JSTRI
JOURNAL OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH INDUSTRIAL

Journal of Scientific and Technological Research Industrial
ISSNe: 2961-211X

PROF-JSTRI-V-00
Vol. 7 N. ° 2
(July - December, 2026)

Cobertura comestible de Aloe vera y almidón de maíz amarillo para la conservación de arándanos

Edible Coating of Aloe vera and Yellow Corn Starch for Blueberry Preservation

Richerson Harold Piscoche Chinchay
2023810006@uns.edu.pe
Universidad Nacional del Santa, Perú

Elza Berta Aguirre Vargas
eaguirre@uns.edu.pe
Universidad Nacional del Santa, Perú

Lucia Ruth Pantoja Tirado
luciapantoja@unat.edu.pe
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar una cobertura comestible formulada con mucílago de Aloe vera y almidón de maíz amarillo para conservar la calidad y prolongar la vida útil de arándanos durante el almacenamiento refrigerado. Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 × 3, combinando 15, 20 y 25 % de mucílago de Aloe vera con 2, 3 y 4 % de almidón, además de un control sin cobertura. Los frutos se almacenaron a 4 ± 1 °C durante 30 días y se evaluaron cada cinco días mediante parámetros fisicoquímicos, sensoriales y compuestos bioactivos. El tratamiento T7 (25 % de mucílago y 2 % de almidón) presentó el mejor comportamiento experimental global, con menores cambios fisicoquímicos y una mayor conservación de las características sensoriales, vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante. Asimismo, T7 mantuvo una aceptabilidad general superior a seis puntos durante los 30 días de almacenamiento, mientras que el control presentó una vida útil estimada de 12,73 días. En conjunto, la cobertura comestible contribuyó a conservar la calidad y prolongar la vida útil de los arándanos durante el almacenamiento refrigerado

Palabras claves: arándano; Aloe vera; almidón de maíz amarillo; cobertura comestible; calidad poscosecha.

Abstract

The objective of this study was to evaluate an edible coating formulated with Aloe vera mucilage and yellow corn starch to preserve the quality and extend the shelf life of blueberries during refrigerated storage. A completely randomized design with a 3 × 3 factorial arrangement was used, combining 15, 20, and 25% Aloe vera mucilage with 2, 3, and 4% starch, along with an uncoated control. The fruits were stored at 4 ± 1 °C for 30 days and evaluated every five days for physicochemical and sensory properties and bioactive compounds. Treatment T7 (25% mucilage and 2% starch) showed the best overall experimental performance, with smaller physicochemical changes and better preservation of sensory attributes, vitamin C, total phenolic content, and antioxidant capacity. In addition, T7 maintained an overall acceptability score above six throughout the 30-day storage period, whereas the control had an estimated shelf life of 12.73 days. Overall, the edible coating contributed to preserving blueberry quality and extending shelf life during refrigerated storage.

Keywords: blueberry; Aloe vera; yellow corn starch; edible coating; postharvest quality.

OPEN ACCESS

Publicado: 2026-11-11
Recibido: 2026-07-07

Open Access
Article scientific
https://doi.org/10.47422/jstri.v7i2.77

INTRODUCCIÓN

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es un fruto de interés comercial y nutricional por sus características sensoriales y su contenido de compuestos bioactivos, particularmente compuestos fenólicos y antocianinas relacionadas con su capacidad antioxidante. Sin embargo, durante la poscosecha puede experimentar pérdida de agua, ablandamiento y deterioro microbiano, factores que comprometen su calidad y reducen su periodo de conservación.

Por ello, el desarrollo de tecnologías capaces de preservar sus propiedades durante el almacenamiento continúa siendo de interés para la industria alimentaria (Chavan et al., 2023). Las películas y coberturas comestibles constituyen una alternativa para la conservación poscosecha, debido a que pueden formar una barrera superficial capaz de disminuir la transferencia de humedad y modificar el intercambio gaseoso. Su aplicación puede contribuir a reducir la pérdida de agua, la respiración y el deterioro del producto; sin embargo, su efectividad depende de la naturaleza del biopolímero y de la composición de la matriz utilizada (Olunusi et al., 2024; Pei et al., 2024).

El almidón destaca como material filmógeno por su disponibilidad, biodegradabilidad y capacidad para formar matrices comestibles. No obstante, sus propiedades mecánicas y de barrera pueden mejorarse mediante su combinación con otros materiales naturales. Por su parte, el Aloe vera contiene polisacáridos y otros constituyentes funcionales que han favorecido su aplicación en sistemas de conservación poscosecha, particularmente por su potencial para contribuir al control de la pérdida de peso y al mantenimiento de atributos de calidad de frutas y hortalizas (Kupervaser et al., 2023; Nicolau-Lapeña et al., 2021; Kumar et al., 2022).

En arándanos, el empleo de matrices biopoliméricas ha mostrado resultados favorables para preservar diferentes atributos durante el almacenamiento. La incorporación de polisacáridos y componentes activos en películas y coberturas puede disminuir el deterioro y la pérdida de peso, retrasar el ablandamiento y favorecer el mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas y de los compuestos relacionados con la capacidad antioxidante.

Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar adecuadamente los componentes y sus proporciones para obtener sistemas de conservación compatibles con las características del fruto (Ding et al., 2024; Li et al., 2024). En este contexto, la combinación de mucílago de Aloe vera y almidón de maíz amarillo representa una alternativa para desarrollar una cobertura comestible que integre las propiedades funcionales del mucílago con la capacidad filmógena del almidón. Sin embargo, la información sobre el comportamiento conjunto de ambos materiales en arándanos aún es limitada, particularmente cuando se evalúan simultáneamente propiedades fisicoquímicas, características sensoriales y compuestos bioactivos durante el almacenamiento refrigerado. Por ello, resulta pertinente evaluar diferentes proporciones de ambos componentes y determinar su efecto sobre la conservación poscosecha del fruto.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de una cobertura comestible formulada con mucílago de Aloe vera *(Aloe Barbadensis Miller)* y almidón de maíz amarillo *(Zea Mays L.)* sobre la calidad y vida útil de arándanos *(Vaccinium corymbosum)* durante el almacenamiento refrigerado, considerando propiedades fisicoquímicas, características sensoriales y compuestos bioactivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y materias primas

Se utilizaron frutos frescos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivar Biloxi, procedentes de la empresa Camposol S.A., ubicada en Chao, Virú, La Libertad, Perú. Los frutos se seleccionaron por uniformidad de tamaño, color y grado de madurez comercial, descartándose aquellos con daños o signos visibles de deterioro. Posteriormente, fueron lavados con agua potable, desinfectados mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm durante 5 min y escurridos antes de la aplicación de las coberturas.

Las hojas de Aloe vera, procedentes de Macate, Áncash, Perú, fueron lavadas y desinfectadas con hipoclorito de sodio a 200 ppm durante 5 min. Se retiró manualmente la corteza externa evitando incorporar la fracción amarillenta correspondiente a la aloína. El gel obtenido se homogeneizó, filtró mediante una malla de aproximadamente 60 mesh y conservó a 4 °C hasta su utilización. El almidón de maíz amarillo utilizado fue de grado comercial.

Preparación de la solución de almidón de maíz amarillo

El almidón de maíz amarillo se preparó en concentraciones de 2, 3 y 4 % (p/v), dispersándolo gradualmente en agua destilada bajo agitación constante. La suspensión se calentó a 80 °C durante 15 minutos con agitación continua para su gelatinización y posteriormente se enfrió a temperatura ambiente.

Formulación de las coberturas comestibles

Las coberturas se formularon combinando concentraciones de mucílago de Aloe vera de 15, 20 y 25 % (p/v) con concentraciones de almidón de maíz amarillo de 2, 3 y 4 % (p/v). Se incorporó glicerol al 1,5 % (p/v) como plastificante y las mezclas se mantuvieron bajo agitación magnética a 350 rpm durante 15 min. Posteriormente, las formulaciones se sometieron a ultrasonido a 40 kHz durante 10 min a 25 ± 2 °C.

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3 × 3. Los factores fueron la concentración de mucílago de Aloe vera (15, 20 y 25 % p/v) y la concentración de almidón de maíz amarillo (2, 3 y 4 % p/v), generándose nueve tratamientos experimentales. Adicionalmente, se incluyó un tratamiento control (T10) sin cobertura. Cada tratamiento contó con tres repeticiones independientes y las unidades experimentales fueron asignadas aleatoriamente.

Tabla 1

Tratamientos experimentales de las coberturas comestibles

Tratamiento	Mucílago de Aloe vera (% p/v)	Almidón de maíz amarillo (% p/v)
T1	15	2
T2	15	3
T3	15	4
T4	20	2
T5	20	3
T6	20	4
T7	25	2
T8	25	3
T9	25	4
T10	Sin cobertura	Sin cobertura

Nota. T10 corresponde al tratamiento control sin aplicación de cobertura comestible.

Aplicación de las coberturas y almacenamiento

Los arándanos acondicionados fueron sumergidos completamente en las respectivas formulaciones durante 1 min, escurridos y secados a temperatura ambiente durante 30 min.

Posteriormente, aproximadamente 250 g de arándanos se acondicionaron en recipientes plásticos tipo clamshell, identificados según el tratamiento experimental. Los arándanos se almacenaron a 4 ± 1 °C durante 30 días y fueron evaluados en los días 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30. Se determinaron la pérdida de peso, el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles totales, la vitamina C, los polifenoles totales, la capacidad antioxidante y los atributos sensoriales.

Determinaciones fisicoquímicas

La pérdida de peso se determinó mediante el método gravimétrico y se expresó como porcentaje respecto al peso inicial.

El pH se determinó mediante el método potenciométrico (AOAC 981.12), los sólidos solubles totales mediante refractometría (AOAC 932.12) y la acidez titulable mediante titulación ácido-base (AOAC 942.15), expresándose como porcentaje de ácido cítrico. Para la caracterización

inicial de los arándanos, la humedad se determinó mediante secado en estufa (AOAC 925.10) y las cenizas mediante incineración en mufla a 550 °C (AOAC 923.03).

Determinación de compuestos bioactivos

La vitamina C se determinó mediante el método espectrofotométrico basado en la reducción del 2,6-diclorofenolindofenol (DCPIP), utilizando una curva de calibración de ácido ascórbico y registrándose la absorbancia a 520 nm. Los resultados se expresaron como mg de ácido ascórbico/100 g.

Los polifenoles totales se determinaron mediante el método de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999), utilizando ácido gálico como patrón y registrándose la absorbancia a 726 nm. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico/100 g.

La capacidad antioxidante se determinó mediante el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), registrándose la absorbancia a 517 nm. Los resultados se expresaron como µmol equivalentes de Trolox/100 g. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

Evaluación sensorial y determinación de la vida útil

La evaluación sensorial se realizó mediante una prueba de aceptación con 50 jueces no entrenados, utilizando una escala hedónica estructurada de nueve puntos, de acuerdo con la Norma ISO 11136:2014 y Peryam y Pilgrim (1957). Se evaluaron los atributos de color, olor, sabor, firmeza y aceptabilidad general.

La vida útil se determinó a partir de la evolución de la aceptabilidad general durante el almacenamiento refrigerado, estableciéndose un valor de 6 puntos como límite de aceptabilidad (Giménez et al., 2008). Los valores de aceptabilidad se ajustaron mediante un modelo lineal en función del tiempo para estimar el momento en que alcanzaron dicho límite. Cuando la aceptabilidad permaneció por encima de 6 puntos hasta el día 30, se consideró una vida útil de al menos 30 días.

Análisis estadístico

Los datos experimentales fueron analizados mediante STATGRAPHICS Centurion XV.II. Previamente al análisis de varianza, se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Para las variables fisicoquímicas y los compuestos bioactivos se realizó un análisis de varianza multifactorial (ANOVA), considerando los tratamientos, los días de almacenamiento y la interacción entre ambos factores. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$), las medias se compararon mediante la prueba de Tukey (HSD), con un nivel de confianza del 95 %. Para las variables sensoriales se aplicó ANOVA considerando los tratamientos y los panelistas como fuentes de variación.

RESULTADOS

Caracterización inicial de los arándanos

Los arándanos *(Vaccinium corymbosum L. cv. Biloxi)* presentaron las características fisicoquímicas y el contenido de compuestos bioactivos mostrados en la Tabla 2. El contenido de humedad fue de 84,92 ± 0,41 % y el de cenizas de 0,27 ± 0,02 %. Asimismo, se registraron 13,97 ± 0,11 °Brix de sólidos solubles totales, un pH de 2,97 ± 0,02 y una acidez titulable de 1,07 ± 0,04 % de ácido cítrico.

En cuanto a los compuestos bioactivos, los arándanos presentaron 28,08 ± 0,45 mg AA/100 g de vitamina C, 726,89 ± 22,35 mg EAG/100 g de polifenoles totales y una capacidad antioxidante de 2112,50 ± 68,40 µmol TE/100 g. Estos valores correspondieron a las condiciones iniciales de los arándanos antes de la aplicación de las coberturas comestibles.

Tabla 2

Caracterización inicial de los arándanos (Vaccinium corymbosum L. cv. Biloxi)

Parámetro	Unidad	Valor promedio ± DE
Humedad	%	84,92 ± 0,41

Cenizas	%	0,27 ± 0,02
Sólidos solubles totales	°Brix	13,97 ± 0,11
pH	—	2,97 ± 0,02
Acidez titulable	% ácido cítrico	1,07 ± 0,04
Vitamina C	mg AA/100 g	28,08 ± 0,45
Polifenoles totales	mg EAG/100 g	726,89 ± 22,35
Capacidad antioxidante	µmol TE/100 g	2112,50 ± 68,40

Nota. Los valores se expresan como promedio ± desviación estándar (DE).

Efecto de las coberturas comestibles sobre las propiedades fisicoquímicas durante el almacenamiento

La aplicación de las coberturas comestibles influyó significativamente sobre las propiedades fisicoquímicas de los arándanos durante el almacenamiento refrigerado. El análisis de varianza mostró efectos significativos del tratamiento, los días de almacenamiento y la interacción entre ambos factores sobre la pérdida de peso, el pH, la acidez titulable y los sólidos solubles totales ($p < 0,0001$), evidenciando que la evolución de estas propiedades estuvo determinada tanto por la formulación aplicada como por el tiempo de conservación.

La Tabla 3 presenta los valores promedio de las propiedades fisicoquímicas para cada tratamiento durante el periodo de almacenamiento. El tratamiento T7, formulado con 25 % de mucílago de Aloe vera y 2 % de almidón de maíz amarillo, presentó la menor pérdida de peso promedio (3,76 %) y el menor pH (3,0119), además de la mayor acidez titulable (1,0304 % de ácido cítrico). En contraste, el tratamiento control T10 presentó la mayor pérdida de peso (6,76 %), el mayor pH (3,0747) y la menor acidez titulable (0,8817 %). En los sólidos solubles totales, T7 registró un promedio de 14,2486 °Brix, mientras que el control alcanzó 14,7829 °Brix. Estos resultados evidenciaron una mayor estabilidad de las propiedades fisicoquímicas en los frutos tratados con T7.

Tabla 3.

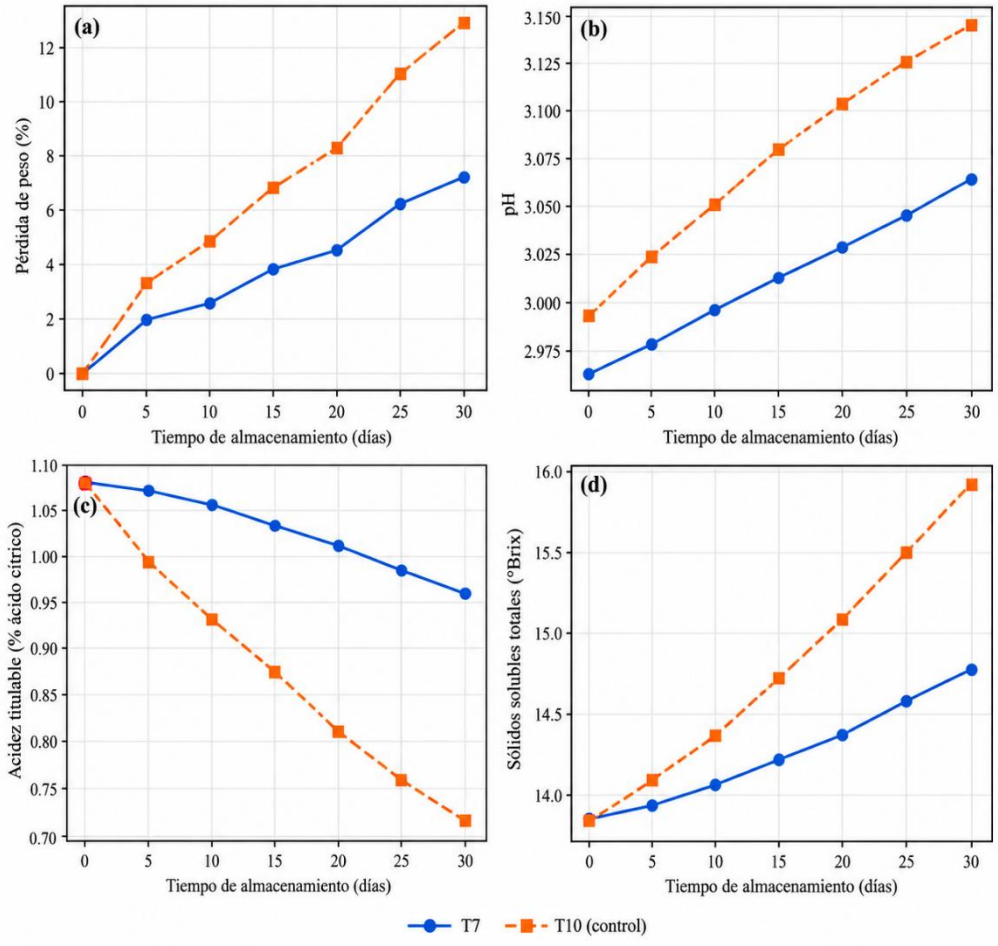
Propiedades fisicoquímicas de los arándanos sometidos a diferentes tratamientos durante el almacenamiento refrigerado

Tratamiento	Pérdida de peso (%)	pH	Acidez titulable (% ácido cítrico)	SST (°Brix)
T1	4,97	3,0494	0,9226	14,5729
T2	4,77	3,0349	0,9511	14,6014
T3	6,01	3,0680	0,9150	14,9443
T4	4,44	3,0320	0,9661	14,6429
T5	5,18	3,0423	0,9531	14,4214
T6	4,20	3,0270	0,9737	14,5014
T7	3,76	3,0119	1,0304	14,2486
T8	4,25	3,0229	0,9720	14,3500
T9	5,38	3,0517	0,9287	14,6800
T10 (control)	6,76	3,0747	0,8817	14,7829

La evolución temporal de las propiedades fisicoquímicas se muestra en la Figura 1 mediante la comparación entre T7 y el control.

Figura 1

Evolución de las propiedades fisicoquímicas de los arándanos sometidos al tratamiento T7 y al control (T10) durante 30 días de almacenamiento refrigerado: (a) pérdida de peso, (b) pH, (c) acidez titulable y (d) sólidos solubles totales



La pérdida de peso aumentó progresivamente en ambos tratamientos; sin embargo, al día 30 alcanzó 7,21 % en T7 y 12,95 % en el control. De manera similar, el pH aumentó de 2,961 a 3,064 en T7, mientras que en el control pasó de 2,992 a 3,146. La acidez titulable presentó una tendencia decreciente, aunque T7 mostró una menor reducción, pasando de 1,082 a 0,962 % de ácido cítrico, frente a una disminución de 1,078 a 0,718 % en el control.

Los sólidos solubles totales aumentaron durante el almacenamiento, pero este incremento fue menor en T7, que pasó de 13,84 a 14,78 °Brix, en comparación con el control, que aumentó de 13,82 a 15,92 °Brix. En conjunto, la evolución observada en la Figura 1 muestra que T7 presentó menores cambios en las propiedades fisicoquímicas durante los 30 días de almacenamiento refrigerado.

Efecto de las coberturas comestibles sobre las características sensoriales

Las características sensoriales de los arándanos fueron significativamente afectadas por los tratamientos y el tiempo de almacenamiento refrigerado. El análisis de varianza mostró efectos significativos del tratamiento, los días de almacenamiento y la interacción entre ambos factores sobre los atributos de color, olor, sabor, firmeza y aceptabilidad general ($p < 0,001$), evidenciando que la evolución de la calidad sensorial estuvo determinada por la formulación aplicada y el tiempo de conservación.

La Tabla 4 presenta las puntuaciones promedio de los atributos sensoriales para los diferentes tratamientos. T7, correspondiente a 25 % de mucílago de Aloe vera y 2 % de almidón de maíz amarillo, obtuvo las mayores puntuaciones

promedio en los cinco atributos evaluados, con valores de 7,47 para color, 7,26 para olor, 7,20 para sabor, 7,46 para firmeza y 7,38 para aceptabilidad general. En comparación, el control T10 presentó puntuaciones promedio de 4,56, 5,68, 5,78, 5,88 y 5,74, respectivamente.

Tabla 4

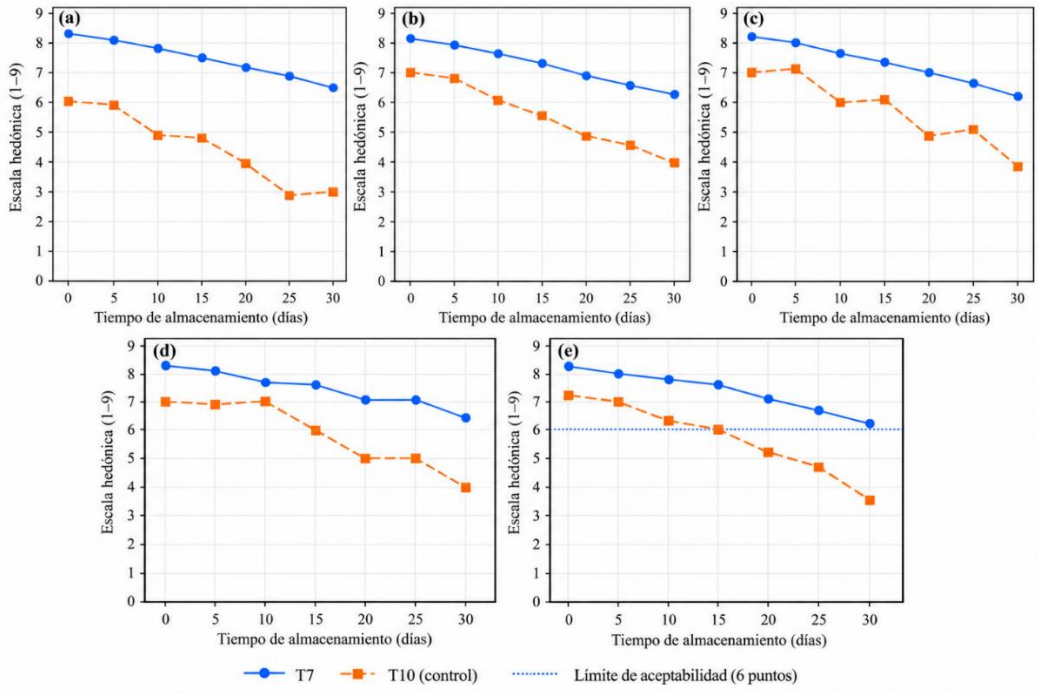
Características sensoriales de los arándanos sometidos a diferentes tratamientos durante el almacenamiento refrigerado

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Firmeza	Aceptabilidad general
T1	5,35	6,26	6,32	6,56	6,42
T2	4,95	6,05	5,99	6,23	6,07
T3	4,42	5,52	5,44	5,75	5,55
T4	5,15	6,21	6,13	6,42	6,22
T5	6,08	6,70	6,64	6,93	6,78
T6	4,86	5,77	5,69	5,98	5,90
T7	7,47	7,26	7,20	7,46	7,38
T8	5,47	6,47	6,40	6,63	6,51
T9	4,53	5,67	5,59	5,87	5,68
T10 (control)	4,56	5,68	5,78	5,88	5,74

La evolución temporal de los principales atributos sensoriales se presenta en la Figura 2 mediante la comparación entre T7 y el control. En T7, la puntuación del color disminuyó de 8,26 en el día 0 a 6,52 en el día 30, mientras que en el control disminuyó de 6,06 a 3,02. El sabor de T7 pasó de 8,04 a 6,20, frente a una disminución de 7,04 a 3,94 en el control. Asimismo, la firmeza disminuyó de 8,24 a 6,44 en T7, mientras que en el control pasó de 7,06 a 4,00.

Figura 2

Evolución de las características sensoriales de los arándanos sometidos al tratamiento T7 y al control (T10) durante 30 días de almacenamiento refrigerado: (a) color, (b) sabor, (c) firmeza y (d) aceptabilidad general



La aceptabilidad general presentó una tendencia decreciente durante el almacenamiento, aunque T7 mantuvo valores superiores al límite de aceptabilidad establecido en 6 puntos durante todo el periodo experimental. Este tratamiento disminuyó de 8,28 en el día 0 a 6,26 en el día 30. En consecuencia, T7 conservó una valoración sensorial aceptable hasta el final de los 30 días evaluados.

Efecto de las coberturas comestibles sobre los compuestos bioactivos

Durante los 30 días de almacenamiento refrigerado se observó una reducción progresiva del contenido de vitamina C, los polifenoles totales y la capacidad antioxidante, aunque la magnitud de esta disminución varió entre los tratamientos. El análisis estadístico mostró diferencias significativas asociadas al tratamiento, los días de almacenamiento y la interacción entre ambos factores ($p < 0,001$), indicando un comportamiento diferencial de los compuestos bioactivos según la formulación aplicada y el tiempo de conservación.

Entre las formulaciones evaluadas, T7 (25 % de mucílago de Aloe vera y 2 % de almidón de maíz amarillo) registró los mayores valores promedio de los tres parámetros analizados (Tabla 5), con 26,71 mg AA/100 g de vitamina C, 711,24 mg EAG/100 g de polifenoles totales y 2054,39 µmol TE/100 g de capacidad antioxidante. Por el contrario, el control T10 presentó los menores valores promedio, con 18,35 mg AA/100 g, 547,75 mg EAG/100 g y 1543,59 µmol TE/100 g, respectivamente.

Tabla 4.

Compuestos bioactivos de los arándanos sometidos a diferentes tratamientos durante el almacenamiento refrigerado

Tratamiento	Vitamina C (mg AA/100 g)	Polifenoles totales (mg EAG/100 g)	Capacidad antioxidante (µmol TE/100 g)
T1	21,72	635,59	1811,86
T2	23,06	651,76	1862,37
T3	20,40	594,16	1698,70
T4	24,09	667,07	1919,63
T5	22,61	630,19	1799,75
T6	24,83	677,65	1958,36
T7	26,71	711,24	2054,39
T8	22,82	646,88	1851,74
T9	22,15	623,36	1782,21
T10 (control)	18,35	547,75	1543,59

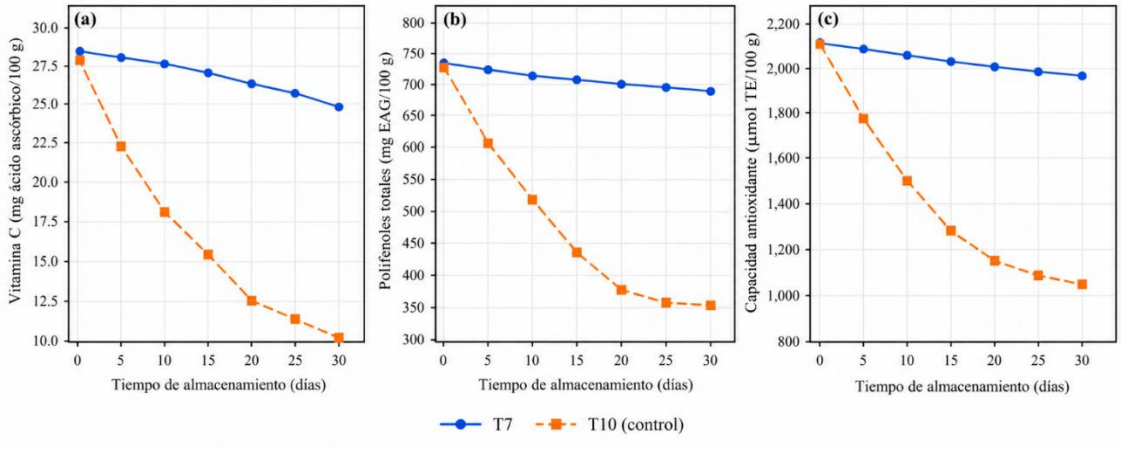
La vitamina C presentó una disminución gradual a medida que avanzó el almacenamiento. En T7, el contenido pasó de 28,24 mg AA/100 g en el día 0 a 24,85 mg AA/100 g en el día 30. Esta formulación también presentó la mayor concentración promedio durante el periodo evaluado (26,71 mg AA/100 g), mientras que el control registró la menor media (18,35 mg AA/100 g).

Una separación más pronunciada entre T7 y el control se observó en el contenido de polifenoles totales (Figura 3b). Al inicio del almacenamiento, ambos tratamientos mostraron valores próximos, con 728,95 mg EAG/100 g para T7 y 724,67 mg EAG/100 g para T10. Después de 30 días, T7 conservó 690,30 mg EAG/100 g, mientras que el control disminuyó hasta 355,40 mg EAG/100 g.

La capacidad antioxidante siguió una tendencia comparable (Figura 3c). T7 disminuyó de 2118,95 µmol TE/100 g al inicio a 1970,30 µmol TE/100 g al día 30. En el control, la reducción fue considerablemente mayor, al pasar de 2108,30 a 1055,60 µmol TE/100 g durante el mismo periodo.

Figura 3.

Evolución de los compuestos bioactivos de los arándanos sometidos al tratamiento T7 y al control (T10) durante 30 días de almacenamiento refrigerado: (a) vitamina C, (b) polifenoles totales y (c) capacidad antioxidante



La evolución de estos parámetros durante el almacenamiento se resume en la Figura 3. Las diferencias entre las curvas se hicieron más evidentes conforme avanzó el periodo de conservación, particularmente para los polifenoles totales y la capacidad antioxidante. T7 mantuvo los valores más altos al final del almacenamiento y presentó, en términos generales, una menor disminución de los compuestos bioactivos respecto al control.

Vida útil de los arándanos durante el almacenamiento refrigerado

La vida útil de los arándanos se determinó a partir de la evolución de la aceptabilidad general durante el almacenamiento refrigerado. Para cada tratamiento, las puntuaciones sensoriales se ajustaron mediante un modelo lineal en función del tiempo, considerando 6 puntos en la escala hedónica de nueve puntos como límite de aceptabilidad. El tiempo correspondiente a la intersección del modelo con este límite se utilizó para estimar la vida útil sensorial de los frutos.

Los tiempos estimados variaron entre las formulaciones evaluadas (Tabla 7). T7, constituido por 25 % de mucílago de Aloe vera y 2 % de almidón de maíz amarillo, mantuvo la aceptabilidad por encima del límite establecido durante todo el periodo experimental, por lo que su vida útil se expresó como ≥ 30 días. Entre los demás tratamientos, T5 alcanzó 26,64 días, seguido de T8 con 21,60 días y T1 con 20,11 días. En el control T10, la vida útil estimada fue de 12,73 días. Estos resultados muestran diferencias en el tiempo durante el cual los frutos conservaron una aceptación sensorial igual o superior al criterio establecido.

Tabla 5

Estimación de la vida útil de los arándanos según la aceptabilidad general

Tratamiento	*Aloe vera* (%)	Almidón (%)	R^2	Vida útil estimada (días)
T1	15	2	0,9932	20,11
T2	15	3	0,9963	15,87
T3	15	4	0,9987	11,18
T4	20	2	0,9982	17,53
T5	20	3	0,9934	26,64
T6	20	4	0,9967	15,30
T7	25	2	0,9928	≥ 30

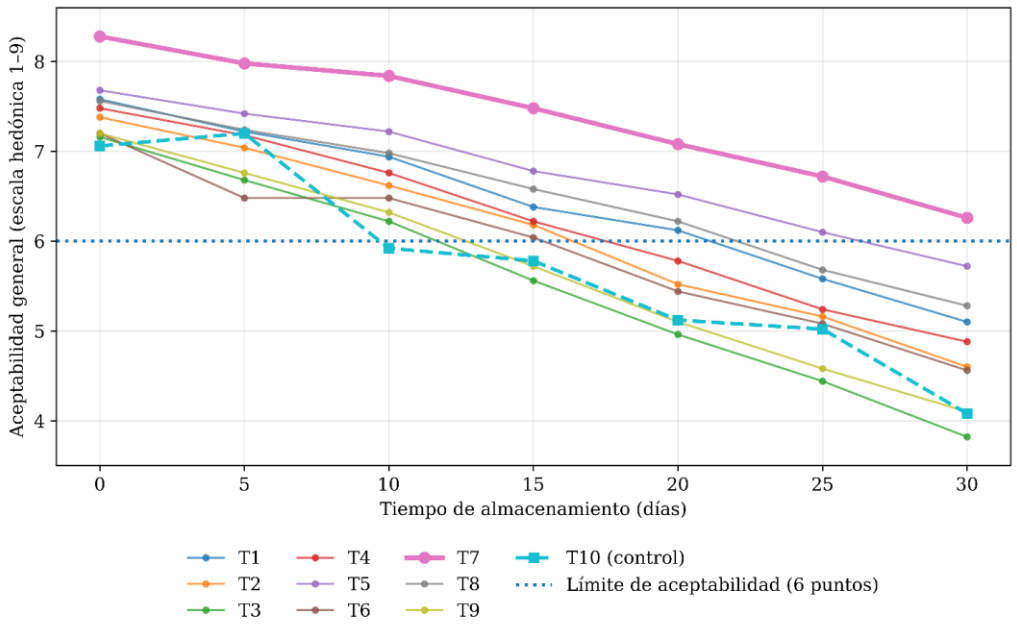
T8	25	3	0,9924	21,60
T9	25	4	0,9986	12,21
T10 (control)	—	—	0,9994	12,73

La evolución de la aceptabilidad general durante los 30 días de almacenamiento se muestra en la Figura 5. Aunque las puntuaciones disminuyeron progresivamente en los tratamientos, la velocidad de reducción fue diferente entre las formulaciones. T7 inició con una aceptabilidad de 8,28 puntos y finalizó con 6,26 puntos al día 30, manteniéndose por encima del límite de aceptación durante todo el ensayo.

En comparación, el control presentó una reducción más rápida de la aceptación sensorial y alcanzó el límite establecido a los 12,73 días. T3 y T9 también mostraron periodos de aceptabilidad relativamente cortos, con vidas útiles estimadas de 11,18 y 12,21 días, respectivamente. Por otro lado, formulaciones como T5 y T8 prolongaron este periodo hasta 26,64 y 21,60 días.

Figura 4

Cambios en la aceptabilidad general de los arándanos según el tratamiento y el tiempo de almacenamiento



Un aspecto importante es que el modelo lineal de T7 proyectó el cruce con el límite de aceptabilidad aproximadamente a los 37,70 días. Sin embargo, debido a que el periodo experimental comprendió únicamente 30 días, este valor corresponde a una extrapolación y no a un tiempo verificado experimentalmente. Por esta razón, la vida útil de T7 se reportó de forma conservadora como ≥ 30 días, evitando atribuir a los frutos una duración superior al periodo efectivamente evaluado.

DISCUSIÓN

La caracterización inicial de los arándanos ‘Biloxi’ (Tabla 2) mostró diferencias respecto de valores informados previamente para el mismo cultivar. En frutos cultivados bajo otras condiciones se han registrado variaciones en sólidos solubles, pH y acidez, lo que puede estar asociado con el estado de madurez, las condiciones edafoclimáticas y el manejo precosecha. De manera similar, el contenido de polifenoles del presente estudio fue superior al intervalo de 275–645 mg EAG/100 g reportado por Caicedo Narváez y Hernández Carrión (2022) y al rango de 307–597 mg EAG/100 g señalado por Arellanes-Juárez et al. (2023) para arándanos ‘Biloxi’. Esta variabilidad resulta relevante, ya que la composición inicial del fruto constituye el punto de partida para interpretar los cambios posteriores durante el almacenamiento. En relación con las propiedades fisicoquímicas (Tabla 3 y Figura 1), la menor pérdida de peso observada en T7 respecto del control sugiere que la combinación de 25 % de mucílago de Aloe vera y 2 % de

almidón de maíz amarillo actuó como una barrera frente a la transferencia de humedad. Este efecto es consistente con Ates et al. (2022), quienes observaron una menor pérdida de peso en arándanos tratados con Aloe vera. Asimismo, Obenland et al. (2023) señalaron que la capacidad de una cobertura para limitar la pérdida de masa depende de sus propiedades de barrera y de su interacción con la superficie del arándano. La menor pérdida de agua observada en T7 podría explicar, al menos parcialmente, la mayor estabilidad fisicoquímica alcanzada durante la conservación. La menor variación del pH y la mayor conservación de la acidez titulable en T7 (Tabla 3; Figura 1) sugieren una ralentización de los cambios metabólicos asociados con la conservación poscosecha. Los ácidos orgánicos pueden utilizarse como sustratos durante la respiración del fruto, por lo que su reducción progresiva se relaciona con el avance del almacenamiento. En concordancia, Ates et al. (2022) encontraron una mayor conservación de la acidez en arándanos tratados con Aloe vera, mientras que Kazemi et al. (2026) observaron que la aplicación de coberturas, combinada con refrigeración, favoreció el mantenimiento de atributos fisicoquímicos del arándano. La menor variación de los sólidos solubles observada en T7 (Figura 1) también puede relacionarse con el efecto protector de la cobertura. En los frutos sin recubrimiento, una mayor pérdida de agua puede favorecer la concentración de los sólidos presentes en los tejidos, además de coexistir con las transformaciones metabólicas propias del almacenamiento. Por tanto, el comportamiento conjunto de la pérdida de peso, pH, acidez y sólidos solubles sugiere que T7 permitió retrasar los cambios fisicoquímicos del fruto, respaldando el uso de coberturas comestibles como estrategia para conservar la calidad poscosecha del arándano (Obenland et al., 2023).

La mayor conservación de las características sensoriales observada en T7 (Tabla 4 y Figura 2) sugiere que la cobertura contribuyó a retrasar el deterioro perceptible de los arándanos durante el almacenamiento. La firmeza constituye un atributo particularmente importante, debido a que su disminución afecta la textura y la aceptación del fruto. Mannozzi et al. (2017) encontraron que coberturas elaboradas con alginato, pectina y sus combinaciones permitieron mantener una mayor firmeza en arándanos refrigerados respecto de los frutos sin cobertura, asociando este comportamiento con el retraso de los procesos de senescencia. Estos resultados son consistentes con la mejor conservación de la firmeza observada en los frutos tratados con T7. La conservación del color, olor y sabor también contribuyó a mantener una mayor aceptabilidad general de los frutos recubiertos (Tabla 4; Figura 2). Totad et al. (2020) observaron que la aplicación de coberturas comestibles en arándanos favoreció el mantenimiento de la firmeza y de la calidad de consumo durante el almacenamiento, mostrando ventajas frente a los frutos no recubiertos. De manera similar, Medina-Jaramillo et al. (2020) comprobaron que coberturas de alginato con carvacrol permitieron conservar diferentes atributos de calidad poscosecha de arándanos andinos. En conjunto, estos antecedentes respaldan que una cobertura adecuadamente formulada puede retrasar la pérdida de características sensoriales relevantes y contribuir a mantener la aceptación del fruto durante su conservación.

La mayor conservación de vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante observada en T7 (Tabla 5 y Figura 3) sugiere que la cobertura contribuyó a retardar la degradación de compuestos bioactivos durante el almacenamiento. La vitamina C es particularmente susceptible a procesos oxidativos durante la conservación poscosecha; por ello, su mayor retención en los frutos recubiertos podría estar relacionada con la modificación de las condiciones en la superficie del fruto y el retraso de las reacciones asociadas al deterioro. Liu et al. (2023) observaron que la combinación de una cobertura comestible con tratamiento térmico retardó la disminución del ácido ascórbico en arándanos durante el almacenamiento, evidenciando el potencial de los tratamientos superficiales para conservar este compuesto.

La menor reducción de los polifenoles totales y de la capacidad antioxidante en T7 (Figura 3) indica una mejor conservación de componentes relacionados con la actividad antioxidante del fruto. Chiabrando y Giacalone (2015) encontraron que la aplicación de coberturas comestibles en arándanos retrasó la disminución del contenido fenólico y de la capacidad antioxidante durante el almacenamiento. Asimismo, estudios más recientes con recubrimientos de pullulan y ε-polilisina mostraron una mayor conservación de polifenoles y capacidad antioxidante en arándanos recubiertos, lo que respalda el efecto protector que pueden ejercer estas matrices sobre los componentes bioactivos durante la poscosecha.

En conjunto, el comportamiento observado en la Tabla 5 y Figura 3 indica que la cobertura aplicada en T7 no solo favoreció la estabilidad fisicoquímica y sensorial, sino también una mayor conservación de los compuestos bioactivos. Este resultado es relevante debido a que la pérdida de vitamina C y compuestos fenólicos durante el almacenamiento puede disminuir el valor funcional del fruto; por tanto, retrasar su degradación constituye un atributo adicional de interés para la conservación poscosecha del arándano.

La evolución de la aceptabilidad general (Tabla 7 y Figura 5) confirmó que la conservación de los atributos de calidad se reflejó en una mayor vida útil de los frutos recubiertos. T7 mantuvo una aceptabilidad superior al límite

establecido durante los 30 días evaluados, por lo que su vida útil se consideró ≥ 30 días, frente a 12,73 días estimados para el control. Este comportamiento concuerda con Davidović et al. (2021), quienes comprobaron que coberturas a base de dextrano permitieron prolongar la conservación de arándanos al retrasar cambios asociados con su deterioro. Más recientemente, Mari et al. (2024) también reportaron una prolongación de la vida útil de arándanos mediante coberturas comestibles. En este estudio, la proyección del modelo para T7 más allá de los 30 días debe interpretarse únicamente como una estimación matemática, ya que el periodo experimental finalizó en el día 30; por ello, resulta apropiado expresar su vida útil como ≥ 30 días y no atribuirle una duración superior sin validación experimental.

CONCLUSIONES

Las coberturas comestibles formuladas con mucílago de Aloe vera y almidón de maíz amarillo contribuyeron a conservar la calidad poscosecha de los arándanos durante el almacenamiento refrigerado. Entre las formulaciones evaluadas, T7 (25 % de mucílago de Aloe vera y 2 % de almidón de maíz amarillo) presentó el mejor comportamiento global, al reducir la pérdida de peso y los cambios en las propiedades fisicoquímicas, así como favorecer el mantenimiento del color, olor, sabor, firmeza y aceptabilidad general. Asimismo, este tratamiento mostró una mayor conservación de vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante durante el almacenamiento. La estabilidad fisicoquímica, sensorial y de los compuestos bioactivos se reflejó en una vida útil de al menos 30 días para T7, mientras que el control presentó una vida útil estimada de 12,73 días. En conjunto, la formulación con 25 % de mucílago de Aloe vera y 2 % de almidón de maíz amarillo mostró potencial como cobertura comestible para prolongar la conservación de arándanos bajo refrigeración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC International. (2023). *Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL* (22nd ed.). Oxford University Press.

Arellanes-Juárez, N., Benito-Bautista, P., & Zárate-Nicolás, B. H. (2023). Phenolic compound content in ‘Biloxi’ blueberry grown in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico, harvested in warm season. *Acta Horticulturae, 1357*. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1357.30

Ates, U., Islam, A., Ozturk, B., Aglar, E., Karakaya, O., & Gun, S. (2022). Changes in quality traits and phytochemical components of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) fruit in response to postharvest Aloe vera treatment. *International Journal of Fruit Science, 22*(1), 303–316. https://doi.org/10.1080/15538362.2022.2038341

Caicedo Narváez, S., & Hernández Carrión, M. (2022). Evaluation of antioxidant activity, phenolic content, anthocyanins, and flavonoids of fresh and dried ‘Biloxi’ blueberries. *Vitae, 29*(3), Article 348980. https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v29n3a348980

Chavan, P., Lata, K., Kaur, T., Jambrak, A. R., Sharma, S., Roy, S., Sinhmar, A., Thory, R., Singh, G. P., Aayush, K., & Rout, A. (2023). Recent advances in the preservation of postharvest fruits using edible films and coatings: A comprehensive review. *Food Chemistry, 418*, 135916. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135916

Chiabrando, V., & Giacalone, G. (2015). Anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity after fresh storage of blueberry treated with edible coatings. *International Journal of Food Sciences and Nutrition, 66*(3), 248–253. https://doi.org/10.3109/09637486.2014.986075

Davidović, S., Miljković, M., Gordic, M., Cabrera-Barjas, G., Nesic, A., & Dimitrijević-Branković, S. (2021). Dextran-based edible coatings to prolong the shelf life of blueberries. *Polymers, 13*(23), 4252. https://doi.org/10.3390/polym13234252

Ding, J., Liu, C., Huang, P., Li, H., Liu, Y., Sameen, D. E., Zhang, Y., Liu, Y., & Qin, W. (2024). Effects of konjac glucomannan/low-acyl gellan edible coatings loaded thymol-β-cyclodextrin microcapsules on postharvest blueberry. *Food Chemistry, 430*, 137080. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137080

Giménez, A., Ares, G., & Gámbaro, A. (2008). Survival analysis to estimate sensory shelf life using acceptability scores. *Journal of Sensory Studies, 23*(5), 571–582. https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2008.00173.x

International Organization for Standardization. (2014). *ISO 11136:2014 sensory analysis—Methodology—General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area*. International Organization for Standardization.

Kazemi, H., Roosta, H. R., & Bikdeloo, M. (2026). Effects of aloe vera and silicate edible coatings on ‘Emerald’ blueberry stored at different temperatures. *Scientific Reports*. https://doi.org/10.1038/s41598-026-61408-7

Kumar, S., Kalita, S., Das, A., Kumar, P., Singh, S., Katiyar, V., & Mukherjee, A. (2022). *Aloe vera*: A contemporary overview on scope and prospects in food preservation and packaging. *Progress in Organic Coatings*, *166*, 106799. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106799

Kupervaser, M. G., Traffano-Schiffo, M. V., Dellamea, M. L., Flores, S. K., & Sosa, C. A. (2023). Trends in starch-based edible films and coatings enriched with tropical fruits extracts: A review. *Food Hydrocolloids for Health*, *4*, 100138. https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2023.100138

Li, X., Zhang, X., Lv, J., Zhang, X., Li, Y., Han, X., & Zhang, W. (2024). Development of starch-based films reinforced with curcumin-loaded nanocomplexes: Characterization and application in the preservation of blueberries. *International Journal of Biological Macromolecules*, *264*, 130464. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130464

Liu, C., Ding, J., Huang, P., Li, H., Liu, Y., Zhang, Y., Hu, X., Deng, S., Liu, Y., & Qin, W. (2023). Use of heat-shock and edible coating to improve the postharvest preservation of blueberries. *Foods*, *12*(4), 789. https://doi.org/10.3390/foods12040789

Mannozzi, C., Cecchini, J. P., Tylewicz, U., Siroli, L., Patrignani, F., Lanciotti, R., Rocculi, P., Dalla Rosa, M., & Romani, S. (2017). Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, *85*, 440–444. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.056

Mari, A., Fafalis, C., & Krokida, M. (2024). Extension of blueberry shelf-life with edible coatings from *Chlorella vulgaris*. *Chemical Engineering Transactions*, *110*, 79–84. https://doi.org/10.3303/CET24110014

Medina-Jaramillo, C., Quintero-Pimiento, C., Díaz-Díaz, D., Goyanes, S., & López-Córdoba, A. (2020). Improvement of Andean blueberries postharvest preservation using carvacrol/alginate-edible coatings. *Polymers*, *12*(10), 2352. https://doi.org/10.3390/polym12102352

Mwelase, S., Kaseke, T., & Fawole, O. A. (2023). Development and optimization of methylcellulose-based edible coating using response surface methodology for improved quality management of ready-to-eat pomegranate arils. *CyTA - Journal of Food*, *21*(1), 656–665. https://doi.org/10.1080/19476337.2023.2274942

Nicolau-Lapeña, I., Colàs-Medà, P., Alegre, I., Aguiló-Aguayo, I., Muranyi, P., & Viñas, I. (2021). *Aloe vera* gel: An update on its use as a functional edible coating to preserve fruits and vegetables. *Progress in Organic Coatings*, *151*, 106007. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.106007

Obenland, D., Leyva-Gutierrez, F. M. A., & Wang, T. (2023). Investigations into determinants of blueberry coating effectiveness. *Foods*, *12*(1), 174. https://doi.org/10.3390/foods12010174

Olunusi, S. O., Ramli, N. H., Fatmawati, A., Ismail, A. F., & Okwuwa, C. C. (2024). Revolutionizing tropical fruits preservation: Emerging edible coating technologies. *International Journal of Biological Macromolecules*, *264*, 130682. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130682

Pei, J., Palanisamy, C. P., Srinivasan, G. P., Panagal, M., Kumar, S. S. D., & Mironescu, M. (2024). A comprehensive review on starch-based sustainable edible films loaded with bioactive components for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, *274*, 133332. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133332

Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*, *11*(9), 9–14.

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, *299*, 152–178. https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Tchinda, A. N., Anoumaa, M., Tazo, F. L. T., Phounzong, E. T., Kenfack, O. J., Lekeufack, M., Doumdi, R. B., Nguemezi, J. A., & Fonkou, T. (2023). Edible coating formulated by optimization from *Aloe vera*, starch, and Arabic gum improved the conservation of banana (*Musa acuminata*) fruits. *International Journal of Food Science*, *2023*, Article 3746425. https://doi.org/10.1155/2023/3746425

Totad, M. G., Sharma, R. R., Sethi, S., & Verma, M. K. (2020). Effect of edible coatings on quality of blueberry fruits under supermarket storage conditions. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, *90*(4), 780–783. https://doi.org/10.56093/ijas.v90i4.102223