vida útil, más allá de la estación de cosecha (Martínez, *et al.*, 2017).

En este contexto se ha demostrado que los tratamientos térmicos modifican rasgos de calidad, dado que una combinación adecuada de temperatura-tiempo puede resultar benéfica para la maduración y la calidad poscosecha (Escribano, 2014). Por lo que encontrar la combinación óptima de temperatura/tiempo es la clave para el éxito en la aplicación de un tratamiento térmico (Luengwilai, *et al.*, 2012).

La eficacia de la implementación de los tratamientos térmicos (temperaturas de 44 a 48 °C) en el control de hongos en cítricos fue reportada desde 1922, desde entonces, se han multiplicado beneficios como la tolerancia al enfriamiento, la prolongación de la vida útil y se ha revelado la preservación de la calidad de la fruta (Fallik, 2004).

Recientemente, la preocupación por el uso de fungicidas sintéticos, percibidos como nocivos a la salud humana y al medio ambiente, contribuye al creciente interés en el desarrollo de productos y métodos para el manejo poscosecha respetuosos con el medio ambiente. Aparte de reducir la dependencia de los agroquímicos, los tratamientos térmicos tienen la ventaja de ser relativamente fáciles de aplicar, ya que se pueden incorporar en líneas de empaque (Escribano y Mitcham, 2014). Los mercados orgánicos y los exportadores de productos agrícolas podrían beneficiarse particularmente a partir de estas técnicas.

El calor se aplica generalmente como un tratamiento corto que precede al almacenamiento. Hay cinco tipos principales de aplicación: 1) aire forzado, 2) vapor, 3) baños de agua, 4) enjuague con agua y 5) enjuague con agua Cepillado. El método por emplear y la manera de aplicación de cada uno varía en función de la especie vegetal, variedad, tamaño, estado de madurez y de sus condiciones de crecimiento (Fallik, 2004).

Sin embargo, son conocidos los efectos perjudiciales del calor excesivo en la fisiología celular, temperaturas demasiado altas y/o tiempos demasiado largos pueden causar daños a los productos. Si se supera la tolerancia al calor del producto, el tratamiento podría ser más perjudicial que beneficioso (Luengwilai, *et al.*, 2012).

Percibido como seguro y amigable, existe un interés colectivo en estos métodos de la industria hortofrutícola fresca; combinación de tratamientos térmicos con otras poscosecha tecnologías poscosecha (como supresores de etileno, reguladores del crecimiento de las plantas, recubrimientos comestibles, agentes de control biológico y embalaje correcto) no sólo podría mantener, sino también mejorar la sensación calidad de la mercancía. Se debe prestar especial atención a la orden de aplicación de los tratamientos combinados, según la respuesta al producto.

Tratamientos por inmersión en agua caliente para el control del deterioro poscosecha se aplican por un tiempo limitado (Postrecolte, *et al.*, 2007). Muchos vegetales son tolerantes al sometimiento a dichos tratamientos a una temperatura del agua de 50 a 60 °C hasta por 10 min. Sin embargo, prolongados por ejemplo en naranja valencia (*Citrus sinensis* L.) sometida a tratamiento en agua a 53 °C durante tres minutos dio como resultado una disminución en la sensibilidad a los daños por frío (Erkan, *et al.*, 2005).

En algunos casos, la industria ha encontrado obstáculos para incorporar tratamientos térmicos en entornos comerciales. Una limitación principal es la sensibilidad de las frutas y verduras a las temperaturas requeridas para tratamientos efectivos. La tolerancia al calor del producto varía según la especie, los cultivares, la madurez, el tamaño, los factores ambientales y/o previos a la cosecha y el método de aplicación. Además, cada tratamiento debe ser específico para los propósitos, los mercados, las legislaciones y las condiciones de poscosecha. Incluso con la temperatura, el tiempo y el método adecuado, y considerando la cadena completa poscosecha, la uniformidad en los resultados es difícil de lograr, ya que las frutas y hortalizas frescas son morfológica y fisiológicamente heterogéneas. El riesgo de

daño a la fruta, especialmente en aplicaciones comerciales de alto volumen donde se necesita un control absoluto de las condiciones de tratamiento, es un desafío (Escribano y Mitcham, 2014).

Frutos como los dátiles contemplan una hidratación cuando el contenido de humedad en el fruto desciende más allá de lo establecido en los parámetros deseables por el consumidor. La hidratación también se utiliza para suavizar la textura de algunos cultivares de dátiles. Los tratamientos térmicos se aplican en el dátil por inmersión en agua caliente o por exposición a vapor a 60 a 65 °C y 100 % de humedad relativa durante 4 a 8 h. Exponer los dátiles al vapor durante 10 min es suficiente para algunos cultivares, como Fardh. La hidratación convierte a los dátiles secos en regordetes y en frutos brillantes (Kader y Awad, 2009).

Aunque en la mayoría de los informes se han registrado efectos positivos en los frutos por la inmersión en agua caliente para el control del deterioro postcosecha, es necesario optimizar un método para un cultivo específico.

4.7 Recubrimientos comestibles (RC)

Los frutos son alimentos altamente perecederos, dada su estructura celular y su intenso metabolismo (Dos Santos, *et al.*, 2015). Debido a los distintos procesos de deterioro, se estiman pérdidas de hasta el 40 % del valor de la cosecha en diversos cultivos antes de llegar al consumidor (Kitinoja, *et al.*, 2011). En la etapa postcosecha, las pérdidas del sector hortofrutícola sobrepasan el 20 % a nivel mundial, debido a factores de deterioro microbiológicos y fisiológicos, como resultado del mal manejo mecánico, cosecha inadecuada, empaques inapropiados y falta de rutas de transporte, entre otros, reduciendo la vida de anaquel (Almeida, *et al.*, 2011).

Una forma de reducir las pérdidas en postcosecha es el manejo de las condiciones fisiológicas del fruto, propiciando el retraso de los cambios bioquímicos tales como la pérdida de peso, el ablandamiento, la pérdida de color, la producción de etileno, la tasa de respiración y la acidez (Tiwari, *et al.*, 2022). El uso de recubrimientos

comestibles (RC) es una técnica beneficiosa para el manejo postcosecha de los frutos, ya que permite mantener su calidad. Esta tecnología tiene el objetivo de ser una barrera en los procesos de respiración y transpiración, ya que forma una capa alrededor del fruto que cubre los estomas, lo cual hace que se reduzca la tasa de transpiración, lo que provoca una pérdida de peso más lenta (Prasad, *et al.*, 2018; Vargas, *et al.*, 2008).

Un RC es un empaque delgado que envuelve al material vegetal y que puede ser ingerido por el consumidor como parte del alimento, dado que su origen es de polímeros biodegradables, libres de sustancias tóxicas (Sánchez-González, *et al.*, 2011). Los recubrimientos comestibles se han utilizado desde el siglo XII en China; sin embargo, hasta 1922 se inventó el encerado en frutas y se aplicó comercialmente por primera vez en frutas y verduras (Sanjay, *et al.*, 2022). En un esfuerzo para extender la vida útil y mejorar la calidad de los alimentos al tiempo que se reducen los residuos de embalaje ha fomentado la exploración de nuevos materiales de embalaje de base biológica, como películas comestibles y biodegradables a partir de recursos renovables (Tharanathan, 2003).

Características funcionales que deben presentar los RC (Momin, 2022; Han, 2014; Falguera, *et al.*, 2011):

- Ser libres de sustancias tóxicas y ser inócuos.
- La tecnología para su elaboración debe ser sencilla.
- Brindar protección de la acción física, química y mecánica.
- Propiedades sensoriales (ser transparentes y no deben competir con el sabor del alimento).
- Presentar propiedades de barrera: permeabilidad al vapor de agua, solutos y una permeabilidad selectiva a gases y sustancias volátiles.

Las propiedades funcionales de los RC dependen del tipo de alimento al cual se le aplicará el RC (características fisicoquímicas), sus condiciones de almacenamiento (humedad y temperatura) y sus principales vías de deterioro (Figura 3), y que

también tendrán relación con los materiales utilizados para elaborarlos, su formulación y su método de aplicación (Vargas, *et al.*, 2008; Janjarasskul y Krochta, 2010).

El uso de los RC dentro de la industria alimentaria abarca una categoría única de empackado, que debe satisfacer las necesidades de los productos frescos mejorando sus propiedades funcionales. Así como alargar la vida útil del producto, lo que a su vez repercutirá en el éxito de técnicas de almacenamiento y conservación, que finalmente son factores que determinan la preferencia del consumidor (Lin y Zhao, 2007; Janjarasskul y Krochta, 2010).



Figura 3.- Propiedades funcionales de los recubrimientos comestibles (Lin y Zhao, 2007).

4.7.1 Ingredientes de los RC

Los recubrimientos y películas comestibles pueden ser clasificados de acuerdo con el material estructural que lo conforma (Solano-Doblado, *et al.*, 2018). Los RC tienen un grupo hidrofóbico, por ejemplo, a base de lípidos o ceras, y un grupo

hidrocoloides o hidrofílico, por ejemplo, a base de polisacáridos, a base de proteínas o una combinación de ambos grupos para mejorar la función del recubrimiento comestible (Warriner, *et al.*, 2009).

En este sentido, uno de los ingredientes más utilizados en la formulación de RC como lo es la cera de abeja pertenece a los recubrimientos comestibles a base de lípidos. Sin embargo, debido a que no son biopolímeros, ya que sus moléculas no están unidas por enlaces covalente, los lípidos forman estructuras frágiles por lo que su uso en un recubrimiento comestible siempre está dado en asociación con un polímero que proporcione resistencia mecánica; para realizar esta función se puede utilizar el mucílago del nopal, el cual es un polímero lineal compuesto de polisacáridos semejantes a las pectinas como la L-arabinosa (47 %), D-xilosa (23 %), D-galactosa (18 %), L-ramnosa (7 %) y ácido D-galacturónico (5 %); los cuales pueden ser aprovechados en la elaboración de películas y recubrimientos comestibles para vegetales altamente perecederos y mínimamente procesados (Figuroa, 2011).

La flexibilidad y la prevención de la formación de grietas y ampollas en los recubrimientos comestibles se confiere mediante el uso de plastificantes como glicerol, sorbitol, el polietilenglicol y xilitol, así como también se le pueden añadir emulsionantes como lecitina de soja, ácido esteárico y tensioactivos Tweens para mejorar la adherencia del recubrimiento a la superficie del vegetal (Galus, 2019; Riva, *et al.*, 2020).

El uso de recubrimientos comestibles ha sido ampliamente utilizado en muchos vegetales tales como la manzana, zanahorias, guayaba, mango, albaricoque, plátanos, naranjas, melones, tomate, champiñones, ciruelas, papayas, manzanas, fresas, peras, arándanos, incluyendo al propio dátil, así como en algunas verduras como el pepino, pimientos y hongos en los que se han reportado beneficios como técnica de conservación en la calidad de los frutos y prolongar su vida útil (Fakhreddin-Salehi, 2020; Nair, *et al.*, 2020).

En las últimas décadas, el mercado de consumo de productos alimenticios desarrolló algunos cambios en términos de sostenibilidad e implicaciones para la salud del procesamiento y envasado de alimentos (Hassan, *et al.*, 2018).

Además, los consumidores buscan productos menos procesados o mínimamente procesados. Productos que tienen un periodo de conservación conveniente, son saludables y presentan un gran valor nutricional. Estos requisitos son más estrictos cuando se trata de productos alimenticios altamente perecederos, como frutas y verduras. Esta creciente demanda es ahora un verdadero desafío a los productores de alimentos para desarrollar una conservación pertinente y técnicas sustentables (Nair, *et al.*, 2020).

4.8 Evaluación sensorial de productos hortofrutícolas

La evaluación sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido, es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. Dicho de otra manera, la percepción sensorial es la conciencia que surge a través de un solo sentido o una combinación de múltiples sentidos con factores personales (Anzaldúa–Morales, 1994).

Los estímulos sensoriales al sabor, aroma, color y textura de los alimentos pueden determinar las preferencias alimentarias e incluso los hábitos alimentarios de los consumidores (Pires, *et al.*, 2020), pues se dice que la compra inicial de un producto hortofrutícola está basada, generalmente, en la apariencia visual y la frescura, pero el sabor es esencial para continuar comprándolo (Bajec, 2008). Es así como para los consumidores, los atributos más importantes de las frutas frescas son el sabor y la apariencia, así como su seguridad y el valor nutricional que aportan (Velickova, *et al.*, 2013).

Anteriormente la mayoría de las investigaciones se enfocaban solo en parámetros fisicoquímicos como la firmeza, los sólidos solubles totales, la acidez titulable y los compuestos volátiles como indicadores del grado de madurez y del sabor de los vegetales. Sin embargo, actualmente se considera la importancia del análisis

sensorial, realizando evaluaciones con panelistas o consumidores, para evaluar parámetros que no se pueden medir con análisis químicos. Actualmente, los consumidores prefieren alimentos naturales y saludables sobre los procesados, por ello la investigación sobre el envasado comestible aumenta cada año para ayudar a mantener propiedades sensoriales como el aroma, el sabor y la apariencia de los vegetales, haciendo que estos alimentos se mantengan en buen estado por más tiempo para ser consumidos (Hassan, *et al.*, 2018; Ulusoy, *et al.*, 2018).

Específicamente en dátil en etapa Tamar, se desarrolló un sistema de puntuación de la calidad total de cinco variedades (Khlal, Harhee, Houmaan, Fard y Ruzar) basado en calificaciones otorgadas (mediante el uso de escalas hedónicas) por consumidores a características organolépticas del fruto, dicha caracterización sirve de guía para evaluar el fruto, ya que en ella se describen atributos de calidad organoléptica como el color, que se describe como marrón suave a negro, la dulzura por su parte, de ligeramente va de dulce a extremadamente dulce, la apariencia visual se define como la relación del tamaño y su uniformidad (corto/liso, largo/irregular), mientras que la textura es descrita como muy suave a extremadamente duro y el sabor al ser una característica aún más subjetiva no se describe, pues depende completamente de la percepción del evaluador (Ismail, *et al.*, 2001).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Estrategia experimental

Para la realización de esta investigación se diseñó una estrategia experimental basada en investigaciones previas (Salinas-Salazar, *et al.*, 2022; Cruz-Ortiz, *et al.*, 2021; Al-Asmari, *et al.*, 2018; Ben-Amor, *et al.*, 2016; Hazbavi, *et al.*, 2013; Fallik, *et al.*, 2004; Baki, *et al.*, 2020; López, *et al.*, 2016; Albarracín, 2016; Velickova, *et al.*, 2013) con la finalidad de aplicar en un primer experimento: los tratamientos térmicos, y en un segundo experimento: los recubrimientos comestibles (Figura 2) a dátiles Mejhoul.

El primer experimento consistió en la selección de los dátiles, a los que después se les aplicaron tratamientos térmicos por inmersión en agua caliente a dos temperaturas y tres tiempos distintos, posteriormente se secaron y se almacenaron para ser evaluados; el segundo experimento consistió en la selección de dátiles, después se les aplicaron por inmersión las mezclas de RC, posteriormente se escurrieron y se secaron, y finalmente se almacenaron para ser evaluados.

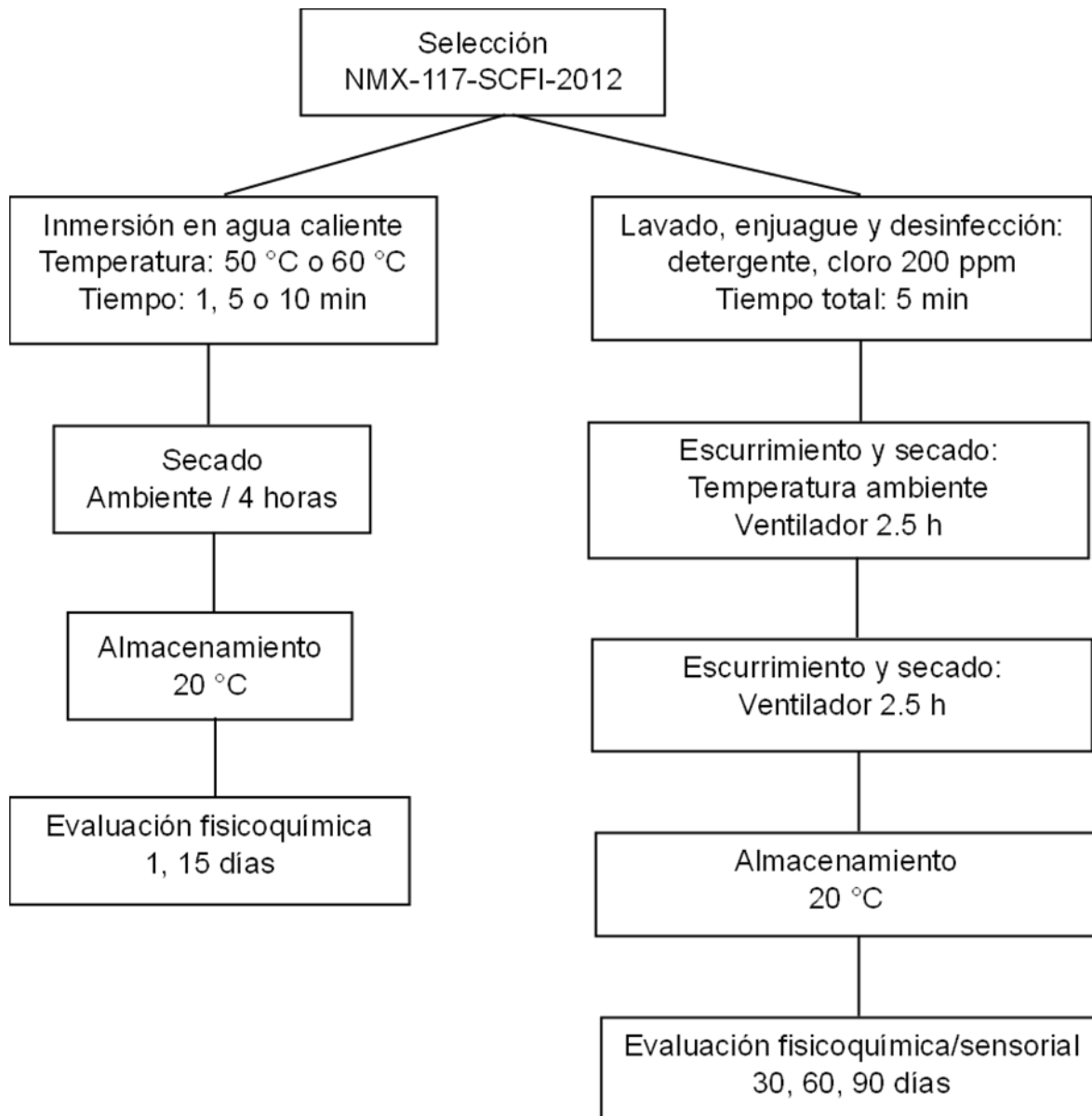


Figura 4.- Estrategia experimental empleada para la aplicación de tratamientos térmicos y de recubrimiento comestible en dátil Mejhoul.

5.2 Tratamientos térmicos

Material vegetal y sitio experimental

Los frutos se obtuvieron del cultivo de palma datilera del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), ubicado en la colonia Pólvora en el municipio de Mexicali, Baja California con coordenadas geográficas 32°29'37.6"N 115°12'46.8"W; fueron cosechados en etapa Tamar, en

el ciclo de cultivo Otoño-invierno 2022. En la zona de cultivo los suelos predominantes son de tipo arenosol y regosol y la temperatura promedio anual es de 24.2°C (INEGI, 2021). Posteriormente para la aplicación de los tratamientos térmicos, almacenamiento y la evaluación los frutos se trasladaron al laboratorio de postcosecha del ICA-UABC, S/N en el Ejido Nuevo León, municipio de Mexicali Baja California con coordenadas de ubicación 32°24'28.1"N 115°11'45.6"W.

Aplicación de tratamientos térmicos por inmersión (TT)

Los dátiles se cosecharon de manera manual con ayuda de un elevador, como generalmente se cosecha en la región. Posteriormente se trasladaron al laboratorio de postcosecha del ICA-UABC; debido a que no todos los frutos presentaban calidad óptima de acuerdo con las especificaciones de la NMX-FF-117 -SCFI-2012, se realizó una selección para tener frutos más homogéneos. Después fueron separados aleatoriamente en unidades experimentales (UE), cada dátil individual representó una UE. Inicialmente a cada UE se le registró el peso en gramos (g), y tamaño (diámetro polar del fruto) en centímetros (cm), posteriormente los frutos se sometieron a los siguientes TT por inmersión en agua caliente: a) 50 °C × 1 min, b) 50 °C × 5 min, c) 50 °C × 10 min, d) 60 °C × 1 min, e) 60 °C × 5 min y f) 60 °C × 10 min.

La aplicación se llevó a cabo en un recipiente de acero inoxidable, sumergiendo los frutos en un baño térmico de agua con medición de tiempo y temperatura (Figura 3). El recipiente con el agua se calentó mediante una plancha eléctrica (CORNING PC-620D™); el tiempo comenzó a cronometrarse una vez que se alcanzó la temperatura de cada TT en el centro del fruto, la cual fue medida utilizando un termómetro para alimentos digital (Aleissi TP101™), los frutos se dejaron secar y enfriar a temperatura ambiente durante 4 h, tiempo en el que se determinó que los frutos se secaron completamente (Ben-amor, *et al.*, 2016, Hazbavi, *et al.*, 2015).

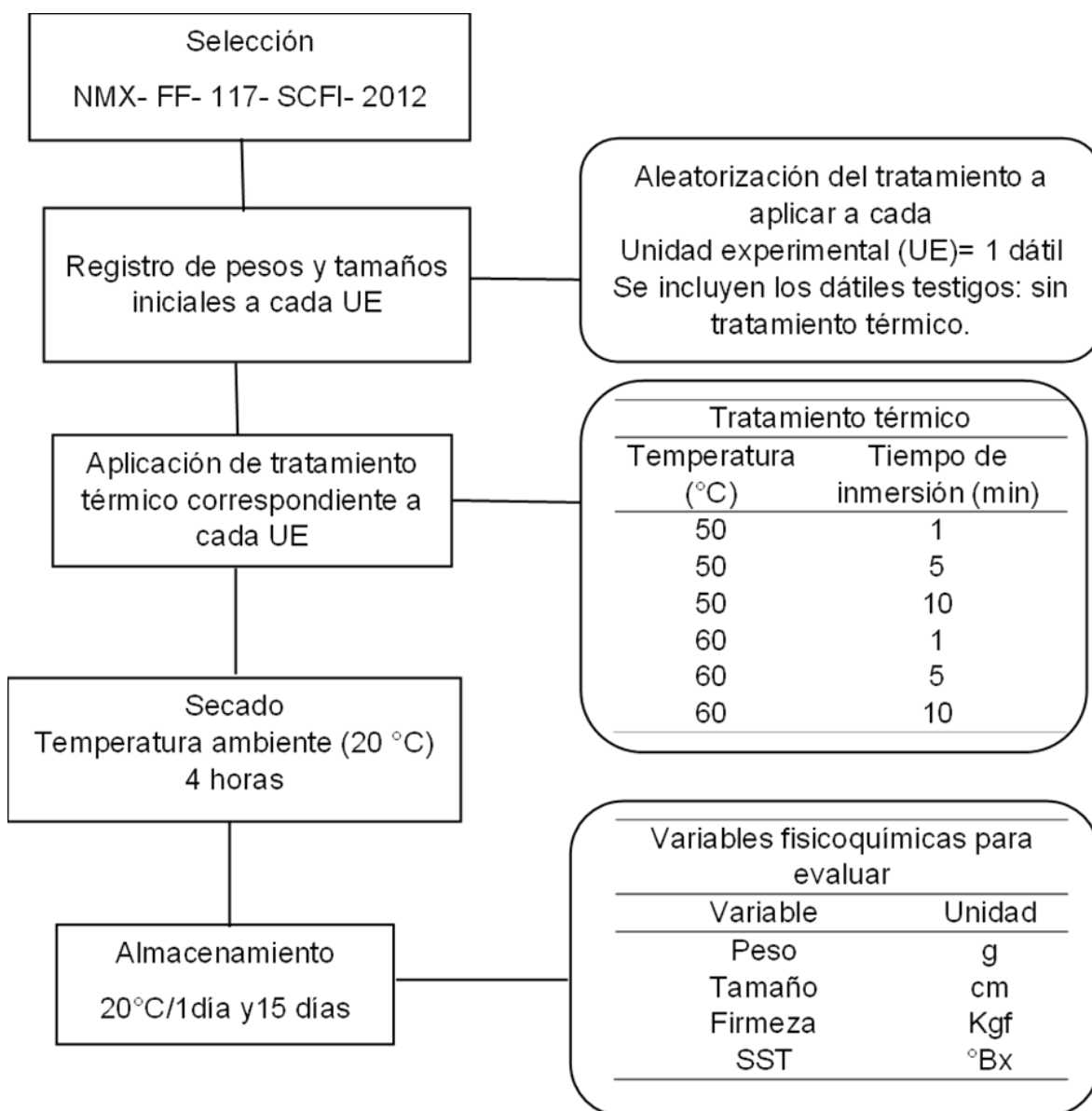


Figura 5.-Diagrama del proceso de la aplicación de tratamientos térmicos por inmersión en dátil Mejhoul.

Almacenamiento y evaluaciones

Cada UE se colocó dentro de un recipiente de plástico con perforaciones para permitir la aireación natural de los frutos y se almacenaron hasta el momento de su evaluación en el laboratorio de fisiología y manejo postcosecha del ICA-UABC a $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, no se controló la humedad relativa. Las evaluaciones se realizaron a 1 día (d) de almacenamiento y a 15 d. A cada UE se le realizaron mediciones de peso

(g), tamaño (mm), firmeza (Kgf), y sólidos solubles totales (SST) expresados en °Bx el día de evaluación; cada fruto representó una repetición, se tuvieron 14 repeticiones por tratamiento.

5.3 Recubrimiento comestible

Material vegetal y sitio experimental

Los frutos se obtuvieron del cultivo de palma datilera del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), ubicado en la colonia Pólvora en el municipio de Mexicali, Baja California con coordenadas geográficas 32°29'37.6"N 115°12'46.8"W; fueron cosechados en etapa Tamar, en el ciclo de cultivo Otoño-invierno 2023. Una vez cosechados fueron llevados al cuarto frío del instituto donde permanecieron 3 d a 4 °C, posteriormente se realizó una selección manual de acuerdo con los parámetros establecidos en NMX-FF-117-SCFI-2012 para tener frutos más homogéneos y de calidad de acuerdo con la norma. Posteriormente para la aplicación de las mezclas de recubrimiento, almacenamiento y evaluación fueron llevados al laboratorio de postcosecha del ICA-UABC.

Extracción de mucílago

La extracción de mucílago se realizó modificando la metodología descrita por Rodríguez-González, *et al.*,2014 y las condiciones descritas en la patente con número de registro 378080, para poder adecuar una metodología a las condiciones de operación en el laboratorio de poscosecha del ICA. A continuación, se detalla el procedimiento:

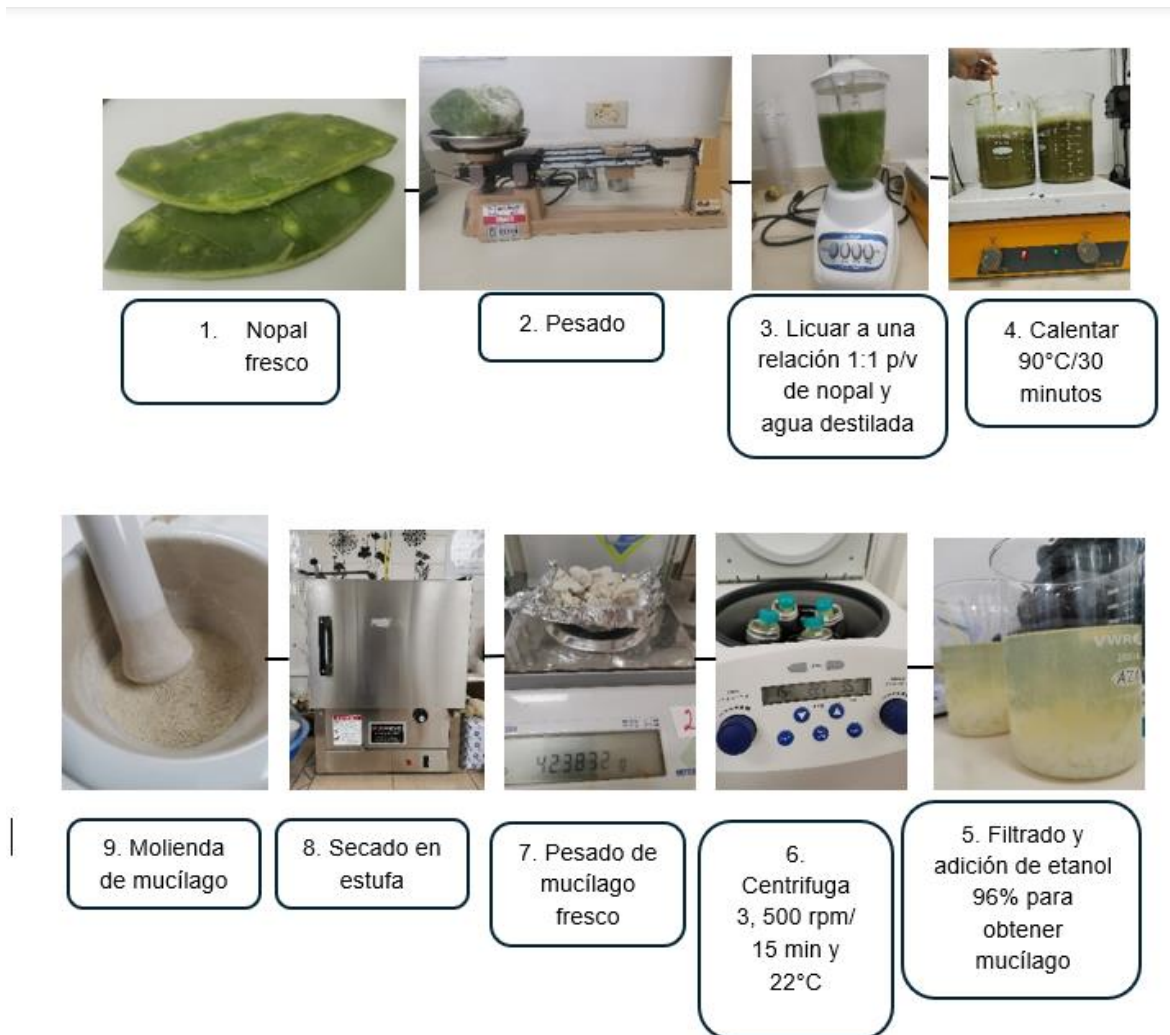


Figura 6.- Diagrama de la obtención y secado de mucílago de nopal.

p/p: indican relación peso/peso y p/v: indica relación peso/volumen

En la figura 6 se describe la metodología para obtener entre 0.137 % y 0.337 % de mucílago de nopal en polvo, porcentajes que se encuentran dentro de los rangos reportados con anterioridad de entre 0.07 % y 1.5 % (Cárdenas, *et al.*, 1997; Abrajan, 2008). Los autores atribuyen estas cantidades a diversos factores como la variedad, la madurez, las condiciones climáticas del lugar de cultivo del nopal y al momento de la recolección. Cabe mencionar que el nopal que se utilizó en estas

extracciones fue comprado en un establecimiento de venta de vegetales dentro de la ciudad de Mexicali.

Fundición y filtrado de cera de abeja

La cera de abeja se obtuvo del área de producción apícola del ICA- UABC. Para su extracción, se emplearon placas de cera de abeja comercial estampada con figuras hexagonales, las abejas (*Apis mellifera*) colocan la cera que secretan por sus glándulas cereras, y el aire seca la cera endureciendo paulatinamente el espacio del marco de cada hexágono, una vez que está lleno se hace una especie de tapa con la cera pura que depositaron las abejas, esa tapa (milímetros de grosor) es recolectada por el productor.

Dada la naturaleza del proceso, la cera que se obtiene contiene impurezas, principalmente por acumulación de polvo, arena y restos del cuerpo de las abejas como las alas y patas, por lo que primero se realizó un raspado de la superficie de la cera aproximadamente entre 1 y 2 mm de profundidad, para eliminar la mayor parte de los sólidos que se depositaron en esa región del bloque de cera sólida, para facilitar el raspado se utilizó un cuchillo que se calentó con un mechero.

Posteriormente, se realizó una filtración siguiendo la metodología descrita por (Cruz-Ortiz, *et al.*, 2021) y Velickova, *et al.*, 2013) que consistió en calentar agua destilada hasta una temperatura de entre 65 °C y 70 °C en un recipiente, luego se agregó la cera de abeja y se mantuvo en agitación hasta la fundición completa del bloque de cera y posteriormente se filtró y secó a temperatura ambiente. Se realizaron algunas modificaciones a esta metodología incorporando la cera antes de que el agua llegara a los 60 °C para registrar la temperatura del inicio de la fundición de la cera la cual coincide por lo reportado con estos autores a 61 - 63 °C , el volumen de agua utilizado fue de 500 mL al cual se agregaron 50 g de cera, el líquido se mantuvo en agitación continua con un agitador magnético, se mezcló hasta fundirla en su totalidad, se filtró con ayuda de un colador metálico y 3 capas de gasas estériles para separar los sólidos contaminantes. Se dejó solidificar a temperatura ambiente. Una vez fría, se pesó obteniendo una eficiencia de entre el 66 % y el 82.5 %.

importante comentar que esta fase de filtrado no se realizó de manera rigurosa, ya que el objetivo de este proceso fue el de eliminar impurezas y obtener cera limpia.

Elaboración de recubrimiento comestible

Ingredientes

Los ingredientes y las concentraciones para la formulación de los RC se seleccionaron considerando investigaciones realizadas en las que se utilizaron diversos ingredientes destacando la cera de abeja (CA), el mucílago de nopal (MN), el tween 80 (T) y el glicerol (G), que por las propiedades y características que presentan (Cuadro 2) contribuyeron en conjunto o mezclados con otros ingredientes como el quitosano y la grenetina en la conservación de los frutos en almacenamiento postcosecha, en algunos casos manteniendo o retardando la degradación de los atributos de la calidad de los frutos y obteniendo resultados favorables para alargar su vida de anaquel en frutos como la ciruela, mora de castilla, banano, fresa, uchuva, piña, dátil Cv Bahri y dátil Cv medjool (Salinas-Salazar, *et al.*, 2022; Villegas y Albarracín, 2016; Cruz-Ortiz, *et al.*, 2021; Velickova, *et al.*, 2013; López, *et al.*, 2016; Kashif Ghafoor, *et al.*, 2022; Eman, *et al.*, 2020).

Cuadro 2.- Propiedades de los ingredientes del recubrimiento comestible.

Ingrediente	Descripción	Función en el Recubrimiento
Cera de abeja (E-901) (SIN 901)	Origen lipídico (hidrofobicidad), polímero frágil. Monoesteres (saturados e insaturados), hidrocarburos, ácidos grasos libres, alcoholes grasos libres, etc. (Marconi, 2016)	Barrera a la humedad, brillo al alimento (Vargas <i>et al.</i> , 2008; Debeaufort, <i>et al.</i> , 2009).

Mucílago de nopal	Polisacárido Hidrocoloide	Aumento de la viscosidad, efecto gelificante, resistencia mecánica (elasticidad), red estructural, estabilizante de emulsiones (Krotcha, <i>et al</i> 1994; Salinas-Salazar <i>et al</i> , 2022; Ruiz y Guerrero, 2009).
Glicerol (E-422) (SIN 422)	Polialcohol, Soluble en agua	Plastificante (Leon-Leyva <i>et al</i> , 2018)
Tween 80 (E-433) (SIN 433)	Los polisorbatos con 20 unidades de óxido de etileno son surfactantes no-iónicos e hidrofílicos. Funcionan como agentes emulgentes, que forman emulsiones de fase externa acuosa (O/W), estables y de textura fina. (https://www.sefh.es/fichadjuntos/TWEEN80.pdf)	Agente emulsionante

Cuadro de elaboración propia. El código E-número colocado debajo de cada ingrediente lo acredita como aditivo alimentario aprobado por la Unión Europea en el reglamento (CE) N° 13333/2008 del parlamento europeo y del consejo y publicado en el Diario Oficial de la Unión europea; mientras que el código SIN número lo acredita como aditivo alimentario aprobado por el CODEX ALIMENTARIUS de FAO y la OMS.

Mezclas de recubrimiento comestible

La metodología seguida para la elaboración de las mezclas RC (Cuadro 3) fue la siguiente: el mucílago se dispersó en agua a temperatura ambiente con agitación durante 24 h. Una vez pasado este tiempo en agitación se aumentó la temperatura a 35 °C y se le adicionó el glicerol y el Tween 80, a continuación, se incorporó la cera de abeja y la temperatura se aumentó hasta los 90 °C y se continuó agitando durante 1 min a velocidad media y luego 4 min a velocidad máxima. Después la mezcla homogénea se dejó enfriar a temperatura ambiente de 20 °C. Esta metodología se basó en las metodologías descritas por Salinas-Salazar, *et al.*, 2022, y por Arévalo y Treviño (patente 378080) empleadas en frutas frescas cortadas.

Cuadro 3.-Concentraciones de mezclas de recubrimiento comestible (RC)

Recubrimiento Comestible	Concentración de Ingredientes			
	Mucílago de nopal [p/v]	Cera Abeja [p/v]	Glicerol [v/v]	Tween 80 [v/v]
1	0.5	0.5	0.5	0.9
2	0.5	0	0.5	0.9
3	0	0.5	0.5	0.9
4	1	1	0.5	0.9
5	1	0	0.5	0.9
6	0	1	0.5	0.9

[p/v] = concentración peso/volumen; [v/v] = concentración volumen/volumen

Caracterización de recubrimientos comestibles

A 250 mL de cada mezcla de RC (Cuadro 3) se les midió por triplicado el pH y los SST (°Bx). También se registró el gasto de recubrimiento colocado a 75 dátiles considerando la diferencia del volumen inicial y final, y el peso promedio de los 75 dátiles para calcular el gasto de recubrimiento en litros por tonelada de dátil.

Aplicación de recubrimiento comestible

Cada UE se lavó manualmente sumergiéndose en una solución de agua y detergente tensioactivo aniónico durante 2 min, la piel del fruto se talló suavemente con las yemas de los dedos para eliminar polvo y otras impurezas, posteriormente se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm también por inmersión durante 2 min, y por último se realizó un enjuague en agua destilada durante 1 min. Posteriormente, los dátiles se colocaron a temperatura ambiente en una rejilla para facilitar su escurrimiento y secado, el cual se realizó con ayuda de un ventilador mecánico durante 2.5 h. Una vez secos se formaron lotes de 15 dátiles, cada lote representó un tratamiento y cada dátil fue una unidad experimental (UE) que también constituyó una repetición; para la evaluación fisicoquímica a cada repetición se le registró el peso (g) y el tamaño (medidas de diámetro polar y diámetro ecuatorial) (cm) antes de recibir los tratamientos, medidas que se registraron como los parámetros iniciales del fruto (Figura 3) (Salinas-Salazar, 2022; Ben amor, *et al.*, 2016).

Posteriormente, se les colocó la mezcla de recubrimiento comestible correspondiente (Cuadro 2), lo cual se realizó por inmersión en la mezcla durante 2 min, después se sacaron manualmente y se pusieron sobre una rejilla para escurrir y secar, para acelerar el secado se utilizó un ventilador mecánico, el tiempo de secado fue de 2.5 h (Figura 3).

Además de los tratamientos a los que se les aplicaron mezclas de recubrimientos, también se consideró un tratamiento Testigo absoluto (dátiles a los que solo se les lavó desinfectó), además de un tratamiento denominado Cera comercial al que se le aplicó una mezcla líquida de cera comercial (Vegshine® de la empresa Fagro Ficha técnica en Anexo 1) que un productor del Valle de Mexicali utiliza como parte de su manejo postcosecha en el dátil, así como un último tratamiento denominado Testigo Agua, que fueron dátiles sumergidos en agua. El procedimiento de colocación de la mezcla de recubrimiento se replicó tanto para el tratamiento Testigo Agua, como en el tratamiento Cera comercial, para este último se revisó que las condiciones de aplicación estuvieran en concordancia con la descripción de

aplicación recomendada en la etiqueta del producto. En total se tuvieron nueve tratamientos con 15 unidades experimentales y repeticiones cada uno.

A los dátiles destinados a evaluación sensorial también les fueron aplicados los mismos tratamientos (bajo las condiciones descritas) (Figura 7). Las pruebas sensoriales se realizaron a los 30, 60 y 90 d de almacenamiento y se destinaron 10 unidades experimentales por tratamiento que a su vez constituyeron una repetición (López, *et al.*, 2016; Salinas-Salazar, 2022).

Almacenamiento y evaluaciones

Cada lote de dátiles se colocó en una cesta de plástico y se almacenaron hasta el momento de su evaluación en el laboratorio de fisiología y manejo postcosecha del ICA-UABC a $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, sin control de la humedad relativa. A cada UE se le realizaron determinaciones de peso (g), tamaño (mm), firmeza (Kgf), color (luminosidad (L), cromaticidad (C) y ángulo de hue o matiz (H)); sólidos solubles totales (SST) expresados en $^{\circ}\text{Bx}$, azúcares totales (%) y azúcares reductores (%). Para la evaluación sensorial los dátiles se almacenaron bajo las mismas condiciones y las evaluaciones de todos los parámetros se realizaron a los 30, 60 y 90 d de almacenamiento, a excepción de la variable color que fue evaluada a los 30 y 90 d (Figura 7).

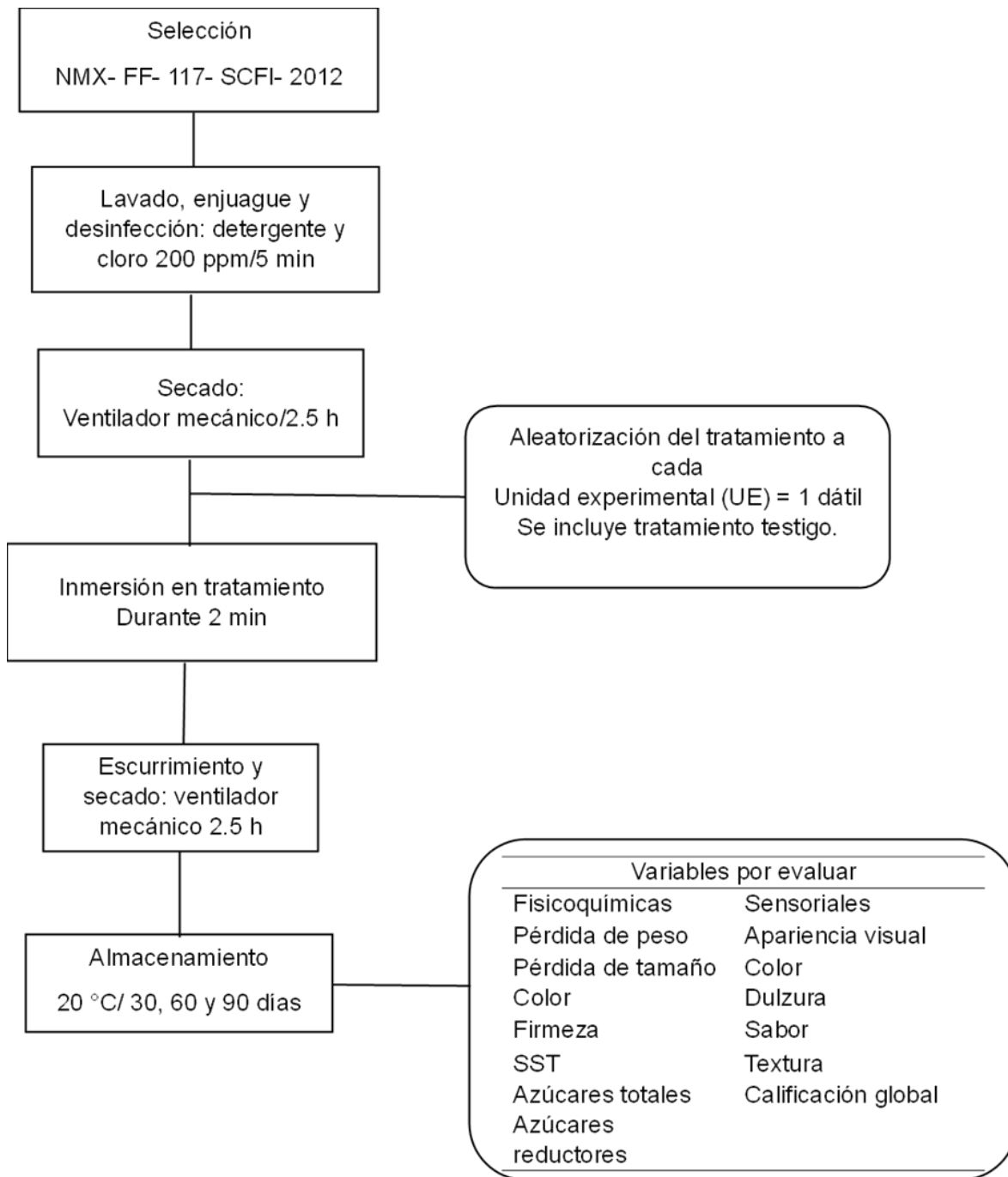


Figura 7.- Proceso de manejo postcosecha de dátil Mejhoul con aplicación de RC.

Caracterización fisicoquímica y bromatológica

Variables evaluadas

Se registró el peso de la unidad experimental en gramos (g) utilizando una balanza analítica Mettler Toledo ab204™. El peso se reportó como pérdida de peso (PP) en %, respecto al peso inicial mediante la siguiente ecuación:

$$\%PP = \frac{Pi-Pf}{Pi} \times 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

PP = Pérdida de peso; Pi = Peso inicial; Pf = Peso final.

El tamaño se consideró como medidas de los parámetros: diámetro polar y ecuatorial de cada fruto. El diámetro polar se tomó como la distancia de los polos del fruto, mientras que el diámetro ecuatorial resultó del promedio de dos medidas de distancias en extremos perpendiculares de la zona ecuatorial del fruto.

Se registró el diámetro en cm de cada dátil, con un vernier electrónico digital (Caliper™). El tamaño se reportó como Pérdida de tamaño (PT) en % respecto del tamaño inicial del fruto mediante la siguiente ecuación:

$$\%PT = \frac{Ti-Tf}{Ti} \times 100 \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

PT = Pérdida de tamaño; Ti = Tamaño inicial; Tf = Tamaño final.

Firmeza. Se midió en dos lados aleatorios de cada fruto, mediante un texturómetro manual (Chatillon AMETEK, Inc. MT 150 H™), con una sonda cilíndrica de 8 mm de diámetro, la penetración de la sonda en la pulpa del fruto fue de 3 mm ± 1mm, las mediciones se expresaron en Kgf (Ben-Amor, *et al.*, 2016).

Las mediciones de peso, tamaño se realizaron antes de la aplicación de los tratamientos térmicos y recubrimientos, y posteriormente en cada periodo de evaluación, a 1 d y 15 d de aplicados para los tratamientos térmicos y a 30, 60 y 90 d para las mezclas de recubrimiento.

La medición del color se realizó utilizando un colorímetro (Konica Minolta™ CR 410). La variable color se determinó como los parámetros: Luminosidad (L) que refiere a

la brillantez con valores que oscilan entre 0 y 100 que representan colores totalmente oscuros y de máxima brillantez; Cromaticidad (C), que se refiere a la relación verde/rojo; y el Ángulo de Hue o matiz (H), que se refiere a la relación amarillo/azul (En línea: Konicaminolta, 2024).

Para evaluar los sólidos solubles totales (SST) se tomó una muestra de 10 g de la pulpa del fruto y se maceró en un mortero con 100 mL de agua destilada, se dejó reposar por 5 min, después se filtró y posteriormente se tomó una alícuota de 1 mL de la mezcla para su medición en un refractómetro digital (Reichert AR200™), las mediciones se expresaron en °Bx (AOAC, 1980).

La medición de azúcares totales (AT). se realizó utilizando el método de Dubois, *et al.*, 1956, para lo cual se creó una curva patrón de glucosa y se generó una ecuación (ver Anexo 2).

Para determinar los azúcares reductores (AR) se utilizó el método DNS (Miller, 1959) para el cual se realizó una curva patrón con glucosa y se generó una ecuación (ver Anexo 3).

El pH, se determinó con un potenciómetro (AOAC, 1980).

5.4 Evaluación sensorial

Por último, se realizó una evaluación sensorial de los dátiles mediante una prueba de preferencia por el consumidor, la cual consistió en que a cada evaluador se le asignó aleatoriamente una estación en la que se les colocó una charola que contenía una muestra de un dátil por cada tratamiento, en total fueron 9 tratamientos (seis mezclas de RC, un control sumergido en agua, un control de frutos sin recubrir y un tratamiento de frutos sumergidos en cera comercial Vegshine®) (ver Anexo 4). El panel de evaluadores estuvo conformado por 10 miembros no entrenados, quienes eran estudiantes y trabajadores del ICA-UABC, en un rango de edad de entre 21 y 53 años. A cada evaluador también se le proporcionó un instructivo y se les explicó brevemente la prueba antes de iniciar las evaluaciones (ver Anexo 5). Para la evaluación se empleó una escala hedónica de cinco puntos donde el valor

1 correspondió al nivel de preferencia “me gusta mucho”, el valor 3 a “ni me disgusta ni me gusta” y el valor 5 a “me disgusta mucho”. Las características evaluadas fueron: el color, la apariencia visual, la textura, la dulzura y el sabor del fruto, también se le pidió a cada panelista otorgar una calificación global a cada muestra de dátil considerando todas las características y usando la misma escala (Noutfia, *et al.*, 2019; Ben-amor, *et al.*, 2016; Ismail, *et al.*, 2001).

5.5 Diseño y Análisis estadístico

Tratamientos térmicos

Primero se realizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) de los Tratamientos térmicos, incluyendo al Tratamiento Testigo, la unidad experimental estuvo representada por un dátil que a su vez fue una repetición, se tuvieron 14 repeticiones por tratamiento, a las cuales se les midieron las variables % VP y % VT. El análisis se realizó mediante un ANOVA ($p < 0.05$). Posteriormente se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) utilizando el programa estadístico Sistema de Análisis Estadístico (SAS), versión 2001.

El segundo diseño experimental fue completamente al azar (DCA) con arreglo factorial $2 \times 3 \times 2$; el factor A estuvo representado por la temperatura (T) con dos niveles: 50 °C y 60 °C; el factor B por el tiempo de inmersión (TI) con tres niveles: 1 min; 5 min y 10 min; y el factor C por el tiempo de almacenamiento (TA) con dos niveles: 1 d y 15 d de almacenamiento. La UE fue un fruto al que se les realizó individualmente la medición de cada variable: % VP, % VT, Firmeza y SST, en total se tuvieron 12 combinaciones con 14 repeticiones. El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un ANOVA ($p < 0.05$), posteriormente, en donde se encontraron diferencias se realizó una comparación de medias de Tukey mediante el programa SAS, 2001.

Recubrimientos

El diseño experimental fue completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 9×3 ; el factor A estuvo representado por los recubrimientos (R) con nueve niveles:

0.5MN 0CA, Testigo Absoluto, Testigo Agua, 1MN 1CA, 0MN 0.5CA, Cera comercial, 0.5MN 0.5CA, 0MN 1CA y 1MN 0CA; y el factor B por el tiempo de almacenamiento (TA) con tres niveles: 30; 60 y 90 d. La UE fue un fruto al que se les realizó individualmente la medición de cada variable: % VP, % VT (diámetro polar y diámetro ecuatorial), Firmeza (Kgf), SST (°Bx), Color (luminosidad, cromaticidad y ángulo de Hue), azúcares totales y azúcares reductores; en total se tuvieron 27 combinaciones con 15 repeticiones en cada tratamiento.

Posteriormente en donde hubo diferencias significativas se realizó una comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$), mediante el programa estadístico Sistema de Análisis Estadístico (SAS) versión 2001.

6. RESULTADOS y DISCUSIÓN

6.1 Tratamientos Térmicos (TT)

El análisis de varianza (ANOVA, $p < 0.05$) mostró que los TT tuvieron efecto sobre las variables VP ($F= 32.6$, media= 3.1 %, CV= 107.1) y VT ($F= 8.79$, media = 3.3 %, CV = 119) con diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en las dos variables.

En el Cuadro 4, se observó que la mayoría de los TT mostraron ganancias de peso comparados con el tratamiento testigo, el cual perdió peso (-1.8 %) y el 50 °C × 1 min (0.4 %) al ser almacenados por 1 d; se destaca el tratamiento de 60 °C × 10 min que presentó una variación positiva de peso de 7.9 %, siendo este el único que mostró significancia ($p < 0.05$) con el resto de los tratamientos.

En la segunda evaluación, a los 15 d de almacenamiento se tuvieron pérdidas generalizadas de peso en todos los tratamientos sin diferencias significativas. Sin embargo, se observó que el tratamiento 50 °C × 1 min fue el que menos peso perdió (6.7 %), mientras que el Testigo (8.4 %) el que más peso perdido registró, independientemente de la temperatura y el tiempo de inmersión.

En lo referente a VT, se observó que se tuvieron pérdidas de tamaño (diámetro polar del fruto) tanto en el día 1 como en el día 15 de evaluación. En el día 1 se observó que a pesar de no haber diferencias estadísticas fueron los tratamientos Testigo (3.1 %), seguido de 50 °C × 1 min (3.0 %) y 60 °C × 5 min (2.5 %) los que más tamaño perdieron; el tratamiento que menos tamaño perdió fue el de 50 °C × 10 min (0.9 %) con igual pérdida de tamaño que el de 60 °C × 1 min (0.9 %) (Cuadro 4).

A los 15 d de almacenamiento en general todos los tratamientos tuvieron pérdida de tamaño con respecto a su estado inicial, sin embargo se tuvieron diferencias significativas; se destacan los tratamientos 60 °C × 1 min y 60 °C × 5 min que fueron los que menor pérdida de tamaño sufrieron, incluso se apreció una pérdida de tamaño menor que al día 1 de almacenamiento, lo que sugiere una ganancia de tamaño (diámetro polar) del fruto, entre la evaluación del día 1 y la del día 15 en esos dos tratamientos. En este día de evaluación las mayores pérdidas de tamaño

las presentaron los tratamientos 50 °C x 1 min (8.6 %) y 50 °C x 10 min (8.3 %) siendo significativamente diferentes al resto de los tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Comparación de valores medias de las variables variación del peso (VP) y variación de tamaño (VT) del dátil variedad Mejhoul, sometidos a tratamientos térmicos en almacenamiento postcosecha. (Tukey, $p < 0.05$).

Tratamiento	Almacenamiento (días)	Variables	
		VP (%)	VT (%)
Testigo	1	-1.8b	-3.1abc
	15	-8.4c	-7.9 cd
50 °C x 1 min	1	-0.4b	-3.0 abc
	15	-7.5c	-8.6d
50 °C x 5 min	1	1.0b	-1.7 ab
	15	-6.7c	-5.6bcd
50 °C x 10 min	1	0.3b	-0.9ab
	15	-7.1c	-8.3d
60 °C x 1 min	1	0.5b	-0.9ab
	15	-7.4c	-0.1a
60 °C x 5 min	1	1.5b	-2.5ab
	15	-7.4c	-0.5a
60 °C x 10 min	1	7.9a	-1.3ab
	15	-7.7c	-1.7ab
DSM		4.2	4.9

VP = variación de peso; VT = variación de tamaño; Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$). Valores negativos de VP y VT indican pérdidas, valores positivos indican ganancias.

Análisis factorial

La influencia de los componentes de los tratamientos térmicos, así como del tiempo de almacenamiento sobre las variables fisicoquímicas del dátil Mejhoul se presentan en el cuadro 5, donde el análisis factorial indicó que la interacción de factores: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), tiempo de inmersión (min) y tiempo de almacenamiento (días) influyó significativamente ($p < 0.05$) sobre las variables % variación del peso, firmeza (Kgf) y sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Bx}$). Así como también se registró que los factores temperatura y tiempo de almacenamiento tuvieron mayor influencia que el tiempo de inmersión sobre las variables determinadas. Debido a que el análisis factorial arrojó significancia sobre las variables fisicoquímicas del dátil, se realizó una comparación de medias en los niveles de cada factor (Tukey, $p < 0.05$), (Cuadro 6).

Cuadro 5.- Influencia de la temperatura, el tiempo de inmersión y el tiempo de almacenamiento, y de sus interacciones sobre los atributos fisicoquímicos de dátiles Mejhoul.

FV	Variables			
	VP (%)	VT (%)	Firmeza (Kgf)	SST ($^{\circ}\text{Bx}$)
T x TI x TA	0.0020*	NS	0.0412*	0.0462*
T x TI	0.0040*	NS	0.0004	0.0008
T x TA	0.0005*	0.0001*	NS	0.0151
TI x TA	0.0018*	NS	NS	NS
T	0.0071*	.0001*	0.0006	0.0007

TI	0.0024*	NS	NS	0.0081
TA	0.0001*	0.0002*	0.0001	0.0001
CV	112.7	140.2	31.2	5.85

FV= factor de variación; T = temperatura (°C); TI = tiempo de inmersión (min); TA = tiempo de almacenamiento (d); VP = variación de peso (%); VT = variación de tamaño (%); Kgf = kilogramos fuerza; SST = sólidos solubles totales en grados brix (° Bx); CV= Coeficiente de variación; *Diferencia significativa ($p < 0.05$); **Diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) NS: No significancia ($p < 0.05$).

Cuadro 6.- Efecto de la temperatura, tiempo de inmersión y el almacenamiento en los atributos fisicoquímicos de dátil Mejhoul. (Tukey, $p < 0.05$).

FV	Variable			
	% VP	% VT	Firmeza (Kgf)	SST (°Bx)
Nivel	Factor T: Temperatura (°C)			
50	3.4b	4.7b	1.8 ^a	70.6 ^a
60	2.1 ^a	1.2 ^a	1.5b	68.5b
DSM	0.9	1.3	0.1	1.2
	Factor TI: Tiempo de inmersión (min)			
1	3.7b	NS	NS	70.3 ^a
5	2.9ab	NS	NS	70.2 ^a
10	1.6 ^a	NS	NS	68.2b
DSM	1.4	1.2	0.2	1.7
	Factor TA: Tiempo de almacenamiento (días)			
1	1.8 ^a	-1.7 ^a	1.2b	71.7 ^a

15	-7.3b	-4.1b	2.2 ^a	67.4b
DSM	0.9	1.2	0.1	1.2

FV=factor de variación; T=temperatura (°C); TI=tiempo de inmersión (min); TA = tiempo de almacenamiento (días); VP = variación de peso; VT = variación de tamaño; SST = sólidos solubles totales en grados Brix (°Bx). Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$). Valores negativos de VP y VT indican pérdidas, mientras que valores positivos indican ganancias.

% VP. En el Cuadro 6 se registró que la temperatura, el tiempo de inmersión y el tiempo de almacenamiento influyeron significativamente ($p < 0.05$) sobre la variable, encontrándose que con la temperatura de 60 °C se tuvo la menor pérdida de peso con una media de 2.1 %, mientras que por el tiempo de inmersión se observó una relación inversa entre la pérdida de peso y el tiempo de inmersión, teniendo la menor media a los 10 min, (1.4 %) y la mayor a 1 min (3.7 %). Por su parte, el tiempo de almacenamiento registró que a 1 d se tuvo la menor pérdida con una media de 1.8 (Figura 8).

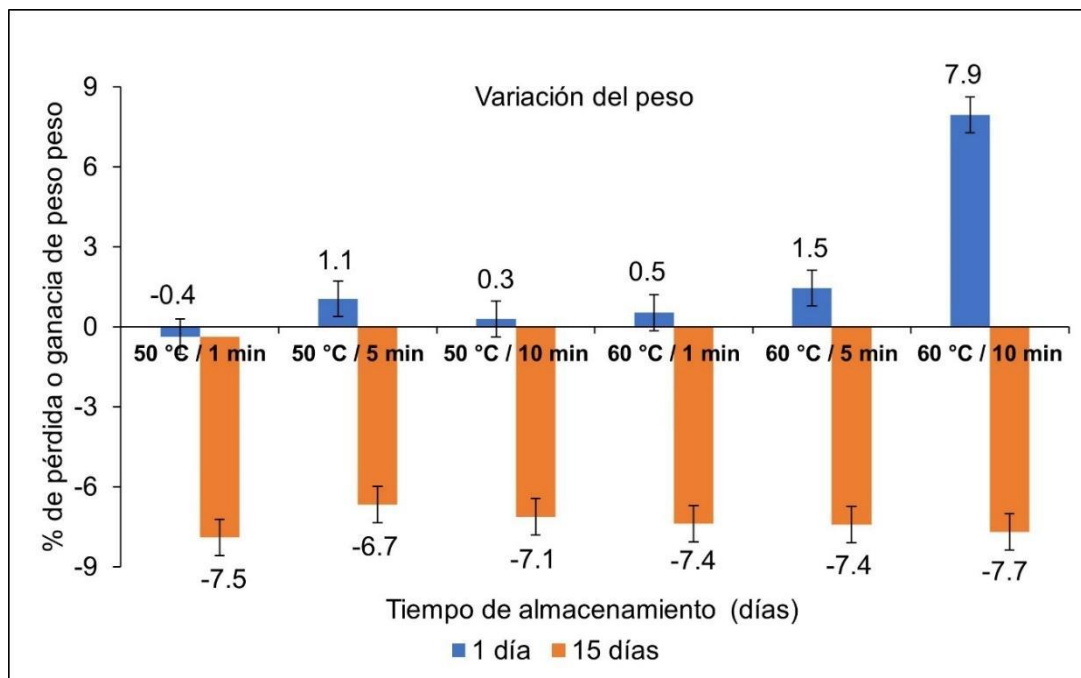


Figura 8.- Comparación de medias en la variación del peso de frutos de dátil sometidos a tratamientos térmicos (Tukey, $p < 0.05$) con diferentes tiempos de almacenamiento de 1 d y 15 d. Valores negativos indican pérdidas de peso.

En la Figura 8 se destaca que a 1 d de almacenamiento con la temperatura de 60 °C es notoria la relación que existe entre el % VP y el tiempo de inmersión, gráficamente se observa que a medida que aumenta el tiempo de inmersión, los dátiles sometidos a 60 °C obtuvieron un aumento en peso. En la Figura 8 también se observó que independientemente del peso que ganen o pierdan los dátiles en el día 1, a 15 d de almacenamiento, todos los dátiles terminaron con pérdidas de peso similares respecto de su peso inicial.

Es importante destacar que de acuerdo con el registro de pesos iniciales (antes de la aplicación de los TT), el peso promedio de los dátiles fue de 19.36 g, considerando que la mayor pérdida de peso durante el almacenamiento fue de 7.7 %, los dátiles finalizaron con un peso promedio de 17.9 g.

Firmeza. De acuerdo con el Cuadro 6, tanto la temperatura, como el tiempo de almacenamiento influyeron significativamente ($p < 0.05$) sobre la firmeza de los dátiles. Se observó que a 60 °C se tuvo la menor firmeza de los frutos con una media

de 1.2 Kgf, mientras que a 50 °C se tuvieron frutos más firmes con una media de 1.8 Kgf.

En el mismo cuadro 6, se registró que, el tiempo de inmersión no tuvo influencia significativa ($p < 0.05$) sobre la firmeza de los frutos, aunque de manera gráfica en la Figura 9 A se observó que hubo una relación entre la firmeza de los frutos y los tiempos de inmersión, mostrando el siguiente comportamiento: a 1 d de almacenamiento en la temperatura de 60 °C se tuvo una relación inversa, es decir que a medida que el tiempo de inmersión se aumentó, la firmeza de los frutos disminuyó pasando de 1.32 Kgf a 0.89 Kgf de 1 a 10 min de inmersión. Esta relación se mantiene a los 15 d, cuando se tuvo un incremento proporcional en la firmeza de los frutos, pero se mantuvo la relación inversa con el tiempo de inmersión pasando de 2.31 Kgf a 1.76 Kgf.

Por otra parte, con la temperatura de 50 °C, a 1 d de almacenamiento no se observó relación clara entre la firmeza y el tiempo de inmersión, sin embargo, a los 15 d se observó una relación directa, aumentando la firmeza del fruto a medida que aumentaron los tiempos de inmersión pasando de 2.17 a 2.58 Kgf.

SST (°Bx). En el Cuadro 6 se registró que los sólidos solubles totales presentaron diferencias significativas por efecto de la temperatura, el tiempo de inmersión y el tiempo de almacenamiento. Así mismo, se observó un mayor contenido de SST a 50 °C con una media de 70.6 °Bx. Por efecto del tiempo de inmersión se observó que a 1 y 5 min se mantuvo sin cambio (70.2 y 70.3 °Bx respectivamente), pero a 60°C × 10 min hubo una disminución de SST con una media de 68. 2 °Bx siendo este valor significativamente diferente ($p < 0.05$). Mientras que por el tiempo de almacenamiento se observó que a los 15 d los SST tuvieron una disminución significativa ($p < 0.05$) con una media de 67.4 °Bx respecto del día 1.

Estos resultados se representaron gráficamente en la Figura 9 B en la que se pudo observar que los valores de SST a 15 d son menores que los de 1 d en todos los tratamientos, obteniendo el valor menor, a 60 °C y 10 min de inmersión con 61.33 °Bx. En la misma Figura 9 B también se apreció que a 1 d los valores de SST son

similares en todos los tratamientos independientemente de la temperatura y el tiempo de inmersión, sin embargo, a los 15 d, en la temperatura de 60 °C hay una relación inversa entre el tiempo de inmersión y el contenido de SST, es decir que a medida que aumenta el tiempo de inmersión, los SST disminuyen en el rango de 68 a 61.33 °Bx.

En la Figura 9 A se observa la comparación de medias de los valores de la firmeza, (Tukey, $p < 0.05$), como respuesta a los efectos de los niveles de los factores temperatura (50°C y 60°C), tiempo de inmersión (1, 5 y 10 min) y tiempo de almacenamiento (1 d y 15 d) y sus interacciones. En la Figura 9 B se observa la comparación de medias de la variable sólidos solubles totales (Tukey $p < 0.05$) como respuesta a la influencia de los niveles de los factores temperatura (50°C y 60°C), tiempo de inmersión (1,5 y 10 min) y tiempo de almacenamiento (1 d y 15 d).

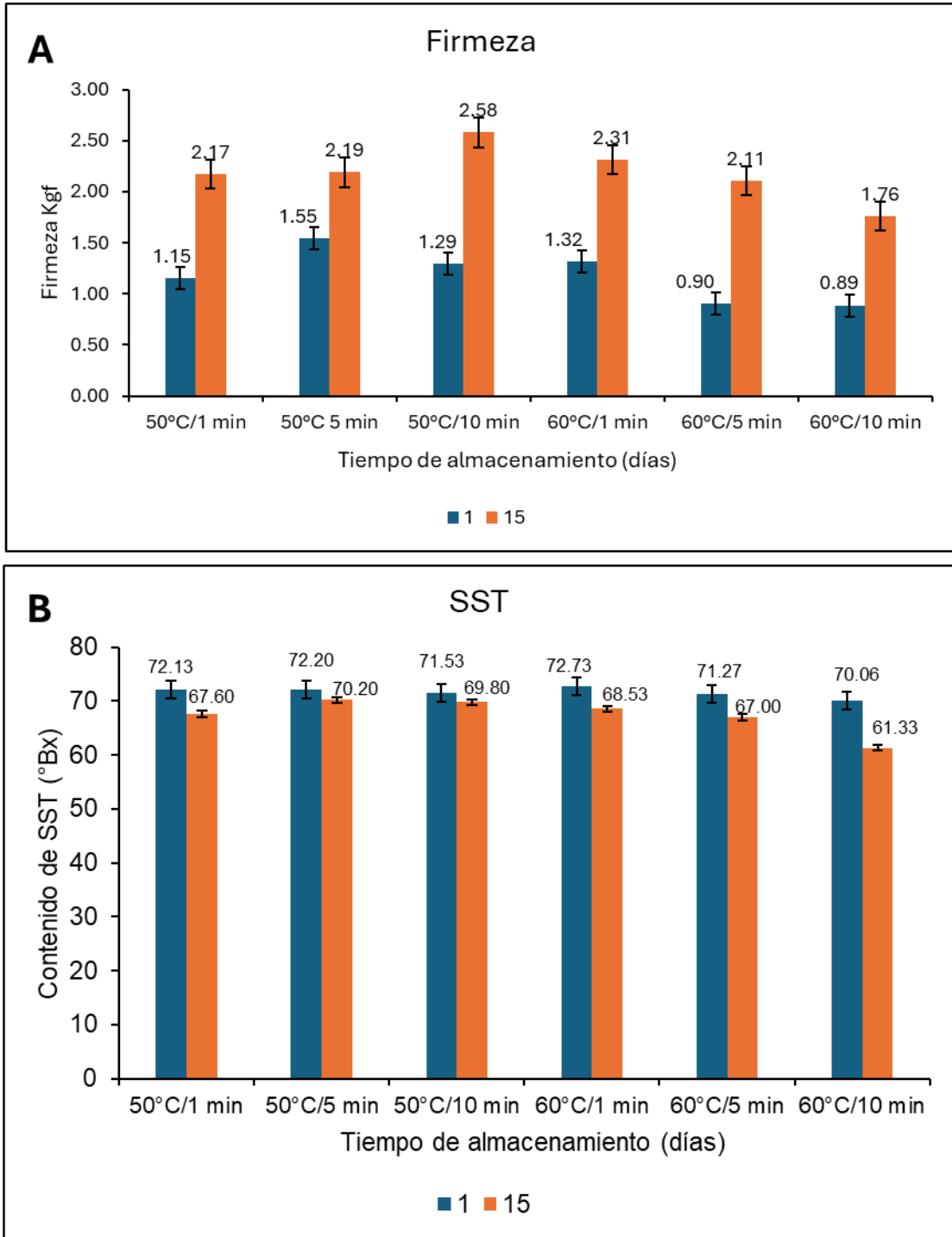


Figura 9.- Características de calidad fisicoquímicas de dátiles en postcosecha. A = Firmeza (Kgf) y B = Sólidos solubles totales (°Bx).

Discusión de Tratamientos térmicos

Del ANOVA de TT

VP. Las diferencias significativas encontradas en la VP entre los diferentes TT con el tratamiento testigo (ANOVA $p < 0.05$) fue importante de evaluar, debido a que la NMX-FF-117-2012 clasifica al dátil por tamaño de acuerdo con el número dátiles en 500 g (pequeño: 36 a 45, mediano: 26 a 35 y grande: menos de 26) por lo que mantener el peso del fruto lo más cercano a su peso inicial es lo deseado (Secretaría de Economía, 2012). Por lo tanto, las ganancias que se presentaron en los tratamientos, pueden ser aprovechadas por el productor, no solo por el peso ganado, sino porque la NMX-FF-117-2012 contempla la hidratación de los frutos como parte de su acondicionamiento para venta en fresco además de que se observó una mejora visual de los frutos a 1 d de aplicación de los TT, obteniendo dátiles más brillosos y con una superficie más lisa, así como libres de materiales extraños (polvo, restos de insectos, piedras, entre otros), parámetros contemplados en la misma norma (Secretaría de Economía, 2012). Cabe destacar que, a pesar de los porcentajes de pérdidas de peso observados, los dátiles mantuvieron su clasificación en tamaño mediano (Secretaría de Economía, 2012).

En cuanto al análisis por factores, se observó que a 1 d de almacenamiento se tuvieron ganancias en peso en la mayoría de los tratamientos, sobresaliendo el TT de 60°C x 10 min, mientras que los que perdieron peso fueron los tratamientos de 50 °C x 1 min y el tratamiento Testigo.

También se observó que, tanto a 50 °C como a 60 °C, un aumento en el tiempo de inmersión tuvo un efecto de hidratación inmediato en el dátil a 1 d de almacenamiento, efecto que fue más evidente con los tratamientos de 60 °C. Este efecto no se mantuvo a los 15 d de almacenamiento, pues todos los tratamientos mostraron una pérdida generalizada de peso y sin diferencias entre ellos.

VT. En cuanto a la VT, se observó una reducción en el tamaño de los frutos expuestos al tratamiento Testigo y los tratamientos 50°C, mientras que los tratados

con 60 °C reflejaron menor pérdida de tamaño, lo cual puede relacionarse con las ganancias en peso que fueron mayores en los frutos tratados con 60 °C.

La alta variabilidad de los datos se debió tanto a la naturaleza biológica del fruto, ya que, con la temperatura, el tiempo y el método adecuado, y considerando la cadena completa de poscosecha, la uniformidad en los resultados es difícil de lograr, ya que las frutas y hortalizas frescas son morfológica y fisiológicamente heterogéneas (Escribano, 2014), lo cual se pudo constatar con el material vegetal inicial. Así como a que, en el caso específico de los dátiles, estos frutos no maduran homogéneamente por lo que los frutos presentan alta variabilidad al momento de la cosecha (Kader y Awad, 2009).

Por lo anterior realizar un análisis de los factores que componen un TT y si estos componentes influyen o no en otras variables del fruto fue importante para conocer los aportes de los TT en las características de calidad de los dátiles Mejhoul.

Del análisis factorial

Variación de peso. Se observó que las ganancias en peso se presentaron en casi todas las interacciones excepto en la de 50 °C × 1 min, también se observó una relación directa entre la ganancia en peso y el aumento de los tiempos de inmersión a T de 60 °C a 1 d de almacenamiento. En este sentido, estos resultados coinciden con los obtenidos en dátiles tipo Caqui y del tipo Los Cherros tratados con ácido acético los cuales tuvieron ganancias en peso inmediatamente después de recibir los tratamientos (Amorós, *et al.*, 2007).

Mientras que las pérdidas de peso obtenidas a los 15 d de almacenamiento concuerdan con otros resultados obtenidos al aplicar tratamientos térmicos al dátil, donde se presentó un aumento en la pérdida de peso del fruto durante el periodo de almacenamiento (Ben-Amor, *et al.*, 2016; Hazbavi, *et al.*, 2013), también están en sintonía con lo encontrado en dátil Cv Barhi donde se reportaron pérdida de peso durante almacenamiento por 60 d (Ahmed, *et al.*, 2021), así como en otros frutos

como en mango cv Kent en los que la pérdida de peso, aumentó a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento (Khalil, *et al.*, 2022).

Firmeza. En cuanto a la firmeza de los frutos, los resultados obtenidos en los tratamientos sometidos a 60 °C concuerdan con lo reportado, en mango variedad Kent, en el que durante el almacenamiento los frutos sometidos a temperatura e inmersión de 55°C durante 5 minutos presentaron una disminución en la firmeza del fruto (Khalil *et al.*, 2022). El aumento de la firmeza de los frutos durante el almacenamiento puede deberse a la inhibición de la síntesis de enzimas hidrolíticas de la pared celular como la poligalacturonasa (Chan, 1986). También el aumento en la firmeza del fruto en los TT a 50 °C puede explicarse por su naturaleza no climatérica, y debido a su baja tasa respiratoria, así como a que el dátil Mejhoul tiene un contenido de azúcares alto, pues al ser, no climatérico, no experimenta lo que sucede con frutos climatéricos, que una vez cosechados rápidamente se registra un aumento en su tasa respiratoria, a la vez que disminuyen los azúcares por esta función metabólica del fruto (Martínez-González, *et al.*, 2017). Así mismo se ha reportado en frutos como la banana 'Gros Michel' tratada con agua caliente mantuvo la firmeza de la pulpa en comparación con la fruta no tratada (Chen, *et al.*, 2012), resultados similares se reportaron en papaya tratada con 55 °C durante 3 min en la que ni la calidad general ni el ablandamiento se vieron afectados (Chavez-Sánchez, *et al.*, 2013).

Por lo anterior se infiere que una temperatura de 50 °C mejora la firmeza del fruto, mientras que una de 60 °C la afecta haciendo que disminuya.

Sólidos solubles totales. Los resultados en el contenido de SST son similares a lo reportado en dátiles de la variedad Hillawii donde al aumentar el tiempo de inmersión de 3, 5 y 7 min en agua a 65 °C, el contenido de sólidos SST disminuyó (Li, *et al.*, 2023). La disminución de SST observados con los TT de 50 °C difiere con lo reportado en dátiles variedad Deglet Nour donde los SST se incrementaron al finalizar el almacenamiento por 5 meses, pasando de 19 % a 21 %, aunque el aumento no fue significativo (Marouf, *et al.*, 2021). Los valores de SST son una aproximación del contenido de azúcares en los frutos por lo que los valores en

sólidos solubles totales se encuentran cercanos a los reportados de alrededor de 75 % de azúcares para dátiles Mejhoul (Salomón-Torres, *et al*, 2019). La firmeza de los vegetales está relacionada con su contenido de SST puesto que un alto contenido de sólidos hace que el fruto tenga una mayor resistencia a la punción y al corte, que los vegetales con bajos contenidos de sólidos (Aguilar, *et al.*, 1996), relación que se aprecia de manera gráfica en las Figuras 9 A y 9 B.

6.2 Recubrimiento comestible

Las mezclas de RC se caracterizaron con la determinación de las variables pH, SST y gasto volumétrico obteniendo los resultados que se muestran a continuación.

Cuadro 7.- Caracterización de las mezclas de recubrimiento.

Mezcla de Recubrimiento	Variables		
	pH	SST (°Bx)	Gasto de recubrimiento (Lton ⁻¹ de dátil)
0.5% MN 0% CA 0.5% G 0.9% T	5.58	1.8	40.27
0 % MN 0% CA 0%G 0% T	5.43	NA	14.10
1%MN 1% CA 0.5%G 0.9T	5.32	3.3	36.57
0% MN 0.5% CA 0.5% G 0.9% T	5.30	2.5	23.33
Cera comercial	5.18	70.9	50.20
0.5% MN 0.5% CA 0.5% G 0.9% T	5.62	2.7	34.56
0% MN 1% CA 0.5%G 0.9% T	5.37	1.9	22.57
1% MN 0%CA 0.5%G 0.9%T	5.4	2.6	33.02

MN = Mucílago de nopal; CA = Cera de abeja; G = Glicerol; T = Tween

Las concentraciones (%) de G = 0.5 y T= 0.9 se mantuvieron constantes en todas las mezclas de recubrimiento, por lo que en adelante se omitirá su expresión, así como también se omitirá el signo de %.

De la caracterización de los recubrimientos mostrados en el Cuadro 7 se observó que el pH de todas las mezclas de recubrimiento fue ácido, de las cuales la cera

comercial reportó el valor más ácido con un pH de 5.18, mientras que el recubrimiento con 0.5MN 0.5CA reportó el valor menos ácido con un pH de 5.62.

En cuanto al valor de los sólidos solubles totales, se observó claramente que la cera comercial contiene un porcentaje alto con un valor de 70 %, en contraste, el resto de los recubrimientos presentaron valores muy bajos, oscilando entre un 1.8 % y 3.3 %.

En lo que respecta al gasto de recubrimiento por tonelada de dátil fresco, el mayor gasto lo reportó la cera comercial con un valor de 50.20 L t⁻¹ mientras que el menor consumo lo obtuvieron los recubrimientos de 0MN 1CA con un valor de 22.57 L t⁻¹ y 0MN 0.5CA con 23.33 L t⁻¹. De manera general fueron los recubrimientos sin mucílago de nopal los que reportaron los menores consumos de recubrimiento por volumen de fruto (Cuadro 7).

Cuadro 8.- Influencia de los recubrimientos y el tiempo de almacenamiento sobre los atributos fisicoquímicos y bromatológicos de dátil Mejhoul almacenado a 20 °C ($p < 0.05$).

FV	Variables									
	PP	PT		Firmeza			SST	AR		AT (%)
	(%)	(%)	(%)	(Kgf)	Color			(°Bx)	(%)	
		De	Dp		L	C	H			
T x TA	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	**	**	
T	**	*	**	*	NS	**	**	**	**	**
TA	NS	NS	**	**	**	*	NS	**	**	**
CV	50.3	65.3	116.6	16.1	5.5	18.5	18.2	2.1	3.5	1.7

FV: factor de variación; PP: pérdida de peso; PT: pérdida de tamaño; De: diámetro ecuatorial; Dp: Diámetro polar; Kgf: kilogramos fuerza; L: Luminosidad; C:

cromaticidad; H: ángulo de Hue; SST: sólidos solubles totales; AT: azúcares totales y AR: azúcares reductores; T: Tratamiento; TA: Tiempo de Almacenamiento; CV: coeficiente de variación; * Indica diferencia significativa ($p < 0.05$), ** Indica diferencia altamente significativa ($p < 0.01$).

En el análisis de factorial (Cuadro 8), se observó que la interacción de los factores Tratamiento y Tiempo de almacenamiento, presentó diferencias significativas en las variables de Firmeza (Kgf), Sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Bx), Azúcares totales y (%) Azúcares reductores (%). De manera individual los Tratamientos fueron significativos en todas las variables excepto en el atributo Luminosidad de la variable color; mientras que el Tiempo de almacenamiento no fue significativo en la pérdida de peso (%), en el diámetro ecuatorial de la variable pérdida de tamaño, y en el ángulo de Hue de la variable color.

Cuadro 9.- Comparación de medias (Tukey, $p < 0.05$) de los valores de los atributos fisicoquímicos y bromatológicos del dátil Mejhoul con recubrimiento comestible y almacenados durante 90 días a 20 °C.

FV	Variables										
	% PP		%PT De Dp		Firmeza (Kgf)	Color			SST ($^{\circ}$ Bx)	AR (%)	AT (%)
						L	C	H			
Nivel	Factor T: Tratamiento										
0.5MN	11.3	3.1b				13.9	29.6		67.2c	74.9c	
0CA	ab	c	1.1a	4.1a	NS	ab	ab	68.8a	de	d	
Testigo	10.3					12.2	27.3		66.3	72.1	
absoluto	ab	1.4 ^a	0.6a	3.8ab	NS	bc	ab	68.6a	de	d	

Testigo	12.0		2.1a				26.1		66.1	76.4
agua	b	5.4d	bc	3.6c	NS	11.9c	b	68.5a	e	bc
	10.1	4.2c				13.5	30.0		68.6	76.7
1MN 1CA	ab	d	0.6a	3.9ab	NS	abc	ab	68.6a	bc	abc
0MN	11.0	4.2c				12.8	29.5		67.9	78.1
0.5CA	ab	d	3.4c	3.9ab	NS	abc	ab	68.6a	bcd	abc
Cera	8.7a		1.8a			14.1	29.4		66.9c	76.1
comercial	b	4.8d	b	3.8ab	NS	ab	ab	69.3a	de	bcd
0.5MN	9.6a	2.6a				13.0	27.8		71.7	76.3
0.5CA	b	bc	3.1c	3.8ab	NS	abc	ab	67.4b	a	bc
		1.7a	1.8				31.5		69.5	
0MN 1CA	8.5a	b	ab	3.8ab	NS	14.3 ^a	a	68.8a	b	80.7 ^a
		3.0a				12.6	29.1		68.5	79.7
1MN 0CA	8.2a	bc	1.1a	3.9ab	NS	abc	ab	67.2b	bc	ab
DSM	3.3	1.7	1.5	0.4	1.2	1.9	4.2	0.9	1.8	4.1

Factor TA: Tiempo de almacenamiento

						27.5	12.8			79.3
30	2.9a	NS	1.0a	2.5c	2b	2b	NS	68.5b	68.5 ^a	b
60	3.3b	NS	1.8b	4.3b	N/A	N/A	N/A	69.1a	68.3 ^a	82.6 ^a
						28.3	13.4		67.4	
90	3.9b	NS	2.4b	4.7a	1a	5a	NS	67.5c	b	68.5c
DSM	0.7	1.5	0.7	0.2	0.4	0.6	1.3	0.4	0.8	1.8

FV: factor de variación; PP: pérdida de peso; PT: pérdida de tamaño; De: diámetro ecuatorial; Dp: Diámetro polar; Kgf: kilogramos fuerza; L: Luminosidad; C: cromaticidad; H: ángulo de Hue; SST: sólidos solubles totales; AT: azúcares totales

y AR: azúcares reductores; T: recubrimiento; TA: Tiempo de Almacenamiento; CV: coeficiente de variación; DSM: Diferencia Significativa Mínima; N/A: No aplica.

Pérdida de peso

En el Cuadro 9 se observó que los frutos de todos los tratamientos perdieron peso, a los 30 d de almacenamiento (en un promedio de 8 %), y la pérdida aumentó a los 60 y 90 d, destacando el Tratamiento Testigo absoluto y Testigo agua (12 % de pérdida de peso al final del almacenamiento). Sin embargo, las diferencias observadas en la interacción de los tratamientos con el tiempo de almacenamiento no fueron estadísticamente significativas en (Figura 10).



Figura 10.- Comportamiento de la pérdida de peso de los dátiles Mejhoul con recubrimientos comestibles almacenados a 20°C.

En el Cuadro 8 se observó que el factor Tratamiento tuvo un efecto significativo sobre la variable pérdida de peso de los dátiles, mientras que en el Cuadro 9 se registró que fueron los tratamientos 0MN 1CA con 8.5 % y 1MN 0CA con 8.2 % los que menos peso perdieron sin diferencia significativa ($p < 0.05$) entre ellos; mientras que el Tratamiento Testigo Agua fue el que mayor peso perdió (12.0 %), siendo estadísticamente diferente, sin embargo, estos porcentajes no se reflejaron en la interacción de los dos factores.

Pérdida de tamaño

En el Cuadro 8, se registró que la interacción de los factores Tratamiento y Tiempo de almacenamiento no fue significativa para la variable pérdida de tamaño, aún cuando de manera gráfica (Figura 11 A) se observó que hubo un incremento generalizado en la pérdida de tamaño en el diámetro polar (PTDp) conforme aumentó el Tiempo de almacenamiento. Sin embargo, estas diferencias entre los tratamientos en el rango de entre el 1 y el 5 % al inicio y al final del almacenamiento no fueron significativas.

En contraste, tanto los Tratamientos como el tiempo de almacenamiento por separado, influyeron significativamente en los resultados obtenidos en el parámetro Diámetro polar (Dp) como se observó gráficamente en la Figura 11 A, donde el diámetro polar del fruto disminuyó a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos pasando de una PTDp de los frutos de 2 % a los 30 d de almacenamiento a alrededor del 5 % para algunos tratamientos a los 90 d de almacenamiento, siendo los tratamientos que menor porcentaje de PTDp presentaron el Testigo Absoluto y el de 1MN 1CA con un valor de 0.6 % a los 30 d y 0.8 % a los 90 d, mientras que los tratamientos que obtuvieron los valores más altos fueron el de 0MN 0.5CA pasando de 1.7 % a los 30 d y de 4.5 % a los 90 d, y el de 0.5MN 0.5CA con 1.5 % a los 30 d y 5 % a los 90 d siendo éstos estadísticamente significativos.

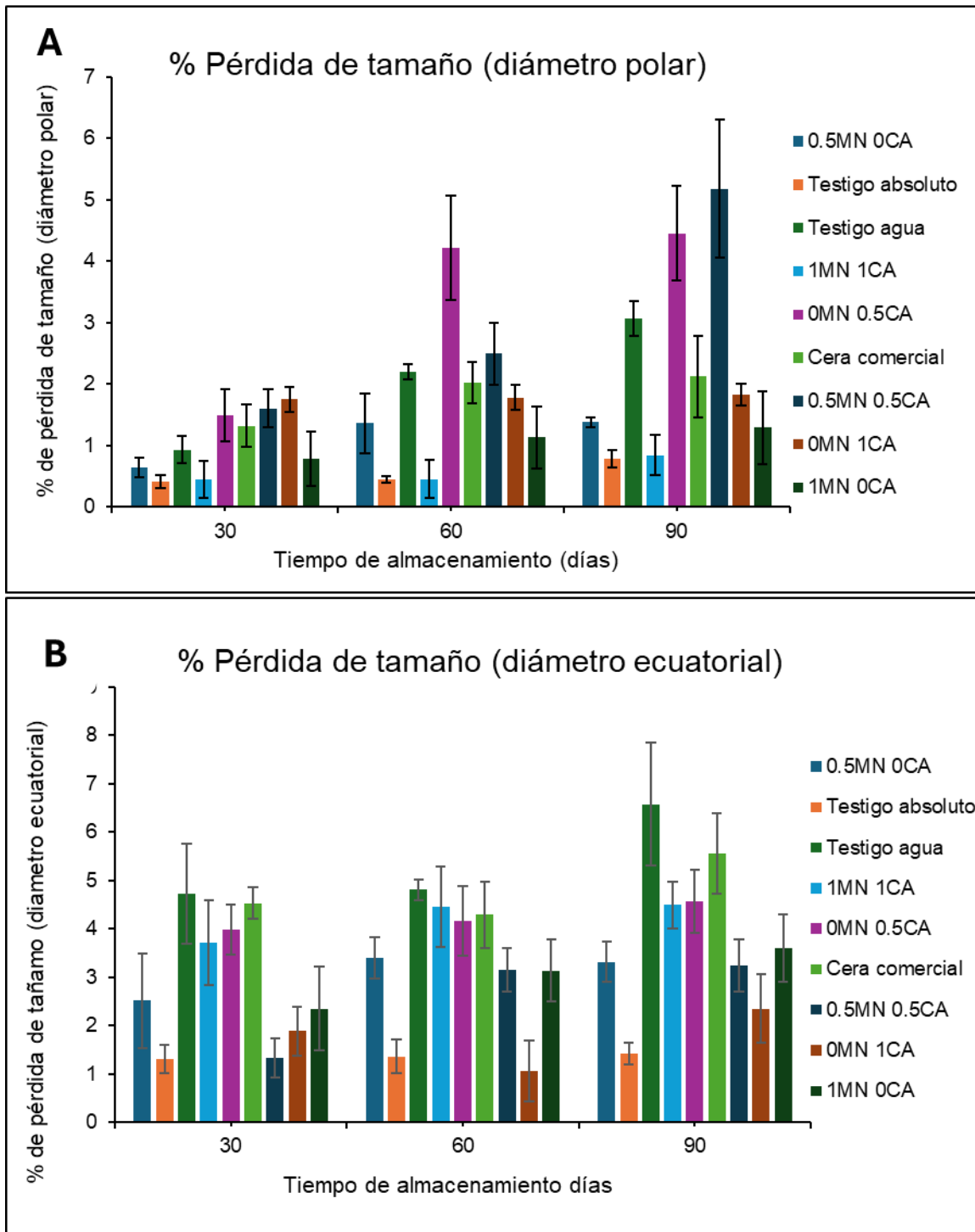


Figura 11.- Pérdida de tamaño (%) en dátiles Mejhoul durante el almacenamiento. A) Diámetro polar; B) Diámetro ecuatorial.

En lo que respecta al parámetro diámetro ecuatorial (De), en el Cuadro 8 se registró que la interacción de los Tratamientos y el tiempo de almacenamiento no presentó diferencia significativa, lo cual se observó de manera gráfica en la Figura 11 B, donde se apreció que la mayor pérdida de tamaño en el diámetro ecuatorial (PTDe) se registró a los 30 d en un rango entre un 1.2 y un 4.8 % en los tratamientos, aumentando ligeramente a los 60 y 90 d en un rango entre 1.5 y 6.5 %, sin que estas diferencias fueran estadísticamente significativas.

Sin embargo, de manera separada los Tratamientos proporcionaron diferencias significativas en el parámetro, siendo los tratamientos Testigo Agua y Cera comercial los que mayor PTDe registraron con un valor promedio de 5.4 % y 4.8 % respectivamente, mientras que el mejor tratamiento fue el Testigo absoluto con un promedio de 1.4 % siendo este el que menor pérdida de tamaño sufrió en el diámetro ecuatorial.

Firmeza

La firmeza de los frutos presentó diferencia significativa por la interacción de los factores Tratamiento y Tiempo de almacenamiento (Cuadro 8), la cual se observó como una relación directa (Figura 12 A), donde se observó que a medida que pasa el tiempo de almacenamiento hay un incremento de la firmeza de los frutos pasando de un rango de 2 a 3 Kgf a los 30 d de almacenamiento, de 4 a 5 a los 60 d y de 5 a 6 a los 90 d, destacando los tratamientos Cera comercial que incrementó su firmeza considerablemente de los 30 a los 90 d, pasando de 2 Kgf a poco más de 4 Kgf a los 60 d y superiores a 5 Kgf a los 90 d, similar a los tratamientos 0.5MN 0.5 CA y el 0MN 0.5CA.

Por otro lado, los tratamientos que obtuvieron las menores diferencias en firmeza respecto al tiempo de almacenamiento fueron el 0MN 1CA y el 1MN 1CA y el Testigo Absoluto con rangos de entre 2.5 y 4.2 Kgf entre los 30 y 90 d.

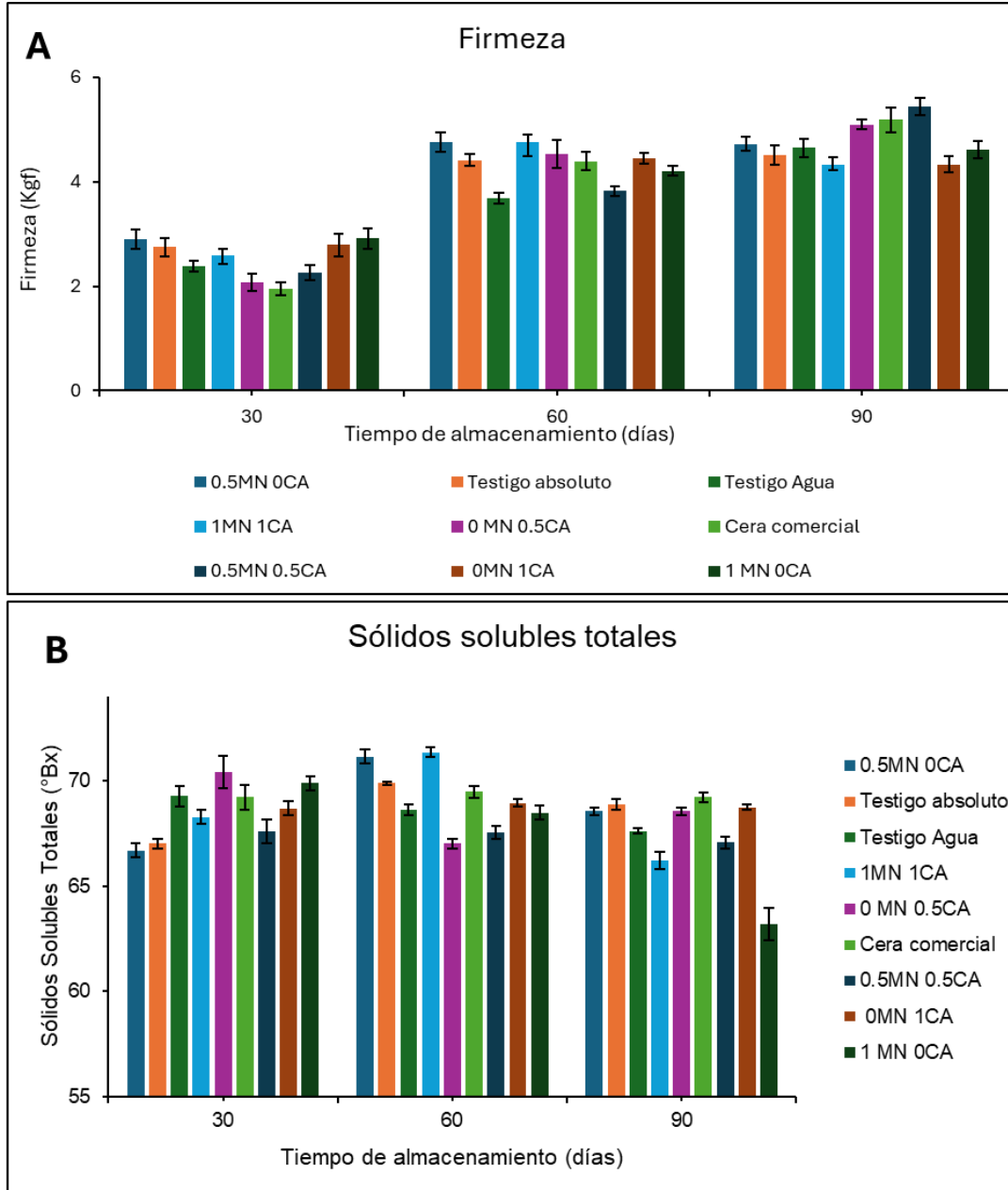


Figura 12.- Caracterización fisicoquímica de dátil Mejhoul con recubrimiento comestible almacenado durante 90 días. A) Firmeza; B) Sólidos Solubles Totales.

En la comparación de medias por el nivel de factores Tratamiento y Tiempo de almacenamiento (Cuadro 9), se observó que los frutos más firmes y significativamente diferentes fueron los del tratamiento 0.5 MN 0 CA con un valor de

firmeza de 4.1 Kgf, mientras que los menos firmes fueron los del Testigo Agua con un valor de firmeza de 3.6 Kgf. En lo que respecta al factor almacenamiento, en la Figura 12 A, se observó que hubo una relación directamente proporcional entre la firmeza del fruto y el tiempo de almacenamiento con medias de 0.6 Kgf a 30 d y de 2.3 Kgf a los 90 d, aunque sin diferencia significativa.

Sólidos solubles totales (SST)

Se observó que los tratamientos a los 30 d de almacenamiento registraron valores de sólidos solubles totales (SST) en un rango de 65 a 72 °Bx, destacando el tratamiento 0MN 0.5CA con el mayor valor (72 °Bx), seguido del tratamiento 1MN 0CA (70 °Bx). A los 60 d algunos tratamientos aumentaron su contenido de SST como 0.5MN 0CA y el 1MN 1CA con valores superiores al 70 °Bx, mientras que el tratamiento 0MN 0.5CA obtuvo el menor contenido de SST con un valor promedio de 67 °Bx (Figura 12 B). A los 90 d de almacenamiento el contenido de SST disminuyó, siendo el tratamiento Cera comercial el que obtuvo el valor más alto, seguido del Testigo Absoluto y el 0MN 1CA con contenidos de SST de entre 69-70 °Bx, mientras que los tratamientos con el menor contenido de SST fue el 1MN 0CA con un contenido de alrededor del 63 °Bx. Solo el tratamiento 0.5MN 0.5CA mantuvo durante todo el almacenamiento el contenido de SST constante con un valor promedio de 67 °Bx (Figura 12 B).

En el análisis por nivel de factores de la Cuadro 9, para esta variable, se observó que por el factor Tratamiento se formaron dos grupos, siendo el tratamiento 0.5MN 0.5CA y el de 1MN 0CA los que obtuvieron los valores más bajos con 67.4 y 67.2 °Bx respectivamente, sin diferencias entre ellos, aunque significativamente diferentes al resto de los tratamientos.

En lo que respecta al tiempo de almacenamiento, hubo diferencia significativa en los niveles del factor (Cuadro 9), observando un aumento en el contenido de SST al pasar de 68.5 °Bx a los 30 d, a 69.1 °Bx a los 60 d, el cual representó el mejor valor,

para después disminuir a los 90 d obteniendo el valor más bajo de 67.5 °Bx. Como se observa en la Figura 12 B, se hace notorio el resultado entre los tratamientos que obtuvieron los valores menores (0.5 MN 0.5CA y 1MN 0CA) y el resto de los tratamientos que no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Color

De acuerdo con el análisis factorial (Cuadro 8), no se encontraron diferencias significativas para los atributos de color (L, C y H) por la interacción de los factores Tratamiento con el Tiempo de almacenamientos, lo cual se apreció en la Figura 13 (A, B y C), donde los rangos de L oscilaron entre 27 y 29 (Figura 13 A), para la C (Figura 13 B) entre 26 y 32 y de H (Figura 13 C) entre 12 y 15. Sin embargo por separado, tanto los Tratamientos como el Tiempo de almacenamiento influyeron en uno u otro atributo de color.

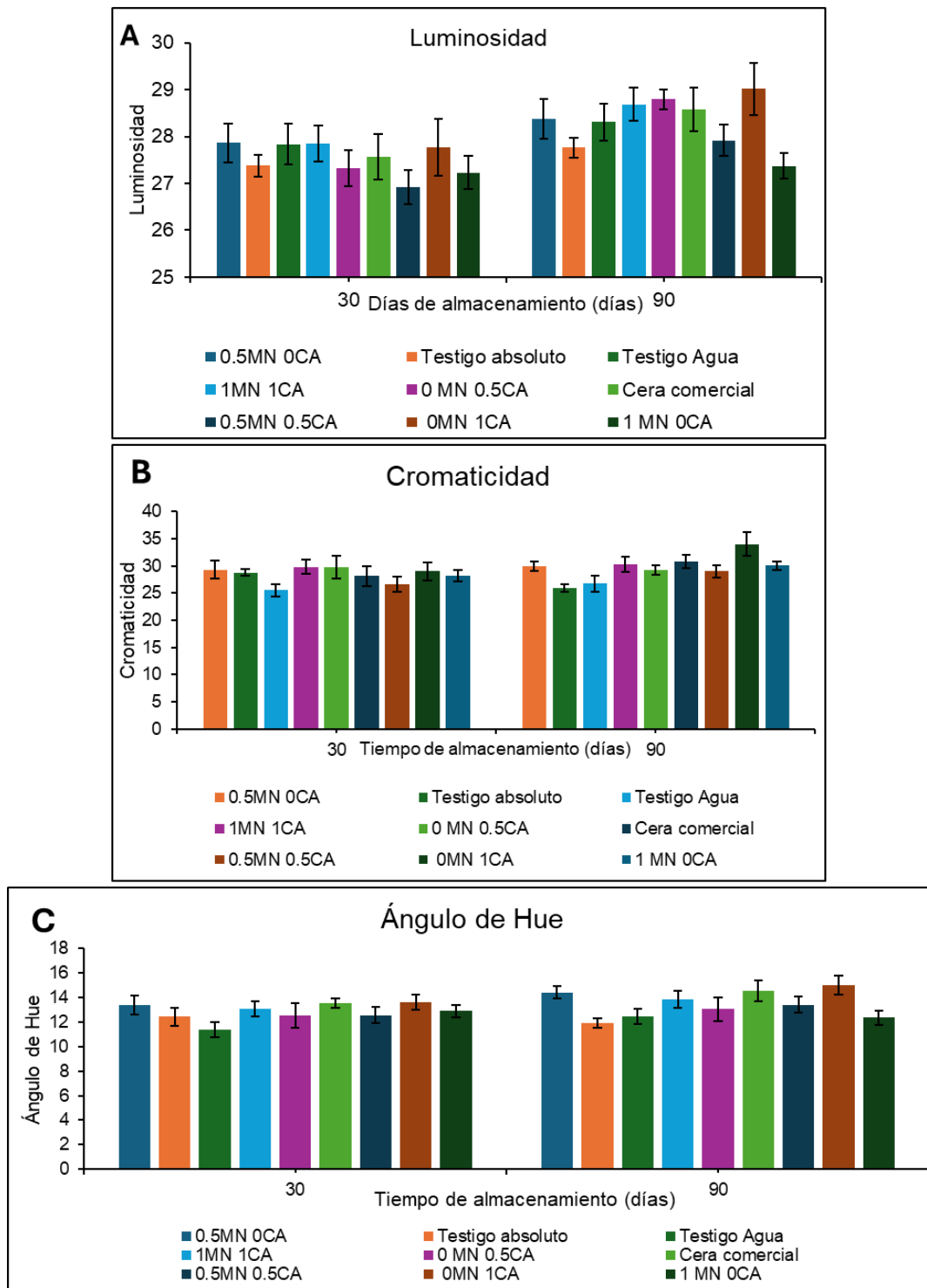


Figura 13.- Comportamiento de los atributos de color del dátil Mejhoul. A: Luminosidad, B: Cromaticidad y C: Ángulo de Hue.

Luminosidad: en el Cuadro 9 y Figura 13 A se observó la influencia del Tiempo de almacenamiento sobre la Luminosidad (L) de los dátiles, pues se registró un aumento significativo en este atributo en todos los tratamientos de los 30 a los 90 días pasando de 27.52 a 28.31. De todos los tratamientos, el de 0MN 1CA fue el que obtuvo el valor mayor de Luminosidad, seguido del 0MN 0.5CA y en tercer lugar el de 1MN 1CA fueron los que obtuvieron los mayores valores a los 90 días de almacenamiento mientras que el menor valor de Luminosidad lo obtuvo el tratamiento Testigo Agua, sin diferencias entre ellos.

Cromaticidad: en la Figura 13 B se registró gráficamente un incremento general en los valores del atributo cromaticidad en todos los tratamientos durante el almacenamiento, los cuales no fueron significativos (Cuadro 9); sin embargo, por el factor Tratamiento sí se presentaron diferencias significativas siendo el tratamiento de 0MN 1CA el que tuvo el mayor valor con 31.5, mientras que el tratamiento Testigo Agua fue el que obtuvo el valor menor con 26.1 siendo significativamente diferentes.

Ángulo de Hue: en el Cuadro 8 se registró que tanto el factor Tratamiento como el Tiempo de Almacenamiento influyeron en los valores del ángulo de Hue o matiz de color de los dátiles Mejhoul. En el Cuadro 9 y gráficamente en la Figura 13 C se observó que el tratamiento 0MN 1CA fue el que presentó el valor mayor con 14.3, mientras que el valor más bajo lo presentó el tratamiento Testigo Agua con un valor de 11.9. En lo que respecta al Tiempo de almacenamiento se registró un incremento al pasar de los 30 a los 90 días, con valores de 12.82 y 13.45 respectivamente siendo significativamente diferentes.

Azúcares totales y reductores

Azúcares totales: se encontró diferencia significativa por la interacción de los factores Tratamiento y Tiempo de almacenamiento (Cuadro 8), la cual se apreció en el análisis factorial (Cuadro 9) y de manera gráfica (Figura 14 A) donde se observó que el contenido de azúcares totales a los 30 y a los 60 d de

almacenamiento se mantuvo casi sin cambios, sin embargo, a los 90 d se observó una disminución generalizada. Los mejores valores a los 30 d los obtuvieron los tratamientos 0MN 1CA con contenido superior al 80 % y 0MN 0.5CA con valor promedio del 80 %, los valores más bajos fueron para 0.5MN 0CA y el Testigo Absoluto con valores promedios de 72 %; a los 60 d los valores más altos de AT lo obtuvieron los tratamientos 1MN 1CA con contenido de AT superior al 80 %, seguido de los tratamientos 0.5MN 0CA, 0MN 1CA y 1MN 0CA con contenido ligeramente menor al 80%, mientras que los valores más bajos los obtuvo el Testigo Absoluto con un valor promedio del 76 %; por último, a los 90 d los mayores contenidos de AT los obtuvieron los tratamientos 1MN 0CA con un 73 % y 0MN 1CA con 70 %, mientras que los valores más bajos los obtuvieron los tratamientos Testigo absoluto y 0.5MN 0CA con valor promedio del 67 %.

De manera separada en el análisis por nivel de factores, en el factor Tratamiento (Cuadro 9), el mejor valor lo obtuvo el tratamiento 0MN 1CA con un valor de 80.7 % presentando diferencia significativa, mientras que los valores más bajos fueron los del Testigo absoluto con un valor de 72.1 % y el 0.5MN 0 CA con un valor de 74.9 %. Durante el almacenamiento se presentaron diferencias significativas en los tres niveles, siendo el valor más alto a los 60 días con 82.6 % y el más bajo a los 90 d con 68.5 %.

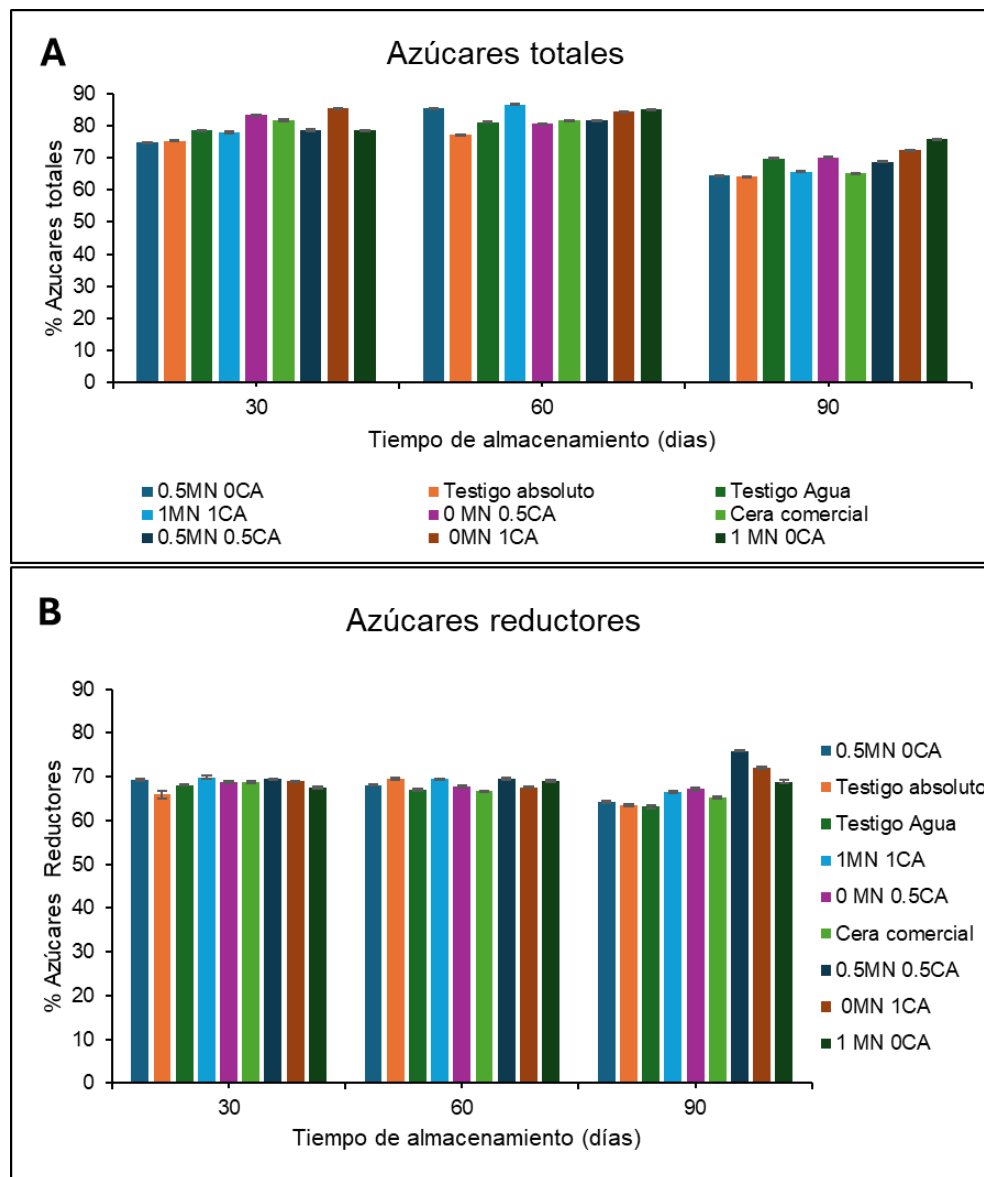


Figura 14.- Contenido de azúcares en el dátíl Mejhoul. A: Azúcares totales y B: Azúcares reductores.

Azúcares reductores: en esta variable se encontró diferencia significativa por la interacción de los Tratamientos con el Tiempo de almacenamiento (Cuadro 8), de manera gráfica en la Figura 14 B y en el análisis factorial (Cuadro 9) se observó que los azúcares reductores se mantuvieron más o menos constantes entre los 30 y los 60 d, sin embargo, a los 90 d se crearon dos grupos de tratamientos, algunos que

incrementaron su valor, mientras que otros lo disminuyeron. A los 30 d de almacenamiento los valores más altos los obtuvieron los tratamientos 1MN 1CA con 70 % aunque los demás tratamientos tuvieron valores menores, pero muy cercanos a excepción del Testigo Absoluto que obtuvo el valor promedio más bajo con 68 %. A los 60 d el mayor contenido lo obtuvieron los tratamientos Testigo Absoluto, 1MN 1CA, 0.5MN 0CA y 1MN 0CA con contenido similar de 70 %, mientras que el menor contenido lo registraron la cera comercial y el Testigo Agua con contenido del 68 %. Por último, a los 90 d el mayor contenido lo obtuvieron los tratamientos 0.5MN 0.5CA con 80 %, seguido del tratamiento 0MN 1CA con 78 %; mientras que el menor contenido de esta variable fue para los tratamientos Testigo Absoluto y Testigo Agua con valor similar del 63 %.

Por efecto de los tratamientos (Cuadro 9) el mejor valor de azúcares reductores lo obtuvo el 0.5MN 0.5CA con un valor de 71.7 % siendo significativamente diferente al resto de los recubrimientos, mientras que el menor contenido lo obtuvo el Testigo Agua con 66.1 % presentando diferencia significativa. En lo que respecta al almacenamiento los mejores valores corresponden a los 30 y 60 d con valores de 68.5 % y 68.3 % respectivamente sin diferencias entre ellos, pero sí presentaron diferencias con el valor de los 90 d que fue de 67.4 %.

Discusión de Recubrimientos

Pérdida de peso

Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados en dátiles variedades Mejhoul y Barhy a los que se les colocaron seis distintos recubrimientos, en los que se reportó una tendencia al incremento de la pérdida de peso durante el almacenamiento (Eman, *et al.*, 2020). Algunos estudios mencionan que dátiles almacenados a 0 °C y colocados en cajas de cartón presentaron pérdidas de peso a los 30 y 60 d de 3-4 % y de 4-5 % respectivamente, inferiores a los porcentajes obtenidos en la presente investigación (Eman, *et al.*, 2020).

En esta variable es importante decir que, aunque de acuerdo con los resultados no se registró una diferencia significativa por la interacción de los tratamientos y el tiempo de almacenamiento, a los 30 d de almacenamiento los tratamientos con solo 0.5MN y solo 0.5CA junto con el Testigo agua fueron los que perdieron la mayor cantidad de peso, lo que sugiere que a la concentración de 0.5 tanto el MN como la CA por separado incrementan la pérdida de los dátiles.

Por otro lado, los tratamientos que menor peso perdieron fueron los tratamientos 1MN y 1CA por lo que, tanto el MN como la CA brindan un beneficio a los dátiles como barrera a la pérdida de peso por evaporación de agua a una concentración de 1%. A los 60 d, estos dos últimos tratamientos continúan siendo los que menos peso perdieron, manteniéndose con la tendencia hasta los 90 d de almacenamiento. Por el lado contrario, el tratamiento Testigo Agua fue el que mayor peso perdió durante los tres periodos de evaluación, seguido del tratamiento Testigo Absoluto (Figura 10).

Lo anterior se encuentra en concordancia con lo reportado en fresas con recubrimiento comestible a base de quitosano y cera de abeja en almacenamiento por 7 d a 20 °C, en las que se registró una menor pérdida de peso en los tratamientos con recubrimiento comestible, en comparación con las fresas control que reportaron un mayor porcentaje de pérdida de peso (Velickova, *et al.*, 2013), a su vez que se reafirma los beneficios que aportan las combinaciones de ingredientes (mucílago de nopal = polisacárido y la cera de abeja = lípido) dando la combinación de 1MN 1CA los mejores resultados en una menor pérdida de peso respecto a las mezclas con los ingredientes solos o en combinación a concentración menor (0.5) y que los tratamientos Testigo Absoluto y Agua (Warriner, *et al.*, 2009).

Los resultados también están en concordancia con los obtenidos en mora de castilla (*Rubus galaucus* Benth) en la que la pérdida de peso fue menor en las moras recubiertas con una mezcla de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y cera de abeja almacenados a 4 °C en comparación con los frutos testigo (Villegas y Albarracín, 2026). En general, los resultados en la variable pérdida apoyan la teoría de que un objetivo de un recubrimiento comestible es de ser una barrera en los procesos de

intercambio gaseoso, ya que forma una capa alrededor del fruto que cubre los estomas, lo cual hace que se reduzca la tasa de transpiración, lo que provoca una pérdida de peso más lenta (Prasad, *et al.*, 2018; Vargas, *et al.*, 2008).

Pérdida de tamaño

Aunque se registraron diferencias significativas por los factores separados los factores Tratamiento y el Tiempo de Almacenamiento para el parámetro diámetro polar de los dátiles, estas diferencias no se vieron reflejadas en su interacción, lo que pudo deberse a la alta variabilidad que hubo en los datos obtenidos en este parámetro. El parámetro del tamaño de los frutos por su diámetro polar se considera importante debido a que es un estándar considerado para la clasificación del dátil para su comercialización clasificando al dátil en Molienda (cualquier tamaño), Premium (3.81 cm o más), Grande (4.45 - 5.08 cm) y Jumbo (mayor a 5 cm) (Morales, *et al.*, 2023) considerando el tamaño del diámetro polar inicial promedio de los dátiles que fue de 5.1 cm y el rango de PTDp entre 0.6 - 5 % en el experimento, el diámetro polar final de los dátiles se ubicó en el rango de 5.05 - 4.80 cm manteniendo al dátil en el grupo de dátiles grandes.

En cuanto al diámetro ecuatorial del fruto, aunque este parámetro no se considera para la clasificación del dátil, sí influye en el aspecto general del fruto, considerando el valor inicial promedio del diámetro ecuatorial de los dátiles de 2.4 cm, y las PTDe que oscilaron entre el 1 y el 8 %, los dátiles tuvieron tamaños durante el experimento en el rango de 3.37 a 2.20 cm.

Por lo anterior se infiere que los recubrimientos aplicados al dátil Mejhoul almacenado a 20°C no provocan una afectación o alteración de su tamaño inicial.

La alta variabilidad de los datos en las variables pérdida de peso (%) y pérdida de tamaño (%) se atribuye a la naturaleza biológica del fruto, aún en las condiciones óptimas de manejo postcosecha, la uniformidad en los resultados es difícil de lograr, ya que las frutas y hortalizas frescas son morfológica y fisiológicamente

heterogéneas (Escribano y Mitcham, 2014). Así como a que, en el caso específico de los dátiles, estos frutos no maduran homogéneamente (Kader y Awad, 2009).

Firmeza

Los resultados obtenidos en la firmeza de los dátiles establecieron que la interacción de los tratamientos con el tiempo de almacenamiento fue significativa, dicha interacción se ve reflejada en una relación directa de la firmeza de los frutos durante el almacenamiento, notándose un incremento en dicha variable en todos los tratamientos. Se destacan los tratamientos con concentración de Cera de abeja a 0.5 % que tanto sola y en combinación con 0.5MN proporcionaron los dátiles más firmes, por otro lado, los dátiles menos firmes correspondieron a los tratamientos con cera de abeja al 1 % que tanto sola o en combinación de 1MN 1CA proporcionaron los dátiles menos firmes. Esta relación inversa entre el aumento de la concentración de cera de abeja con la disminución de la firmeza de los frutos se puede atribuir a su aporte lipídico actuando como barrera a la evaporación del contenido de agua del fruto al medio exterior (Vargas, *et al.*, 2008; Debeaufort, *et al.*, 2009), lo que también coincide con los resultados obtenidos en el % de pérdida de peso, donde el tratamiento que menos peso perdió fue el de combinación de 1MN 1CA.

Los cambios en la firmeza de los frutos de dátil han sido reportados previamente donde conforme avanza el tiempo de almacenaje se incrementa la firmeza del fruto, esto se ha asociado con la pérdida de agua por parte del tejido durante su proceso de maduración (Mohammed y Mustapha, 2022; Ramadan, *et al.*, 2016; Amorós *et al.*, 2007).

Los valores de firmeza de los dátiles Mejhoul en el rango de 2 a 6 Kgf obtenidos durante el experimento están muy por encima de los obtenidos en otras investigaciones para dátiles variedad Mejhoul, en los que se han reportado valores de 0.60 kgf (Noutfia y Ropelewska, 2023) y valores de entre 0.20 - 0.48 Kgf (Kamal-

Eldin, *et al.*, 2020), sin embargo, estos valores se obtuvieron en dátiles que fueron recién cosechados y almacenados a 4 °C durante 24 h sin recubrimientos.

Color

De acuerdo con los resultados obtenidos en los parámetros de color (L,C y H) al no haber diferencias significativas por la interacción de los factores Tratamiento con el Tiempo de almacenamiento, los valores de la luminosidad en el rango de 27 - 29 % ubica a los dátiles más cercanos a la oscuridad, es decir opacos, mientras que por los valores promedios de entre 25 -35 % en la Cromaticidad o intensidad del color (verde/rojo), los dátiles se ubican en el cuadrante rojo y por último por los valores promedios en el rango de 12-15 del ángulo de Hue o tono (amarillo/azul), los dátiles se ubican en el amarillo; estos resultados son muy cercanos a los reportados de L = 30, C = 41.5 y H = 14.4 en dátiles de la misma variedad (Mejhoul) en etapa Tamar, que fueron analizados frutos recién cosechados y sin recubrimientos en Túnez y Algeria, (Noutfia, 2023).

Sin embargo, difieren de valores obtenidos en los mismos parámetros en dátiles Mejhoul recubiertos con 6 recubrimientos distintos en los que la L, el C y el valor de H disminuyeron en todos los tratamientos a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento, aunque coinciden en la luminosidad, y en la coloración marrón de los dátiles Mejhoul en etapa Tamar (Eman, *et al.*, 2020; Secretaría de Economía, 2012). Los resultados generales indican que los atributos de color del dátil Mejhoul se mantienen con la aplicación recubrimientos a base de mucílago de nopal y de cera de abeja por sí solos o en combinación.

La conservación de los parámetros de color es indicativa de que los recubrimientos a base de una fuente lipídica y un polisacárido hidrocoloide no contribuyen en el deterioro de la calidad del fruto, lo que demuestra su efectividad como métodos de conservación de la calidad de los vegetales, tal como se ha reportado con anterioridad en otros trabajos en fresa recubierta con Quitosano y ácido oleico (Vargas, *et al.*, 2006; Velickova, *et al.*, 2013).

De acuerdo con los resultados de las variables pérdida de peso, pérdida de tamaño, firmeza y color, se puede reforzar la teoría de que el uso de RC es una tecnología que permite el manejo de las condiciones fisiológicas del fruto, que propicia el retraso de los cambios bioquímicos (pérdida de peso, el ablandamiento, la pérdida de color, entre otros) contribuyendo a mantener su calidad (Tiwari, *et al.*, 2022).

Azúcares totales (AT) y azúcares reductores (AR)

Los resultados obtenidos en el contenido de azúcares coinciden con los reportados en el rango de 44 % a 81.4 % para dátiles de diferentes variedades (Salomón Torres, *et al.*, 2017; Al-Farsi, 2005; Assirey, 2015). Sin embargo, estos resultados son superiores a los valores reportados de 58.8 % en el contenido de AT y de 13.8 % en el contenido de AR, en dátiles frescos de la variedad Mejhoul en etapa Tamar evaluados en Algeria y Túnez, aunque cabe destacar que a esos dátiles no se les recubrieron ni fueron almacenados por periodos largo, sino que fueron evaluados inmediatamente después de la cosecha (Al-Shahib y Marshall, 2003; Noutfia, *et al.*, 2023).

Los contenidos de AT y de AR en rangos de 67- 80 % y 63 - 72 % respectivamente, son cercanos a los porcentajes reportados de 67.49 % para AT y de 61.31 % para AT (Salomón-Torres, *et al.*, 2017). El contenido de AR está en concordancia con el 68.2 % reportados en dátil variedad La Labanah (Elleuch, *et al.*, 2008). Se ha reportado que durante la etapa Tamar el contenido de carbohidratos se compone principalmente de azúcares invertidos como la fructosa, la glucosa, maltosa, glactosa, entre otros, lo cual concuerda con los resultados obtenidos, pues el contenido de AR fue de casi la totalidad de los azúcares cuantificados en los dátiles evaluados; aunque estos contenidos y el tipo de azúcar específica varía de una variedad a otra y también de la región en la que se produzcan los dátiles (Hussain, *et al.*, 2020).

Gráficamente (Figura 14 B), se observó que es al final del almacenamiento, a los 90 d, cuando se obtuvo una diferencia en el contenido de AR en los tratamientos 0.5MN

0.5CA y 0MN 1CA con un incremento de azúcares cercanos al 75 %, lo que da cuenta de que estos recubrimientos contribuyeron a aumentar el contenido de AR de los dátiles Mejhoul, por otro lado el menor contenido de esta variable fue para los tratamientos Testigo Absoluto y Testigo Agua con valor similar del 63 % que fueron los que disminuyeron en mayor medida el contenido de AR, lo que sugiere que el metabolismo de los dátiles fue ralentizado con el uso de recubrimientos en comparación con los que no se recubrieron.

Sólidos Solubles Totales (SST)

Del contenido de SST se destaca que, aunque se presentaron fluctuaciones durante el almacenamiento en la mayoría de los tratamientos, fueron los tratamientos 0.5MN 0.5CA y el Cera comercial los que conservaron el contenido de SST constantes durante todo el experimento con valor de entre 67- 68 °Bx y 68-69 °Bx respectivamente, por lo que contribuyen a mantener este parámetro en el dátil, y se infiere que no afectan el metabolismo del vegetal. Sin embargo, estos resultados son superiores a los valores reportados de 62.1 °Bx en el contenido de SST en dátiles frescos de la variedad Mejhoul en etapa Tamar evaluados en Algeria y Túnez, que fueron evaluados inmediatamente después de la cosecha (Al-Shahib y Marshall, 2003; Noutfia, *et al.*, 2023).

Por otro lado, la disminución de SST que se observó en la mayoría de los tratamientos entre los 60 y 90 d de almacenamiento coincide con lo reportado en fresa en la que los tratamientos de recubrimientos con quitosano y cera de abeja disminuyeron su contenido durante almacenamiento a 20°C por 7 d (Velickova, *et al.*, 2013).

6.3 Evaluación sensorial

En las figuras 15 A y 15 B se observó que la evaluación de preferencia de los atributos de color y apariencia visual de todos los tratamientos del dátil estuvo dentro

del rango de “me gusta” y “me gusta mucho”, también se registraron las variaciones en el nivel de preferencia de acuerdo con el tiempo de almacenamiento transcurrido.

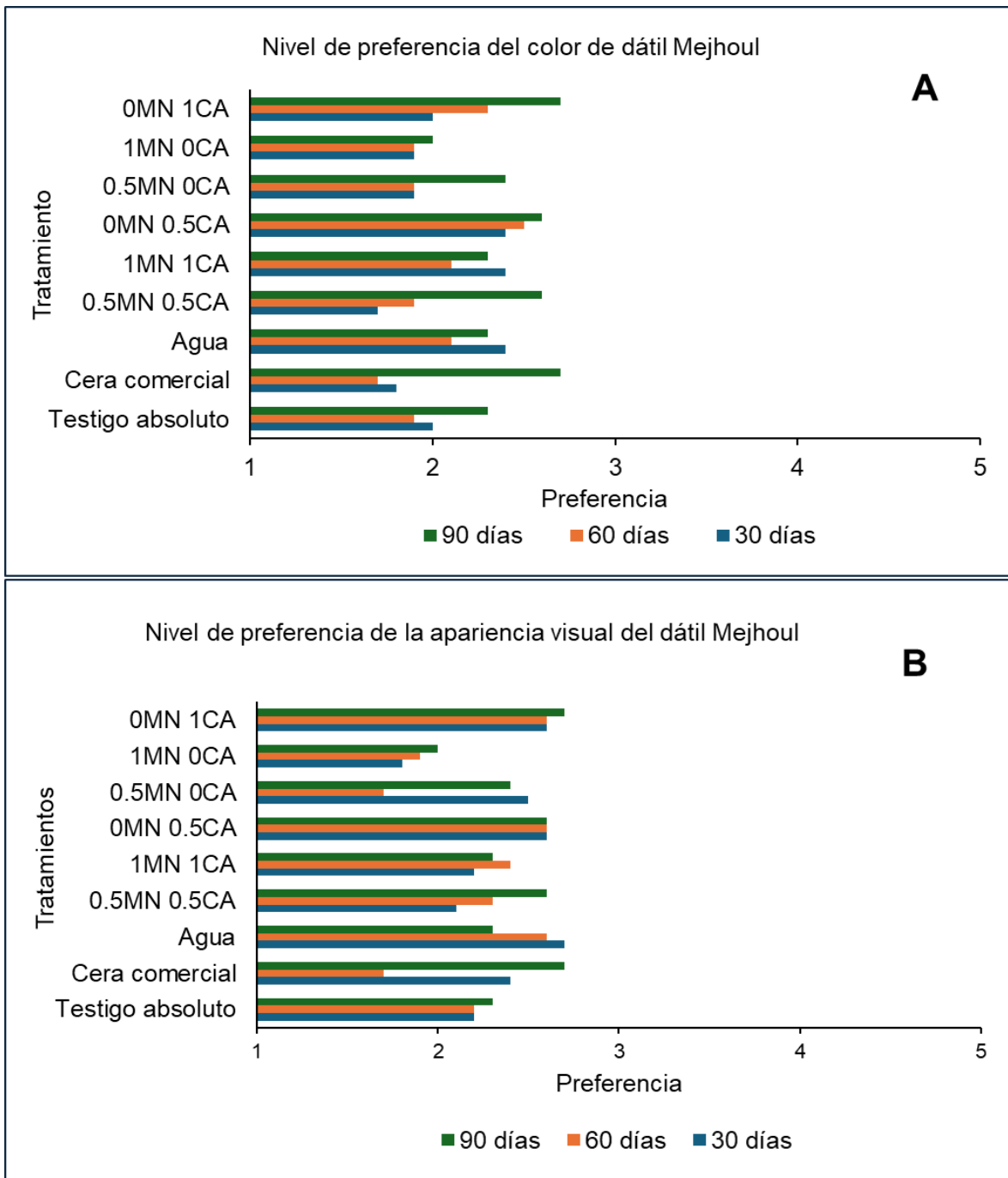


Figura 15.- Nivel de preferencia del color: (A) y nivel de preferencia de la apariencia visual (B), del dátíl Mejhoul almacenado durante 90 días a 20°C. las cantidades de 0.9 % tween (T) y 0.5 % glicerol (G) se mantuvieron constantes en todas las mezclas

de recubrimiento. los niveles de preferencia se deben interpretar como 1= “me gusta mucho”; 2 = “me gusta”; 3 = “ni me gusta ni me disgusta”; 4: “me disgusta” y 5 = “me disgusta mucho”.

En la figura 15 A se registró que, el tratamiento que tuvo la mayor preferencia en el color fue el de 1MN 0CA, puesto que su evaluación se mantuvo dentro de los niveles de “me gusta” a “me gusta mucho” durante las tres evaluaciones. Por otro lado, los tratamientos menos preferidos fueron 0MN 0.5CA, 0MN 1CA, Testigo Agua y 1MN 1CA, puesto que obtuvieron las menores preferencia en las evaluaciones realizadas en el rango de “me gusta” a “ni me gusta ni me disgusta”. En relación con el efecto del recubrimiento sobre el color de los frutos, estos resultados concuerdan con un estudio realizado en fresa (*Fragaria ananassa*) en el que observaron que el mucílago de nopal aplicado como recubrimiento permitió mantener la textura y el color del fruto (Del Valle, *et al.*, 2005).

En el color también se registró que, en los tratamientos 1MN 1 CA y Agua, la relación fue directamente proporcional, es decir que el color de los dátiles fue más preferido a los 60 y a los 90 d que a los 30 d. En el resto de los tratamientos, la relación entre la preferencia del color y el tiempo de almacenamiento fue inversa, es decir que en la evaluación de 90 d el color de los dátiles fue menos preferido que a los 60 y a su vez menos preferido que a los 30 d.

En la Figura 15 B, en la variable apariencia visual se registró que el tratamiento más preferido por el panel de evaluadores fue el de 1MN 0CA, puesto que obtuvieron niveles de preferencia en el rango de “me gusta” a “me gusta mucho” en las tres evaluaciones realizadas; seguidos del tratamiento testigo absoluto. Aún, cuando hubo tratamientos como el de Cera comercial y 0.5MN 0CA que, en la primera evaluación tuvieron una mejor preferencia esta percepción disminuyó con el tiempo de almacenamiento.

Por otro lado, los tratamientos que tuvieron la menor preferencia en el rango de “me gusta” a “ni me gusta ni me disgusta” fueron 0MN 1CA, 0MN 0.5 CA y el de Cera comercial. Así mismo en estos atributos se observó que tanto el tratamiento Testigo

Agua como el 1MN 1CA mejoraron su preferencia conforme aumentó el tiempo de almacenamiento, aunque no fueron los más preferidos.

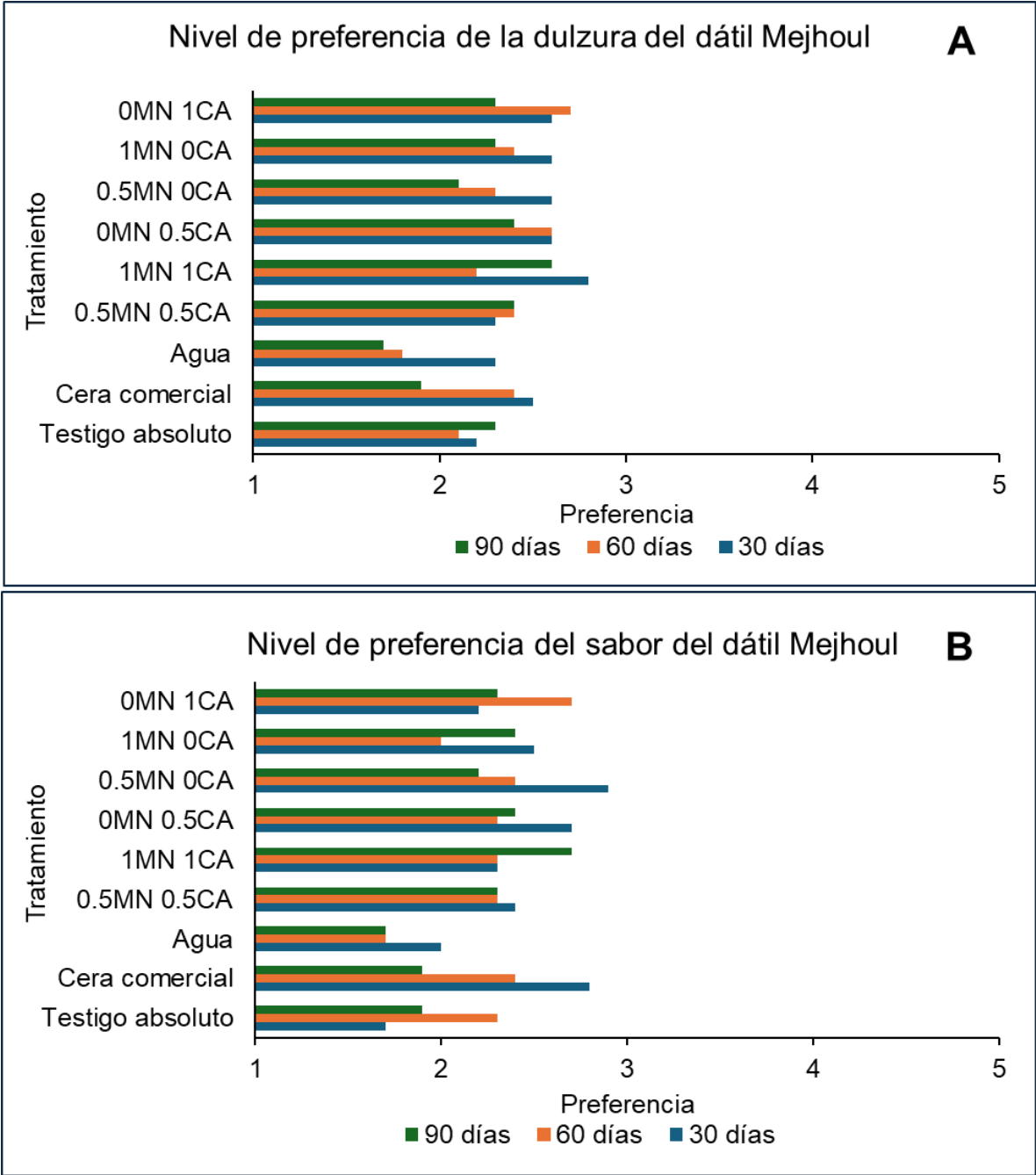


Figura 16.- Nivel de preferencia de la dulzura: (A) y nivel de preferencia del sabor (B), del dátil Mejhoul almacenado durante 90 días a 20°C. Las cantidades de 0.9 %

Tween (T) y 0.5 % Glicerol (G) se mantuvieron constantes en todas las mezclas de recubrimiento. Los niveles de preferencia se deben interpretar como 1= “Me gusta mucho”; 2 = “Me gusta”; 3 = “Ni me gusta ni me disgusta”; 4: “Me disgusta”; 5 = “Me disgusta mucho”.

En la Figura 16 A, se observó que para el atributo de dulzura las evaluaciones en general se ubicaron en el rango de “me gusta” hacía “ni me gusta ni me disgusta”, a excepción del tratamiento Agua que registró a los 30 y 60 d preferencias en el rango de “me gusta” a “me gusta mucho”. La mayoría de los tratamientos registraron una relación directa entre la preferencia de los dátiles por su dulzura y el tiempo de almacenamiento.

En la Figura 16 B se registró que de manera general el atributo de sabor fue evaluado por los panelistas en el rango entre “me gusta” a “ni me gusta ni me disgusta”. El tratamiento mayormente preferido por el panel de evaluadores por su sabor fue el Agua, seguido del Testigo absoluto. También se observó que los tratamientos Agua y Cera comercial, 0.5MN OCA presentaron una relación directa entre el nivel de preferencia y el tiempo de almacenamiento de los dátiles, es decir que conforme fue aumentando el tiempo de almacenamiento, su grado de preferencia fue mayor.

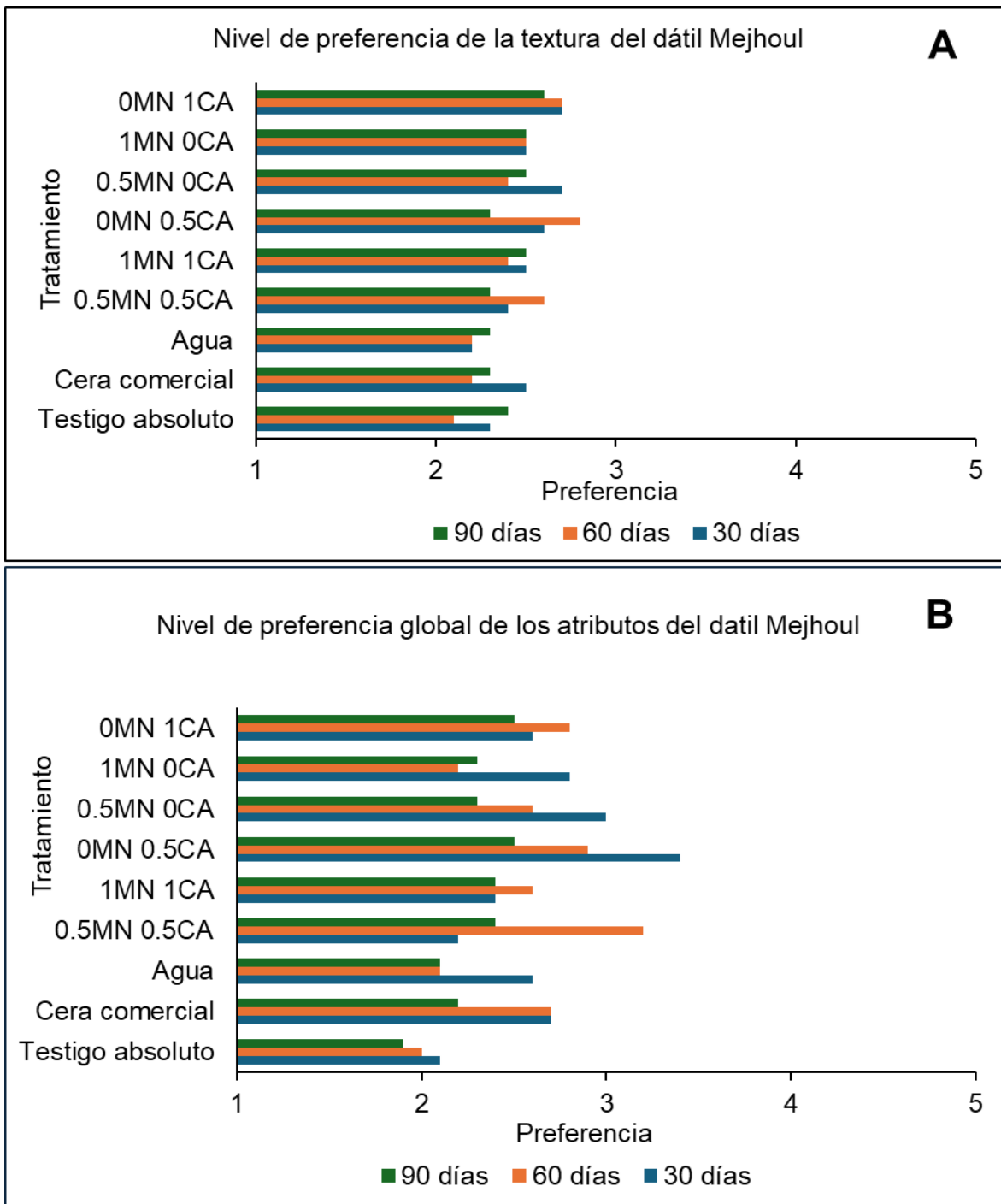


Figura 17.- Nivel de preferencia de la textura: (A) y nivel de preferencia global (B), del dátíl Mejhoul almacenado durante 90 días a 20°C. Las cantidades de Tween (T) y Glicerol (G) se mantuvieron constantes en todas las mezclas de recubrimiento con 0.9 % y 0.5 % respectivamente. Los niveles de preferencia se deben interpretar

como 1 = “Me gusta mucho”; 2 = “Me gusta”; 3 = “Ni me gusta ni me disgusta”; 4: “Me disgusta”; 5 = “Me disgusta mucho”.

En la Figura 17 A se observó que, para el atributo de textura del dátil, en general los tratamientos obtuvieron preferencias en el rango de “me gusta” hacia “ni me gusta ni me disgusta”. También se observó que los tratamientos mayormente preferidos por los evaluadores fueron Agua, Cera comercial y Testigo absoluto. De manera particular en la evaluación de los 90 d los tratamientos 0MN 0.5 CA, 0.5 MN 0.5 CA, Agua y Cera comercial tuvieron el mismo nivel de preferencia

En la Figura 17 B se registró de manera general que la calificación global tuvo un rango de nivel de preferencia mayor, yendo desde “me gusta” y extendiéndose entre el rango de “ni me gusta ni me disgusta”, hacia el “no me gusta”. Aunque también de manera general se apreció que los tratamientos fueron más preferidos a los 90 días de evaluación.

El tratamiento mayormente preferido fue el Testigo absoluto, seguido del Testigo Agua y 1MN 0CA, estos últimos evaluados similarmente. Mientras que los tratamientos menos preferidos a los 30 días fueron 0MN 0.5CA, 0.5 MN 0 CA, Cera comercial y 1 MN 0 CA; y a los 60 días fueron 0.5 MN 0.5CA, 0MN 0.5CA, 0MN 1CA y cera comercial.

De manera visual, durante el almacenamiento los dátiles con sus respectivos tratamientos se apreciaron externamente como se muestran en la Figura 18.

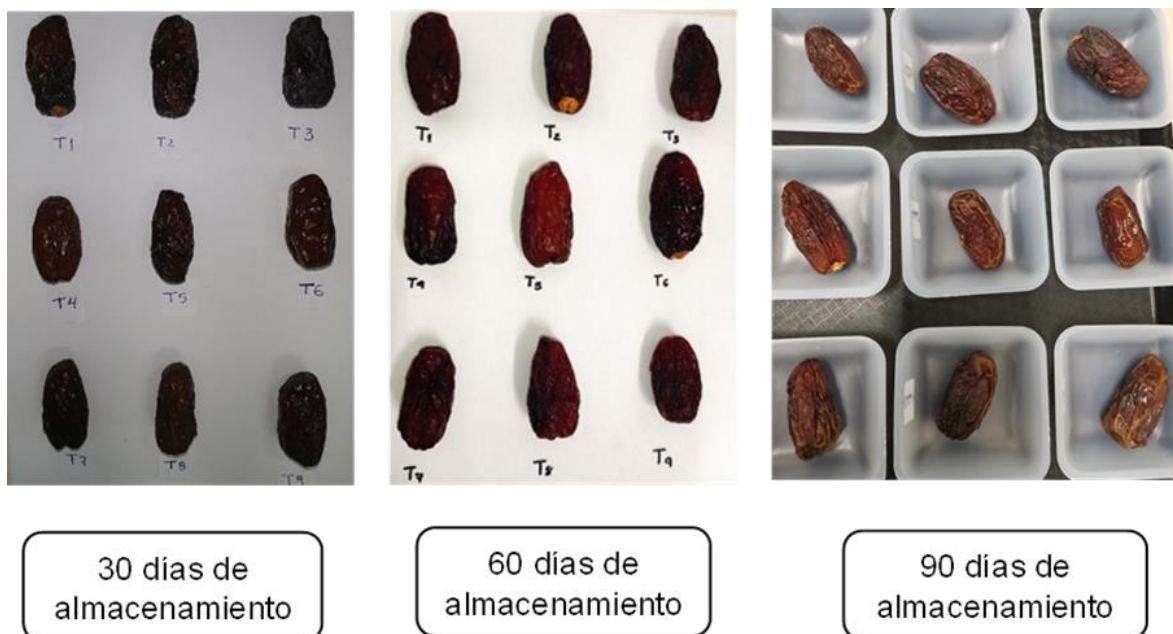


Figura 18. Dátiles Mejhoul con los diferentes tratamientos, almacenados por 30, 60 y 90 d de almacenamiento. T1= 0.5 MN 0CA; T2 = Testigo absoluto; T3 = Testigo agua; T4 = 1 MN 1 CA; T5 = 0 MN 0.5 CA; T6 = Cera comercial; T7 = 0.5 MN 0.5 CA; T8 = 0 MN 1 CA y T9 = 1 MN 0 CA. En todas las mezclas de recubrimientos los valores de G = 0.5 y T = 0.9 se mantuvieron constantes.

Discusión de análisis sensorial

Color y apariencia visual

En la variable color, atributo entendido como marrón suave a negro el color normal de los dátiles, y en la variable apariencia visual, entendida como la relación entre el tamaño y la uniformidad del fruto (corto/liso a largo/irregular) (Ismail, *et al.*, 2001), los resultados arrojaron que los dátiles preferidos por el panel de evaluadores fueron los del tratamiento 1MN 0CA sobre el resto de los tratamientos, es decir que el mucílago a concentración de 1% contribuyó en la mejora de estos atributos e influyó en la elección del panel de evaluadores. Estos resultados concuerdan con algunos investigadores que señalaron que el recubrimiento ayuda a mejorar la apariencia del producto (Biquet y Labuza, 1988), en este caso es el recubrimiento a base de

mucílago de nopal a 1% el que mejoró la apariencia visual del fruto. Los resultados obtenidos en una mayor preferencia por su color y apariencia visual de los frutos recubiertos con MN coinciden con los obtenidos en Rambután (*Nephelium lappaceum* L.) que fue recubierto con MN a diferentes concentraciones y almacenado a 5 °C, en los que la intención de compra por el consumidor, basándose en estas características, en frutos con recubrimiento fue del 70 % al tercer día de evaluación, mientras que los frutos testigo tuvieron solo un 40 % y a los 10 días la relación fue de 60 % y 20 % respectivamente (Brindis-Trujillo, *et al.*, 2020).

Tanto en el color como en la apariencia visual se apreció que los tratamientos menos preferidos fueron los que contenían cera de abeja sola en sus dos concentraciones 0.5 y 1 %, por lo que se infiere que la cera de abeja por sí sola afecta negativamente la decisión de elección de los dátiles por el consumidor basada en atributos de color y apariencia visual, este resultado puede ser el resultado de la apreciación negativa por parte del consumidor de un residuo blanquecino que se formó en los dátiles que fueron recubiertos solo con cera de abeja y que no se apreció en el resto de los tratamientos y que tampoco tuvo influencia en la determinación del color del fruto de manera instrumental.

Dulzura y sabor

La dulzura de los dátiles varía en el rango de ligeramente dulce a extremadamente dulce, su percepción por las panelistas dio como resultado que los dátiles preferidos por su dulzura fueron los del tratamiento Testigo Agua, cera comercial y 0.5MN 0CA, en los que también se apreció una relación directa en la preferencia del dátil por su dulzura, pues fueron más preferidos a los 60 y a los 90 d, que a los 30 d de evaluación. Estos resultados indican que a excepción de la concentración por sí sola del 0.5MN, los demás recubrimientos no influyeron positivamente en la elección del dátil por su dulzura por el consumidor.

El sabor es el atributo más subjetivo por lo que no se le puede describir, también es el más determinante para decidir el consumo regular de un producto (Ismail, *et al.*, 2001). Los tratamientos más preferidos por su sabor fueron los de los tratamientos

Testigo Agua y Testigo Absoluto, seguidos por los tratamientos 0.5MN 0.5CA y el 1MN 0CA; sin embargo, el hecho de que los mejores evaluados fueron los Tratamientos Testigo absoluto y Testigo Agua es indicativo de que algunos recubrimientos afectan el nivel de preferencia del dátil por su sabor.

Los resultados también arrojaron que esta variable mantiene una relación directa entre la preferencia de los dátiles con el tiempo de almacenamiento en casi todos los tratamientos, es decir que fueron más preferidos a los 90 d, que a los 60 d y a su vez éstos más preferidos que a los 30 d, a excepción del tratamiento 1MN 1CA cuya preferencia fue disminuida conforme avanzó el tiempo de almacenamiento. Cabe mencionar que todos los tratamientos (dátiles con y sin recubrimientos) por el sabor se evaluaron dentro del rango de “me gusta”. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en fresa (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) recubierta con quitosano en el que se obtuvo una menor preferencia de los frutos con recubrimiento y fueron más preferidos los frutos control, debido a un sabor astringente que los evaluadores percibieron debido al quitosano (Velickova, *et al.*, 2013).

El contenido de azúcares en los frutos tiene una gran influencia en el sabor y la dulzura, y es un parámetro importante que determina su calidad; en la pulpa del dátil los azúcares mayoritarios son la glucosa, la fructosa y la fructosa (Durán, *et al.*, 2020).

Textura

En cuanto a la textura en el dátil, la textura va de muy suave a extremadamente dura al morderlo. Los resultados de la evaluación de los tratamientos en este atributo arrojaron que los más preferidos por su textura fueron los Testigo agua y Testigo absoluto, el resto de los tratamientos se ubicó en el rango de “me gusta” con ligera tendencia hacia “ni me gusta ni me disgusta”, por lo que se puede inferir que los recubrimientos afectaron negativamente en la elección del dátil por su textura en el consumidor. Los resultados obtenidos en la preferencia de los dátiles Testigo Agua y Testigo absolutos por su textura sobre los frutos recubiertos con MN y Cera de abeja difieren con los obtenidos en Rambután (*Nephelium lappaceum*

L.) que fue recubierto con MN a diferentes concentraciones y almacenado a 5 °C, en los que la intención de compra por el consumidor basándose en los atributos como el color, el sabor y la textura de los frutos fue superior en frutos recubiertos que la de los frutos testigo (Brindis-Trujillo, *et al.*, 2020).

Los resultados de las evaluaciones de preferencia global de los atributos de los dátiles indican que la elección de la preferencia del dátil fue mayormente influenciada por el sabor, la dulzura y la textura del fruto, y que el color y su apariencia visual son atributos que no determinan la preferencia de los frutos Mejhoul. También el resultado de las evaluaciones globales de los frutos expresa la subjetividad de la respuesta humana a los estímulos sensoriales, pues en la evaluación por atributos individuales los dátiles de los tratamientos Testigo absoluto y Testigo agua no destacaron tanto en las preferencias como lo hicieron cuando se les pidió a los evaluadores colocarles una calificación general, así como también se observó que su rango de nivel de preferencia fue más amplio colocando a algunos dátiles en el rango de ni me gusta ni me disgusta.

Comparativo de resultados obtenidos en características fisicoquímicas y organolépticas

Color vs Color

Los resultados instrumentales de los atributos de color (L,C,H) indicaron que no hubo diferencias significativas por la interacción de los tratamientos con el tiempo de almacenamiento, es decir que tanto la Luminosidad en el rango de 27 - 29, la Cromaticidad en el rango de 26 - 32 y el Ángulo de Hue en el rango de 12 – 15, permanecieron sin cambios significativos durante el experimento; sin embargo en la evaluación para este atributo por parte de los panelistas se encontraron diferencias en los dátiles debido al color, prefiriendo notablemente al tratamiento 1MN sobre el resto de los tratamientos, las concentraciones de cera de abeja sola como recubrimiento de los frutos, obtuvieron las calificaciones menores que al resto de los tratamientos, aunque todos recibieron calificaciones en el nivel de preferencia

me gusta. En productos hortofrutícolas el color es el principal atributo de reconocimiento visual para los consumidores (Shin *et al.*, 2019). La calidad puede estar influenciada por la acumulación de pigmentos, como carotenoides, es la principal causa de la formación de color en flores rojas, naranjas y amarillas y frutos (Llorente, *et al.*, 2017).

Azúcares (Totales y Reductores) vs Dulzura

En la evaluación sensorial, los dátiles de los tratamientos Agua, Testigo absoluto y 0.5MN 0CA fueron los más preferidos por su dulzura, sin embargo, en la medición instrumental de azúcares fueron los tratamientos Testigo Absoluto y Testigo agua los que obtuvieron los valores más bajos de azúcares Totales y reductores con valores en el rango de 63 – 67 %, así como el tratamiento 0.5 MN 0CA con un valor cercano al 75 %, lo cual se puede interpretar como que un incremento en el contenido de azúcares durante el almacenamiento no es lo deseado por los consumidores para elegir un dátil por su dulzura.

Firmeza vs Textura

En la evaluación organoléptica se obtuvo que los dátiles más preferidos por su textura fueron los Testigo agua y Testigo absoluto, en comparación con la medición instrumental, la firmeza de estos tratamientos se incrementó de los 30 a los 90 d de 3 a 4 Kgf, ubicándolos en un rango intermedio de firmeza, por lo que se infiere que el consumidor prefiere una textura intermedia del fruto.

7. CONCLUSIONES

En los tratamientos térmicos, el ANOVA indicó que los tratamientos tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la VP y la VT de los dátiles. Se presentó un efecto de hidratación inmediata a 1d de almacenamiento de los frutos, que se observó por una ganancia de peso en la mayoría de los tratamientos, destacando el TT 60 x 10 min.

Los frutos mantuvieron su clasificación inicial de acuerdo con las especificaciones de la NMX-FF-117-2012 como frutos de tamaño grande en todos los tratamientos. Todos los frutos presentaron pérdida de tamaño tanto a 1 d de almacenamiento como a los 15 d, siendo los tratamientos de 60 °C x 1 min y 60 °C x 5 min los que menos pérdida de tamaño presentaron.

La interacción de los factores Temperatura, Tiempo de inmersión y Tiempo de almacenamiento influyó significativamente ($p < 0.05$) sobre las variables VP, Firmeza y contenido e SST. Los dátiles que se sumergieron en agua a 60 °C presentaron una relación inversa entre la pérdida de peso y el aumento en el tiempo de inmersión, destacando el TT de 60 °C x 10 min a 1 d de almacenamiento, esta relación también se registró en la firmeza y el contenido de sólidos solubles.

Se obtuvieron dátiles más firmes con la temperatura de 50 °C y dátiles más suaves con temperatura de 60 °C. La firmeza de los frutos aumentó durante el almacenamiento, caso contrario en el contenido de SST que disminuyó.

Se destaca el tratamiento de 50 °C x 5 min con la mayor firmeza y el mayor contenido de SST; así como el de 60 °C x 10 min con la menor firmeza y el menor contenido de SST.

Los recubrimientos comestibles a base de mucílago de nopal y cera de abeja contribuyeron a mantener los atributos de pérdida de peso, color y pérdida de tamaño de los dátiles Mejhoul, debido a que no se presentaron diferencias significativas con respecto a los tratamientos Testigo absoluto y testigo agua durante el almacenamiento por 90 d. Se destaca que, aunque no se presentaron

diferencias estadísticas significativas, los dátiles con el recubrimiento de 1MN 1CA fueron los que perdieron menos peso y tamaño.

La interacción de los factores Tratamiento × Tiempo de almacenamiento influyó significativamente sobre las características fisicoquímicas de firmeza, SST, AT y AR de los dátiles Mejhoul.

Se destaca que los recubrimientos a base de CA en concentración de 0.5 % aumentaron la firmeza de los frutos de forma independiente o en combinación con 0.5 % MN, mientras que a concentración de 1 % proporciona dátiles más suaves. En el contenido de AT, los tratamientos 1MN 0CA y 0MN 1CA incrementaron su contenido sobre el resto de los tratamientos; en cuanto al contenido de AR, los tratamientos 0.5MN 0.5CA y 0MN 1CA incrementaron en contenido de AR más que el resto de los tratamientos.

En cuanto a los SST, a los 30 y 60 d de almacenamiento algunas combinaciones de recubrimientos con CA y MN contribuyeron al aumento de SST, sin embargo, a los 90 d fue el tratamiento Cera comercial el que obtuvo el mayor contenido de SST y el de 1MN el que obtuvo el menor valor en esta variable. La combinación de 0.5MN 0.5CA mantuvo durante todo el almacenamiento el contenido de SST constante.

En cuanto a la evaluación organoléptica, todos los tratamientos fueron evaluados por sus atributos individuales positivamente en el rango de preferencia de “me gusta mucho”, a “ni me gusta ni me disgusta”.

Por su color y apariencia visual, el mucílago de nopal a concentración de 1 % contribuye en la mejora de estos atributos, por el contrario, la CA en sus dos concentraciones en solitario afecta negativamente la preferencia de estos atributos en el dátil Mejhoul. En los atributos de dulzura, sabor y textura, los tratamientos Testigo absoluto y Agua fueron los más preferidos.

Por la calificación global de sus atributos, en general la preferencia fue mayor conforme aumentó el tiempo de almacenamiento, así como fueron los dátiles Testigo absoluto y Agua los más preferidos. Por lo que se concluye que los evaluadores prefirieron dátiles con menor contenido de SST y menos firmes; así

como que los atributos que influyen en mayor grado en la preferencia del dátil Mejhoul son el sabor, la dulzura y la textura sobre el color y la apariencia visual.

LITERATURA CITADA

Abdelouahhab Z.; Abdallah O. (2023). The origin and geographical distribution of the 'Mejhoul' date cultivar. *Acta Horticulturae* 1371, 1-4
DOI: 10.17660/Acta Horticulturae.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1371.1>

Abo-El-Saad, M.M.; Elshafie, H.A.; Al Ajlan, A.M.; Bou-Khowh, I.A. (2011). Non-chemical alternatives to methyl bromide against *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae): microwave and ozone. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 2(8):1222-1231

Abu-Shama, H.S.; Abou-Zaid, F.O.F.; El-Sayed, E.Z. (2020). Effect of using edible coatings on fruit quality of Barhi date cultivar. *Scientia Horticulturae*, 265.

Achour, M.; Ben Amara, S.; Ben Salem, N.; Jebalic, A.; Hamdi, M. (2003). Effet de différents conditionnements sous vide ou sous atmosphère modifiée sur la conservation de dattes Deglet Noor en Tunisie. *Fruits* 58, 205–212.

Al- Shahib, W.; Marshall, R. (2003). The fruit of the date palm: Its possible use as the best food the future *International Journal of Food Science Nutrition*, 54, 247-259.

Al-Frasi, M.; Alasavar, C.; Morris, C.; Baron, M.; Shahidi, F. (2005). Compositional and sensory characteristics of three native sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 53, 7586–7591.

Al-Karmadi, A.; Okoh, A.I. (2024). An Overview of Date (*Phoenix dactylifera* L.) Fruits as an Important Global Food Resource. *Foods*. 13,1024.
<https://doi.org/10.3390/foods13071024>.

Al-Shwyeh, H. (2019). Date Palm (*Phoenix dactylifera L.*) Fruit as Potential Antioxidant and Antimicrobial Agents. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences* 11 (1);1

Antunes M.D.C.; Oliveira R.; Miguel M.G.; Martins M.A.; Pica C.; Neves M.A. 2003. The effect of calcium chloride and thermal postharvest treatments on storage ability and quality of fig fruit. *Acta Horticulturae*. 604; 715-719.

Arévalo Niño K; Treviño G. M. Z. (2015). Recubrimiento comestible bicapa a base de mucílago y quitosán para extender la vida de anaquel de frutas frescas cortadas. Universidad Autónoma de Nuevo Leon. Patente 378080.

Assirey, E. A. R. (2015). Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera L.*) cultivars grown in Saudi Arabia. *Journal of Taibah University for Science*. 9, 75-79.

Azelmat, K.; El- Garrouj, D.; Mohammed Mouhib, M.; Sayah, F. (2006). Irradiation of 'Boufeggous' dates: effects on chemical composition during storage. *Postharvest Biology and Technology* 39, 217–222.

Bajec, M.R.; Pickering, G.J. (2009). Astringency: Mechanisms and Perception Astringency. *Food Science Nutrition* 2008, 8398.

Baldwin, E.A. (2005). Edible coatings. In: Ben-Yehoshua, S., editor. *Environmentally Friendly Technologies for Agricultural Produce Quality*. CRC Taylor & Francis Group Boca Raton, FL. p. 301-314.

Barreveld, W.H. (2015) Date palm products. *FAO Agricultural Services bulletin* 101.

Ben-Amor, R.; Habib, M.; Aguayo, E. (2016). Hot Water treatments combined with cold storage as a tool for *Ectomyelois ceratoniae* mortality and maintenance of Deglet Noor Palm date quality. *Postharvest Biology and Technology*. 112, 247-255.

Biquet, B., Labuza, T.P. 1988. Evaluation of the moisture permeability of chocolate films as edible moisture barrier. *Journal of Food Science*, 53: 989-991.

Blando, B., L. F. (2019). Tesis: Determinación de parámetros para procesos poscosecha de dátil medjool. Centro de Enseñanza Técnica y Superior. P. 7.

Brindis-Trujillo, R. A.; Salinas-Hernández, R. M.; Brito-Vega, H.; Gómez-Méndez, E.; Salaya-Domínguez, J. M.; Mercado-Ruíz, J. N.; García-Robles, J. M.; Corzo-Sosa, C. A.; Ulín-Montejo, F. (2020). Efecto del recubrimiento con mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la conservación de Rambután (*Nephelium lappaceum* L.) mínimamente procesado. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 21,1.

Chao, T. C. C.; Krueger R. R. (2007). United States Department of Agriculture–Agricultural Research Service The Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.): Overview of Biology, Uses, and Cultivation. Hortscience. 42(5).

Chavez-Sánchez, I.; Carrillo-López, A.; Vega-García, M.; Yahia, E. M. (2013). The effect of antifungal hot-water treatments on papaya postharvest quality and activity of pectinmethylesterase and polygalacturonase. Journal of food Science and Technology. 50; 101-107.

Chen, M.; Jiang, Q.; Yin, X. R.; Lin, Q.; Chen, J. Y.; Allan, A. C.; Xhu, C. J.; Chen, K. S. (2012). Effect of hot air treatment on organic acid and sugar metabolism in Ponkan (*Citrus reticulata*) fruit. Scientia Horticulturae. 147; 118-125.

Contreras Espinoza, J. E., Valle Gough, R. E., Núñez Ramírez, F., Samaniego Gámez, S. U., Barrera Gavira, J. M., Torregosa Sauret, L., Moreno Valenzuela, O. A., Samaniego Gámez, B. Y. (2023). Aislamiento e identificación de hongos fitopatógenos en dátiles en poscosecha en Valle de Mexicali, México. Avances En Investigación Agropecuaria, 27 (Especial), 22–24. DOI: <https://doi.org/10.53897/RevAIA.23.27.18>

Copley, MS.; Rose P. J.; Clampham, A.; Edwards. D. N. and Horton, M. C. (2001) Detection of palm fruit lipids in archaeological pottery from Qasr Ibrim, pottery from Qasr Ibrim, Egyptian Nubia. The Royal Society. 268; 593-597.

Cruz-Ortiz, L.; Escobar-Ventura, K.; Flores-Méndez, M.; Urbina-Reyes, M.; Vázquez-Ovando, A. (2021). Recubrimientos con cera de abeja, extractos de ajo y sauce para aumentar la vida postcosecha del banano Gran Enano. *Informador Técnico*, 85(2), 172 - 183.

Debeaufort, F. y Voilley, A. 2009. Lipid-based edible films and coatings. En: M. E. Embuscado y K. C. Huber (Ed.). *Edible films and coatings for food applications*. Springer, New York. p. 135-168.

Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., Galotto M., J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf life. *Food Chemistry*. 91, 751 – 756.

Dhouibi, M. H. (2013). *Gestion phytosanitaire intégrée des principaux Bio-agresseurs du palmier dattier, et particulièrement, les pyrales des dates*, edition 2013. Climat Pub 65p.

Durán-Soria, S.; Pott, D.M.; Osorio, S.; Vallarino, J.G. (2020). Sugar signaling during fruit ripening. *Front. Plant Sci.*, 11, 564917.

El-Habbab M. S.; Al-Mulhim F.; Al-Eid S.; Abo El-Saad M.; Aljassas, F.; Sallam, A.; Ghazzawy H. (2017). Assessment of Post-Harvest Loss and Waste for Date Palms in the Kingdom of Saudi Arabia. *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)*. 3 (6). 1-11.

Elleuch M.; Besbes S.; Roiseux, O.; Blecker, C.; Deroanme, C.; Drira, N. (2008). Date flesh: Chemical composition and characteristics of the dietary fibre. *Food Chemistry*, 111, 676-682.

Eman-Abdel B.; El-Duma A., Z.; El Din A., H. (2020). Application of Nano Edible Films to Improve Some Dates in Saudi Arabia. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*, 9(2):69-84.

Escribano S. and Mitcham S. J. E. (2014). Progress in heat treatments Postharvest Review. *Stewart Postharvest*. 3:2.

Espino-Díaz, M., De Jesús Ornelas-Paz, J., Martínez-Téllez, M. A., Santillán, C., Barbosa-Cánovas, G. V., Zamudio-Flores, P. B. & Olivas, G. I. (2010). Development and characterization of edible films based on mucilage of *Opuntia ficus-Indica* (L.). *Journal of Food Science*, 75(6). 347-352.

Fallik, E. (2004). Prestorage hot water treatment (immersion, rinsing 391 and brushing). *Postharvest Biology and Technology* 32, 125–134.

Figuroa-González, J. J. (2011). Desplegable Informativa Núm. 21. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Norte-Centro Campo Experimental. Consulta en línea: inifap.gob.mx

Galus, S. (2019). Development of Edible Coatings in the Preservation of Fruits and Vegetables. In *Polymers for Agri-Food Applications*; Springer: Cham, Switzerland. 377–390.

Ghafoor, K.; Al-Juhaimi, F.Y.; Babiker, E.E.; Mohamed Ahmed, I.A.; Shahzad, S.A.; Alsawmahi, O.N. 2022. Quality Attributes of Refrigerated Barhi Dates Coated with Edible Chitosan Containing Natural Functional Ingredients. *Foods*. 11, 1584. <https://doi.org/10.3390/foods11111584>

Ghnimi, S.; Umer, S.; Karim, A.; Kamal-Eldin, A. (2017). Date fruit (*Phoenix dactylifera* L.): An underutilized food seeking industrial valorization. *Nutrition and Food Science Journal*. 6, 1–10.

Gobierno de Mexico. (2023). [Economía.web.mx](https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/baja-california-bc?redirect=true)
<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/baja-california-bc?redirect=true>

Hamad, S.H. (2008). Microbial spoilage of date Rutab collected from the markets of Al-Hofuf City in the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Food Protection* 71, 1406-1411.

Han, J. H. (2014). *Innovations in Food Packaging*. Elsevier, Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-06876-X>.

Hassan, B.; Chatha, S.A.S.; Hussain, A. I.; Zia, K. M.; Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A Review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 109, 1095-1107.

Hazbavi I., Khoshtaghaza M. H., Mostaan A., Banakar A. (2013). Effect of postharvest hot-water and heat treatment 4 Q1 on quality of date palm (cv. Stamaran). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.53(2).

Hussain I. M.; Farooq M.; Syed A. Q. (2020). Nutritional and biological characteristics of the date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.)-A review. *Food Bioscience* 34 (3).

Jemni, M., Otón, M., Ramirez, J.G., Artés-Hernández, F., Chaira, N., Ferchichi, A., Artés, F. (2014). Conventional and emergent sanitizers decreased *Ectomyelois ceratoniae* infestation and maintained quality of date palm after shelf-life. *Postharvest Biology and Technology* 87, 33–41.

Kader, A. (2007). Recommendations for maintaining postharvest quality. Department of Plant Science, University of California, Davis.

Kader, A., Awad, M.H. (2009). Harvesting and postharvest handling of dates. ICARDA, Aleppo, Syria 4, 15.

Kamal-Eldin, A.; George, N.; Sobti, B.; AlRashidi, N.; Ghnimi, S.; Ali, A. A.; Andersson, R.; Antony A.; Hamed, F. (2020). Dietary fiber components, microstructure, and textura of date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Scientific Reports*. 10, 21767.

Kamdee C.; Ketsa S.; Van Doorn WG. (2009). Effect of heat treatment on ripening and early peel spotting in cv. Sucrier banana. *Postharvest Biology and Technology*. 52; 288-293.

Khalil, H.A.; Abdelkader, M.F.M.; Lo'ay, A.A.; El-Ansary, D.O.; Shaaban, F.K.M.; Osman, S.O.; Shenawy, I.E., Osman, H.-E.H.; Limam, S.A.; Abdein, M.A. (2022). The Combined Effect of Hot Water Treatment and Chitosan Coating on Mango (*Mangifera indica* L. cv. Kent). *Fruits to Control Postharvest Deterioration and Increase Fruit Quality. Coatings*, 12, 83.

Kim, Y.; Brecht, JK; Talcott, S.T. 2007. Cambios fitoquímicos antioxidantes y calidad de la fruta en mango (*Mangifera indica* L.) después inmersión en agua caliente y almacenamiento en atmósfera controlada. *Química de los alimentos*.105, 1327–1334.

Kitinoja, L.; Saran, S.; Roy, S. K.; Kader, A. A. (2011). Postharvest technology for developing countries: challenges and opportunities in research, outreach and advocacy. *Journal Science Food Agriculture* 91: 597-603.

Konica Minolta, 2024. Consulta en línea: [Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B* - Konica Minolta Sensing](#)

Krochta, J. M.; Mulder-Johnston, C. D. (1997). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology* 51(2); 61-74.

Krochta, J.M.; Baldwin, E.A.; Nysperos-Carriedo, M. 1994. Edible coatings and films to improve food quality, CRC Press, Boca Raton, pp 1-7, 25-101, 189-330.

Llorente, B.; Martinez-Garcia, J.F.; Stange, C.; Rodriguez-Concepcion, M. Illuminating colors: Regulation of carotenoid biosynthesis and accumulation by light. *Current Opinion in Plant Biology* 2017, 37, 49–59.

López, D. F.; Cuatin, R.; Andrade, J. C.; Osorio, O. (2015). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de suero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica y organoléptica. *Acta Agronómica* 65 (4): 326-333.

Luengwilai K.; Beckles D. M.; Saltveit M. E. (2012). Chilling-injury of harvested tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Micro-Tom fruit is reduced by temperature pretreatments. *Postharvest Biology and Technology*. 63; 123-128.

Martinez-González, M. E.; Balois-Morales, R.; Alia-Tejacal, I.; Cortés-Cruz, M. A.; Palomino-Hermosillo, Y. A.; López- Guzmán, G. G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 19; 4075-4087.

Miteluț AC, Popa EE, Drăghici MC, Popescu PA, Popa VI, Bujor O-C, Ion VA, Popa ME. Latest Developments in Edible Coatings on Minimally Processed Fruits and Vegetables: A Review. *Foods*. 2021; 10(11); 2821. <https://doi.org/10.3390/foods10112821>

Mora, P., R. M.; Feregrino, P., A. A.; Contreras, P., M. (2021). Tecnología de recubrimiento comestible para extender la vida comercial de productos hortícolas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4605

Morales M., A.; Cabada T., C. A.; Mendoza G., A.; Torres B., A. I.; Samaniego G., B.Y. 2021. Enfermedades de cosecha y postcosecha en frutos de dátiles en el Noroeste de México. *SADER-INIFAP*. 97

Nair, M.S.; Tomar, M.; Punia, S.; Kukula-Koch, W.; Kumar, M. (2020). Enhancing the functionality of chitosan- and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 164, 304–320.

Navarro-Tarazaga, M. L.; Sothornvit, R.; Perez-Gago, M. B. (2008). Effect of plasticizer type and amount on hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 9502-9509.

Norma mexicana NMX-FF-117-SCFI-2012. 2012. Productos alimenticios para consumo humano – dátiles-especificaciones. Secretaría de Economía.

Noutfia, Y.; and Ropelewska E. (2023). Comprehensive characterization of Date Palm Fruit Mejhoul (*Phoenix dactylifera* L.) Using Image Analysis and Quality Attribute Measurements. *Agriculture* 13, 74.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022) <https://www.fao.org/faostat/es/#data>

Piña-Barrera, A. M.; Ramírez-Pérez, M. S.;Álvarez-Román, R.; Baez-González, J.G.; Amaya-Guerra, C. A. y Galindo-Rodríguez, S. A. (2021). Recubrimiento comestible a base de alginato en combinación con eugenol nanoencapsulado y su

efecto conservador en la vida útil de jitomate (*Solanum lycopersicum*). Biotecnia. XXIII (3): 133-141

Pires, M. A.; Pastrana L. M.; Fuciños P.; Abreu C. S.; Oliveira S. M. (2020). Sensorial Perception of Astringency: Oral Mechanisms and Current Analysis Methods. Foods. 9, 1124.

Rahemi, M., Roustai, F., Sedaghat, S. 2019. Use of Edible Coatings to Preserve Date Fruits (*Phoenix dactylifera* L.). Journal of Packaging Technology and Research; 4(3).

Ramadan, B.R., El-Rify, M.N.A, Abd El-Hamid, A.A., Abd El-Majeed, M.H. (2016). Effect of some Treatments on Chemical Composition and Quality Properties of Daidy Date Fruit (*Phoenix dactylifera* L.) During Storage. Assiut Journal of Agricultural Sciences, 47, 5; 107-124.

Riva, S.C.; Opara, U.O.; Fawole, O.A. (2020). Recent developments on postharvest application of edible coatings on stone fruit: A review. Scientia Horticulturae, 262, 109074.

Rodriguez-Carmona, P. I. 2012. Caracterización de dátil (*Phoenix dactylifera* L.) variedad medjool y su uso potencial como película comestible. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora, Departamento de Ciencias Químico-Biológicas.: 105.

Salehi, F. (2020). Edible Coating of Fruits and Vegetables Using Natural Gums: A Review. International Journal of Fruit Science, 20 (sup2), S570–S589. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1746730>

Salinas-Salazar, V. M.; Trejo-M., M. A; Lira V, A. A. (2015). Propiedades físicas, mecánicas y de barrera de películas comestibles a base de mucílago de Nopal como alternativa para la aplicación en frutos. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha; 16 (2); 193-198.

Salinas-Salazar, V. M.; Trejo-Márquez M. A.; Lira Vargas A. A.; Pascual-Bustamante S. (2022). Aplicación de recubrimientos comestibles a base de mucílago de nopal,

gernetina y cera de abeja en ciruela almacenada en refrigeración. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 23, 2, 182.

Salomon-Torres R.; Ortiz-Uribe N.; Villa-angulo R. (2017) La producción de la palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) en México. Nueva época. 91, 16; 15-20.

Salomón-Torres, R.; Ortiz-Uribe, N.; Valdez-Salas B.; Rosas-González N.; García-González C.; Chávez D.; Córdova-Guerrero I.; Díaz-Rubio L.; Haro-Vázquez M. P.; Mijangos-Montiel J. L.; Morales-Maza A.; Mahadevan P.; Krueger R. (2019). Nutritional assessment, phytochemical composition and antioxidant analysis of the pulp and seed of medjool date grown in Mexico. Plant Biology PeerJ 7:e6821.

Samaniego-Gómez, B. Y., Valle-Gough, R. E., Núñez-Ramírez, F., Samaniego-Gómez, S. U. y Contreras-Espinoza, J. E. (2024). Técnicas y procesos para la mejora de la vida de anaquel de frutas y hortalizas. Biblioteca Horticultura. 1-15.

Sanjay, P.; Saxena, D.; Kazimi. R. (2022). Enhancing shelf life of fresh fruits by the application of different edible coatings. The Pharma Innovation Journal. 11(5): 626-632

Sarraf M.; Jemni M.; Kahramanoglu I.; Artés F.; Shahkoomahally S.; Namsi A.; Ihtisham M.; Brestic M.; Mohammadi M.; Rastogi A. (2021). Commercial techniques for preserving date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit quality and safety: A review Saudi Journal of Biological Sciences. 28 (2021) 4408-4420.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022). Consulta en línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Sheetal, Gupta N., Sood M.; Bandral J. D.; Bhat A.; Singh J.; Reshi M. (2023). Review Article: Edible Coating of Fruits and Vegetables. Chemical Science Review and Letters.12 (45), 43-48.

Shin, J.H.; Yoo, H.J.; Yeam, I.; Lee, J.M. Distinguishing two genetic factors that control yellow fruit color in tomato. Horticulture Environment and Biotechnology 2019, 60, 59–678.

Solano-Doblado, L. G.; Alamilla-Beltrán, L.; Jiménez-Martínez, C. (2018). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 21(2); 30-42.

Spoor, W. and Zohary D, Hopf M. (2000). Domestication of plants in the Old World . 3rd edn . 316pp. New York: Oxford University Press. Annals of Botany, Volume 88, Issue 4, October 2001, Page 666, <https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1505>

Suput, Z., D.; Lazic, L., V.; Popovic, Z. S.; Hromis M. N. (2015). Review article: edible films and coatings – sources, properties and application. Food and Feed Research, 42 (1), 11-22.

Tenberg, M. (2012). Beginnings and early history of date palm garden cultivation in the Middle East. Journal of Arid Environments, 86, 139–147.

Ulusoy, B. H.; Yildirim, F. K.; Hacer, C. (2018). Edible films and coatings: A Good idea from past to future technology. Journal of Food Technology. 5, 28-33

United States Standards for grades of Dates. USDA. (1995). Fruit and vegetables división.

Vargas, M.; Pastor, C.; Chiralt, A.; McClements, J.D.; González-Martínez, C. (2008). Recent advances in edible coating for fresh and minimally processed fruits. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 48(6): 496-511.

Velickova E.; Winkelhausen, E.; Kuzmanova, S.; Alves, V.; Moldão-Martins, M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa cv Camarosa*) under commercial storage conditions. LWT - Food Science and Technology 52, 80-92.

Villegas, C.; Albarracín W. (2016). Edible coating application and effect on blackberry (*Rubus glaucus benth*) shelf life. Vitae, 23(3); 202-209.

Vivek, K. T.; Vivek, C. V., Khushboo, Avantika, Kaushal K., Thupstan T., Anshu V., Tsewang N.; and Somen A. (2022). Edible coating for postharvest management of fruits and vegetables. The Pharma Innovation Journal. 3, 11; 970-978.

Warriner, K.; Huber, A.; Namvar, A.; Fan, W. and Dunfield, K. (2009). Recent advances in the microbial safety of fresh fruits and vegetables. *Advances in Food and Nutrition Research*. 57: 155-208.

Weiss E.; Zohary, D. Hopf M (2000). Domestication of Plants in the Old World - The Origin and Spread of Domesticated Plants in South-west Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. Oxford University Press, 1-8.

Zouba, A.; Khoualdia, O.; Diaferia, A.; Rosito, V.; Bouabidi, H.; Chermiti, B. (2009). Microwave treatment for postharvest control of the date moth *Ectomyelois ceratoniae*. Tunis. *Cropsaver Journal of Plant Protection*. 4, 173–184.

Zúñiga, G. E.; Junqueira-Gonçalves, M. P.; Pizarro, M.; Contreras, R.; Tapia, A.; Silva, S. (2012). Effect of ionizing energy on extracts of *Quillaja saponaria* to be used as an antimicrobial agent on irradiated edible coating for fresh strawberries. *Radiation Physics and Chemistry*, 81, 64-69.

8. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica de la cera comercial Vegshine.



Cera para recubrimiento de frutas y vegetales en post cosecha.





Descripción:
Clarity® Vegshine es una cera líquida que forma una fina cubierta protectora sobre las frutas y verduras que mejora su aspecto y presentación, dándoles más brillo y protegiéndolas contra la deshidratación; lo que por ende, mejora y aumenta la vida de anaquel de dichos frutos.

Modo de Acción:
Clarity® Vegshine actúa formando una fina capa sobre la epidermis de la fruta. Esta capa es semipermeable, le permite al fruto establecer intercambio gaseoso pero sin llegar a la pérdida súbita de peso. Consiste en la formación de una barrera de protección entre el fruto y el ambiente para evitar que respire de manera excesiva o se desgaste más rápido.

La capa formada por Clarity® Vegshine sobre la fruta o legumbre, también evita el contacto directo de la epidermis del fruto con esporas de microorganismos que se alimentan de ella y la pudren, reduciendo su calidad, como Botrytis, Aspergillus y Penicillium, dándole mayor tiempo de calidad como Botrytis, Aspergillus y Penicillium, dándole mayor tiempo de calidad y presentación al consumidor final.

Propiedades Técnicas:

- Formulación líquida, oleo transparente.
- Fácil aplicación a través de enceradoras, por aspersión o de forma manual.
- Secado rápido.
- No blanquea la fruta.
- Máximo rendimiento por tonelada de fruta tratada.
- Da brillo a la fruta o legumbre, mejorando su apariencia.
- Grado alimenticio.

Composición:

INGREDIENTES	% EN PESO
Ceras minerales	98.93
Humectante y Dispersante	1.67

Características Físico-Químicas:
Apariencia: Líquido oleoso transparente
Densidad: 0.8519 ± 0.05 g/mL
pH al 1%: 8.0 - 10.0
Solubilidad(es): Insoluble al agua

Recomendaciones de Uso:

FRUTA/VEGETAL	TONELADAS A TRATAR POR CUBETA DE 20L
Papaya	De 80 a 100
Chile (Bell pepper)	De 60 a 100
Tomate (Tomato)	De 120 a 150

Recomendaciones en la Aplicación:
Antes de usar agite bien la cubeta con la cera Clarity® Vegshine, la cera Clarity® Vegshine se aplica a las frutas y legumbres por medio de enceradoras de tipo convencional, por aspersión o en forma manual.
Para aplicar la cera se recomienda emplear cepillos limpios y de ser posible nuevos.
Bajo condiciones de bajas temperaturas la cera Clarity® Vegshine puede requerir un ligero calentamiento previo hasta obtener la fluidez deseada.
Si va a almacenar la cera Clarity® Vegshine deberá hacerlo en un lugar fresco y seco, a temperatura promedio de 20 °C.

* Cera apta para tratamiento de vegetales y frutos dirigidos al mercado Estadounidense (Art. 21 CFR) y Europeo (Codex Alimentarius).

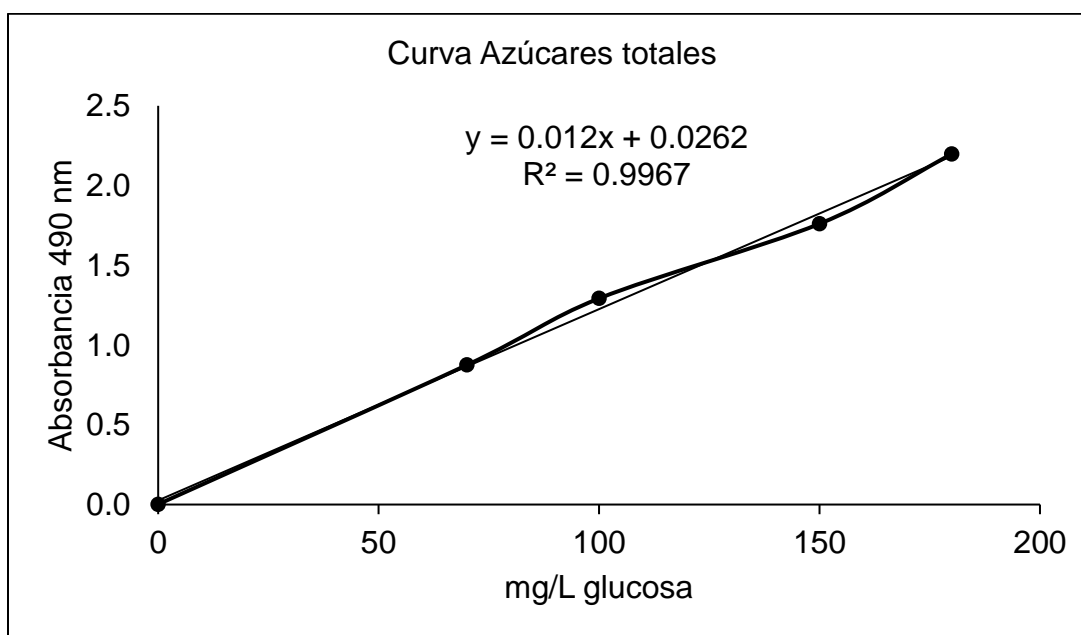


Capa de Clarity® Vegshine
Epidermis del fruto
Control del Intercambio Gaseoso
Microporos en la Capa de Cera (Controlan la respiración de la fruta, evitando la pérdida súbita de peso)

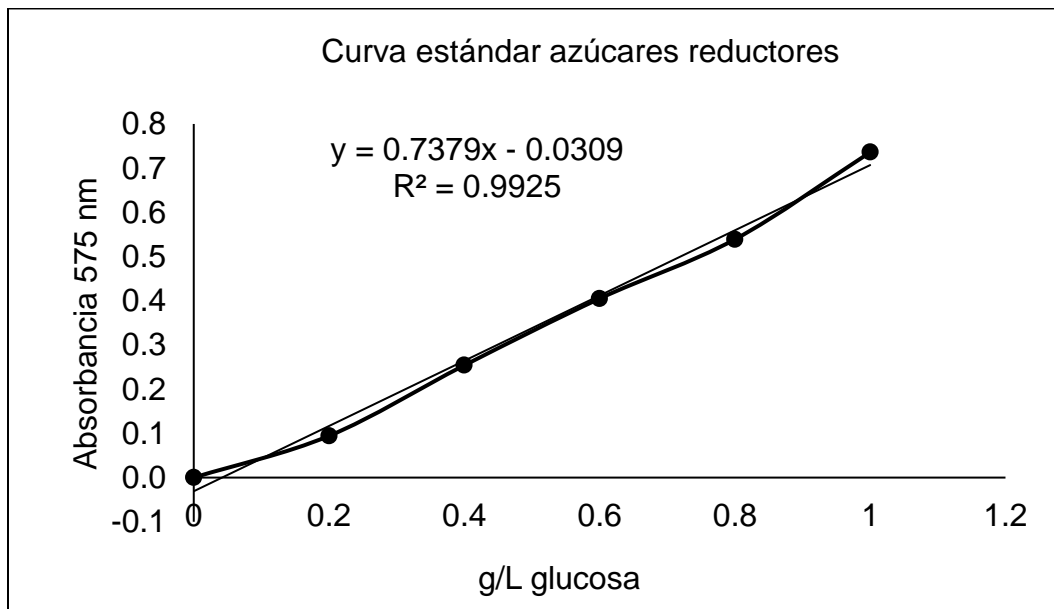
Fagro Post Harvest Solutions S.A. de C.V.
Aleria #250, Col. Parque Industrial, Ramos Arizpe, Ramos Arizpe, Coahuila, México.



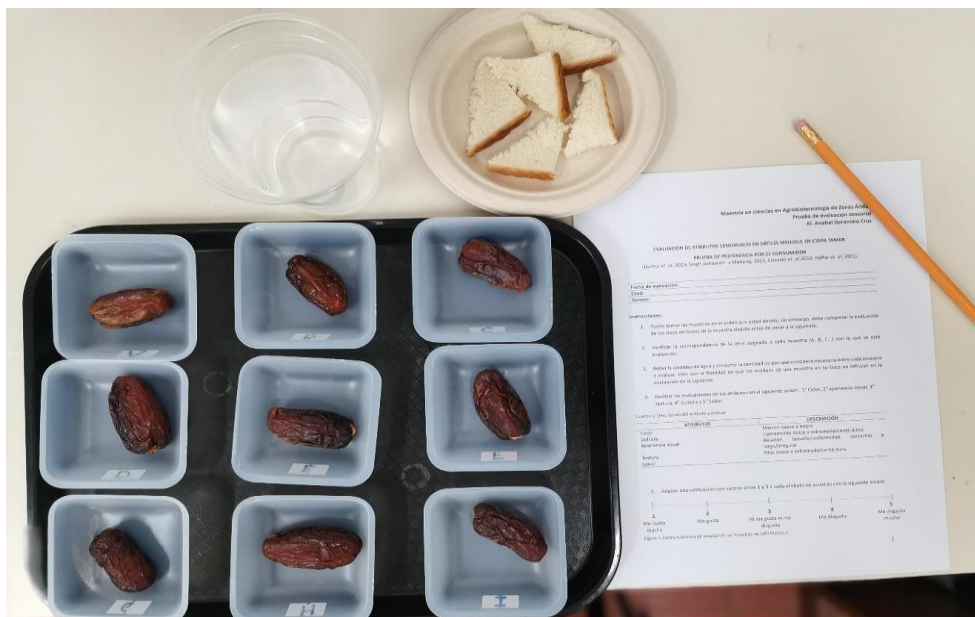
Anexo 2. Curva estándar generada para azúcares totales



Anexo 3. Curva estándar generada para azúcares reductores



Anexo 4. Estación para evaluación de dátil



Anexo 5. Formato generado para la prueba de evaluación sensorial

EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES EN DÁTILES MEHJOUL EN ETAPA TAMAR

PRUEBA DE PREFERENCIA POR EL CONSUMIDOR

(Jianhui *et. al*, 2023; Singh-Ackbarahi y Maharaj, 2013; Crisosto *et. al*,2010; Haffar *et. al*, 2001).

Fecha de evaluación:

Edad:

Género:

Instrucciones:

Puede tomar las muestras en el orden que usted decida, sin embargo, debe completar la evaluación de los cinco atributos de la muestra elegida antes de pasar a la siguiente.

Verificar la correspondencia de la letra asignada a cada muestra (A, B, C...) con la que se esté evaluando.

Beber la cantidad de agua y consumir la cantidad de pan que considere necesaria entre cada muestra a evaluar, esto con la finalidad de que los residuos de una muestra en su boca no influyan en la evaluación de la siguiente.

Realizar las evaluaciones de los atributos en el siguiente orden: 1° Color, 2° apariencia visual, 3° textura, 4° dulzura y 5° Sabor.

Cuadro 1. Descripción del atributo a evaluar

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
Color	Marrón suave a negro
Dulzura	Ligeramente dulce a extremadamente dulce
Apariencia visual	Relación: tamaño/uniformidad: corto/liso a largo/irregular
Textura	Muy suave a extremadamente duro
Sabor	

Fuente: Ismail, *et. al.*, 2001.

Asignar una calificación con valores entre **1 y 5** a cada atributo de acuerdo con la siguiente escala:

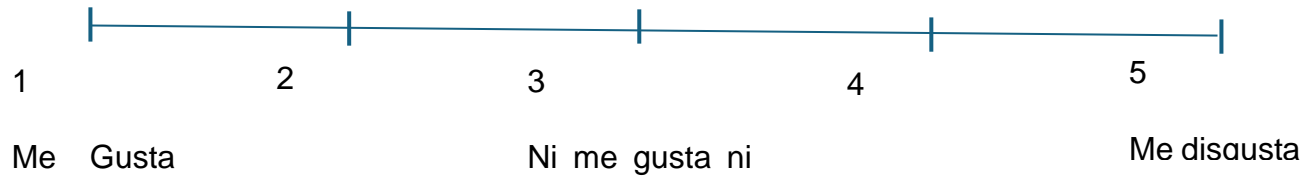


Figura 1. Escala hedónica de aceptación de muestras de dátíl Mehjoul.

Cuadro 2. Calificación de la muestra por atributo.

MUESTRA	ATRIBUTOS						COMENTARIOS (OPCIONAL)
	1. COLO R	2. APARIENCI A VISUAL	3. TEXTURA	4. DULZURA	5. SABOR	CALIF. GLOBAL	
A							
B							
C							
D							

E							
F							
G							
H							
I							

