

Evaluación del recubrimiento comestible a base de proteína sobre la cinética de pérdida de masa, estabilidad fisicoquímica y atributos de color en fresas (*Fragaria* × *ananassa*)

Effect of protein-based edible coatings on the preservation and shelf life of strawberries (*Fragaria* × *ananassa*)

Edward TORRES CRUZ¹, Rocio CAHUANA LIPA², Julio Cesar MACHACA MAMANI², Valeriano ANCCO LAGO³, Miriam Rosario MORENO ARCE⁴, Alicia Magaly LEON TACCA⁴, Saire Roenfi GUERRA LIMA⁴

¹ Universidad Peruana Cayetano Heredia.

² Universidad Nacional de Cañete –Lima.

³ Universidad Nacional José María Arguedas.

⁴ Universidad Nacional del Altiplano.

Recibido: 29/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: Los recubrimientos comestibles proteicos se utilizan actualmente como barreras protectoras que prolongan la vida útil de los frutos, reduciendo la deshidratación y retrasando la oxidación.

Objetivo: Evaluar la eficacia de recubrimientos comestibles de base proteica en la conservación poscosecha de fresas (*Fragaria* × *ananassa*), mediante el análisis de su impacto sobre parámetros fisicoquímicos y sensoriales, tanto en condiciones de refrigeración (4 °C) como a temperatura ambiente (20 °C).

Metodología: Se aplicó el enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y de tipo observacional. Para la evaluación se empleó la técnica de análisis experimental y como instrumento una ficha de registro estructurada para consignar las variables de respuesta (pérdida de peso, pH, color y textura). Se prepararon recubrimientos comestibles a base de proteína natural. Las fresas se dividieron en tres tratamientos: control (sin recubrimiento), recubrimiento al 5 % y recubrimiento al 10 %, siendo almacenadas durante varios días bajo dos condiciones

térmicas. Se evaluaron periódicamente la pérdida de peso, pH, parámetros de color (L*, a*, b*) y características organolépticas. Los datos fueron analizados estadísticamente para determinar diferencias significativas entre tratamientos.

Resultados: Los recubrimientos aplicados redujeron significativamente la pérdida de peso y mantuvieron el pH estable en comparación con el control. Se observó una mejor retención del color en las muestras recubiertas, especialmente bajo refrigeración. Los recubrimientos al 10 % mostraron mayor eficacia en todos los parámetros evaluados. Las muestras sin recubrimiento presentaron deterioro acelerado, con mayor deshidratación y pérdida de color.

Conclusiones: El uso de recubrimientos comestibles a base de proteína representa una alternativa efectiva y sostenible para prolongar la vida útil de fresas frescas. Su aplicación contribuye a preservar las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del fruto, especialmente cuando se combinan con condiciones de refrigeración. Esta tecnología resulta altamente prometedora para reducir el desperdicio alimentario y mejorar la calidad poscosecha en la agroindustria.

PALABRAS CLAVE

Recubrimientos comestibles, fresas, conservación, almacenamiento.

Correspondencia:

Edward Torres Cruz
edward.tc20@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Protein-based edible coatings are currently used as protective barriers that extend the shelf life of fruits, reducing dehydration and delaying oxidation.

Objective: Evaluate the effectiveness of protein- and polysaccharide-based edible coatings in the postharvest preservation of strawberries (*Fragaria × ananassa*), by analyzing their impact on physicochemical and sensory parameters under refrigerated conditions (4 °C) and at ambient temperature (20 °C).

Methodology: A quantitative, explanatory, observational approach was applied. Experimental analysis was used for the evaluation, and a structured record sheet was used as an instrument to record the response variables (weight loss, pH, color, and texture). Edible coatings based on natural protein were prepared. The strawberries were divided into three treatments: control (no coating), 5 % coating, and 10 % coating, and were stored for several days under two temperature conditions. Weight loss, pH, color parameters (L*, a*, b*), and organoleptic characteristics were evaluated periodically. The data were statistically analyzed to determine significant differences between treatments.

Results: The applied coatings significantly reduced weight loss and maintained pH stability compared to the control. A better retention of color was observed in coated samples, particularly under refrigeration. The 10 % coating showed higher effectiveness across all evaluated parameters. Uncoated samples exhibited accelerated deterioration, with increased dehydration and color loss.

Conclusions: The application of edible coatings offers an effective and sustainable alternative to extend the shelf life of fresh strawberries. These coatings help preserve the fruit's sensory and physicochemical properties, especially when combined with cold storage. This technology holds great promise for reducing food waste and enhancing postharvest quality in the agro-industrial sector.

KEYWORDS

Edible coatings, strawberries, preservation, shelf life, storage.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la industria alimentaria ha enfrentado un cambio significativo en las preferencias del consumidor, orientado hacia productos mínimamente procesados, libres de aditivos sintéticos y con un perfil nutricional conservado¹⁻⁴. Esta tendencia ha motivado el desarrollo de nuevas estrategias poscosecha que garanticen la calidad, seguridad y vida útil de los alimentos frescos, sin recurrir a conservadores artificiales⁵⁻⁸. Estos recubrimientos actúan como barreras semipermeables que regulan el intercambio de gases, humedad y solutos, además de servir como ma-

trices portadoras de compuestos bioactivos tales como antioxidantes y antimicrobianos⁸⁻¹⁰. La implementación de tecnologías simples, de bajo costo y alto impacto como los recubrimientos proteicos se convierte en una solución viable para conservar productos frescos como las fresas, altamente perecederas¹¹⁻¹³. Las proteínas, como la gelatina sin sabor, han demostrado un notable potencial filmógeno y compatibilidad con compuestos funcionales^{8,14-16}. La delimitación hacia proteínas específicas como gelatina, suero lácteo o fuentes locales vegetales permite asegurar la biocompatibilidad y factibilidad para su posterior escalamiento¹⁷⁻¹⁹. Aunque existen diversos estudios sobre el uso de polisacáridos y lípidos como materiales base, el uso de proteínas ofrece ventajas notables en la interacción con la superficie alimentaria, la retención de humedad y la incorporación de compuestos activos^{8,20,21}.

A pesar de los avances reportados en la literatura con proteínas como caseína, gelatina, soya y suero lácteo, aún se requiere evidencia más completa que integre el comportamiento funcional (como la actividad antioxidante o la barrera a la humedad)²²⁻²⁵ parámetros físico-químicos (viscosidad, espesor de película, color, pH) y su impacto en alimentos frescos bajo condiciones de conservación controlada²⁶⁻²⁸. Por tanto, este estudio busca aportar evidencia científica sólida sobre la aplicabilidad de recubrimientos comestibles proteicos en matrices vegetales reales como las fresas, bajo almacenamiento a 4 °C y 20 °C, atendiendo a la necesidad de soluciones prácticas para contextos rurales con limitadas condiciones de refrigeración²⁹⁻³².

La investigación se desarrolla con la finalidad de evaluar la eficacia de recubrimientos comestibles de base proteica en la conservación poscosecha de fresas (*Fragaria × ananassa*), mediante el análisis de su impacto sobre parámetros físico-químicos y sensoriales, tanto en condiciones de refrigeración (4 °C) como a temperatura ambiente (20 °C).

METODOLOGIA

La presente investigación corresponde a un estudio experimental de enfoque cuantitativo. Se empleó la técnica de análisis experimental y, como instrumentos se utilizaron: una ficha de registro estructurada para consignar los datos, una balanza digital de precisión para determinar la pérdida de peso, un pH-metro digital para medir la acidez, un colorímetro portátil (sistema CIELAB) para evaluar los parámetros de color (L*, a*, b*) y un texturómetro para analizar la firmeza de las fresas. El diseño consideró dos temperaturas (4 °C y 20 °C), tres tratamientos (control, recubrimiento al 5 % y recubrimiento al 10 %) y tres repeticiones. **Formulación del recubrimiento.** Se preparó un recubrimiento a base de gelatina sin sabor tipo A (porcina) de uso alimentario, marca Universal® (Colapiz en polvo, 20 g por envase), libre de gluten y con un valor nutricional de 370 kcal y 85 g de proteínas por cada 100 g, sin aporte de grasas, azúcares ni sodio. La gelatina se disolvió en agua destilada

a 60 °C bajo agitación constante hasta lograr una solución homogénea, empleando concentraciones finales del 5 % y 10 % (p/p). **Aplicación en el alimento fresco modelo.** Las fresas (*Fragaria* × *ananassa*, variedad *Albion*) fueron recolectadas en la región de Ica (Perú) y comercializadas en supermercados de la región Puno en el mes de agosto del 2025, cumpliendo con los estándares de calidad e inocuidad establecidos para productos frescos destinados al consumo humano. Los frutos se encontraban en estado de madurez comercial ($\frac{3}{4}$ rojo) y fueron recubiertos dentro de las primeras 4 h posteriores a la compra. El alimento fue sumergido en la solución del recubrimiento y secado bajo flujo de aire controlado. Se establecieron dos grupos: uno con recubrimiento y otro sin recubrimiento (control), los cuales se almacenaron a 4 °C ± 1 y 20 °C ± 1 durante 7 días. La calidad de las fresas tratadas se evaluó mediante la medición de pérdida de peso, pH, color (L, a, b*) y firmeza, utilizando los equipos mencionados. Esta metodología, respaldada por análisis estadísticos, permitió determinar con precisión el efecto del recubrimiento proteico en la conservación poscosecha, garantizando resultados confiables para identificar los tratamientos más efectivos para prolongar la vida útil del fruto sin afectar su apariencia ni textura.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio permiten analizar de manera integral el efecto de los recubrimientos comestibles aplicados en distintas concentraciones (5 % y 10 %), así como el impacto de las condiciones de almacenamiento (refrigeración a 4 °C y temperatura ambiente a 20 °C) sobre la calidad postcosecha de fresas (*Fragaria* × *ananassa*). Se evaluaron parámetros fisicoquímicos clave como el pH y la textura mediante análisis instrumental, complementados con una evaluación visual de la integridad superficial del fruto antes y después del almacenamiento.

La figura 1 muestra la evolución y deterioro visual de fresas tratadas con recubrimientos al 10 %, 5 % y sin tratamiento (control), almacenadas a 4 °C y 20 °C, antes y después del periodo de conservación.

La tabla 1 expresa que a 4 °C la pérdida de peso fue similar entre tratamientos: 10 % (26.61 %), 5 % (30.13 %) y control (21.65 %). A 20 °C todos aumentaron, pero el control mostró la mayor merma (80.32 %), mientras que los recubrimientos redujeron la deshidratación: 10 % (47.86 %) y 5 % (44.57 %). Es por ello que se compara el porcentaje de pérdida de peso de las muestras bajo diferentes tratamientos (Control, 5 %, 10 %) y condiciones térmicas (refrigeración a 4 °C y temperatura ambiente a 20 °C). Se observa que la temperatura de almacenamiento influye significativamente en la pérdida de peso, siendo mayor a 20 °C en todos los casos. El tratamiento con 10 % a 4 °C presentó la menor pérdida promedio (26.6 %), lo que sugiere una mejor retención de humedad en comparación con los otros grupos. En contraste, el control a 20 °C mostró la mayor pérdida (≈80.3 %), evi-

denciando que la ausencia de tratamiento y una mayor temperatura aceleran la deshidratación.

El almacenamiento a 4 °C conservó mejor el color de las fresas, manteniendo mayor luminosidad (L*) y estabilidad en los tonos rojo (a*) y amarillo (b*). El recubrimiento al 10 % presentó los valores más altos de L* en ambas temperaturas, indicando menor oscurecimiento. A 20 °C, los tratamientos 5 % y 10 % mostraron aumento de a* (más rojizo), mientras que el control redujo notablemente a*, reflejando mayor degradación. En todos los casos, b* disminuyó a temperatura ambiente, señalando pérdida de tonalidad amarilla.

La figura 2 muestra una matriz de color donde cada celda representa una réplica experimental (R1, R2, R3) de fresa tratado con un porcentaje específico de proteína (10 %, 5 % o control), almacenado a temperatura de refrigeración (4 °C) o ambiente (20 °C). Cada celda se colorea según la conversión de los valores CIELAB (L*, a*, b*) a su correspondiente color RGB, permitiendo una visualización directa de la apariencia real de las muestras. Además, en cada celda se muestran los valores exactos de L* (luminosidad), a* (componente verde-rojo), b* (componente azul-amarillo) y ΔE, que indica la diferencia perceptual de color respecto al promedio del grupo control refrigerado.

Bajo refrigeración (4 °C), el tratamiento al 10 % presentó la mayor firmeza con un PEAK LOAD de 313 g y WORK de hasta 4.4 mJ, seguido por el 5 % (máx. 171 g) y el control (132.5 g). A 20 °C, todos los valores descendieron: 10 % llegó solo a 109 g, 5 % a 68.5 g y el control a 125.6 g, confirmando una marcada pérdida de firmeza a temperatura ambiente.

La figura 3 muestra los valores promedio de PEAK LOAD (g), parámetro que representa la fuerza máxima necesaria para deformar la muestra, en función de los distintos tratamientos (CONTROL, 5 %, 10 %) y bajo dos condiciones de temperatura: Refrigeración a 4 °C y Temperatura ambiente a 20 °C. Los resultados indican que las muestras conservadas a baja temperatura (4 °C) presentan valores significativamente mayores de firmeza respecto a las conservadas a 20 °C, lo que evidencia que el frío contribuye a mantener la integridad estructural del alimento. En particular, el tratamiento del 10 % mostró el mayor valor de PEAK LOAD bajo refrigeración, sugiriendo una posible sinergia entre formulación y temperatura que favorece la resistencia mecánica de la matriz. Por el contrario, las muestras a 20 °C evidenciaron una pérdida general de firmeza, posiblemente asociada a la degradación estructural por efectos térmicos y pérdida de humedad.

Los valores de pH registrados para tres réplicas (R1, R2, R3) en cada tratamiento (10 %, 5 % y Control), bajo dos condiciones térmicas: Refrigeración a 4 °C y Temperatura ambiente a 20 °C. Se observa que el pH tiende a ser ligeramente más alto bajo temperatura ambiente, especialmente en el tratamiento control, que alcanza un valor promedio de 3.88, en comparación con el control refrigerado que presenta un pro-

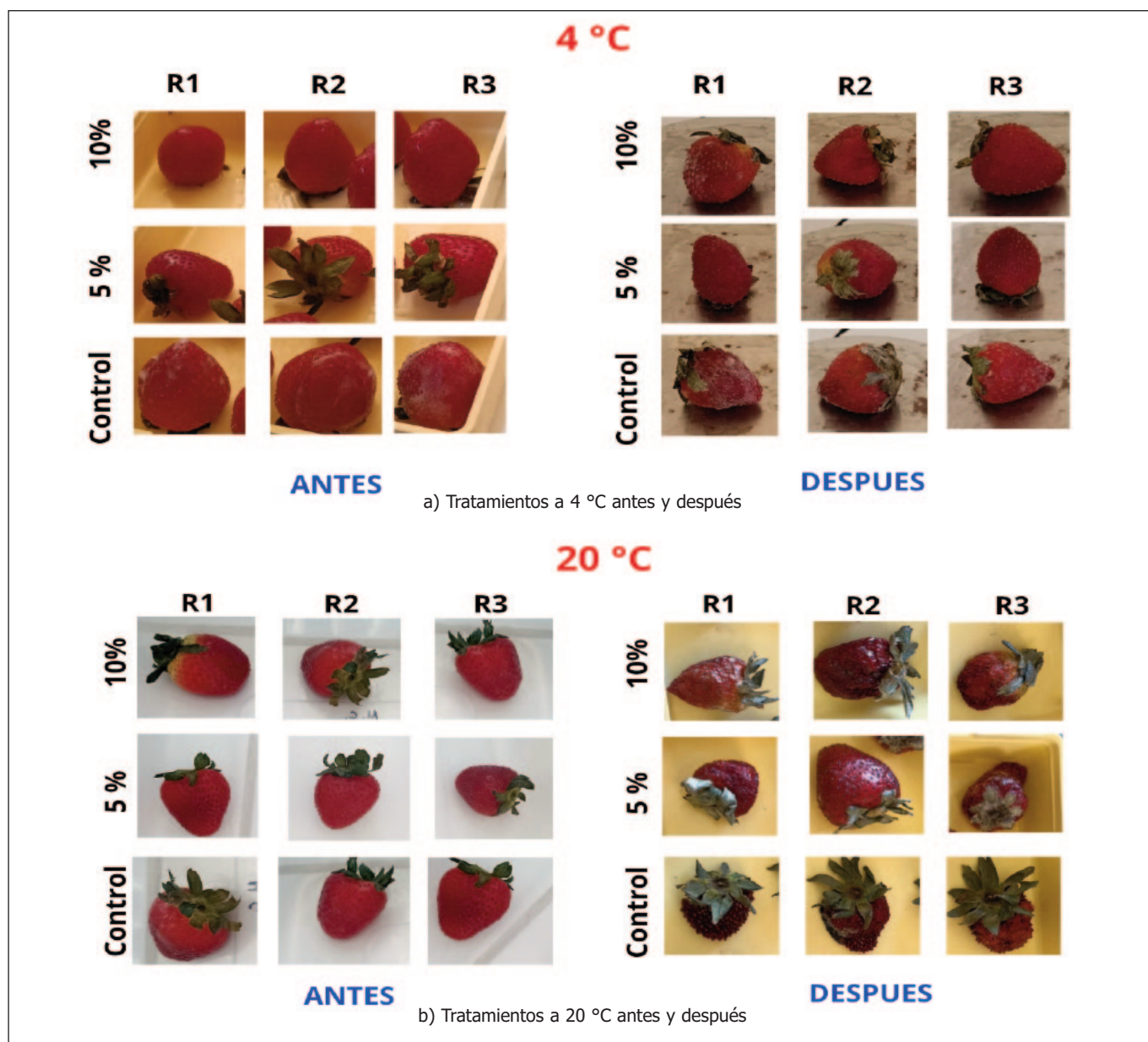


Figura 1. Evolución visual de fresas tratadas y almacenadas a 4 °C (a) y 20 °C (b)

Tabla 1. Porcentaje de pérdida de peso en muestras bajo diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento (4 °C y 20 °C)

Condición	Tratamiento	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	Promedio (%)
4°C	10 %	30.17	30.87	18.8	26.61
	5 %	34.96	37.63	17.8	30.13
	Control	23.86	19.12	21.98	21.65
20°C	10 %	41.06	53.63	48.9	47.86
	5 %	45.66	41.52	46.52	44.57
	Control	70.54	86.94	83.47	80.32

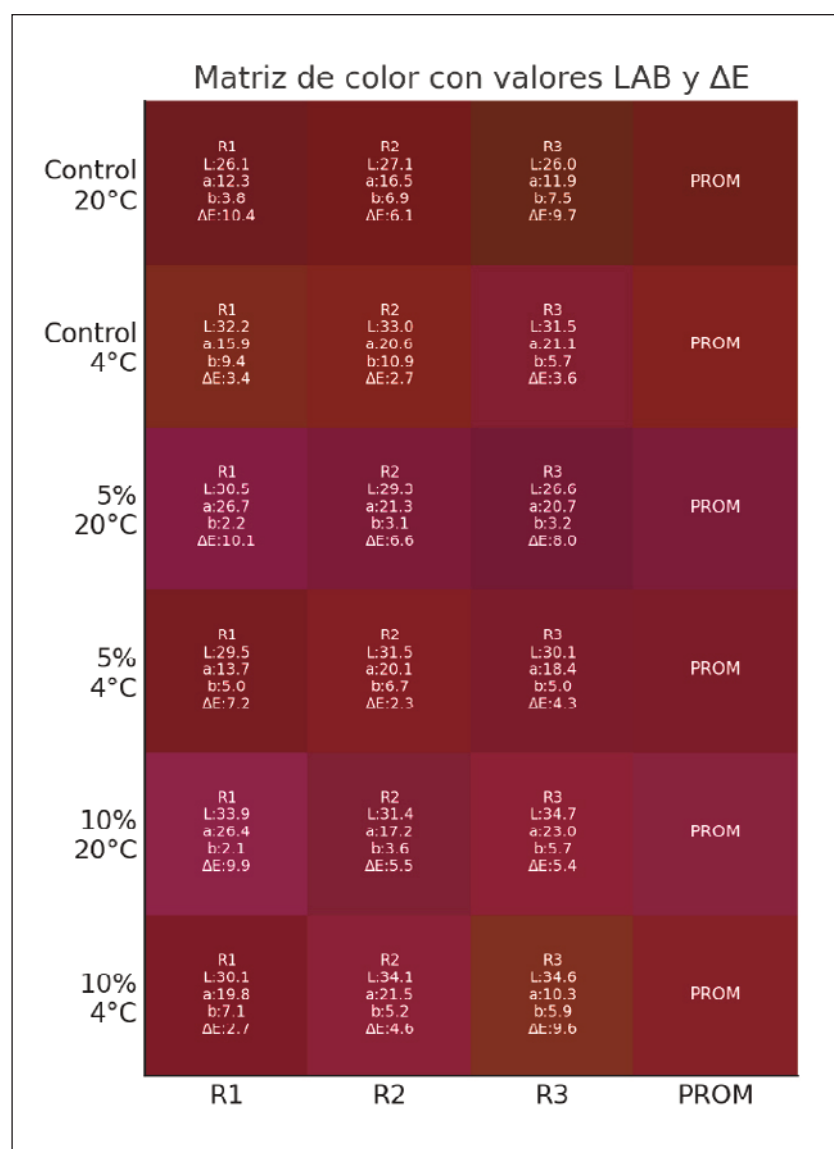


Figura 2. Variación del color en panes tratados con harina de maca fermentada bajo diferentes condiciones de almacenamiento y concentración, expresada en valores CIELAB y diferencia perceptual ΔE

medio de 3.55. En contraste, el tratamiento del 10 % en refrigeración mantuvo un pH más estable y bajo (3.59), lo que indica que la combinación de refrigeración y tratamiento tiene un efecto conservante. El gráfico muestra que las fresas almacenadas a 20 °C presentan pH más altos que las refrigeradas a 4 °C, con el control alcanzando 3.88 frente a 3.55 en frío. El tratamiento al 10 % bajo refrigeración registra el pH más bajo (3.59), lo que indica mayor estabilidad y menor actividad microbiana en comparación con los demás.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman que los recubrimientos comestibles a base de proteína contribuyen de manera signifi-

cativa a la conservación poscosecha de fresas, principalmente al reducir la pérdida de peso y mantener la estabilidad del pH y del color. La menor deshidratación observada en las muestras recubiertas, especialmente a 4 °C, coincide con estudios como los de Bruno et al. sobre recubrimientos proteico-polisacáridos con antioxidantes en fresas, donde también se reporta mayor retención de firmeza y color rojo (a^*) usando formulaciones enriquecidas⁶. Además, investigaciones con recubrimientos de proteína de suero (whey protein) en frutas similares muestran mecanismos semejantes de barrera a la humedad y a gases^{20,21}. Asimismo, se evidencia que la temperatura de almacenamiento es un factor crítico: la refrigeración potencia el efecto protector del recubrimiento, mientras que a 20 °C se acelera el deterioro independientemente del tratamiento. La formulación al 10 % mostró los mejores resultados, lo que sugiere que una mayor concentración de proteína genera una matriz más densa y estable, capaz de retener mejor la humedad y ofrecer resistencia mecánica superior. Esto concuerda con hallazgos de Silva et al. en papaya, quienes usaron proteína aislada de soya con recubrimientos combinados, y observaron que concentraciones mayores aumentan la firmeza y disminuyen la pérdida de peso¹⁰. En conjunto, el estudio demuestra que la combinación de recubrimiento proteico y refrigeración constituye una estrategia efectiva, natural y de bajo costo para prolongar la vida útil de fresas frescas. Su implementación puede adaptarse a distintos contextos productivos, desde la agroindustria hasta sistemas locales, y representa una alternativa sostenible frente a métodos de conservación con aditivos sin-

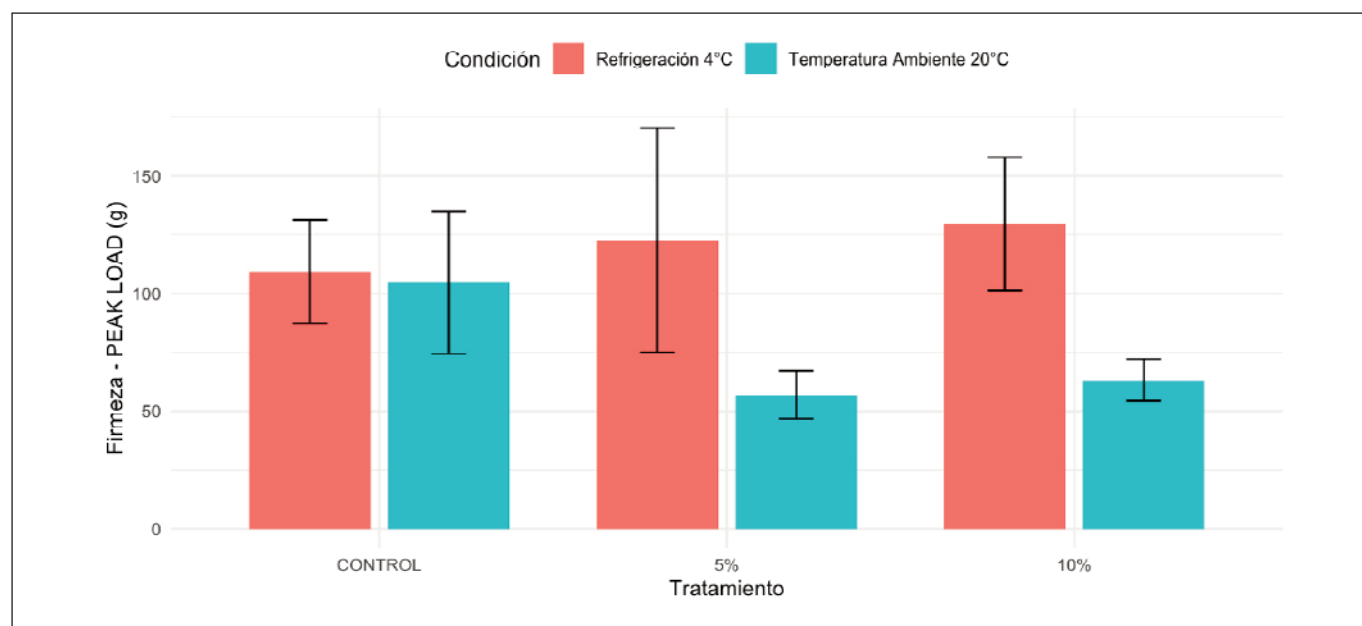
téticos, alineándose con la tendencia hacia alimentos más limpios y mínimamente procesados, como lo señalan revisiones recientes como Shah (2023)³³.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que la aplicación de recubrimientos comestibles formulados a base de componentes naturales ofrece una estrategia tecnológica eficaz para la conservación poscosecha de frutas frescas como la fresa. Las formulaciones evaluadas demostraron efectos positivos sobre la estabilidad del pH, la reducción de la pérdida de peso y la conservación del color, evidenciando una mejora en la vida útil del producto bajo condiciones de almacenamiento tanto refri-

Tabla 2. Evaluación instrumental de textura según tratamiento y temperatura de conservación

Condición	Tratamiento	Réplica	DEF PEAK U (mm)	FINAL LOAD (g)	PEAK LOAD (g)	WORK (mJ)
Refrigeración 4°C	10 %	R1	4.8	289.5	313.0	4.1
		R2	2.8	24.5	107.5	3.14
		R3	4.5	122.0	161.5	4.4
	5 %	R1	2.5	11.5	65.5	2.88
		R2	5.0	171.0	171.0	3.7
		R3	3.3	31.0	121.5	2.68
	CONTROL	R1	4.3	58.5	89.0	2.67
		R2	3.9	41.0	106.2	3.25
		R3	4.1	80.0	132.5	3.52
T° Ambiente 20°C	10 %	R1	3.8	57.0	71.0	2.14
		R2	5.0	109.0	109.0	2.09
		R3	5.0	53.0	53.5	2.39
	5 %	R1	5.0	68.5	68.5	1.41
		R2	4.9	49.5	50.0	1.33
		R3	5.0	52.0	52.0	1.31
	CONTROL	R1	5.0	118.5	118.5	2.4
		R2	5.0	96.5	125.6	2.55
		R3	4.3	63.5	70.0	2.21

**Figura 3.** Evaluación de la firmeza instrumental (PEAK LOAD) en función del tratamiento y temperatura de conservación en muestras texturales

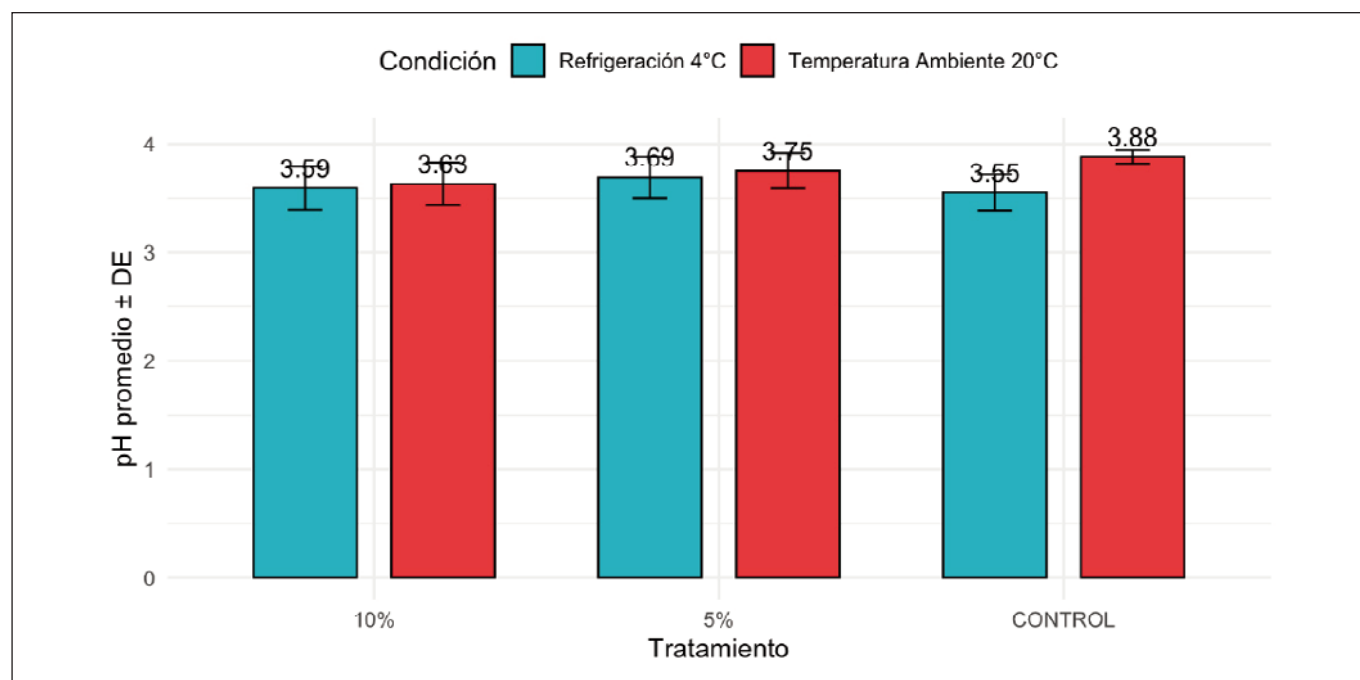


Figura 4. Comparación del pH promedio por tratamiento y condición de temperatura

gerado como a temperatura ambiente. Esta mejora en la calidad se atribuye a las propiedades barrera del recubrimiento, que limitan la transferencia de humedad y gases, así como a la posible actividad antioxidante y antimicrobiana de sus componentes. Además, se observó que los efectos del recubrimiento varían en función del tipo de formulación y la temperatura de conservación, lo que resalta la importancia de optimizar las condiciones de aplicación en función del producto y el entorno. La investigación respalda el uso de estas tecnologías como una alternativa sostenible, natural y económicamente viable frente a métodos convencionales de conservación, alineándose con las tendencias actuales de la industria alimentaria en favor de soluciones limpias, ecológicas y funcionales.

REFERENCIAS

- Vasiliauskaite A, Vasiliauskaite A, Mileriene J, et al. Application of Edible Coating Based on Liquid Acid Whey Protein Concentrate with Indigenous *Lactobacillus helveticus* for Acid-Curd Cheese Quality Improvement. *Foods*. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.3390/foods11213353.
- Pham TT, Nguyen LLP, Sao Đ, et al. Application of Edible Coating in Extension of Fruit Shelf Life: Review. *AgriEngineering*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/agriengineering5010034.
- Liu J, Liu J-H, Liu J, et al. A novel pseudo-protein-based biodegradable coating for magnesium substrates: in vitro corrosion phenomena and cytocompatibility. *J Mater Chem B*. Epub ahead of print 2015. DOI: 10.1039/c4tb01527d.
- Chire-Fajardo GC, Sotelo-Méndez A, Uribe-Salas AA, et al. Biological evaluation of the quality of dark chocolate protein in diets for rats. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2024; 44: 338–343.
- Karina S, Karina S, Setiadi, et al. Influence of Transglutaminase Enzyme Incorporated into Protein based Edible Coating for Preservation of Spanish Mackerel Fish (*Scomberomorus commersoni*). *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. Epub ahead of print 2020. DOI: 10.1088/1757-899x/722/1/012081.
- Bruno A De, Gattuso A, Ritorto D, et al. Effect of Edible Coating Enriched with Natural Antioxidant Extract and Bergamot Essential Oil on the Shelf Life of Strawberries. *Foods*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/foods12030488.
- Jafarzadeh S, Jafarzadeh S, Forough M, et al. Plant protein-based nanocomposite films: A review on the used nanomaterials, characteristics, and food packaging applications. *Crit Rev Food Sci Nutr*. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1080/10408398.2022.2070721.
- Caner C, Caner C, Yüceer M, et al. Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poult Sci*. Epub ahead of print 2015. DOI: 10.3382/ps/pev102.
- Yousuf B, Yousuf B, Srivastava AK, et al. Application of natural fruit extract and hydrocolloid-based coating to retain quality of fresh-cut melon. *Journal of Food Science and Technology-mysore*. Epub ahead of print 2020. DOI: 10.1007/s13197-020-04397-3.
- Silva DAC, Silva DAC, Anaconda KS, et al. EFECTO DE RECUBRIMIENTOS DE ALMIDÓN MODIFICADO DE YUCA, PROTEÍNA AISLADA DE SOYA Y ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO APLICADOS A LA PAPAYA. *null*. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.31910/rudca.v21.n1.2018.664.

11. Abdullah AH, Awad-Allah MAA, Abd-Elkarim NAA, et al. Carboxymethyl Cellulose from Banana Rachis: A Potential Edible Coating to Extend the Shelf Life of Strawberry Fruit. *Agriculture*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/agriculture13051058.
12. Du T, Du T, Li X, et al. Phytochemicals-based edible coating for photodynamic preservation of fresh-cut apples. *Food Research International*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.112293.
13. Piedra A, Piedra A, Alejandra M, et al. Efecto de recubrimientos comestibles formulados a base de alginato, carboximetilcelulosa y proteína de suero de leche en la vida útil de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) mínimamente procesada. *null*. Epub ahead of print 2015. DOI: null.
14. Qi H, Qi H, Zheng W, et al. Novel Mussel-Inspired Universal Surface Functionalization Strategy: Protein-Based Coating with Residue-Specific Post-Translational Modification in Vivo. *ACS Appl Mater Interfaces*. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.1021/acsami.8b22551.
15. Turan FT, Turan FT, Kahyaoğlu T, et al. The effect of an ultrasonic spray nozzle on carbohydrate and protein-based coating materials for blueberry extract microencapsulation. *J Sci Food Agric*. Epub ahead of print 2020. DOI: 10.1002/jsfa.10622.
16. Rivadeneira Barcia CS, Sánchez Moreira FE, Hernández León A, et al. Effect of an edible coating based on banana peel flour (*Musa paradisiaca*) and citric acid applied to minimally processed pineapple (*Ananas comosus*). *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2025; 45: 359–368.
17. Hu Q, Zhou F, Ly NK, et al. Development of Multifunctional Nanoencapsulated *trans*-Resveratrol/Chitosan Nutraceutical Edible Coating for Strawberry Preservation. *ACS Nano*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1021/acsnano.3c01094.
18. León LAN, Cabrera AC, Díaz PCP, et al. Maíces con alto contenido de antocianina, biofortificados con zinc, provitamina A y de alta calidad de proteína en Perú. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.18272/aci.v16 i1.3277.
19. Vargas MDLVY, Mayorga-Patrón MDLÁ, Tamayo-Cortez J, et al. Evaluación de un recubrimiento comestible biodegradable sobre la calidad del chile habanero. *Rev Mex De Cienc Agric*. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.29312/remexca.v15i3.3295.
20. Khorshidi M, Khorshidi M, Heshmati A, et al. Effect of whey protein- and xanthan-based coating on the viability of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* and physiochemical, textural, and sensorial properties of yogurt. *Food Sci Nutr*. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.1002/fsn3.2398.
21. Xin Y, Yang C, Zhang J, et al. Application of Whey Protein-Based Emulsion Coating Treatment in Fresh-Cut Apple Preservation. *Foods*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/foods12061140.
22. Ghidelli C, Ghidelli C, Mateos M, et al. Novel approaches to control browning of fresh-cut artichoke: Effect of a soy protein-based coating and modified atmosphere packaging. *Postharvest Biol Technol*. Epub ahead of print 2015. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.08.008.
23. Priya K, Thirunavookarasu N, Chidanand D V. Recent advances in edible coating of food products and its legislations: A review. *J Agric Food Res*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100623.
24. Rivadeneira Barcia CS, Vera Zambrano MS, Vásquez Cortez LH, et al. Edible coating made from *Musa paradisiaca* peel with the addition of Citrus x limonia essential oil applied to processed avocado. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2025; 45: 58–69.
25. Rivera Pacheco AR, Chavez Infantes JK, Mamani Quispe AL, et al. Total antioxidant capacity and total phenolics in a functional non-dairy drink based on passion fruit and chia peel. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2024; 44: 193–202.
26. Peralta AVP, Cuzco JIC, Álvarez LFA. El almidón, su uso y efecto como recubrimiento comestible en la conservación de frutas. *Ciencia Digital*. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.33262/cien ciadigital.v8i2.3001.
27. Paredes MEF, Palma GBA, Sánchez MET. Aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal para la conservación de guayaba. *Sinergia Académica*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.51736/sa.v6i2.132.
28. Osorio O, Caicedo JFB, Legarda APB, et al. Efecto de diferentes formulaciones de recubrimiento con proporción de mezcla polisacárido/proteína para la conservación de lulo (*Solanum quitoense* L.). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.21930/rcta.vol24_num1_art:2857.
29. Monedero M, Monedero M. Recubrimientos comestibles a base de proteína de soja y lípidos. *null*. Epub ahead of print 2011. DOI: null.
30. Soto JP, Santivañez GQQ, Morales KRM, et al. Efecto del recubrimiento comestible a base de almidón de cáscara de papa (*Solanum tuberosa*) Huasahuasina – Tarma en la prolongación de la vida útil de la zarzamora (*RUBUS ULMIFOLIUS*). *KANYÚ*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.61210/kany.v1i2.especial.46.
31. Zhu M, Zhu M, Ran Q, et al. Interface Reversible Electric Field Regulated by Amphoteric Charged Protein-Based Coating Toward High-Rate and Robust Zn Anode. *Nanomicro Lett*. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1007/s40820-022-00969-4.
32. Chalán G, Chalán G, Mardelid R, et al. Efecto de recubrimientos comestibles a base de proteína de soja y almidón de yuca en la conservación de saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.). *null*. Epub ahead of print 2019. DOI: null.
33. Shah YA, Bhatia S, Al-Harrasi A, et al. Mechanical Properties of Protein-Based Food Packaging Materials. *Polymers (Basel)*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/polym15071724.