

RECUBRIMIENTO COMESTIBLE BIODEGRADABLE PARA FRESAS, A PARTIR DE RESIDUOS DE PAPA Y EXTRACTOS DE *PHYTOLACCA AMERICANA* Y *ARTEMISA VULGARIS*

Juan Camilo Pantoja Arévalo¹, Diana Carolina Potosí Calvache²

¹Aprendiz Tecnoacademia, Línea de formación agroindustria y alimentos, Tecnoacademia, Túquerres, Regional Nariño

²Facilitadora Tecnoacademia, Línea de formación agroindustria y alimentos, Tecnoacademia, Túquerres, Regional Nariño

Resumen

Los empaques para los alimentos en su mayoría no están elaborados con materiales biodegradables, los cuales impactan negativamente al medio ambiente, aumentando el consumo de combustibles fósiles y a la vez incrementando los costos en procesos de manufactura. Esta investigación se basó en realizar un recubrimiento biodegradable que consta de biopolímeros a base de residuos agrícolas de papa, extractos acuosos de *Phytolacca americana* y *Artemisa vulgaris*, con el cual se recubrieron fresas a las cuales se les evaluó aspectos fisicoquímicos, tales como pH, acidez, °Brix y pérdida de peso. Transcurrido un tiempo de 10 días de evaluación de los frutos con y sin recubrimientos expuestos a temperatura ambiente, se pudo observar que los frutos recubiertos con el bioempaque muestran mejores propiedades fisicoquímicas al llegar al final de la evaluación y aquellas fresas que se recubrieron con biopolímero que contenía en su formulación extractos acuosos de *Phytolacca americana*, aumentaron la vida útil en un 20% a comparación de frutos sin recubrimiento, lo cual nos muestra que la especie *Phytolacca Americana* cultivada de manera habitual en el sur de Nariño, puede ser un material potencial debido a sus probables propiedades antifúngicas.

Palabras Clave: recubrimiento comestible, residuos agrícolas, bioempaques.

Introducción

Fresa (*Fragaria ananassa*) es una de las frutas más populares en todo el mundo, con sabor altamente único y deseable (Yan et al., 2019). Son una buena fuente de nutrientes, proteínas, minerales, fibras dietéticas y vitaminas, así como antioxidantes, ácido ascórbico, antocianinas, taninos y flavonoides (Hajji et al., 2018). Sin embargo, la fresa madura es

altamente perecedera, principalmente a su ausencia de cáscara, lo que la vuelve susceptible a la acción de microorganismos, como hongos y bacterias (Yan et al., 2019) (Pavinatto et al., 2020).

Los recubrimientos comestibles para los alimentos se han definido como una matriz continua y delgada que forman una estructura alrededor del alimento, estos pueden ser aplicados por inmersión o aspersión de este en una solución realizada a base de materiales comestibles (Oñate, 2018). Dicho recubrimiento tiene como propósito principal extender la vida útil de la fruta y proporcionarle una efectiva barrera contra los riesgos que generan las condiciones ambientales, los daños mecánicos y reducir la respiración y transpiración (O_2 , CO_2 y H_2O), ayudando así a prevenir cambios físicos, químicos, microbiológicos y fisiológicos que alteran el buen estado del alimento (Restrepo F & Aristizábal T, 2010).

En cuanto a los empaques convencionales para alimentos, en su mayoría proceden de materiales no amigables con el medio ambiente. En Colombia para el 2016, se produjeron $1,33 \times 10^3$ toneladas de resinas plásticas, donde el sector de empaques y envases representó el 56% en peso de las materias plásticas elaboradas (Niño et al., 2018), lo cual, en la actualidad, se considera como un serio problema ambiental y de interés mundial que ha despertado preocupación global debido al agotamiento de recursos naturales y la acumulación de residuos plásticos en áreas críticas alrededor del planeta (Fernández Gamboa, 2019), por lo que se ha optado por hacer uso de polímeros de fuentes renovables, que pueden provenir del maíz, papa, trigo, sorgo, yuca, caña, entre otros. (Mario Enríquez C., Reinaldo Velasco M., 2012).

En vista de la problemática anterior, una materia prima extensamente utilizada para la elaboración de

recubrimientos comestibles es el almidón procedente del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) (Oñate, 2018), y teniendo en cuenta que según el ministerio de agricultura, la producción de este cultivo en Colombia fue de alrededor de 2.782.676 toneladas durante el 2019, de las cuales el departamento de Nariño ocupa el tercer puesto en la producción nacional, donde el 6 y 8% se industrializan, generando un alto contenido de residuos sólidos con presencia de almidón, se considera adecuado hacer uso de ellos como materia prima para elaboración de recubrimientos comestibles (Enríquez C. et al., 2013), ya que al contener amilosa, molécula insoluble en agua, puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno, generando una estructura helicoidal, característica importante en la determinación de las propiedades físicas, químicas de láminas que conforman un recubrimiento (Hernández-Medina et al., 2008). El almidón también presenta resistencia a la degradación enzimática, no tiene sabor y posee una alta viscosidad, características directamente atribuidas a su estructura.

Por último, se busca que los recubrimientos comestibles posean también propiedades antifúngicas, lo cual se puede lograr con la inclusión de extractos de origen vegetal que presentan actividad antimicrobiana, y que su procedencia no genere costos adicionales elevados, por lo cual las especies *Phytolacca americana* y *Artemisa vulgaris*, se convierten en una buena opción, al evidenciar en estudios realizados por Tipaz et al., (2020), en donde se observa la presencia de fitoquímicos tales como flavonoides, saponinas, cumarinas y taninos en los extractos etanólicos.

Debido a todo lo expuesto, en este trabajo de investigación se propuso obtener una formulación que pueda ser utilizada como recubrimiento comestible a partir de almidón procedente de residuos agrícolas de papa cultivada en el municipio de Túquerres, departamento de Nariño. Para esto se evaluaron diferentes concentraciones de almidón (1, 3 y 5%), se determinó la más adecuada y posteriormente se adicionaron a la formulación, extractos acuosos de *Phytolacca americana* y *Artemisa vulgaris* y luego se evaluaron las características fisicoquímicas de las fresas con y sin aplicación de este recubrimiento comestible.

Metodología

La papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para obtención de almidón y fibra, fue variedad Diacol Capiro, cultivada en el municipio de Túquerres Nariño, temperatura promedio 11°C, humedad relativa de 63% y altitud de 3104 m.s.n.m. Esta fue acondicionada y almacenada en el ambiente de agroindustria y biotecnología de la Tecnoacademia SENA Túquerres.

Extracción de almidón de papa.

Para iniciar, los tubérculos fueron lavados, posteriormente se les retiró la cáscara y se partieron en trozos de 2x2 cm y se licuaron durante 50 segundos. Cuando la mezcla se encontró homogénea se filtró para separar la fibra del almidón, seguidamente se decantó, se le dejó en reposo aproximadamente 2 horas hasta que el agua de la parte superior del recipiente estuviera lo menos turbia posible. Se retiró el exceso para obtener el almidón y finalmente tanto el almidón como la fibra fueron llevados a un horno con temperatura de 35°C durante 8 horas, hasta retirar la mayor parte de humedad.

Terminado el proceso de deshidratación, se llevó la fibra y el almidón deshidratados a un molino hasta obtener partículas de tamaño semejante a una harina. Para terminar, la harina obtenida se depositó en un recipiente plástico de sello hermético y se almacenó a temperatura ambiente de 20 a 24°C y HR de 60 a 70%, hasta su posterior uso.

Obtención de extractos de *Phytolacca americana* y *Artemisa vulgaris*

Las especies *Phytolacca americana* y *Artemisa vulgaris* se recolectaron como muestras representativas de la siguiente manera: hojas = 500 g, frutos = 1000 g y corteza = 500 g de cada una de las especies. Este material se sometió a los tratamientos previamente descritos de extracción, deshidratación al 10%, y molienda. Posteriormente, se pesaron 70 g de muestra y se llevó a un balón de destilación junto con 400 mL de agua, el cual se colocó sobre la plancha de calentamiento a una temperatura de 80°C iniciando el proceso de destilación recolectando los extractos de cada especie, los cuales se depositaron en un recipiente de vidrio con tapa y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su posterior uso.

Elaboración de recubrimientos comestibles.

Una vez se obtuvo el almidón, se procedió a la elaboración del recubrimiento comestible, con la técnica de gelatinización, donde las variaciones de adición de almidón fueron 1, 3 y 5% p/v (gr de almidón por 100 ml de agua destilada), 0.1% de ácido acético glacial, 25% glicerina p/p (g de glicerina /100 g de almidón seco) y 0,5% de extractos esenciales de *Phytolacca americana* ó *Artemisia vulgaris*. El procedimiento usado fue el descrito por (Otálora et al., 2018) y está representado en la figura 1.

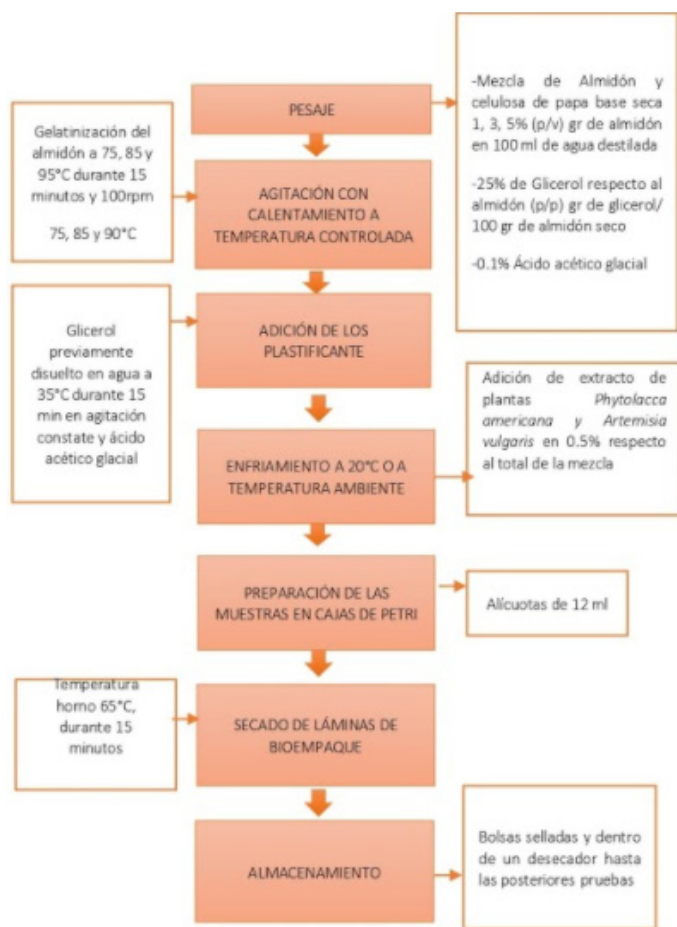


Figura 1. Diagrama de procedimiento experimental

Aplicación del recubrimiento

Se seleccionaron fresas (*Fragaria*) variedad Albión, cultivadas en Túquerres Nariño. Se acondicionó la fruta y se aplicó el recubrimiento por medio de aspersión, dejándola escurrir durante un minuto. Finalmente, se secó a temperatura ambiente hasta su compactación. El almacenamiento se realizó durante 8 días en bandejas de plástico, a una temperatura ambiente de 18°C, con una humedad relativa del 75%. Durante este periodo se determinó la pérdida de peso por gravimetría tomando el peso inicial (W_i) y final (W_f) de la fruta y los resultados se expresaron

como porcentaje de pérdida de peso (% WL) por medio de la ecuación. (1) (Cortés Rodríguez et al., 2020)

$$\%WL = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100 \quad (1)$$

Los análisis fisicoquímicos como pH y % acidez se realizaron de acuerdo con la norma NTC 4592 (Icontec, 1999a) y NTC 4623 (Icontec, 1999 b) respectivamente. La muestra se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N, la acidez se expresó en porcentaje tomando como ácido predominante ácido cítrico y los sólidos solubles totales se determinaron siguiendo el método AOAC 932.12 de 1995, tomando muestras cada 2 días y observando si había presencia de contaminación microbiológica por presencia de hongos.

Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza y test de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0,05$), utilizando el programa estadístico Minitab 17.

Resultados

Los recubrimientos comestibles con diferentes niveles de adición de almidón (1, 3 y 5%) se muestran en la figura 2, donde se puede observar que los tres recubrimientos son transparentes debido al carácter hidrofílico de almidón de papa, lo que favorece la retención de agua en su estructura permitiendo el paso de la luz (Niño Otálora et al., 2018), característica importante en empaques para alimentos, ya que no se alteran los colores propios de la fruta (Fernández Gamboa, 2019).

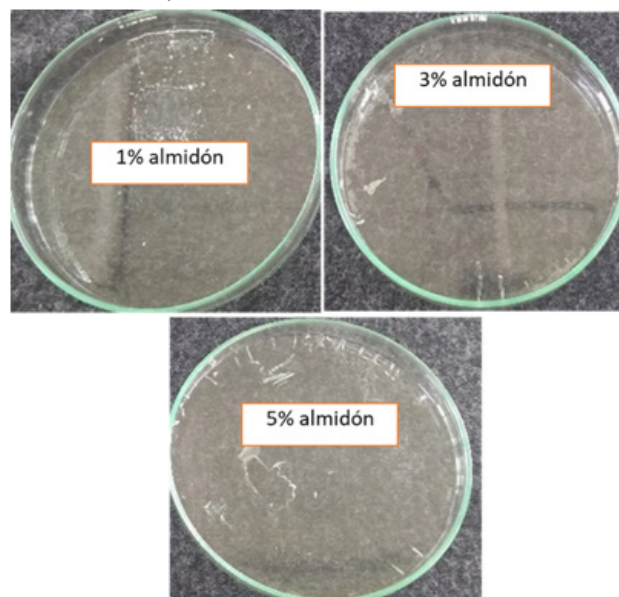


Figura 2. Apariencia física de las películas obtenidas con diferentes porcentajes de almidón

Respecto a la apariencia física y facilidad para desmoldar las películas formadas, se observó, que la que contiene 5% de almidón presentó una apariencia más acorde a una envoltura delgada semitransparente que puede recubrir una fruta para ser consumida con facilidad y en cuanto a la tasa de biodegradabilidad de las mezclas se observó que mejora cuando las formulaciones tienen mayor contenido de almidón, como lo afirma Soykeabkaew et al., (2015). El recubrimiento comestible con mayor adición de almidón presenta una mejor estructura, debido a que el almidón según lo asegurado por Agreda Viviano, (2018), está compuesto por una mezcla de polímeros de α - glucosa – amilosa lineal y amilopectina, la cual es ramificada aproximadamente entre 200 y 20000 unidades de glucosa que forman una molécula de amilosa que genera una estructura semirrígida. Además, dicha amilopectina en mayor proporción aporta mayor cristalinidad a las películas de almidón (Enríquez et al., 2012). Sin embargo, el almidón hace que el recubrimiento sea frágil y sensible ante el agua (Soykeabkaew et al., 2015), por lo que la inclusión de glicerol, permitió obtener una textura más flexible al recubrimiento, promoviendo una mejor elasticidad de la película y también aumentando su carácter hidrófobo (Fernández Gamboa, 2019, Pavinatto et al., 2020).

La tabla 1. Presenta las formulaciones con adición de extractos acuosos de *Phytolacca americana* Y *Artemisa vulgaris*, con las que fueron recubiertas las fresas.

Tabla 1. Formulaciones para elaborar recubrimiento

Tratamiento control (TC)	Tratamiento (RCPA)	Tratamiento (RCAV)
Sin recubrimiento	5% de almidón de papa	5% de almidón de papa
	0.1% Ácido acético	0.1% Ácido acético
	25% glicerina	25% glicerina
	0.5% extractos acuosos de <i>Phytolacca americana</i>	0.5% extractos acuosos de <i>Artemisa vulgaris</i>

RCPA: recubrimiento comestible con adición de extracto de *Phytolacca americana*, RCAV: recubrimiento comestible con adición de extracto de *Artemisa vulgaris*

Pérdida de peso.

A los datos obtenidos durante los días de evaluación se les realizó un tratamiento estadístico que indicó que existen diferencias significativas en la pérdida de peso para los tres tratamientos. La figura 3 muestra que la tendencia es exponencial en todos los casos. Sin embargo, en los frutos con recubrimientos (RCPA) y (RCAV), se observó un efecto positivo, disminuyendo el porcentaje de pérdida de peso comparado con las fresas patrón.

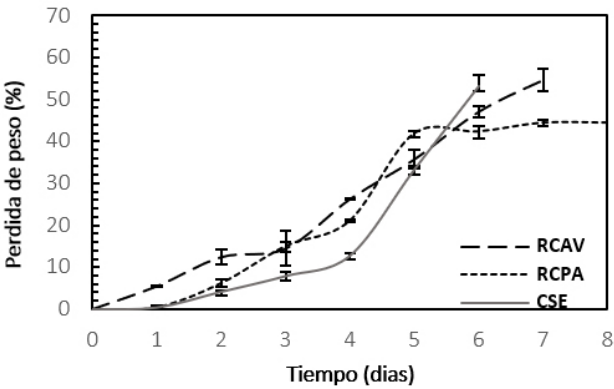


Figura 3. Evolución del porcentaje en la pérdida de peso en fresa sin recubrir (TC), en fresa recubierta con tratamiento (RCPA), en fresa con tratamiento (RCAV), en fresa almacenada durante 8 días a temperatura ambiente.

La mayor pérdida de peso se observó para el ensayo de control (53.01 %), el cual solo pudo llegar al día 6 por aparición de hongo, lo cual evidencia que los recubrimientos cumplen una función protectora evitando la pérdida de agua y de sustancias volátiles (Oñate, 2018), lo cual se explica por los procesos fisiológicos de transpiración que ocurren durante el almacenamiento de los frutos a temperatura ambiente. (Saavedra & Algecira, 2010).

Por otra parte, en cuanto a la adición de extractos acuosos de plantas, se evidenció un efecto benéfico en aquellos frutos recubiertos con películas comestibles que en su formulación incluyen extractos de la especie de *Phytolacca americana*, prolongando un buen aspecto físico por un y dos días más, a comparación con los tratamientos (TC) y (RCAV) respectivamente, los cuales presentaron daños microbiológicos por el hongo *Botritus cinerea* (moho gris), como se puede

observar en la figura 4. Los resultados muestran que la especie *Phytolacca americana* presentan actividad antibacteriana, la cual es reportada por Tipaz et al., (2020), donde menciona que la acción antimicrobiana de las hojas de *P. americana* se debe posiblemente a la superficie hidrofóbica de estas y a la membrana plasmática que contiene la bicapa lipídica, con proteínas antimicrobianas que también se encuentran en la semilla y raíz de la planta.

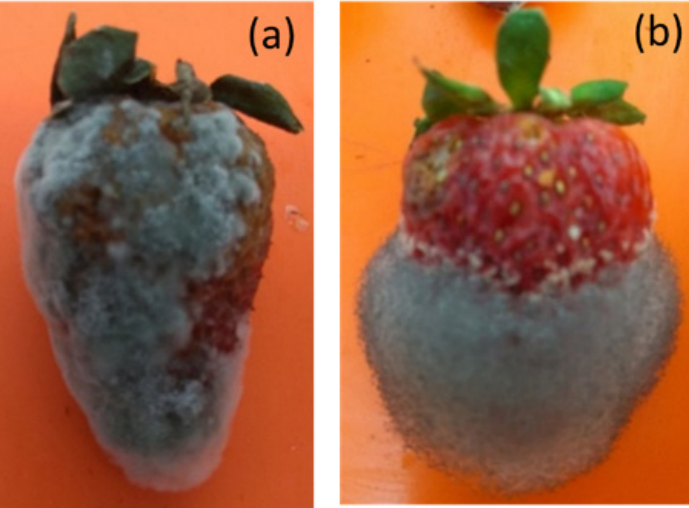


Figura 4. Aspecto físico debido a la actividad antibacteriana bajo tratamiento (a) TC y (b) RCAV respectivamente

Análisis químicos.

En la Tabla 2, se observa que al inicio del tratamiento tiene valores del pH $3,693 \pm 3,70$, $3,633 \pm 0,058$ y $3,693 \pm 0,021$ para RCAL, RCAT y TC, respectivamente, tuvo una ligera variación con tendencia a la disminución $3,297 \pm 0,045$, $3,463 \pm 0,047$ y $3,297 \pm 0,045$ al final del almacenamiento, efecto que coincide con estudios de recubrimientos a base de quitosano y cera de abeja en fresas, donde al día 0 presentaron % de acidez de 4,4, y a día 7 se disminuye hasta 3.7% de acidez (Velickova et al., 2013). Sin embargo, Beltrán (2010) expone que el pH es uno de los parámetros que no presenta mucha variación con el tiempo durante el almacenamiento de la fresa incluso al

cambio de temperatura y a los procesos fisiológicos como transpiración.

En cuanto al porcentaje de acidez titulable, todos los tratamientos incrementaron su valor durante el periodo de almacenamiento y la prueba de Tukey mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamiento ($P < 0,05$), desde $5,023 \pm 0,687\%$ a, $5,77 \pm 0,026\%$ a y $5,993 \pm 0,368\%$ a para RCAL, RCAT y TC respectivamente al inicio hasta valores entre $8,87 \pm 0,108\%$ b, $8,063 \pm 0,212\%$ c y $12,257 \pm 0,471\%$ a al final (día 8), lo que nos muestra que el tratamiento control superó el valor de acidez entre 19 y 20% más, que los tratamientos (RCPA) y (RCAV), datos que coinciden con estudios realizados por Ventura et al. (2018) para fresas recubiertas con quitosano y extractos naturales como canela. Además, según Cortés Rodríguez et al., (2020), la acidez titulable determina los cambios de los ácidos orgánicos en la fresa, entre estos se encuentran el málico, succínico, ascórbico y cítrico, siendo este último el predominante, ya que la fresa para su comercialización debe tener un máximo de acidez titulable entre 0,8 y 1,2 % ácido cítrico/100 g de fruta.

Por último, los sólidos solubles totales (SST) muestran un incremento para todos los tratamientos durante el periodo de almacenamiento desde 7,2 °Brix al inicio del ensayo, hasta valores entre 10.33 y 10.73 °Brix en el día 8 para TC y RCPA respectivamente. El incremento de los SST se puede presentar debido a la transformación de los ácidos orgánicos en azúcares, que da un dulzor típico de las frutas maduras Guamushig (2017) (Figueroa & Salcedo, 2013) y además, la degradación de los carbohidratos y la síntesis de azúcar, se aceleran a temperaturas cercanas a 20°C o se retrasan a 5°C (Ventura-Aguilar et al., 2018), como es el caso del presente estudio donde los frutos fueron almacenados a temperatura ambiente entre 15 a 20°C.

Fresas recubiertas con tipo tratamiento	pH		Acidez titulable (%)		Solidos solubles totales (°Brix)	
	Dia 0	Dia 7	Dia 0	Dia 7	Dia 0	Dia 7
Recubrimiento comestible con extracto de altamisa (RCPA)	$3,693 \pm 3,70$ a	$3,297 \pm 0,045$ b	$5,023 \pm 0,687$ a	$8,87 \pm 0,108$ b	$7,2 \pm 0,06$ b	$10,733 \pm 0,462$ a

Recubrimiento comestible con extracto de atusara (RCAV)	3,633±0,058a	3,463±0,047a	5,77±0,026a	8,063±0,212c	8,0±0,10 a	8,733±0,379b
Control sin recubrimiento	3,693±0,021a	3,297±0,045b	5,993±0,368 a	12,257±0,471 a	7,2±0,20b	10,333±0,577 a

Tabla 2. Diferentes letras minúsculas de superíndice (dentro de cada fila) muestran diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P < 0,05$)

Conclusiones

El uso del almidón de residuos de papa, como fuente biodegradable para el diseño de recubrimientos comestibles, resultó de gran utilidad al aportar una textura similar a una película delgada con un color semitransparente adecuado para uso en frutas. Se observó que a mayor cantidad de almidón dentro de la formulación el recubrimiento presenta mejores características mecánicas, las cuales pudimos observar solo visualmente, por tanto, se hace necesario realizar un estudio posterior de las propiedades mecánicas de los recubrimientos comestibles y su efecto en incremento del porcentaje de almidón.

En cuanto a la adición de extractos acuosos de plantas, la *Phytolacca americana* evidenció efecto antimicrobiano, al retardar la aparición de hongo en los frutos, sin embargo, se requiere investigar el efecto antimicrobiano que posee y hacer uso de esta especie que no genera mayores costos a la formulación, ya que es conocido culturalmente como una maleza en la zona sur de Nariño.

Referencias

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Ed., Association of Official Analytical Chemists. Virginia, ISBN 0-935584-54-4.

Agreda Viviano, W. E. (2018). Mejoramiento de las propiedades Microestructurales, Físicas y mecánicas de Matrices poliméricas. 35.

Cortés Rodríguez, M., Villegas Yépez, C., Gil González, J. H., & Ortega-Toro, R. (2020). Effect of a multifunctional edible coating based on cassava starch on the shelf life of Andean blackberry. *Heliyon*, 6(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03974>

Enríquez C., M., Velasco M., R., & Fernandez Q., A. (2013). Caracterización De Almidones De Yuca Nativos Y Modificados Para La Elaboración De Empaques Biodegradables. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(spe), 21–30.

Fernández Gamboa, A. A. (2019). Identificación de nuevas tecnologías de empaques biodegradables en la industria de

alimentos con mayor potencial de desarrollo en Colombia. Fundación Universidad de América, February, 1–9. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.11839/7252>

Figueroa, J. A., & Salcedo, J. G. (2013). Effect of Edible Coatings Based on Native and Oxidized Cassava Starch on Quality of Mango (Tommy Atkins). *Temas Agrarios*, 18(2), 94–105.

Guamushig Tarco Mayra Alexandra. (2017). Evaluación del efecto de un recubrimiento con quitosano sobre la calidad postcosecha de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) (Universidad).

Hajji, S., Younes, I., Affes, S., Boufi, S., & Nasri, M. (2018). Optimization of the formulation of chitosan edible coatings supplemented with carotenoproteins and their use for extending strawberries postharvest life. *Food Hydrocolloids*, 83, 375–392. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.05.013>

Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización físicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 28(3), 718–726.

ICONTEC. NTC 4592.(1999) Productos, frutas y verduras determinación del pH.

ICONTEC. NTC 4623.(1999) Productos, frutas y verduras determinación de la acidez titulable. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612008000300031>

Mario Enríquez C., Reinaldo Velasco M., V. O. G. (2012). Composición Y Procesamiento De Películas Biodegradables Basadas En Almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 182–192.

Niño Otálora, L. J., García Torres, A. M., Medina Vargas, O. J., & Rojas Morales, C. I. (2018). Biopelículas fotoactivas: material de empaque en alimentos sensibles a la oxidación. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 457–466. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1080>

Oñate, L. E. Z. (2018). Desarrollo de un recubrimiento comestible para fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) en base a almidón de papa china. 1–72. http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1918/1/BQ_29.pdf

Pavinatto, A., de Almeida Mattos, A. V., Malpass, A. C. G., Okura, M. H., Balogh, D. T., & Sanfelice, R. C. (2020). Coating with chitosan-based edible films for mechanical/

biological protection of strawberries. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151, 1004–1011. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.076>

RESTREPO F, J. I., & ARISTIZÁBAL T, I. D. (2010). Conservación de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa)) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba. *Vitae* (Medellín), 17(3), 252–263.

Saavedra H. Nataly, & Algecira E. Nestor. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Nova*, 8(14), 171–182.

<http://www.unicolmayor.edu.co/publicaciones/index.php/nova/article/view/159/317>

Soykeabkaew, N., Thanomsilp, C., & Suwantong, O. (2015). A review: Starch-based composite foams. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 78, 246–263. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.014>

Tipaz-tipaz, E., Restrepo-burgos, C., Solarte-niquinas, P., & Mena-guerrero, N. (2020). Caracterización fitoquímica de

las hojas de *Phytolacca americana* y determinación de su potencial antifúngico. 84(1), 18–34.

Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V. D., & 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(2), 80–92.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.004>

Ventura-Aguilar, R. I., Bautista-Baños, S., Flores-García, G., & Zavaleta-Avejar, L. (2018). Impact of chitosan based edible coatings functionalized with natural compounds on *Colletotrichum fragariae* development and the quality of strawberries. *Food Chemistry*, 262(December 2017), 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.063>

Yan, J., Luo, Z., Ban, Z., Lu, H., Li, D., Yang, D., Aghdam, M. S., & Li, L. (2019). The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 147(May 2018), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.09.002>