



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**Efecto de recubrimiento de almidón de banano acetilado y aceite esencial de romero en parámetros de conservación de tomate Cherry.**

**VERGARA ESPINOZA KEVIN ALEXANDER  
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**MEJIA VERDUGA MELINA NARYELY  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**Efecto de recubrimiento de almidón de banano acetilado y aceite  
esencial de romero en parámetros de conservación de tomate  
Cherry.**

**VERGARA ESPINOZA KEVIN ALEXANDER  
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**MEJIA VERDUGA MELINA NARYELY  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Efecto de recubrimiento de almidón de banano acetilado y aceite esencial de romero en parámetros de conservación de tomate Cherry.**

**VERGARA ESPINOZA KEVIN ALEXANDER  
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**MEJIA VERDUGA MELINA NARYELY  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**CEDEÑO SARES LUIS ALBERTO**

**MACHALA  
2023**

# EFECTO DE RECUBRIMIENTO DE ALMIDÓN DE BANANO ACETILADO Y ACEITE ESENCIAL DE ROMERO EN PARÁMETROS DE CONSERVACIÓN DE TOMATE CHERRY.

*por* Mejía Verduga Melina Naryely Vergara Espinoza Kevin Alexander

---

**Fecha de entrega:** 05-mar-2024 04:43p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2312684061

**Nombre del archivo:** tesis\_desde\_resumen\_1\_.pdf (2.21M)

**Total de palabras:** 19787

**Total de caracteres:** 105630

# EFFECTO DE RECUBRIMIENTO DE ALMIDÓN DE BANANO ACETILADO Y ACEITE ESENCIAL DE ROMERO EN PARÁMETROS DE CONSERVACIÓN DE TOMATE CHERRY.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |  |      |
|---|--|------|
| 1 | <a href="http://erp.untumbes.edu.pe">erp.untumbes.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                 | <1 % |
| 2 | Submitted to Universidad del Rosario<br>Trabajo del estudiante                                     | <1 % |
| 3 | <a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a><br>Fuente de Internet               | <1 % |
| 4 | <a href="http://repositorio.unicach.mx">repositorio.unicach.mx</a><br>Fuente de Internet           | <1 % |
| 5 | Submitted to Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente<br>Trabajo del estudiante | <1 % |
| 6 | <a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a><br>Fuente de Internet                     | <1 % |
| 7 | <a href="http://repositorio.ecci.edu.co">repositorio.ecci.edu.co</a><br>Fuente de Internet         | <1 % |
| 8 | <a href="http://agrocienza-colpos.mx">agrocienza-colpos.mx</a><br>Fuente de Internet               | <1 % |

|    |   |      |
|----|---|------|
| 9  | <a href="http://colposdigital.colpos.mx:8080">colposdigital.colpos.mx:8080</a><br>Fuente de Internet      | <1 % |
| 10 | Submitted to ipn<br>Trabajo del estudiante  | <1 % |
| 11 | Submitted to Colegio Delta<br>Trabajo del estudiante  | <1 % |
| 12 | Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota<br>Trabajo del estudiante                             | <1 % |
| 13 | Submitted to Universidad San Francisco de Quito<br>Trabajo del estudiante                                 | <1 % |
| 14 | Submitted to Pontificia Universidad Catolica de Chile<br>Trabajo del estudiante                           | <1 % |
| 15 | <a href="http://fdocuments.net">fdocuments.net</a><br>Fuente de Internet                                  | <1 % |
| 16 | <a href="http://www.poscosecha.com">www.poscosecha.com</a><br>Fuente de Internet                          | <1 % |
| 17 | <a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                  | <1 % |
| 18 | Submitted to ITESM: Instituto Tecnologico y de Estudios Superiores de Monterrey<br>Trabajo del estudiante | <1 % |

|    |  |      |
|----|--|------|
| 19 | Submitted to Universidad Anahuac México Sur<br>Trabajo del estudiante  | <1 % |
| 20 | infoagro.com<br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 21 | prezi.com<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 22 | Rosana Moriana Torró. "Desarrollo y caracterización de biocomposites enfibrados procedentes de recursos renovables. Estudio de su degradación en tierra", Universitat Politecnica de Valencia, 2010<br>Publicación | <1 % |
| 23 | dspace.unach.edu.ec<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 24 | Submitted to Universidad Nacional de Colombia<br>Trabajo del estudiante  | <1 % |
| 25 | dspace.ueb.edu.ec<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 26 | repositorio.usfq.edu.ec<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 27 | www.atenaeditora.com.br<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 28 | cia.uagraria.edu.ec<br>Fuente de Internet  | <1 % |

<1 %

29

[repositorio.uleam.edu.ec](https://repositorio.uleam.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

30

Submitted to Mondragon Unibertsitatea

Trabajo del estudiante

<1 %

31

Submitted to UNIVERSIDAD DE COLIMA

Trabajo del estudiante

<1 %

32

Submitted to Universidad de Málaga - Tii

Trabajo del estudiante

<1 %

33

Submitted to COPECE

Trabajo del estudiante

<1 %

34

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE

Trabajo del estudiante

<1 %

35

Rajeev Bhat. "Impact of Radiation Processing on Starch", Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 04/2009

Publicación

<1 %

36

[biblioteca.usac.edu.gt](https://biblioteca.usac.edu.gt)

Fuente de Internet

<1 %

37

[issuu.com](https://issuu.com)

Fuente de Internet

<1 %

38

[repositorio.uaaan.mx:8080](https://repositorio.uaaan.mx:8080)

Fuente de Internet

<1 %

|    |  |      |
|----|--|------|
| 39 | <a href="http://www.frontiersin.org">www.frontiersin.org</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 40 | <a href="http://academica-e.unavarra.es">academica-e.unavarra.es</a><br>Fuente de Internet                                   | <1 % |
| 41 | <a href="http://erevistas.saber.ula.ve">erevistas.saber.ula.ve</a><br>Fuente de Internet                                     | <1 % |
| 42 | <a href="http://prevencion-causasdediabetes.blogspot.com">prevencion-causasdediabetes.blogspot.com</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 43 | <a href="http://revistas.rcaap.pt">revistas.rcaap.pt</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 44 | <a href="http://riaa-tecno.unca.edu.ar">riaa-tecno.unca.edu.ar</a><br>Fuente de Internet                                     | <1 % |
| 45 | <a href="http://riunet.upv.es">riunet.upv.es</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 46 | <a href="http://transl8it.com">transl8it.com</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 47 | <a href="http://www.eficienciaambiental.com">www.eficienciaambiental.com</a><br>Fuente de Internet                           | <1 % |
| 48 | <a href="http://www.mbtzapatosprecios.biz">www.mbtzapatosprecios.biz</a><br>Fuente de Internet                               | <1 % |
| 49 | <a href="http://dspace.uazuay.edu.ec">dspace.uazuay.edu.ec</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 50 | <a href="http://dspace.ucacue.edu.ec">dspace.ucacue.edu.ec</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |

|    |  |      |
|----|--|------|
| 51 | <a href="http://es.wenicetile.com">es.wenicetile.com</a><br>Fuente de Internet                     | <1 % |
| 52 | <a href="http://helvia.uco.es">helvia.uco.es</a><br>Fuente de Internet                             | <1 % |
| 53 | <a href="http://jjournals.ju.edu.jo">jjournals.ju.edu.jo</a><br>Fuente de Internet                 | <1 % |
| 54 | <a href="http://repositorio.autonoma.edu.co">repositorio.autonoma.edu.co</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 55 | <a href="http://repositorio.ucam.edu">repositorio.ucam.edu</a><br>Fuente de Internet               | <1 % |
| 56 | <a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a><br>Fuente de Internet             | <1 % |
| 57 | <a href="http://repositorio.unan.edu.ni">repositorio.unan.edu.ni</a><br>Fuente de Internet         | <1 % |
| 58 | <a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a><br>Fuente de Internet     | <1 % |
| 59 | <a href="http://repositorio.usil.edu.pe">repositorio.usil.edu.pe</a><br>Fuente de Internet         | <1 % |
| 60 | <a href="http://repositorio.uteq.edu.ec">repositorio.uteq.edu.ec</a><br>Fuente de Internet         | <1 % |
| 61 | <a href="http://sedici.unlp.edu.ar">sedici.unlp.edu.ar</a><br>Fuente de Internet                   | <1 % |
| 62 | <a href="http://uaeh.redalyc.org">uaeh.redalyc.org</a><br>Fuente de Internet                       | <1 % |

63

[uvadoc.uva.es](http://uvadoc.uva.es)

Fuente de Internet

&lt;1 %

64

[www.fcn.unp.edu.ar](http://www.fcn.unp.edu.ar)

Fuente de Internet

&lt;1 %

65

[www.jabonariumshop.com](http://www.jabonariumshop.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

66

[www.sogvzla.org](http://www.sogvzla.org)

Fuente de Internet

&lt;1 %

67

[www.tandfonline.com](http://www.tandfonline.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

68

[www.zacatepec.tecnm.mx](http://www.zacatepec.tecnm.mx)

Fuente de Internet

&lt;1 %

69

Ángel Agüero Rodríguez. "Desarrollo y caracterización de materiales sostenibles con subproductos de la industria del lino para aplicaciones de envasado bajo el marco de la Economía Circular.", Universitat Politecnica de Valencia, 2020

Publicación

&lt;1 %

70

"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 37 (2021) (VOLUME II)", Brill, 2023

Publicación

&lt;1 %

71

Dora Alejandra Castillo Silva, Katterine Salazar Anacona, Silvio Andrés Mosquera Sánchez,

&lt;1 %

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

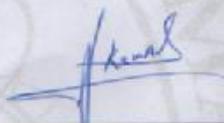
Los que suscriben, VERGARA ESPINOZA KEVIN ALEXANDER y MEJIA VERDUGA MELINA NARYELY, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de recubrimiento de almidón de banano acetilado y aceite esencial de romero en parámetros de conservación de tomate Cherry., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

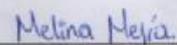
Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



VERGARA ESPINOZA KEVIN ALEXANDER

0704797984



MEJIA VERDUGA MELINA NARYELY

0706064847

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este documento a Dios, a nuestra familia, especialmente a nuestros padres, y a nuestra mascota, quienes han sido nuestra luz y guía. Agradecemos su constante apoyo y confianza en nosotros, gracias por hacernos saber que siempre estarán presentes en nuestro camino. Este logro no sería posible sin su amor incondicional. Expresamos nuestra gratitud a todos los docentes que nos han acompañado en este trayecto, desde el preuniversitario hasta el día de hoy. Su dedicación y enseñanzas han sido fundamentales en nuestra formación como ingenieros. Este trabajo de titulación es también un tributo a nuestro esfuerzo y perseverancia, superando obstáculos y desafíos. Recordamos cada noche de estudio intenso y preocupación ante las fechas límite, así como los largos días en el laboratorio realizando análisis exhaustivos, valoramos el tiempo dedicado a la redacción del trabajo de titulación y nos enorgullece nuestra capacidad de decir "sí puedo" y alcanzar nuestras metas.

**Melina Mejía**  
**Alexander Vergara**

## **AGRADECIMIENTOS**

En este día en el que culmino una etapa significativa de mi vida, expreso mi profundo agradecimiento a Dios, cuya guía ha sido fundamental para mi perseverancia. Agradezco a mis padres, VITALIA LOURDES VERDUGA CUSME y DIOME ORLEY MEJÍA PAZMIÑO, por su constante apoyo y confianza inquebrantable en cada paso de mi camino. Su respaldo incondicional ha sido mi mayor fortaleza. A mis hermanos les agradezco por sus mensajes alentadores que siempre han sido un bálsamo en momentos difíciles. A Alexander Vergara, mi apoyo constante, le reconozco su presencia inquebrantable, sus palabras de aliento y su confianza en mí. Agradezco a mis amigos y colegas, Luis, Diego, Jory, Eliceth y Joao, por escucharme y brindarme su apoyo durante todo el proceso. Agradezco a mis compañeras egresadas Maydee y Nicol por sus consejos valiosos en la elaboración de esta tesis. A mis amigos externos (Brigitte R, Bryan Q, Bryan A, Darwin P) les agradezco su amistad y respaldo. Al Ing. Luis Cedeño, nuestro tutor, le agradezco por compartir su experiencia con paciencia y sabiduría. A los ingenieros Fabián C, Sandra C, Gabriela J, Joaquín S, Omar M, Erik V, Wilson C y Humberto A les reconozco su disposición para resolver nuestras dudas. A todos les agradezco por contribuir a mi formación profesional y por enseñarme lecciones valiosas sobre la vida y la superación personal. Hoy me despido como estudiante para dar paso a una nueva etapa como Ingeniera con gratitud en el corazón.

**Melina Mejía**

Le agradezco a Dios por darle las fuerzas y energía a mi padre Roberto Carlos Honorio Vergara Muñoz, quien me ha brindado su apoyo incondicional animándome desde el principio hasta el final de la carrera. A mi madre Amanda Nory Espinoza Alvear, por apoyarme las veces que necesitaba alguien y preocuparse por mi bienestar. Le doy las gracias a Dios por mi compañera de trabajo de titulación Melina Mejía por el arduo esfuerzo y dedicación a lo largo de la carrera. A mi mascota y todos mis compañeros de carrera, en especial a Luis, Diego, Eliceth, Jory y Joao, siempre dispuestos a brindarnos su apoyo en cualquier actividad o necesidad. A todos los ingenieros principalmente Fabián C, Sandra C, Gabriela J, Joaquín S, Omar M, Erik V, Humberto A y Wilson C, que impartieron sus conocimientos y amistad conmigo en el transcurso de la carrera. A nuestro tutor el Ing. Luis Cedeño, por darnos su apoyo y estar presente en el proceso analítico y escrito de la tesis, disipando toda duda presente.

**Alexander Vergara**

## RESUMEN

En este estudio se desarrolló un recubrimiento utilizando almidón acetilado de banano variedad *Cavendish* y aceite esencial de romero (*Salvia rosmarinus*) para investigar su impacto en los parámetros de conservación del tomate Cherry (*Solanum lycopersicum*). Se aplicó el método húmedo para extraer el almidón con un rendimiento de  $31,12 \pm 0,48\%$ , seguido de una modificación química por acetilación. Luego se estudiaron los cambios de sus propiedades físicas como Poder de Hinchamiento, Índice de Absorción de Agua, Índice de Solubilidad de agua, Capacidad de Absorción de aceite y sinéresis a diferentes temperaturas y densidad aparente, también se evaluaron asimismo la composición químicas de los almidones modificados por acetilación (%Hidratos de Carbono, % Proteína, % Grasas, % Humedad, % Cenizas y % Fibra), se seleccionó el almidón de alto grado de sustitución con la finalidad de obtener diferentes soluciones formadoras de recubrimientos en base a un diseño experimental  $2^2$ , de la cual se recubrieron los tomates *cherry* que se colocaron a  $(2 - 4 \text{ }^\circ\text{C})$  y 40 % humedad relativa durante 8 días; se evidenció que en la modificación del almidón que al incrementar el volumen de agente modificante (anhidrido acético), se identificaron cambios significativos (0,0025 GS), ( $p \leq 0,05$ ). Asimismo, surgieron cambios en sus propiedades funcionales; como el aumento del poder de Hinchamiento, Índice de Solubilidad de agua, Índice de Absorción de agua, Capacidad de retención de Aceite en función al incremento de temperatura (50, 60, 70, 80 y 90  $^\circ\text{C}$ ), mientras que la sinéresis disminuye al estar almacenada durante 21 días a temperaturas de refrigeración ( $0 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Con respecto a la composición química de los almidones modificados, hubo cambios en % Carbohidratos, % Proteínas, % Humedad y % Cenizas ( $p \leq 0,05$ ), mientras que % Grasa y % Fibra ( $p \geq 0,05$ ), no hubo cambios significativos. Se analizó la densidad aparente evidenciándose una tendencia a la disminución ( $p \leq 0,05$ ). Por otro lado, se evidenció que, en las diferentes soluciones formadoras de recubrimiento, en todos los casos de estudio el % AE de Romero y la interacción con él % SORBITOL causan efectos significativos en las variables estudiadas el tratamiento ( $p \leq 0,05$ ). Observándose que ambos componentes provocan una disminución en SST, %PP, %IM y pH, pero situación contraria en la Ac. T; los modelos de ajuste son ( $\text{SST} = 3,88 + 0,323333*\% \text{SORBITOL} + 2,033333*\% \text{AE} - 0,833333*\text{SORBITOL}*\text{AE}$ ) con  $R^2: 98,0488$  y  $R^2$  ajustado 96,4228;  $\% \text{PP} = 2,78667 + 0,77*\% \text{SORBITOL} + 3,26667*\text{AE} - 1,9*\text{SORBITOL}*\text{AE}$ ) ( $R^2 96,4082$  y  $R^2$  ajustado 93,415); ( $\% \text{Ac.T} = 0,589167 - 0,114167*\text{SORBITOL} - 0,591667*\text{AE} + 0,308333*\text{SORBITOL}*\text{AE}$ ) ( $R^2 98,7859$  y  $R^2$  ajustado 97,7741); ( $\text{pH} = 3,90583 + 0,259167*\text{SORBITOL} + 1,45833*\% \text{AE} - 0,641667*\text{SORBITOL}*\text{AE}$ ) ( $R^2 97,5688$  y  $R^2$  ajustado 95,5429) y ( $\% \text{IM} = 4,32417 + 4,2975*\% \text{SORBITOL} + 20,3917*\% \text{AE} - 10,8083*\text{SORBITOL}*\text{AE}$ ) ( $R^2 98,5381$  y  $R^2$  ajustado 97,3198); los valores óptimos que permiten minimizar las variables de SST, %PP, %IM, pH Y Ac. T se registran entre valores de 0,5% AE p/v y 5% SORBITOL p/v.

**Palabras clave:** Recubrimiento, almidón, acetilación, tomate, aceite esencial.

## ABSTRACT

The aim of this study was to develop a coating using acetylated starch from Cavendish banana and rosemary essential oil (*Salvia rosmarinus*) to investigate its impact on the preservation parameters of cherry tomato (*Solanum lycopersicum*). The wet method was applied to extract starch with a yield of  $31,12 \pm 0,47$  %, followed by chemical modification by acetylation. Then, the changes of their physical properties such as Swelling Power, Water Absorption Rate, Water Solubility Rate, Oil Absorption Capacity, and syneresis at different temperatures and bulk density were studied, and the chemical composition of the starches modified by acetylation were also evaluated (% Carbohydrates, % Protein, % Fats, % Fat, % Fatty Acids), Protein, Fat, Moisture, Ash, and Fiber. The starch with a high degree of substitution was selected in order to obtain different coating forming solutions based on an experimental design  $2^2$ , from which cherry tomatoes were coated and placed at (2 - 4°C) and 40% relative humidity for 8 days. It was evidenced that in the modification of starch that by increasing the volume of modifying agent (acetic anhydride), significant changes were identified (0.0025 GS), ( $p \leq 0,05$ ). Likewise, changes in their functional properties emerged; such as increase in Swelling power, Water Solubility Index, Water Absorption Index, Oil Retention Capacity as a function of temperature increase (50, 60, 70, 80 and 90°C), while syneresis decreases when stored for 21 days at refrigeration temperatures ( $0 \pm 2$  °C). Regarding the chemical composition of the modified starches, there were changes in % Carbohydrate, % Protein, % Moisture and % Ash ( $p \leq 0,05$ ), while % Fat and % Fiber ( $p \geq 0,05$ ), there were no significant changes. Bulk density was analyzed, showing a tendency to decrease ( $p \leq 0,05$ ). On the other hand, it was evidenced that, in the different coating forming solutions, in all the cases of study the % AE Rosemary and the interaction with it % SORBITOL cause significant effects in the variables studied the treatment ( $p \leq 0,05$ ). It is observed that both components cause a decrease in TSS, %PP, %IM, and pH, but the opposite situation in Ac. T; the fit models are ( $TSS = 3.88 + 0.323333*\%SORBITOL + 2.03333*\%AE - 0.833333*SORBITOL*AE$ ) with  $R^2$ : 98.0488 and adjusted  $R^2$  96.4228;  $\%PP = 2.78667 + 0.77*\%SORBITOL + 3.26667*AE - 1.9*SORBITOL*AE$  ( $R^2$  96.4082 and adjusted  $R^2$  93.415); ( $\%Ac. T = 0.589167 - 0.114167*SORBITOL - 0.591667*AE + 0.308333*SORBITOL*AE$ ) ( $R^2$  98.7859 and adjusted  $R^2$  97.7741); ( $pH = 3.90583 + 0.259167*SORBITOL + 1.45833*\%AE - 0.641667*SORBITOL*AE$ ) ( $R^2$  97.5688 and adjusted  $R^2$  95.5429) and ( $\%IM = 4.32417 + 4.2975*\%SORBITOL + 20.3917*\%AE - 10.8083*SORBITOL*AE$ ) ( $R^2$  98.5381 and adjusted  $R^2$  97.3198); the optimal values that allow minimizing the variables of TSS, %PP, %IM, pH and Ac. T are recorded between values of 0.5% AE w/v and 5% SORBITOL w/v.

**Keywords:** Coating, starch, acetylation, tomato, essential oil

## GLOSARIO

**AA:** Anhídrido Acético

**Ac. T:** Acidez Titulable

**AE:** Aceite Esencial de Romero

**CAA:** Capacidad de Absorción de Aceite

**PP:** Pérdida de Peso

**SST:** Sólido solubles Totales

**IM:** Índice de Madurez

**IAA:** Índice de Absorción de Agua

**ISA:** Índice de Solubilidad de Agua

**PI:** Poder de Hinchamiento

**p/v:** Peso/Volumen

**mL:** Mililitros

**min:** minutos

**GS:** Grado de Sustitución

**g:** gramos

**mg:** miligramos

**Var.:** variedad

**Ppm:** Partes por millón

**cm:** centímetros

**mm:** milímetros

**µm:** micrómetros

**PVA:** Permeabilidad al Vapor de Agua

## ÍNDICE GENERAL

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>JUSTIFICACIÓN</b> .....                                       | <b>13</b> |
| <b>CAPÍTULO I</b> .....  | <b>15</b> |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....                                       | <b>15</b> |
| <b>1.1. Banano</b> .....   | <b>15</b> |
| 1.1.1 Generalidades del Banano .....                             | 15        |
| 1.1.3 Composición nutricional .....                              | 15        |
| 1.1.4. Estado de maduración del Banano .....                     | 16        |
| <b>1.2. Almidón de banano</b> .....                              | <b>17</b> |
| 1.2.1. Generalidades del almidón .....                           | 17        |
| <i>1.2.1. Composición del Almidón</i> .....                      | 17        |
| 1.2.2 Morfología de almidón de banano.....                       | 18        |
| 1.2.3 Temperatura de gelatinización.....                         | 19        |
| <b>1.3 Propiedades funcionales del almidón</b> .....             | <b>20</b> |
| 1.3.1 Poder de hinchamiento (PI)(resuelto).....                  | 20        |
| 1.3.2 Gelatinización del almidón.....                            | 21        |
| 1.3.3 Índice de absorción de agua (IAA).....                     | 21        |
| 1.3.4 Índice de solubilidad de agua (ISA) .....                  | 22        |
| 1.3.5 Sinéresis .....  | 23        |
| 1.3.6 Capacidad de absorción de aceite.....                      | 24        |
| <b>1.4 Acetilación de almidón</b> .....                          | <b>24</b> |
| <b>1.5 Aceite esencial</b> .....                                 | <b>25</b> |
| 1.5.1 Aceite esencial de romero .....                            | 25        |
| <b>1.6 Sorbitol</b> .....  | <b>26</b> |
| 1.6.1 Propiedades fisicoquímicas del sorbitol .....              | 26        |
| <b>1.7 Recubrimientos</b> .....                                  | <b>27</b> |
| 1.7.1 Recubrimientos con almidones acetilados.....               | 27        |
| <b>1.8 TOMATE CHERRY</b> .....                                   | <b>28</b> |
| 1.8.1 Generalidades de tomate Cherry (Solanum lycopersicum)..... | 28        |
| 1.8.2 Escala de maduración del tomate Cherry .....               | 28        |
| 1.8.3 Taxonomía del tomate Cherry .....                          | 29        |
| 1.8.4 Composición química del tomate Cherry .....                | 29        |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....   | <b>30</b> |
| <b>METODOLOGÍA</b> .....   | <b>30</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>2.1 Aislamiento y modificación química del almidón de banano variedad Cavendish.</b>   | <b>30</b> |
| 2.1.1 Obtención de almidón nativo de banano .....   | 30        |
| 2.1.2. Modificación del almidón por acetilación .....   | 30        |
| 2.1.3. Determinación de grupos acetilo .....  | 30        |
| 2.1.4. Determinación del grado de sustitución (GS).....   | 31        |
| <b>2.2 Análisis Químico del almidón nativo y acetilado.....</b>   | <b>31</b> |
| 2.2.1 Determinación de Temperatura de Gelificación .....  | 31        |
| <b>2.3 Determinación de las propiedades funcionales del almidón.....</b>  | <b>31</b> |
| 2.3.1. <i>Determinación de propiedades funcionales del almidón nativo y modificado.</i> .....   | 31        |
| 2.3.2. Capacidad de Absorción de aceite (CAA) .....   | 32        |
| 2.3.3. Sinéresis .....  | 32        |
| <b>2.4 Determinación de la Densidad Aparente del almidón.....</b>   | <b>32</b> |
| 2.4.1. Determinación de la Densidad Aparente .....  | 32        |
| <b>2.5. Evaluación de soluciones formadoras de recubrimiento de almidón de banano acetilado y aceite esencial de Romero (<i>Salvia rosmarinus</i>). .....</b>                         | <b>33</b> |
| 2.5.1 Obtención de soluciones formadoras de recubrimiento .....   | 33        |
| 2.5.2 Desarrollo del Diseño Experimental.....   | 33        |
| <b>2.6 Tratamiento y aplicación de los recubrimientos en los Tomates Cherry .....</b>   | <b>34</b> |
| 2.6.1 Determinación de pérdida de peso en los tomates Cherry .....  | 34        |
| <b>2.7 Estudio de tomates Cherry recubiertos sometidos a refrigeración .....</b>  | <b>34</b> |
| 2.7.1 Determinación de Pérdida de Peso .....  | 34        |
| 2.7.2 Determinación de Sólidos Totales .....  | 34        |
| 2.7.3 Determinación de Acidez Titulable .....   | 35        |
| 2.7.4 Determinación de pH .....   | 35        |
| 2.7.5 Determinación de Índice de Madurez.....   | 35        |
| <b>CAPÍTULO III.....</b>  | <b>36</b> |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>   | <b>36</b> |
| <b>3.1 Rendimiento de almidón extraído.....</b>   | <b>36</b> |
| <b>3.2 Efecto de la modificación por acetilación en las propiedades químicas del almidón .....</b>  | <b>36</b> |
| 3.2.1 Valoración de grupos acetilos y grados de sustitución.....  | 36        |
| <b>3.3 Análisis proximal a distintos volúmenes de Anhídrido acético (AA).....</b>   | <b>37</b> |
| <b>3.4 Propiedades Funcionales del almidón nativo y modificado .....</b>  | <b>39</b> |
| 3.4.1 Efecto del volumen de AA sobre el Poder de Hinchamiento (PI), Índice de solubilidad (ISA) y absorción de agua (IAA), Capacidad de Absorción de aceite (CAA) y % de Sinéresis. . | 39        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3.5 Efecto del volumen de AA añadido sobre las propiedades físicas del almidón nativo y modificado.....</b>   | <b>42</b> |
| <b>3.6 Efecto de las soluciones formadoras de recubrimientos de almidón de banano acetilado y aceite de romero (<i>Salvia rosmarinus</i>) en tomates cherry sometidos a refrigeración.....</b> | <b>43</b> |
| 3.6.1 Acidez Titulable Total y pH en tomates cherry.....   | 45        |
| 3.6.2 Índice de Madurez en tomates cherry. ....  | 47        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>49</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>50</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>51</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>64</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Taxonomía del Banano .....  | 15 |
| <b>Tabla 2.</b> Composición nutricional de banano “Cavendish Valery” por 100 g de sustancia comestible.<br>.....      | 15 |
| <b>Tabla 3.</b> Contenido de minerales en banano maduro variedad “Cavendish hindi” .....                              | 16 |
| <b>Tabla 4.</b> Contenido de vitaminas de banano maduro variedad “Cavendish hindi” .....                              | 16 |
| <b>Tabla 5.</b> Escala de maduración del banano de Von Loesecke .....   | 16 |
| <b>Tabla 6.</b> Clasificación de los estados de madurez según el color superficial. ....                              | 29 |
| <b>Tabla 7.</b> Taxonomía Tomate Cherry .....   | 29 |
| <b>Tabla 8.</b> Diseño Experimental Factorial para solución formadora de recubrimiento. ....                          | 33 |
| <b>Tabla 9.</b> Rendimiento del almidón de banano Cavendish .....   | 36 |
| <b>Tabla 10.</b> Efecto del volumen de acetilación sobre el % Acetilación y Grado de sustitución (GS)....             | 36 |
| <b>Tabla 11.</b> Análisis de composición química de almidón nativo y modificados a diferentes volúmenes<br>de AA..... | 37 |
| <b>Tabla 12.</b> Efecto del volumen de AA sobre la Capacidad de Absorción de Aceite (CAA).....                        | 40 |
| <b>Tabla 13.</b> Propiedades ópticas del almidón nativo y modificado .....  | 42 |
| <b>Tabla 14.</b> Evaluación de parámetros de conservación y varianza de acuerdo con el diseño<br>Experimental.....    | 43 |
| <b>Tabla 15.</b> Ecuación del modelo optimizado sobre %PP y SST .....   | 45 |
| <b>Tabla 16.</b> Superficie de respuesta de % Ac. T y pH.....   | 46 |
| <b>Tabla 17.</b> Ecuación del modelo optimizado sobre % Ac. T y pH.....   | 46 |
| <b>Tabla 18.</b> Ecuación del modelo optimizado sobre IM .....  | 47 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Composición del Almidón.....   | 18 |
| <b>Figura 2.</b> Aspecto de gránulos de almidón nativo de banano inmaduro de diferentes .....   | 18 |
| <b>Figura 3.</b> Fotografías de los gránulos de almidón nativo y modificado. (a) Gránulo de almidón nativo; (b) almidón modificado con 5 mL de anhídrido acético y 30 min.; (c) almidón modificado con 5 mL de anhídrido acético y 60 min; (d) almidón modificado c ..... | 19 |
| <b>Figura 4.</b> Representación de la transformación estructural del almidón durante el procesamiento. ....   | 21 |
| <b>Figura 5.</b> Representación esquemática de los cambios de los gránulos de almidón durante el procesamiento hidrotérmico.....  | 23 |
| <b>Figura 6.</b> Representación de la reacción de acetilación de almidón con anhídrido acético en condiciones alcalinas .....   | 25 |
| <b>Figura 7.</b> <i>Tabla nutricional Aceite esencial Romero Vitality (Rosemary)</i> .....  | 26 |
| <b>Figura 8.</b> Transformación de glucosa en sorbitol.....   | 27 |
| <b>Figura 9.</b> Tomate en seis etapas de maduración.....   | 28 |
| <b>Figura 10.</b> <i>Media de Fisher LDS del Porcentaje de Acetilo y Grado de sustitución en relación con la concentración de AA.</i> ....  | 37 |
| <b>Figura 11.</b> Media de Fisher LDS del Efecto del volumen de AA con respecto a los porcentajes de Proteína, Grasa y Ceniza.....  | 38 |
| <b>Figura 12.</b> Media de Fisher LDS del Análisis proximal del volumen de AA sobre los porcentajes de humedad, fibra y carbohidratos.....  | 38 |
| <b>Figura 13.</b> <i>Efecto de la temperatura sobre el Poder de Hinchamiento (PI), Solubilidad de agua (ISA) e Índice de Absorción (IAA)</i> .....  | 39 |
| <b>Figura 14.</b> Media de Fisher LDS del Efecto del volumen de AA sobre la CAA .....   | 41 |
| <b>Figura 15.</b> Porcentaje de sinéresis sobre tiempo de refrigeración de almidón nativo y modificados.....  | 41 |
| <b>Figura 16.</b> Efecto del volumen de AA sobre la densidad del almidón.....   | 43 |
| <b>Figura 17.</b> Diagrama de Pareto del % Pérdida de peso y SST con respecto al diseño experimental.....   | 44 |
| <b>Figura 18.</b> Superficie de respuesta de %PP y SST.....   | 45 |
| <b>Figura 19.</b> Diagrama de Pareto del % Ac. T y pH con respecto al diseño experimental .....   | 45 |
| <b>Figura 20.</b> Diagrama de Pareto y superficie de respuesta del IM con respecto al diseño experimental.....  | 47 |

## INTRODUCCIÓN

La producción y disponibilidad de alimentos a nivel mundial son temas cruciales en la actualidad, donde la demanda de tomates Cherry ha ido en constante aumento. Según Márquez et al. (2023), la FAO registró en 2020, que la producción global de hortalizas, excluyendo el melón, alcanzó 1 138 740 230,05 toneladas, de las cuales 184 786 054 toneladas correspondieron a tomates frescos cultivados en 5 009027 hectáreas. Asia lideró esta producción con un 62,6 % del total, siendo China el principal productor con 64 768 158 toneladas. Este crecimiento impulsa la investigación hacia métodos de producción y conservación más sostenibles, como el uso de recubrimientos a base de almidón modificado para prolongar la vida útil del tomate.

El tomate, al ser un fruto climatérico con tejido vivo, tiene una vida útil de aproximadamente 15 días después de la cosecha. Su alto contenido de agua (94 %) provoca transpiración y pérdidas por deshidratación, lo que conduce a la pérdida de turgencia, flacidez y ablandamiento. La maduración implica cambios fisiológicos en el fruto, asociados con transformaciones en la actividad enzimática y composición que determinan su sabor característico (Interempresas, 2003).

El tomate destaca por su sabor y su contenido abundante de vitaminas C, A y del grupo B con funciones antioxidantes, lo que lo convierte en un producto atractivo en apariencia externa, aroma y sabor (Haile, 2018). La calidad postcosecha y la vida útil de los frutos son controladas por el estado de madurez en la cosecha (San Martín et al., 2012).

Los recubrimientos disminuyen la tasa de transmisión de vapor de agua al formar una barrera en la superficie del fruto. Esta barrera previene la degradación de la textura al preservar la turgencia celular. Además, controlan la transpiración, respiración y otros procesos metabólicos que afectan la calidad del producto (García et al., 2009).

Los polisacáridos y las proteínas son materiales idóneos para formar recubrimientos debido a sus propiedades mecánicas y estructurales. Sin embargo, su capacidad de barrera deficiente frente a la humedad puede afectar la respiración en frutas y hortalizas. Por otro lado, los lípidos tienen propiedades mecánicas deficientes, pero pueden contrarrestar esta limitación con aditivos (Fernández et al., 2017).

Este estudio tiene como objetivo explorar una alternativa utilizando recubrimientos de almidón modificado de banano con aceite esencial en tomates Cherry, analizando sus características fisicoquímicas al interactuar con el recubrimiento.

## PROBLEMÁTICA

El acceso a la alimentación es un derecho humano fundamental. Sin embargo, los desafíos en la conservación de alimentos y la creciente demanda de alimentos frescos generan preocupaciones. En este contexto, la necesidad de buscar alternativas sostenibles de alimentos es imperativa. La región sur del país, a la que pertenece la provincia de El Oro cuenta con una producción sostenida de banano, el cual es, a su vez una fuente importante de almidón que, una vez modificado, podría contribuir a conservar los alimentos, reduciendo así el impacto ambiental y los riesgos para la salud asociados con los conservantes sintéticos.

El tomate, un fruto climatérico, es susceptible a la manipulación inadecuada y al daño mecánico, lo que reduce su vida útil, calidad y valor comercial. A medida que madura, este pierde firmeza rápidamente y experimenta cambios organolépticos, el inicio de maduración se asocia a un aumento en la tasa de respiración y a la liberación de etileno, desencadenando procesos que producen un vegetal apto para el consumo o, en un estado más avanzado, un producto senescente de baja calidad. La aplicación de recubrimientos comestibles en frutas y verduras mejora el brillo y la textura de la piel, reduce la degradación de la calidad físicoquímica y organoléptica, disminuye la pérdida de peso por deshidratación y el intercambio de gases (Amaya et al., 2009).

Un recubrimiento puede definirse como una matriz continua, transparente y delgada que se forma alrededor de un alimento, generalmente mediante la inmersión de este en una solución formadora del recubrimiento con el fin de preservar su calidad y servir de empaque biodegradable. La aplicación de recubrimientos en frutas frescas es una alternativa atractiva para el consumidor ya que podrían reemplazar a los empaques plásticos, en vista de que son biodegradables y su impacto ambiental es ínfimo (Castro, 2013).

En el manejo poscosecha de frutas y vegetales como el tomate cherry, se han reportado pérdidas de entre un 25 % y un 60 % del total de la producción, dependiendo de la variedad del tomate. Estas pérdidas se relacionan con un manejo poscosecha deficiente, la incidencia de enfermedades causadas por microorganismos patógenos, la maduración acelerada de los frutos y el daño mecánico.

La investigación se centra en potenciar las ventajas de los recubrimientos, su proceso de aplicación, los mecanismos de acción en el tomate cherry y las tendencias en el campo de la ingeniería. Se pretende mejorar la calidad y mantener los parámetros de conservación del fruto en refrigeración. Para lograr esto, se modificó químicamente el almidón, ya que en su estado nativo no atribuía las propiedades de barrera óptimas para recubrimientos. Asimismo, se adaptarán tecnologías sostenibles en la industria alimentaria, garantizando el acceso a alimentos frescos y nutritivos para todos los consumidores (Ramos et al., 2018).

## JUSTIFICACIÓN

La acetilación mejora las propiedades tecnológicas del almidón de banano, haciéndolo más adecuado para aplicaciones con alimentos de alta actividad de agua como el tomate cherry. Esta mejora permite la aplicación de recubrimientos que mantienen la calidad del tomate por un período de tiempo específico. Durante el manejo poscosecha de frutas, se han reportado pérdidas significativas de tomate, que van desde un 25 % hasta un 60 % del total de la producción, debido a un manejo poscosecha deficiente y otros factores (Ramos et al., 2018).

La modificación del almidón de banano optimiza las características de los recubrimientos, como la resistencia a la oxidación y la barrera al vapor de agua, presentando estabilidad que el almidón nativo no posee. Estos recubrimientos pueden funcionar como barreras eficientes para la transferencia de gases como el oxígeno y el dióxido de carbono. El estudio propuesto contribuye al avance en recubrimientos elaborados con almidón modificado de banano y aceite esencial con potenciales aplicaciones en la industria alimentaria para prolongar la vida útil y reduciendo el deterioro causado por la oxidación y la contaminación del tomate cherry.

El estudio analiza la efectividad del aceite esencial de romero en recubrimientos de almidón acetilado para mantener constantes los parámetros de conservación del tomate cherry en condiciones de refrigeración. El aceite esencial de romero, siendo hidrófobo, potencia la actividad conservante y de barrera en estos recubrimientos, lo que resulta beneficioso al examinar las características físicas de los recubrimientos elaborados con almidón modificado de banano y aceite esencial de romero para mantener constante el grado de madurez del tomate cherry, incluyendo propiedades como humedad, densidad, solubilidad y retención de agua.

La sinergia adecuada entre el aceite esencial de romero y el almidón modificado retrasa el metabolismo y la oxidación en los tomates Cherry, reduciendo el desperdicio alimentario y manteniendo las características fisicoquímicas del mismo. Este enfoque busca mantener la calidad y propiedades organolépticas del producto, aplicando recubrimientos innovadores con almidón modificado de banano y aceite esencial de romero.

## OBJETIVOS

### Objetivo General:

Estudiar el efecto de recubrimiento de almidón de banano acetilado variedad *Cavendish* y aceite esencial de romero (*Salvia rosmarinus*) en parámetros de conservación de tomate cherry variedad *Saladette*.

### Objetivos Específicos:

- Evaluar las propiedades y composición química del almidón acetilado de banano obtenidos a diferentes volúmenes de agente modificante.
- Determinar el comportamiento de las propiedades físicas de los almidones acetilados a diferentes temperaturas de calentamiento.
- Determinar el impacto de soluciones formadoras de recubrimiento en los parámetros fisicoquímicos del tomate Cherry variedad *Saladette* sometido a refrigeración.

## CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

### 1.1. Banano

#### 1.1.1 Generalidades del Banano

Pertenciente a la familia Musaceae, las variedades de banano pueden ser el *Musa Cavendish* y el *Musa paradisiaca*, que incluyen bananos y plátanos respectivamente, ambos consumibles a diario (Martínez et al., 2012). Originada en Asia central, es conocida en el Mediterráneo desde el año 650 d.C. Es una planta monocotiledónea, nativa del sureste asiático (Sidhu y Zafar, 2018).

**Tabla 1.** Taxonomía del Banano

|                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| <b>REINO</b>    | <i>Plantae</i>        |
| <b>DIVISIÓN</b> | <i>Magnoliophyta</i>  |
| <b>CLASE</b>    | <i>Liliopsida</i>     |
| <b>ORDEN</b>    | <i>Zingiberales</i>   |
| <b>FAMILIA</b>  | <i>Musaceae</i>       |
| <b>GÉNERO</b>   | <i>Musa</i>           |
| <b>ESPECIE</b>  | <i>Musa Cavendish</i> |

**FUENTE:** Chilig y Chiluisa (2015)

La variedad *Cavendish* es parte del grupo de musáceas denominadas AAA y es la más importante tanto a nivel nacional como el comercio global; hay una amplia gama de variedades dentro de los cultivares *Cavendish*. La *Grand Naine* o *Gran Enano* es la más prevalente en el país, destacándose por tener un pseudotallo alto, hojas anchas y frutos de alta calidad. Además, muestra resistencia a la raza 1 de *Fusarium oxisporum*, así como tolerancia al viento y la sequía (Robinson y Galán, 2012).

Según FRUTABONA (2023) la variedad de Banano *Cavendish* tiene un tamaño mínimo de 18 cm, un calibre mínimo de 39 mm y un máximo de 46 mm. Referente al número de dedos por mano-cluster, el mínimo es de 5 hasta 12 dedos y como último dato en base a la edad de la fruta se tiene un período de al menos 10 semanas y no más de 13 semanas.

#### 1.1.3 Composición nutricional

En la siguiente tabla se identifica la composición nutricional del banano *Cavendish Valery* por 100 gramos de sustancia comestible

**Tabla 2.** Composición nutricional de banano *Cavendish Valery* por 100 g de sustancia comestible.

| <b>COMPUESTO</b> | <b>CANTIDAD</b> |
|------------------|-----------------|
| Calorías         | 110 g           |
| Proteínas        | 1g              |
| Azúcares         | 21 g            |

|                     |      |
|---------------------|------|
| Fibra               | 4 g  |
| Hidratos de carbono | 29 g |
| Sodio               | 0 mg |
| Colesterol          | 0 mg |
| Grasa               | 0 mg |

Fuente: EMABANOR S.A.C (s.f)

**Tabla 3.** Contenido de minerales en banano maduro variedad Cavendish hindi.

| NUTRIENTE | CONCENTRACIÓN<br>(mg/100 g de PC) |
|-----------|-----------------------------------|
| Calcio    | 70,19                             |
| Fósforo   | 88,38                             |
| Hierro    | 0,47                              |

Fuente: Adaptado de Fernández et al. (2021)

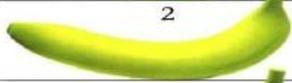
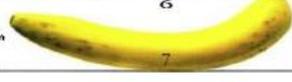
**Tabla 4.** Contenido de vitaminas de banano maduro variedad Cavendish hindi.

| NUTRIENTE   | CONCENTRACIÓN<br>(mg/100 g de PC) |
|-------------|-----------------------------------|
| Vitamina C  | 40                                |
| Vitamina B1 | 0,08                              |
| Vitamina B2 | 0,93                              |

Fuente: Adaptado de Fernández et al. (2021)

#### 1.1.4. Estado de maduración del Banano

**Tabla 5.** Escala de maduración del banano de Von Loesecke

| Estado de maduración | Coloración                   | Gráfico  |
|----------------------|------------------------------|--|
| 1                    | Completamente verde          |  |
| 2                    | Verde con trazas de amarillo |  |
| 3                    | Más verde que amarillo       |  |
| 4                    | Más amarillo que tono verde  |  |
| 5                    | Amarillo con extremos verdes |  |
| 6                    | Completamente amarillo       |  |
| 7                    | Amarillo con partes marrones |  |

**FUENTE:** Arias et al. (2022)

El tiempo óptimo de cosecha para la obtención de almidón de banano es durante la semana 10, ya que con la maduración las células de la pulpa pierden almidón y sus detalles se hacen más notorios (Hernández, 1986). Se quiere aprovechar el máximo porcentaje de almidón y por efecto de la maduración este se transforma en azúcares; por ende, se optó la cosecha de la semana 10 debido a que a medida que el fruto va madurando, se sintetizan los azúcares totales, en mayor parte azúcares reductores, siendo estos bajos en frutos en estado verde y valores de hasta un 35 % en frutos maduros. El aumento de los azúcares ocurre cuando el fruto comienza a tomar un color amarillo, lo que implica la aceleración de la sinéresis de azúcares (Simmonds, 1973)

## **1.2. Almidón de banano**

### *1.2.1. Generalidades del almidón*

El almidón es considerado un hidrato de carbono digerible formado por cadenas de glucosa, denominadas amilosa y amilopectina. Según Sánchez (2021), estas cadenas de glúcidos se estructuran en pequeñas partículas conocidas como granos o gránulos de almidón. El almidón está presente en todas las plantas por la fotosíntesis, desempeñando la función de reserva alimentaria, ya sea en el endospermo de las semillas. Es un recurso útil para alterar la textura y la consistencia de los alimentos. Su efectividad se relaciona con el peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, y con la disposición molecular de estos componentes en la partícula de almidón. Los almidones en su forma natural se usan por su capacidad para regular y mantener la textura de los alimentos y por sus propiedades para espesar y gelificar (Torres et al., 2013).

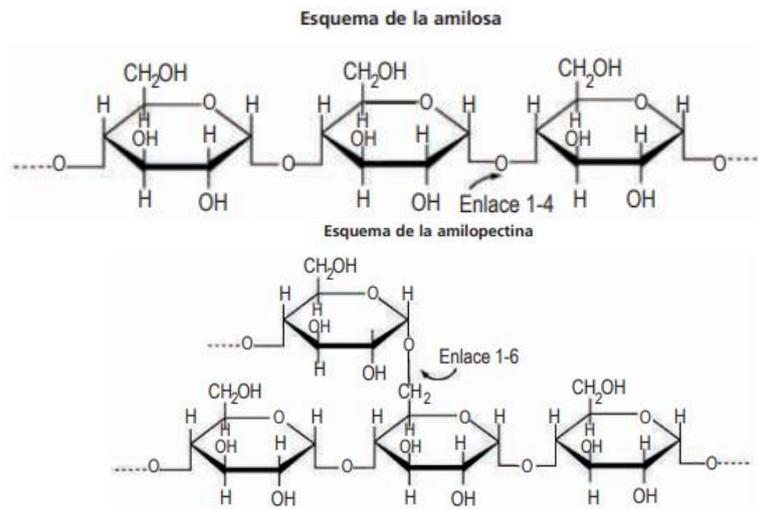
### *1.2.1. Composición del Almidón*

Estructuralmente, el almidón es un poliglucano (polímero de unidades de D-glucosa), compuesto por una mezcla de polisacáridos conformada por amilosa (20 %), amilopectina (80 %) y una fracción minoritaria (de 1 % a 2 %) de conformación no glucosídica como lípidos y minerales, aunque esto depende de su origen botánico.

El almidón se compone únicamente de residuos de glucosa que están unidos entre sí a través de enlaces  $\alpha$ -1,4 y enlaces ramificados  $\alpha$ -1,6, para formar amilosa y amilopectina. La amilosa es lineal con pocas ramificaciones por lo que es insoluble en agua fría, y la amilopectina es soluble en agua y ramificada. La amilosa tiene una estructura helicoidal; en el interior de la hélice contiene átomos de hidrógeno, mientras que los grupos hidroxilos permanecen en el exterior. La presencia de átomos de hidrógeno en el interior de la hélice confiere una característica hidrófoba a la amilosa y le permite formar complejos con ácidos grasos libres, con componentes glicéridos de ácidos grasos, yodo y algunos alcoholes (Bello et al., 2002).

La proporción y la organización física de estos dos polímeros dentro de la estructura del gránulo le confieren propiedades fisicoquímicas y funcionales propias a cada tipo de almidón. El uso del almidón en su estado nativo tiene limitaciones por su fragilidad, estabilidad térmica, tendencia a la retrogradación, deterioro de las propiedades mecánicas, alta viscosidad e incompatibilidad con solventes y polímeros. La modificación química se ha constituido en una estrategia eficiente para mejorar las propiedades funcionales de los almidones nativos y con ello permitir su uso en aplicaciones específicas. Estas modificaciones están directamente relacionadas con las reacciones de los grupos hidroxilo del polímero de almidón.

**Figura 1.** Composición del almidón



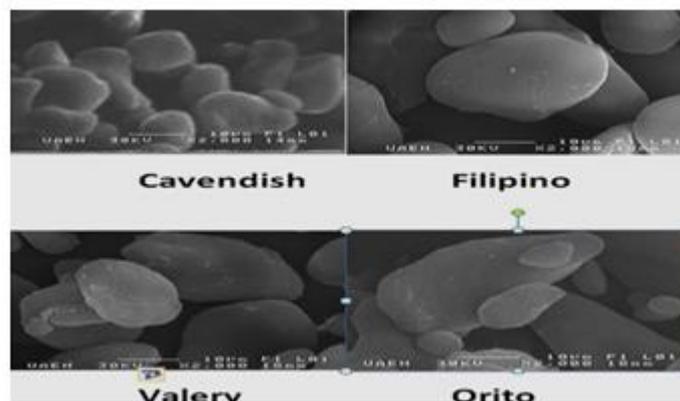
**Fuente:** Aristizábal y Sánchez (2007)

### 1.2.2 Morfología de almidón de banano

La morfología de cada tipo de gránulo de almidón dependerá de factores como la bioquímica del amiloplasto y fisiología de la planta. La superficie de los gránulos presenta una elongación uniforme, sin porosidad y de forma levemente irregular, oscilando a una forma ovalada como menciona Marta et al. (2019).

Al ser sometidos a un proceso químico, como puede ser la acetilación, a medida que se aumenta el volumen de anhídrido acético y el tiempo de reacción, la superficie del gránulo se debilita y fragmenta, ocasionando leves daños superficiales en el gránulo, similar a lo reportado por Guerra et al. (2008). Sin embargo, otros autores (Olagunju et al., 2020) no han evidenciado dichas modificaciones debido a que usaron otros tipos de almidones y menores cantidades de anhídrido acético (Cedeño et al., 2021).

**Figura 2.** Aspecto de gránulos de almidón nativo de banano inmaduro de diferentes

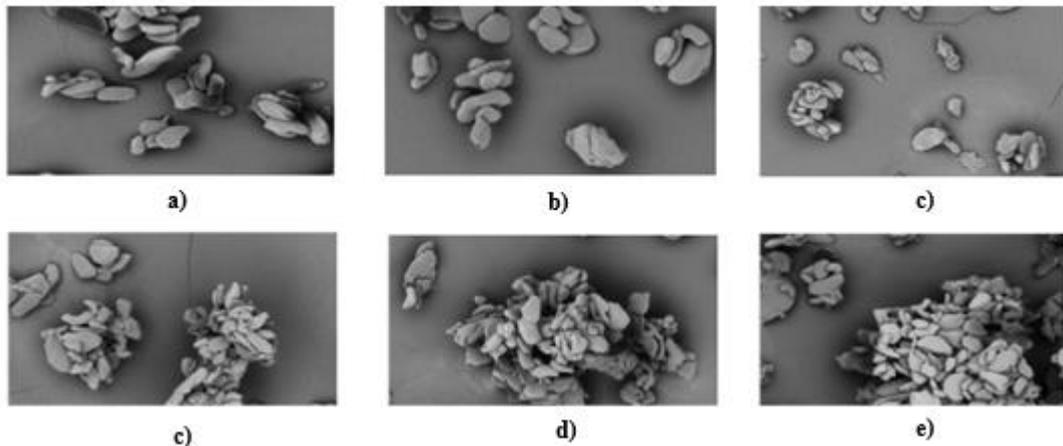


**Fuente:** Martínez et al. (2014)

Se puede observar que el tamaño de los almidones de la variedad *Filipino*, *Valery* y *Cavendish* tienen un intervalo de 25 a 30  $\mu\text{m}$ , a diferencia de la variedad *Orito*, en donde se puede

evidenciar que el gránulo es mínimamente mayor de 35  $\mu\text{m}$ . El tamaño de los gránulos se relaciona con la absorción de agua y digestibilidad (Martínez et al., 2014).

**Figura 3.** Fotografías de los gránulos de almidón nativo y modificado. (a) Gránulo de almidón nativo; (b) almidón modificado con 5 mL de anhídrido acético y 30 min.; (c) almidón modificado con 5 mL de anhídrido acético y 60 min; (d) almidón modificado c



**Fuente:** Cedeño et al. (2021).

### 1.2.3 Temperatura de gelatinización

Durante el proceso de gelatinización, las estructuras de doble hélice cristalina presentes en las cadenas de almidón experimentan una disociación, llevando a que los gránulos pierdan su configuración en forma de cruz de Malta y adopten una estructura amorfa. La gelatinización del almidón se puede lograr mediante la aplicación de calor al almidón en presencia de agua u otros agentes plastificantes, como glicerol, sorbitol, etilenglicol, etc. También es posible inducir la gelatinización utilizando soluciones alcalinas de NaOH y KOH, soluciones de sal neutra, por ejemplo, CaCl<sub>2</sub> y LiCl, y disolventes como el dimetilsulfóxido (DMSO). En este análisis, nos enfocaremos principalmente en el aspecto del calentamiento (Yongfeng & Jay-lin, 2014).

La gelatinización es un proceso en el cual el almidón cambia de una estructura semicristalina ordenada a un estado amorfo al calentarse con agua, perdiendo su forma característica de cruz de Malta. Este cambio permite que el almidón absorba agua fácilmente, creando viscosidad y formando una pasta. Al enfriarse, algunas pastas de almidón pueden convertirse en geles. La diferencia principal entre una pasta de almidón y un gel de almidón es que la pasta es fluida, mientras que el gel tiene una forma definida y no fluye. Las propiedades reológicas del almidón, que incluyen su respuesta a fuerzas aplicadas y su comportamiento de flujo y deformación, varían según su estructura (Yongfeng & Jay-lin, 2014).

La temperatura de gelatinización se produce en rangos de temperaturas de entre 55 y 80 °C dependiendo la variedad de almidón y la presión a la que han sido sometidos (Ahromrit et al., 2007). Sin embargo, Huang et al. (2009) comprobaron que con la aplicación de una combinación apropiada de presión y temperatura facilitará la absorción de agua y la gelatinización.

Según Yongfeng & Jay-lin (2014) cuando se emplea glicerol o sorbitol como el único plastificante, con una concentración del 100 % en la solución para la gelatinización del almidón, se observa que la temperatura de gelatinización y la  $\Delta H$  del almidón son

significativamente superiores en comparación con el uso de agua. Estos resultados sugieren que el glicerol o sorbitol actúan como plastificantes menos eficaces en comparación con el agua, y esto se atribuye a dos factores fundamentales: la mayor viscosidad de estos tres compuestos, derivada de sus mayores pesos moleculares, ralentiza su penetración en los gránulos de almidón y las moléculas de estos plastificantes presentan una capacidad de enlace de hidrógeno más débil en comparación con el agua.

Las transformaciones en la morfología de los gránulos de almidón y las entidades proteicas en el grano durante la cocción señalan la influencia del almidón gelatinizado en las proteínas del cuerpo (Zhu et al., 2020). La variación en la temperatura de gelatinización, en descenso y en aumento, se atribuye a la estabilización estérica, excluyendo la competencia de la adsorción de proteínas por parte del agua (Zhu et al., 2020).

La temperatura de gelatinización puede variar en base al tipo de almidón, ya sea modificado o nativo. Al modificar un almidón tiende a disminuir la temperatura de gelatinización, ya que la estructura del gránulo de almidón se fragmenta por la integración de grupos acetilos en la molécula de almidón.

### **1.3 Propiedades funcionales del almidón**

El comportamiento tecnológico del almidón depende de sus propiedades funcionales en base cada tipo de almidón, las que denotan su comportamiento a diversas condiciones. Sin embargo, el índice de solubilidad indica la cantidad relativa de almidón que puede disolverse en agua, a diferencia de la absorción de agua que indica el volumen de agua que puede absorber por gramo de material seco en presencia de un exceso de agua. El poder de hinchamiento está relacionado con el grado de hinchamiento de los gránulos de almidón al ser sometidos a temperaturas de calentamiento durante la cocción (Contreras-Pérez et al., 2018).

#### *1.3.1 Poder de hinchamiento (PI)(resuelto)*

Los gránulos de almidón registran densidad considerable e insolubles, mostrando una baja capacidad de hidratación en agua fría. Sin embargo, pueden esparcirse en agua, generando suspensiones de viscosidad baja que permiten una fácil mezcla y bombeo, incluso a concentraciones superiores al 35 % (Prieto et al, 2009).

Según Prieto et al. (2009), el poder de hinchamiento está vinculado a la capacidad de absorción de agua de cada tipo de almidón. Los almidones en su forma natural son insolubles en agua hasta que se alcanza su temperatura de gelatinización. Al calentar gradualmente estos gránulos en agua a temperaturas más elevadas, llega un punto en el que experimentan un hinchamiento irreversible. Este aumento en el tamaño de los gránulos de almidón contribuye al incremento de la viscosidad de la mezcla, proporcionando información sobre la capacidad de espesamiento de dicho compuesto.

El aumento en el PI se debe a la integración de grupos acetilo a la molécula de almidón nativo, lo que produce una fisura de las fuerzas intragranulares de la región amorfa, conllevando al inicio del desdoblamiento de las regiones del almidón que presentan doble hélice, generando una desorganización en la estructura del gránulo (Salcedo Mendoza et al., 2016).

La capacidad de expansión guarda una relación proporcional con la temperatura de gelatinización, lo que implica que, a temperaturas de gelatinización más altas, los almidones exhiben un menor poder de hinchamiento (Tscheuschner, 2001).

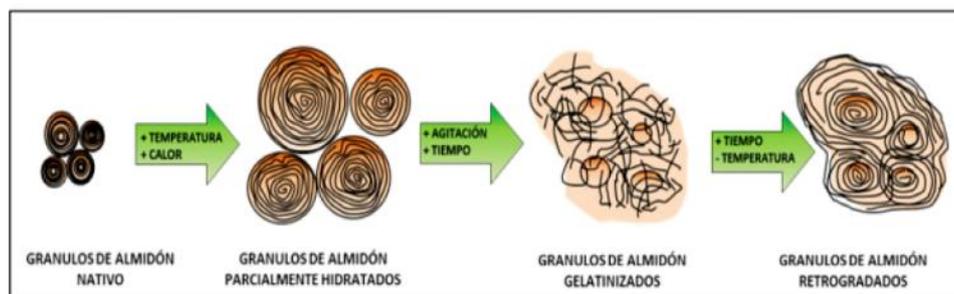
Según Figueroa et al. (2016), la sustitución de grupos OH por grupos acetilos logra causar un desorden estructural del gránulo de almidón, debilitando la estructura cristalina y la fractura de las cadenas de amilopectina que favorecen el poder de hinchamiento del gránulo.

### 1.3.2 Gelatinización del almidón

Al calentar el almidón en presencia de agua, se produce un cambio irreversible conocido como gelatinización, en el cual varios enlaces de hidrógeno en el almidón son reemplazados por enlaces entre el almidón y el agua (Pardhi et al., 2016).

En la gelatinización, se realiza la lixiviación de la amilosa, y la integral tiende a ocurrir en un intervalo considerable de temperaturas. Es notable que los gránulos de mayor tamaño son los primeros en experimentar el proceso de gelatinización (Herrera, 2003).

**Figura 4.** Representación de la transformación estructural del almidón durante el procesamiento.



**Fuente:** Villaroel et al. (2018).

Se puede observar en la **Figura 4.** que, al calentar el almidón en presencia de agua, se observa que los gránulos de almidón nativo experimentan hidratación y alteran su estructura. Manteniendo la temperatura y agitación, se produce una distorsión en las cadenas de amilosa, adoptando una configuración aleatoria, resultando en un almidón hinchado que pierde completamente su estructura cristalina (almidón gelatinizado). A medida que la temperatura baja, se promueve la atracción entre moléculas de amilosa, provocando la formación de una red que atrapa tanto el agua como los gránulos de almidón hinchados. El proceso de reorganización de las cadenas de amilosa facilita la recrystalización del gránulo de almidón, fenómeno conocido como retrogradación (Villaroel et al., 2018).

Según Ji et al. (2017), la gelatinización del almidón es un procedimiento irreversible que implica la expansión de los gránulos, la fusión de la estructura cristalina original, la pérdida de birrefringencia y la solubilización del almidón.

### 1.3.3 Índice de absorción de agua (IAA)

Al comparar valores del índice de absorción de agua (WAI) y el grado de gelatinización de almidón (GE), se observa que ambos son máximos a presiones y tiempos más prolongados. Existe una correlación entre ambas variables, lo cual respalda la afirmación de Ekielski et al. (2020), donde se indica que el mayor grado de gelatinización del almidón se logra con valores máximos de WAI. Además, se señala que un incremento adicional en el valor de WSI provoca la degradación del almidón y otros componentes. De acuerdo con Mościcki et al. (2007), los valores máximos de WAI se alcanzan aproximadamente a 180 °C.

Como menciona Henning et al. (s.f), la capacidad de alcanzar una viscosidad máxima representa una característica funcional de los almidones, originada por la expansión de los gránulos debido a la absorción de agua. Este proceso resulta en la ruptura de los gránulos y la liberación de las cadenas de amilosa hacia el entorno, facilitando así la formación de estructuras tridimensionales.

En los estudios realizados por Rincón et al. (2007), el aumento de la temperatura provoca un incremento en la capacidad de absorción de agua. Esto se debe a que, además de romper las fuerzas internas granulares en la región amorfa, también inicia el desdoblamiento de las regiones con doble hélice y afecta la estructura de la amilopectina, generando desorganización en el gránulo. Las diferencias observadas en los valores de absorción de agua y capacidad de hinchamiento del almidón acetilado se explican por la introducción de grupos acetilos en las moléculas del almidón. Estos grupos, al ser voluminosos, causan desorden intragranular debido a impedimentos estéricos, lo que facilita el acceso del agua a la región amorfa. Cuando se aplica calor a las suspensiones de almidón acetilado, se reduce la energía necesaria para romper la integridad de los enlaces en la región amorfa. Como consecuencia, los gránulos de almidón experimentan un aumento en su tamaño y se produce la liberación de material intragranular debido al incremento de la temperatura.

#### *1.3.4 Índice de solubilidad de agua (ISA)*

El índice de solubilidad en agua (ISA) comúnmente se utiliza como un marcador de la degradación de componentes moleculares, según Kirby et al. (1988), este índice cuantifica la cantidad de componentes solubles liberados del almidón después de la cocción. Un ISA elevado se considera un indicador *in vitro* de una buena digestibilidad del almidón, ya que refleja el grado de gelatinización y dextrinización (Guha et al., 1997). Así mismo, puede indicar el nivel de conversión del almidón durante la cocción, reflejando la cantidad de polisacárido soluble liberado desde el gránulo de almidón (Ding et al., 2005).

Las disparidades en los índices de solubilidad en agua entre distintos almidones pueden atribuirse a las discrepancias en las distribuciones de longitud de cadena. Adicionalmente, se destaca que la amilopectina presente en el almidón de quinua exhibe cantidades notables de cadenas cortas y cadenas extraordinariamente largas, según Li y Zhu (2018). Las perspectivas comprensivas sobre las relaciones estructura-función de la estructura molecular interna de la amilopectina pueden influir en las propiedades funcionales del almidón, según Zhu y Liu (2019).

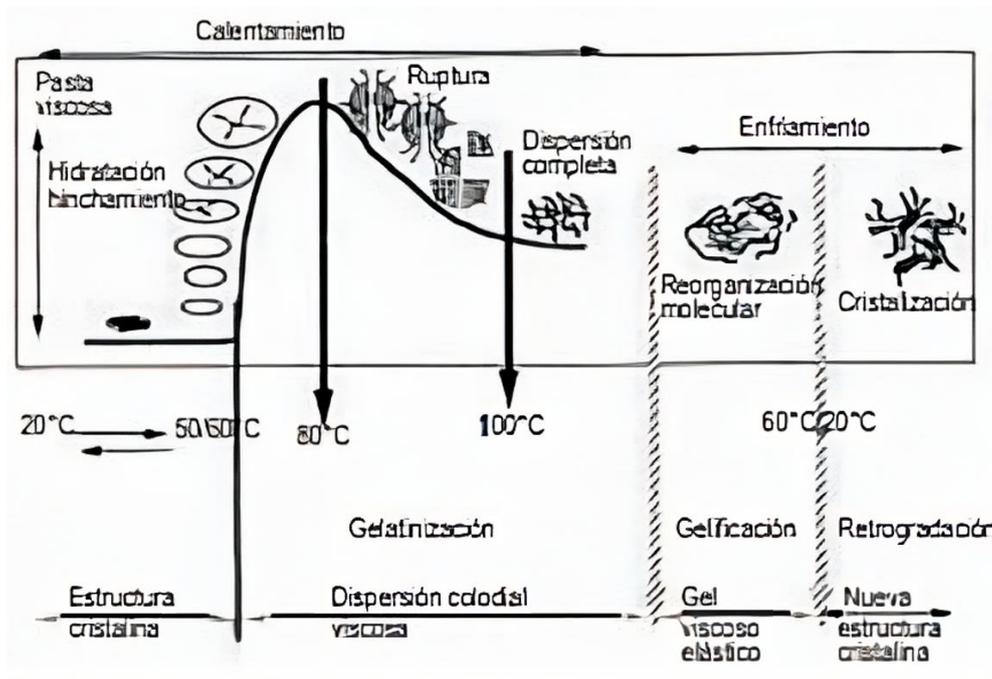
Cuando se observa mayor poder de hinchazón y un índice de solubilidad en agua más bajo, es probable que esta situación esté vinculada a un bajo contenido de amilosa. Esto se debe a que la amilosa limita la expansión de los gránulos al fortalecer la red interna, según lo señalado por Tang et al. (2002).

El aumento de la temperatura provoca una mayor movilidad de los gránulos de almidón, lo que facilita la dispersión de las moléculas de almidón en el agua y, como resultado, aumenta su solubilidad. (Rincón et al., 2007)

Esta característica específica del almidón acetilado se relaciona con los hallazgos reportados por González y Pérez (2002). Según su investigación, el almidón acetilado de arroz muestra valores superiores en poder de hinchamiento, absorción de agua y solubilidad que en comparación con su contraparte nativa. La introducción de grupos acetilos en las moléculas de

almidón parece facilitar el acceso del agua a las regiones amorfas. Además, se ha observado que el índice de absorción de agua y el poder de hinchamiento dependen de las fuerzas que afectan la organización intragranular de la estructura química, el tamaño de los gránulos y la temperatura a la que se somete la suspensión de almidón.

**Figura 5.** Representación esquemática de los cambios de los gránulos de almidón durante el procesamiento hidrotérmico.



**Fuente:** Aristizábal y Sánchez (2007)

### 1.3.5 Sinéresis

Los sistemas dispersos de almidón tienden a experimentar cambios en su estado ordenado, liberando simultáneamente el agua retenida, como parte del fenómeno conocido como retrogradación. La sinéresis, que es la liberación de agua, puede considerarse como un indicador de cambios significativos en la estructura del gel. En el contexto de productos alimenticios, estos cambios son particularmente indeseables en aquellos que requieren estabilidad durante el proceso de congelación y descongelación, como los productos cárnicos y vegetarianos que buscan emularlos mediante la inclusión de almidón en sus formulaciones debido a su capacidad de hinchamiento y retención de agua (Taggart, 2004).

Según Palavecino et al. (2019), la mayor retención de agua en los geles de la muestra acetilada durante el almacenamiento a baja temperatura podría atribuirse a la presencia de grupos acetilo que evitan la reasociación de las cadenas de amilosa y, por ende, la pérdida de agua. Por otro lado, la introducción de cadenas hidrofóbicas en la estructura del almidón, como se observó en el almidón modificado con octanoilo, resultó en aumentos significativos en la sinéresis de todas las muestras no modificadas, especialmente en el almidón de yuca. Además, se notó una disminución en la retención de agua con el tiempo.

Según Aristizábal y Sánchez (2007), la retrogradación se asocia con la fracción de amilosa, sobre todo cuando tiene un alto peso molecular. Concentraciones elevadas de amilosa dan lugar a la formación de geles fuertes, opacos y propensos a experimentar sinéresis.

La estabilidad de los gránulos de almidón se refiere a su fragilidad durante el calentamiento cuando se someten a fuerzas de corte específicas. Los gránulos más frágiles experimentan un pico de viscosidad seguido de una disminución abrupta, ya que se desintegran fácilmente y pierden viscosidad. En términos prácticos, un mayor valor de Sinéresis indica una menor estabilidad frente a las fuerzas de corte durante el calentamiento (Lawal y Adebowale, 2005).

La menor estabilidad observada en el almidón acetilado se debe a la desorganización interna causada por la introducción de grupos acetilos. Los gránulos son más propensos a ser destruidos debido a su mayor sensibilidad a las fuerzas térmicas o mecánicas aplicadas, lo cual indica que los enlaces entre los gránulos de almidón no poseen tanta resistencia.

### *1.3.6 Capacidad de absorción de aceite*

La capacidad de absorción de aceite (CAA) es una propiedad funcional del almidón que se atribuye principalmente al atrapamiento físico del aceite (Dehnad et al., 2016). La retención de aceite es una característica funcional destacada de un hidrocoloide que indica su capacidad de absorber aceite. Se describe como la capacidad de absorber aceite a través de los sitios no polares laterales presentes en las moléculas de proteínas (Mejía, 2022).

Según Mejía (2022) es conocido que las partículas con una gran superficie tienen una mayor capacidad para absorber y atrapar componentes aceitosos. Cuando un almidón es modificado químicamente (acetilación) según señala Torres et al. (2015), el incremento en la habilidad de retener aceite en los almidones acetilados se atribuye a la naturaleza hidrofóbica conferida por el grupo funcional introducido en el almidón, este grupo funcional también genera una obstrucción estérica que facilita la penetración del aceite dentro de la estructura del gránulo de almidón.

## **1.4 Acetilación de almidón**

La acetilación es una modificación química empleada en la industria de los almendrones. Se logra mediante la esterificación del almidón nativo con anhídrido acético, lo que introduce grupos acetilos ( $\text{CH}_3\text{C}=\text{O}$ ) que afectan la estructura del almidón. Esta modificación mejora las propiedades funcionales del almidón, reduce la temperatura de gelatinización y aumenta la capacidad de hinchamiento, solubilidad y viscosidad del gel. Además, los productos sometidos a este procedimiento muestran más transparencia y estabilidad durante su almacenamiento (Rivas, 2012).

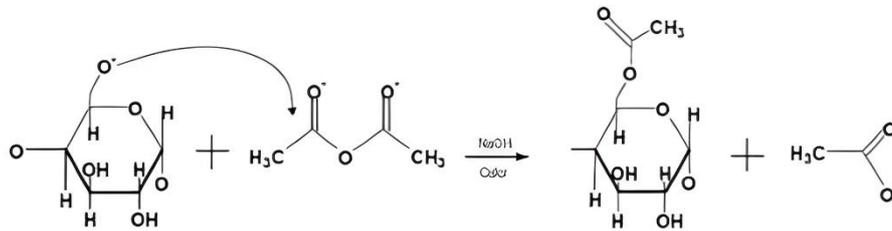
La acetilación se refiere a una alteración química en la estructura del almidón en la que se sustituyen grupos hidroxilos por grupos acetilos usando anhídrido acético. La efectividad de este proceso está condicionada por diversos factores, entre ellos, la procedencia del almidón, la concentración de anhídrido acético, el tiempo de reacción y el pH (Martínez et al., 2019).

Durante el proceso de reacción de acetilación, el almidón se somete a un tratamiento con anhídrido acético donde el catalizador usado fue NaOH, puesto que la modificación ocurre al reemplazar los grupos hidroxilo (OH) en las posiciones 2, 3 y 6 de los Carbonos del almidón. Se destaca que el C6 es particularmente propenso a reaccionar y la acetilación es más viables en esta posición que las posiciones 2 y 3 (Cárdenas, 2018).

Como menciona en su artículo Martínez et al. (2019), la acetilación del almidón provoca la desintegración de los gránulos, una disminución relativa de su cristalinidad, y también reduce la temperatura y entalpía de gelatinización. En una investigación adicional, la acetilación del

almidón derivado del taro mejoró la capacidad de hinchamiento del gránulo y redujo la solubilidad del almidón. Sin embargo, este proceso también resultó en una disminución de la temperatura de formación de la pasta, así como de la temperatura y la entalpía de gelatinización.

**Figura 6.** Representación de la reacción de acetilación de almidón con anhídrido acético en condiciones alcalinas



**fuentes:** León et al. (2020)

## 1.5 Aceite esencial

### 1.5.1 Aceite esencial de romero

Los aceites esenciales son compuestos líquidos volátiles extraídos de muchas plantas aromáticas como la corteza, semillas, flores, cortezas, frutos, raíces, hojas, madera, frutos, etc. El aceite esencial se obtiene de una materia prima natural, por destilación al vapor, por procesos mecánicos a partir del epicarpio de los cítricos, o por destilación en seco, previa separación de la fase acuosa si la hay por procesos físicos y también pueden tratarse físicamente. Sin cambiar la composición, pueden ser extrae mediante diferentes métodos como hidrodestilación, destilación al vapor, hidro difusión y extracción con solventes. Las propiedades físicas de los aceites esenciales incluyen su alta solubilidad en éter, alcohol y aceites fijos, pero su baja solubilidad en agua, que es más densa que los aceites, suelen ser incoloros y líquidos a temperatura ambiente y se caracterizan por su olor característico, se pueden caracterizar por la medición del índice de refracción y su alta actividad óptica (Sharma et al., 2021).

El romero es una planta que se cultiva a nivel mundial por sus aceites esenciales, extractos, como especia y por diferentes actividades biológicas, los aceites esenciales de esta planta poseen muchas propiedades farmacológicas en lo que respecta al perfil químico, existen diferencias relacionadas con la región, estacionalidad, condiciones ambientales, condiciones agronómicas y variedades del propio romero, en la mayoría de los casos, el  $\alpha$ -pineno, el eucaliptol y el alcanfor son compuestos importantes del aceite esencial de romero (Micić et al., 2021).

Los aceites esenciales contribuyen a una constante innovación tecnológica y optimización en su producción a nivel mundial, como señalan Palacios y Castillo (2015). Estos aceites pueden ser obtenidos a través de diversas técnicas, tales como el método de arrastre de vapor (Patiño et al., 2014), destilación molecular (Pramparo et al., 2008), extracción con disolventes, utilización de fluidos supercríticos y aplicación de microondas.

El aceite esencial de romero encuentra diversas aplicaciones en distintas industrias, como la cosmética, alimentaria y farmacéutica, según Isman et al. (2011) y Lubbe y Verpoorte (2011). Además de sus usos industriales, se le atribuyen beneficios tales como mejorar la memoria a corto plazo, aliviar dolores de cabeza y problemas estomacales, como indica Filiptsova et al.

(2017). En la industria se utiliza como suplemento alimenticio para mejorar la calidad y rendimiento de vegetales como papas recién cortadas (Rizzo et al., 2018). Además, el aceite esencial de romero se emplea en la microencapsulación para diversos fines, según De Barros et al. (2014) y Alipour et al. (2019).

El aceite esencial utilizado para el adicionamiento en la película biodegradable es el aceite esencial romero *Vitality (Rosemary)*, obtenido de la empresa YOUNG LIVING, el cual tiene un número de artículo 5629531 y contenido neto de 5 mL.

*Figura 7. Tabla nutricional Aceite esencial Romero Vitality (Rosemary)*

| <b>Supplement Facts</b>                             |            |
|---|------------|
| Serving Size: 1 drop                                |            |
| <b>Amount Per Serving</b>                           | <b>%DV</b> |
| Rosemary ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) leaf oil | 60 mg**    |
| **Daily Value (DV) not established.                 |            |

**Fuente:** Young Living (s.f)

## 1.6 Sorbitol

El sorbitol también conocido como D-glucohexano-1,2,3,4,5,6-hexol (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O) o D-glucitol, es un Hexa-hídrico o poliol que está formado por una molécula de cadena abierta de 6 carbonos y 6 grupos hidroxilos. Esta sustancia está presente en frutas del tipo de *Sorbusaucuparia* y puede estar presente de forma natural en frutas como pera, ciruela, cereza, melocotón y manzana. Se encuentra en forma sólida cristalina en color blanco y sin olor con una dulzura menor a la azúcar aproximadamente un 60 % si se compara con la sacarosa, también es soluble en agua e insoluble en etanol, tiene un valor calórico que varía de 2,4 a 3,0 kcal/g, con una entalpía de disolución de +19 kJ/mol, su masa molecular es de 182,17 g/mol y su temperatura de fusión que oscila entre 363 y 369 K (89,85 °C y 95,85 °C) (Gonzaga et al., 2019).

Según Ochoa y Roncal (2018), en cuanto a aplicaciones individuales, en 2013, el uso de sorbitol en la industria de alimentos y bebidas dietéticas representó el 24 %, seguido de su empleo en cremas dentales, el 20 % del mercado global. Además, el 15 % de su producción se destinó a la obtención de ácido L-ascórbico.

Los films elaborados con sorbitol soportan mayor fuerza máxima, estrés máximos y a la ruptura que los que tienen glicerol (en el orden de 1,5 a 2,5 veces mayores) (Escobar et al., 2008).

### 1.6.1 Propiedades fisicoquímicas del sorbitol

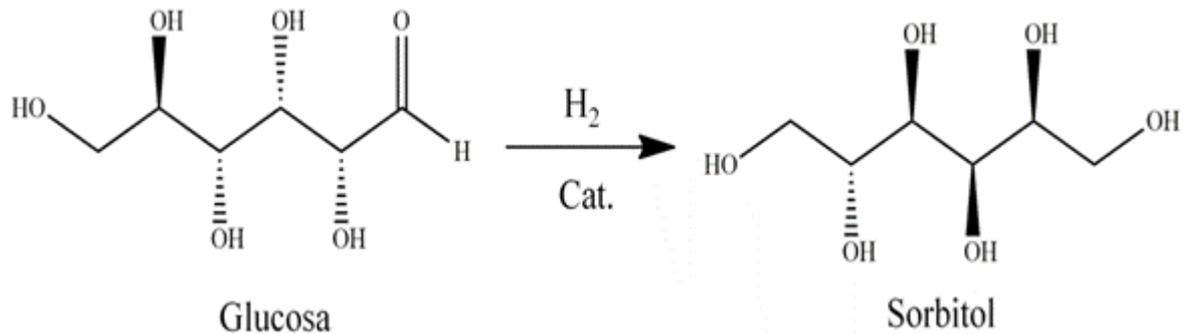
En la elaboración de películas biodegradables, Tavera et al. (2011) estudiaron los efectos de agregar sorbitol como plastificante en diferentes concentraciones (0,25, 0,5, 0,75 y 1 %). Lo que modificó las propiedades mecánicas, térmicas y microestructurales de las películas de metilcelulosa, dando la capacidad de poder deformarse, tanto a bajas como a altas temperaturas.

El sorbitol es un sólido higroscópico que actúa como humectante para atribuir un grado de humedad apropiado a diferentes productos de la industria de alimentos, productos químicos,

fármacos, etc., actuando como emulsionante en la elaboración de pasteles y dulces, impidiendo la separación de la fase acuosa y grasa en dichos alimentos (Teo & Suzuki, 2006).

Se obtiene con la hidrogenación catalítica de la glucosa, en reactores operados por lotes. Ocurre la saturación de los enlaces carbono-carbono y carbono-oxígeno de los grupos carbonilos que se encuentran en las moléculas de azúcar.

Figura 8. Transformación de glucosa en sorbitol



**Fuente:** Gonzaga et al. (2019)

Según Zapana (2019) en su investigación el recubrimiento con quitosano, almidón de maíz y sorbitol, se permitió generar una masa con buenas características de tenacidad (P) y extensibilidad (L) presentando una razón de P/L que varía entre 0,16 y 0,17 m m<sup>-1</sup>.

### 1.7 Recubrimientos

Los biopolímeros más frecuentemente empleados en la formulación de películas y recubrimientos comprenden polisacáridos como almidón, pectina, celulosa, alginato y carragenano, proteínas como gelatina, caseína, gluten de trigo y zeína, así como lípidos como ácido esteárico, ceras, grasas y ésteres de ácidos grasos. Estos componentes pueden ser utilizados de forma individual o en combinación, según Bravin et al. (2004), Chiumarelli y Hubinger (2014), y Oleyaei et al. (2016). Además, es común incorporar aditivos plastificantes como el glicerol o el sorbitol para conferir flexibilidad a la película, reduciendo su fragilidad y mejorando las propiedades mecánicas de los hidrocoloides debido a su naturaleza hidrofílica, según Chiralt et al. (2016).

Las películas y recubrimientos basados en polisacáridos representan en la actualidad una opción para el envasado de alimentos debido a su biodegradabilidad y costo de producción reducido. No obstante, su naturaleza higroscópica y su susceptibilidad a cambios físicos constituyen limitaciones significativas, según Sorrentino et al. (2007) y Rafieian et al. (2014).

Los recubrimientos cumplen diversas funciones: capturan agentes activos formando una barrera, protegen sustancias que se degradan con facilidad y se pueden aplicar fácilmente en la superficie de envases. Por lo tanto, se han convertido en una excelente alternativa para aprovechar las propiedades de los aceites esenciales (Herrera-Serna, 2019).

#### 1.7.1 Recubrimientos con almidones acetilados

El almidón presenta una desventaja significativa en su forma natural, ya que es altamente susceptible a la humedad y las películas elaboradas con él exhiben una permeabilidad elevada al vapor de agua. Este desafío ha motivado a numerosos investigadores a explorar

modificaciones en el almidón. Entre las diversas opciones de modificaciones químicas disponibles, la acetilación se destaca como una de las formas más sencillas para mejorar las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón (Seligra et al., 2016).

Varios investigadores han examinado el impacto de la acetilación en las propiedades de los acetatos con bajo y medio grado de sustitución (Singh et al., 2004; Sodhi y Singh, 2005; López et al., 2010; Colussi et al., 2014; Osundahunsi et al., 2014). Todas las modificaciones realizadas en los estudios mencionados resultan en un material con buenas propiedades mecánicas, aunque es soluble en agua.

## 1.8 TOMATE CHERRY

### 1.8.1 Generalidades de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum*)

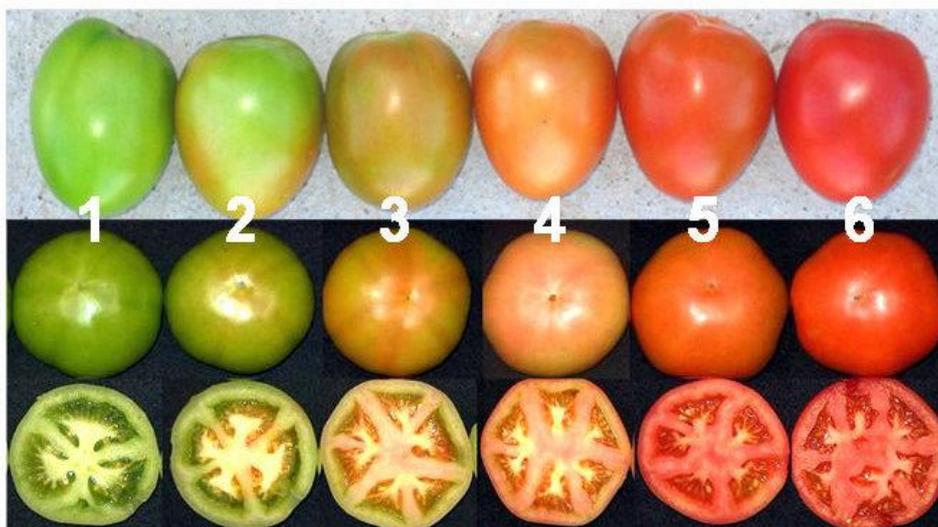
El tomate cherry conocido con su nombre científico *Solanum lycopersicum* es originaria de la familia Solanaceae, esta planta herbácea presenta un tallo extenso revestido de vellosidades, sus hojas exhiben lóbulos con márgenes dentados, y su fruto, de forma ovalada, se caracteriza por un vibrante color rojo.

En lo que respecta a sus necesidades de crecimiento, prefieren temperaturas cálidas, normalmente oscilando entre 20 y 30 °C, lo cual resulta beneficioso para un desarrollo óptimo. Las plantas demandan una gran cantidad de luz solar, por lo que la exposición al sol es crucial en su crecimiento.

En relación con el tipo de suelo, no muestran requisitos muy exigentes, pero es recomendable que el suelo tenga un buen drenaje, sea rico en materia orgánica y posea una textura arcillosa. Estas condiciones propician un desarrollo saludable de las raíces y contribuyen a la calidad del fruto. Asimismo, la información acerca del riego semanal destaca como un aspecto esencial en la gestión hortícola, garantizando un suministro constante de agua sin llegar a ser excesivo (El Tlacualero, 2022).

### 1.8.2 Escala de maduración del tomate Cherry

**Figura 9.** Tomate en seis etapas de maduración



**Fuente:** Báez y Contreras (2013)

**Tabla 6.** Clasificación de los estados de madurez según el color superficial.

| <b>ESTADOS DE MADUREZ</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |
|---------------------------|--|
| <b>1</b>                  | Superficie del fruto verde, sin presencia roja observable  |
| <b>2</b>                  | Cambio en la tonalidad de color de un verde definido a un verde menos intenso con rosado o rojo                          |
| <b>3</b>                  | Menos del 30 %, pero más del 10 % de la superficie denota un cambio definido a canela-amarillo combinado con rosa o rojo |
| <b>4</b>                  | Menos del 60 %, pero más del 30 % de la superficie muestra un cambio definitivo a rojo o rosa                            |
| <b>5</b>                  | Menos del 90 %, pero más del 60 % del fruto denota un color rojo   |
| <b>6</b>                  | Más del 90 % de la superficie muestra un color rojo más intenso  |

**Fuente:** Heuvelink (2005).

### 1.8.3 Taxonomía del tomate Cherry

**Tabla 7.** Taxonomía Tomate Cherry

|                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| <b>REINO</b>    | <i>Plantae</i>       |
| <b>DIVISIÓN</b> | <i>Magnoliophyta</i> |
| <b>CLASE</b>    | <i>Magnoliopsida</i> |
| <b>SUBCLASE</b> | <i>Asteridae</i>     |
| <b>ORDEN</b>    | <i>Solanales</i>     |
| <b>FAMILIA</b>  | <i>Solanaceae</i>    |
| <b>GÉNERO</b>   | <i>Solanum</i>       |
| <b>ESPECIE</b>  | <i>lycopersicum</i>  |

**Fuente:** Semillaria (2015).

### 1.8.4 Composición química del tomate Cherry

Los tomates son frutos climatéricos, y su proceso de maduración conlleva modificaciones en el sabor, la textura, el color y el aroma. En este proceso, se produce la descomposición de la clorofila y la síntesis de carotenoides como el licopeno, responsable del color rojo y con propiedades antioxidantes, así como el  $\beta$ -caroteno, precursor de la vitamina A. Además, se generan giberelinas, quinonas y esteroides (Fraser et al., 1994).

La pérdida de firmeza en el fruto se debe a cambios físicos y químicos relacionados con la degradación de la pared celular y la solubilización de las pectinas a través de las enzimas pectinesterasa (PE), poligalacturonasa (PG) y pectatoliasa (PL) (Marín-Rodríguez et al., 2002; White, 2002).

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

### 2.1 Aislamiento y modificación química del almidón de banano variedad Cavendish.

#### 2.1.1 Obtención de almidón nativo de banano

El banano, variedad *Cavendish* fue obtenido de la Finca «La Italia», localizada en la parroquia Santa Lucía del cantón el Guabo. Las frutas que se hallaban en su fase inmadura, con 1 como índice de madurez proporcionada por la escala de Von Loesecke, cosecha de 10 semanas y una medida de entre 39 a 42 cm. Se llevó a cabo la extracción de almidón mediante el método por inmersión o método húmedo. Se separó la pulpa de la cáscara, se trocearon a una longitud de 2 a 3 cm y se sumergieron en una disolución con 1500 ppm de metabisulfito de sodio con agua destilada relación 1:3 (p/v) respectivamente, para evitar el pardeamiento de la fruta por acción del oxígeno (González et al., 2017).

Para triturar la mezcla, se usó una licuadora semiindustrial durante 3 a 4 minutos, misma que se filtró con un lienzo y se lavó con agua destilada hasta que el extracto de salida no presentó residuos de amiláceos, permitiendo que reposara hasta sedimentarse en un transcurso de 24 h. El sedimento resultante se colocó en tubos centrífugos, para luego proceder a centrifugar en centrífuga marca Corning LSE a 2500 rpm durante 10 minutos para eliminar el sobrenadante y obtener almidón en pasta, esta fue llevada a una estufa Memert a 50°C durante 24 horas. El almidón seco se trituró con ayuda de un mortero para hacerlo polvo y se cernió a través de un tamiz de 60 de malla. para adquirir una distribución uniforme de su granulometría. El rendimiento del almidón se definió mediante la ecuación propuesta por Meaño et al. (2014).

$$\text{Rendimiento en almidón (\%)} = \frac{\text{masa de almidón (g)}}{\text{masa de la porción comestible (g)}} \times 100\% \quad (\text{Ec.1})$$

#### 2.1.2. Modificación del almidón por acetilación

Con el almidón nativo de banano se procedió a acetilar empleando el método planteado por Islas-Hernández et al. (2020) con algunas reformas, para ello, se humectó 15 g de almidón nativo en 100 mL de agua destilada que fue colocada con una plancha termoagitadora marca Cimarec a 600 rpm alrededor de 30 minutos. Seguido, se ajustó el pH entre 8 - 8,5 con NaOH al 3 %, luego con la adición de dos volúmenes diferentes de anhídrido acético, por un tiempo de 10 minutos de reacción, reduciendo el pH a 4,5 con una solución de HCl 0,5 N, posteriormente se realizaron 3 enjuagues con agua destilada y luego con alcohol. Finalmente la harina fue secada en una estufa Memert a 50 °C/24 horas. El almidón modificado seco se cernió usando un tamiz de malla 60 y almacenado en frascos plásticos color ámbar herméticamente cerrados (Islas-Hernández, 2020).

#### 2.1.3. Determinación de grupos acetilo

Para determinar los grupos acetilo se empleó el método expuesto por Rivas et al. (2009), que consistió en pesar 1 g de almidón modificado y sin modificar en base seca (bs) y se traspasó a un Erlenmeyer de 250 mL. Se adicionaron 50 mL de agua destilada con 2 gotas del indicador fenolftaleína y se contrarrestó con la base NaOH 0.1 N hasta visualizarse un viraje de color

rosado, luego se agregó NaOH, 0,45, N en un volumen de 25 mL agitándose constantemente durante 30 minutos. Transcurrido el lapso, se añadió HCl, 0,2 N, y se usó fenolftaleína como reactivo para titular, al mismo tiempo se tituló la muestra patrón usando almidón sin modificar. El porcentaje de grupo acetilo esta expresado en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acetil} = \frac{(\text{ml blanco}) \times N_{\text{del HCl}} \times 0.043 \times 100}{\text{gramos de la muestra (bs)}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde: 0.043= miliequivalentes del grupo acetilo

#### 2.1.4. Determinación del grado de sustitución (GS)

El grado de sustitución (GS) se define como la media de grupos acetilos que se incorporan por unidad de glucosa y se determinó con la fórmula descrita a continuación:

$$\text{Grado de sustitución(GS)} = \frac{162 \times \% \text{ acetil}}{4300 - (42 \times \% \text{ acetil})} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde: 162= masa molecular de la molécula anhidro glucosa

4300= 100 x masa molecular del grupo acetilo

42= masa molecular del grupo acetilo -1

## 2.2 Análisis Químico del almidón nativo y acetilado

Se utilizó el método DHUMAS para calcular el porcentaje de proteínas en los almidones, tanto nativos como acetilados. El contenido de fibra se determinó siguiendo el método WEENDE. Para los lípidos y las cenizas, se aplicaron los procedimientos descritos en las normas AOAC 2003.06.07.08 y AOAC 923.03.04.05, respectivamente. Finalmente, se calculó el contenido de carbohidratos mediante una operación matemática por diferencia de componentes.

### 2.2.1 Determinación de Temperatura de Gelificación

Para preparar la muestra, se midieron 10 g de almidón (bs) nativo y modificado por triplicado, que luego se disolvieron en agua destilada hasta alcanzar un volumen de 100 mL. Posteriormente, en un vaso de precipitado de 600 mL se calentó agua a una temperatura de 85 °C. Se extrajeron 50 mL de la solución resultante y se colocaron en un vaso de precipitación de 100 mL. Este último recipiente ingresó en el agua a 85 °C como baño María y durante el proceso, la suspensión de almidón se agitó constantemente con un termómetro hasta que se formó una pasta y la temperatura se mantuvo estable por unos segundos. Finalmente, se leyó de la temperatura de gelatinización. (Rentería, 2020)

## 2.3 Determinación de las propiedades funcionales del almidón

### 2.3.1. Determinación de propiedades funcionales del almidón nativo y modificado.

Se empleó el método detallado por Solarte et al. (2019), junto con el procedimiento descrito por Martínez et al. (2015), con algunas modificaciones para realizar el estudio de las propiedades funcionales del almidón extraído del banano. Se elaboraron soluciones de almidón con una concentración del 4% p/v, las cuales se sometieron a calentamiento a temperaturas de 50, 60, 70, 80 y 90 °C en Baño María usando una plancha térmica con agitación constante.

Posteriormente, al disminuir la temperatura de las muestras a 25 °C mediante la inmersión de los tubos previamente cerrados en un contenedor con agua, se procedió a la centrifugación en la centrífuga de marca Corning LSE a 4900 rpm durante 30 minutos. Acto seguido, se desechó el líquido para determinar el gel formado y el porcentaje de solubles. Los sobrenadantes fueron transferidos a cápsulas y llevados a una estufa a 70 °C durante 12 horas. Para calcular el Índice de Absorción de Agua (IAA), el Índice de Solubilidad en Agua (ISA) y el Poder de Hinchamiento (PI), se aplicaron las ecuaciones (3), (4) y (5) respectivamente:

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \quad (\text{Ec.3})$$

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles (g)} \times \text{Volumen del sobrenadante (ml)} \times 10}{\text{Peso de la muestra (g)}} \quad (\text{Ec.4})$$

$$PI = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)} - \text{Peso de solubles (g)}} \quad (\text{Ec.5})$$

### 2.3.2. Capacidad de Absorción de aceite (CAA)

La capacidad de retención de aceite (CAA) se analizó un análisis siguiendo el procedimiento establecido por Benítez et al. (2013), con leves modificaciones. Se mezcló 1 g de muestra con aceite vegetal (1:10). Se agitó la mezcla por un periodo de tiempo de 30 minutos manteniéndola a temperatura ambiente en una plancha térmica Marca FAITFUL. Luego de centrifugar las muestras en la centrífuga marca Corning LSE (2500 rpm/30 minutos), el sobrenadante se trasladó a una probeta graduada de 10 mL, donde se midió el volumen de aceite vegetal retenidos por 1 g de muestra seca.

### 2.3.3. Sinéresis

Se utilizó el procedimiento de Martínez et al. (2015) para preparar suspensiones con agua destilada de almidón al 2% (bs). Las dispersiones se sometieron a 90 °C por 30 min con agitación en baño María en la plancha térmica FAITFUL, luego se disminuyó la temperatura usando un baño con hielo picado durante 6 minutos hasta que llegue a 25 °C. Posteriormente, las muestras se almacenaron por 7 días a 4 °C, y se determinó la sinéresis y la cantidad de agua liberada después de centrifugar (centrífuga marca Corning LSE) la muestra a 3000 rpm por 15 min.

El procedimiento incluyó el calentamiento de las dispersiones de almidón en baño maría a 90 °C, seguido de un rápido enfriamiento con hielo picado, lo que puede afectar las propiedades y estructura de las dispersiones de almidón.

## 2.4 Determinación de la Densidad Aparente del almidón

### 2.4.1. Determinación de la Densidad Aparente

Para la determinación de propiedades ópticas se aplicó la propuesta de Choque et al. (2024), con algunas modificaciones.

Una probeta graduada de 10 mL fué pesada en la balanza analítica Marca RADWAG AS 220.R2 PLUS y cuidadosamente llenado con la muestra. realizarán toques suaves varias veces en el exterior hasta que no haya más disminución en el nivel de la muestra. La densidad se calculará utilizando la ecuación:

$$\rho = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Volumen final}} \quad (\text{Ec.6})$$

## 2.5. Evaluación de soluciones formadoras de recubrimiento de almidón de banano acetilado y aceite esencial de Romero (*Salvia rosmarinus*).

### 2.5.1 Obtención de soluciones formadoras de recubrimiento

Para la obtención de las soluciones formadoras de recubrimiento, se utilizó el método propuesto por Raspo et al. (2020), con algunas modificaciones. Se empleó el software Statgraphics Centurion XVI.I para plantear y analizar un diseño factorial multinivel completamente aleatorizado de tipo 2<sup>2</sup> (ver Tabla 2). Las variables independientes consideradas fueron los porcentajes de sorbitol (3 – 5 %) esencial de romero (0,3 - 0,5 %), y las variables de respuesta fueron Índice de Madurez, pH, Pérdida de peso, Acidez Titulable y Sólidos Totales.

Se realizó la preparación con una solución con almidón acetilado al 4% p/v, se calentó la solución formada en una plancha termo-agitadora marca FAITHFUL, con agitación constante hasta alcanzar una temperatura de 80 °C. Posteriormente, se añadió la cantidad correspondiente (3 - 5 %) de sorbitol, según el diseño experimental y se mantuvo por 30 minutos a temperatura y agitación constante.

Transcurrido el tiempo, se enfrió la solución hasta los 35°C y se añadió el emulsificante (Tween 80) en una relación 0,5:1 con la cantidad de aceite esencial. La agitación continuó durante 5 minutos y luego se añadió aceite esencial de romero según el diseño experimental. La solución se llevó a un homogeneizador de hélice (DLAB D-500) a 15000 rpm durante 4 minutos.

### 2.5.2 Desarrollo del Diseño Experimental

Se elaboró una matriz de diseño experimental con diversas concentraciones de componentes formadoras de recubrimientos en varias combinaciones: Donde el almidón se mantuvo constante (4 % p/v), y variantes el sorbitol (3;5 % p/v) y el aceite esencial (0,3; 0,5 % p/v). La mezcla fue agitada en una plancha termo-agitadora marca FAITHFU de manera continua durante media hora, mientras la temperatura del baño maría asciende a 80 °C. Este proceso se realizó con el objetivo de conseguir que el almidón gelatinice, lo que resultaría en la obtención del recubrimiento.

**Tabla 8.** Diseño Experimental Factorial para solución formadora de recubrimiento.

| Tratamiento | Sorbitol,<br>% p/v | Aceite esencial<br>de Romero,<br>% p/v |
|-------------|--------------------|--|
| 1           | 3                  | 0,5                                    |
| 2           | 3                  | 0,3                                    |
| 3           | 5                  | 0,3                                    |
| 4           | 5                  | 0,5                                    |
| 5           | 3                  | 0,3                                    |

|   |   |            |
|---|---|------------|
| <b>6</b>  | 3 | 0,5        |
| <b>7</b>  | 5 | 0,3        |
| <b>8</b>  | 5 | 0,5        |
| <b>9</b>  | 5 | 0,3        |
| <b>10</b>                                       | 3 | 0,3        |
| <b>11</b>                                       | 3 | 0,5        |
| <b>12</b>                                       | 5 | 0,5        |
| Parámetro                                       |   | constante: |
| 4% de almidón de banano en mL de solución (p/v) |   |            |

## 2.6 Tratamiento y aplicación de los recubrimientos en los Tomates Cherry

Los tomates fueron inmersos en una solución a 5ppm de hipoclorito de sodio a temperatura ambiente por 15 minutos, luego se enjuagó con agua destilada y se dejó secar al ambiente. Se sumergieron los tomates 2 veces en la solución de recubrimiento durante 4 minutos cada v una y se dejaron secar a  $(30 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C})$  en 1 hora este se realizó en estufa marca MERMET, luego los tomates fueron almacenados en refrigeración  $(2 - 4^\circ\text{C})$  durante 8 días.

### 2.6.1 Determinación de pérdida de peso en los tomates Cherry

La Pérdida de peso fue medida de acuerdo con la metodología de Barco-Hernández et al. (2011), Se utiliza la balanza analítica Marca RADGAW AS 220.R2 PLUS con desviación de  $\pm 0.01$  mg por medio de las variaciones de peso de cada tratamiento en el día 0 (Pi), menos el peso final de almacenamiento (Pf). El porcentaje del PP a registrar se expresa mediante la ecuación (Ec. 9)

$$\%PP = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (\text{Ec. 9})$$

## 2.7 Estudio de tomates Cherry recubiertos sometidos a refrigeración

La solución formadora de recubrimiento fue realizada en base a los tratamientos descritos en la tabla 10 del diseño factorial. Las muestras (tomates Cherry) se compraron en el Hipermarket, un centro comercial situado en Machala, Se llevó a cabo la clasificación y selección de tomates que estaban sanos, sin afecciones aparentes y ovoides, sin signos de daño o grietas, y que presentaban un nivel de madurez de 4 según la escala de color para tomates y con un diámetro de entre 20 a 25 mm (Figura 9). Posteriormente, los tomates se desinfectaron sumergiéndolos en una solución de NaClO a 5 ppm /15 min y lavados con agua destilada, tras lo cual se dejaron secar. Se aplicó un recubrimiento a los tomates mediante el método de inmersión, sumergiéndolos dos veces durante 4 minutos en la solución formadora de recubrimientos y luego se secaron a  $(30 \pm 1^\circ\text{C})$  en 1 h en la estufa Marca MERMET (Amaya et al., 2009). Para determinar la eficacia del recubrimiento, se realizaron análisis del índice de madurez, sólidos totales, pH, pérdida de peso y acidez titulable de los tomates, tanto con recubrimiento como sin él, almacenados a refrigeración  $(2 - 4^\circ\text{C})$  durante un período de 8 días.

### 2.7.1 Determinación de Pérdida de Peso

La pérdida de peso se analizó de acuerdo con el método mencionada en el apartado 2.6.1 en donde se registró el peso de los tomates al inicio (Pi) y después de 8 días (Pf) de refrigeración.

### 2.7.2 Determinación de Sólidos Totales

Según el método establecido por Barco-Hernández et al. (2011) con modificaciones; se separó la cáscara de la pulpa de los tomates y se trituraron en un mortero para extraer el jugo y medir los sólidos solubles totales (SST) usando un refractómetro con rango de lectura de 0-32, calibrado y lavado con agua destilada luego de cada uso.

### 2.7.3 Determinación de Acidez Titulable

Para evaluar el porcentaje de acidez titulable se usó el procedimiento de titulación por triplicado evaluados por Ferrer (2020); Astudillo y Botina (2017) con ciertas modificaciones; se tomaron 5 g de tomate y 95 mL de agua destilada para diluir la muestra, luego se tituló con NaOH 0,1 N con ayuda del indicador Fenolftaleína hasta el punto de viraje y se registra el volumen (mL) de NaOH utilizado. Para representar el porcentaje del ácido predominante en la muestra (ácido cítrico), se empleó la siguiente ecuación:

$$\%Ac.Titulable = \frac{Vn(mL) - N(NaOH) * 0.064 * 100}{Peso\ del\ Jugo\ (g)} \quad (Ec. 10)$$

Donde:

V<sub>n</sub>= Volumen de NaOH consumido para titular

N= Normalidad de la base (NaOH)

0,064= Peso equivalente (mg de ácido cítrico)

### 2.7.4 Determinación de pH

El pH fue determinado con la Norma NTE INEN-ISO 1842-2013, se obtuvo el extracto líquido (5 gr jugo de tomate) de la muestra por trituración en un mortero, y se disolvió en 50 mL de agua destilada, posteriormente se midió el pH con un pHmetro de marca Orion Star-A111 y el valor obtenido fue registrado.

### 2.7.5 Determinación de Índice de Madurez

El Índice de Madurez de los tomates Cherry se determinó mediante la Norma NTE INEN 1909 reportada por Ferrer (2020) utilizando la siguiente ecuación:

$$\acute{I}ndice\ de\ Madurez = \frac{S\acute{o}lidos\ Solubles\ Totales\ (^{\circ}Brix)}{\% Acidez\ Titulable} \quad (Ec. 11)$$

## CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Rendimiento de almidón extraído

*Tabla 9. Rendimiento del almidón de banano Cavendish*

| Extracción           | Peso de la pulpa<br>de banano (g) | Peso del almidón<br>seco (g) | % de rendimiento |
|----------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1                    | 1 000                             | 311,44                       | 31,14            |
| 2                    | 1 000                             | 318,77                       | 31,88            |
| 3                    | 1 000                             | 304,52                       | 30,45            |
| 4                    | 1 000                             | 313,13                       | 31,313           |
| 5                    | 1 000                             | 308,37                       | 30,84            |
| Total                | 5 000                             | 1 556,23                     |                  |
| $\bar{x} \pm \sigma$ |                                   | $311,246 \pm 4,77$           | $31,12 \pm 0,48$ |

Simbología: Gramos = g; Porcentaje = %; Media aritmética =  $\bar{x}$ ; Desviación Estándar =  $\sigma$

El rendimiento del almidón de banano por método húmedo con inmersión en metabisulfito a 1500 ppm fue de  $31,12 \pm 0,48$  % como se registra en la **Tabla 9**; esta secuencia es diferente a los obtenidos por Pescoran, (2018) donde el rendimiento no sobrepasa el 2% en almidón del plátano bellaco (*Musa paradisiaca L.*) donde el plátano fue tratado con bisulfito al 5 y 10%, valores que también comparten Ortega, (2016) con un rendimiento de 4,73 y 6,70% sin adición de componentes antioxidantes, estos registros se pueden deber al tipo de variedad, método de extracción, concentración de antioxidante y ubicación de cosecha de la materia prima.

### 3.2 Efecto de la modificación por acetilación en las propiedades químicas del almidón

Se valoró la capacidad de modificación por acetilación por 2 componentes; grados de sustitución y % de acetilo (**Tabla 12**)

#### 3.2.1 Valoración de grupos acetilos y grados de sustitución

*Tabla 10. Efecto del volumen de acetilación sobre el % Acetilación y Grado de sustitución (GS).*

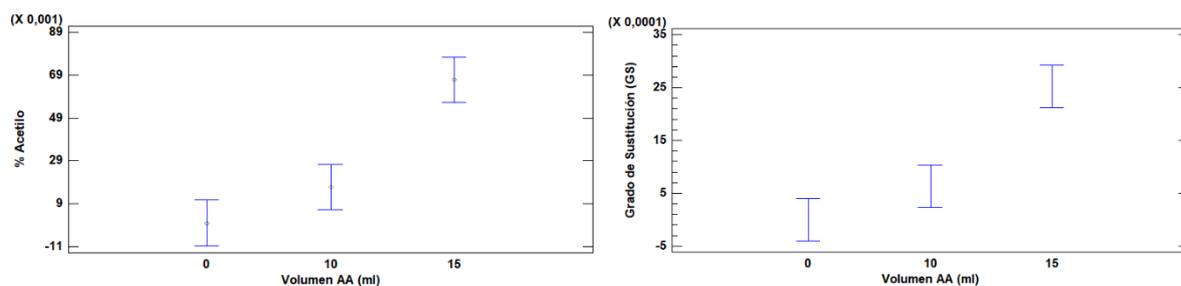
| Volumen AA<br>(mL) | %Acetilo              | GS                    |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0                  | 0                     | 0                     |
| 10                 | $0,0167 \pm 0,0109$ a | $0,0006 \pm 0,0004$ a |
| 15                 | $0,0669 \pm 0,0148$ b | $0,0025 \pm 0,0005$ b |

Media aritmética por triplicado  $\pm$  Desviación estándar; medias en una columna son diferente letra son significativamente diferentes ( $p \geq 0,05$ )

De acuerdo con la **Tabla 10**, se registran valores en incremento, dado que a medida que el volumen de Anhídrido Acético (AA) incrementa, los porcentajes de acetilo y grados de sustitución también ( $p \geq 0,05$ ), como se evidencia en la **Figura 10** en el almidón de banano variedad *Cavendish*, los datos exhiben una distribución normal, como indica el estadístico W de Shapiro-Wilk con un valor ( $p \geq 0,05$ ) y un nivel de confianza del 95%. Además, se ha verificado la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Levene's. Misma tendencia

reportaron Vargas et al. (2016) al investigar estos dos componentes en almidón de papa a concentraciones de 5, 10 y 15 % volumen de AA, determinando un aumento en el GS con valores de 0,02;0,03;0,05 respectivamente. Por otro lado, Rendón-Villalobos *et al.* (2011) y Martínez et al. (2019), reportaron que los GS obtenidos aumentaron con mayor porcentaje de AA añadido en almidón de plátano (*Musa paradisiaca L.*) y papa var. *Unica*, esta tendencia se podría deberse al elevado grado de reacción del AA y al ser la incorporación de grupos acetato (COOH) en los carbonos 2, 3 y 6 de la unidad anhidro glucosas pertenecientes a la molécula de almidón, pueden ser sustituidos fácilmente, agregando más grupos acetatos en la molécula de almidón sin modificar. El GS se verá limitado por la disponibilidad de los grupos OH en la cadena de almidón, dado que la reacción siempre empezará por el carbono más libre para reaccionar (Prieto-Méndez, 2010).

**Figura 10.** Media de Fisher LDS del Porcentaje de Acetilo y Grado de sustitución en relación con la concentración de AA.



### 3.3 Análisis proximal a distintos volúmenes de Anhídrido acético (AA)

**Tabla 11.** Análisis de composición química de almidón nativo y modificados a diferentes volúmenes de AA.

| Propiedades Químicas | Volumen de AA (mL) |                  |                  |
|----------------------|--------------------|------------------|------------------|
|                      | 0                  | 10               | 15               |
| Hidratos de Carbono  | 84,392 ± 0,222 a   | 85,946 ± 0,032 b | 87,060 ± 0,069 c |
| Proteína             | 1,936 ± 0,106 b    | 1,583 ± 0,040 a  | 1,550 ± 0,086 a  |
| Ceniza               | 1,260 ± 0,017 c    | 0,873 ± 0,005 b  | 0,476 ± 0,005 a  |
| Humedad              | 10,773 ± 0,351 c   | 10,393 ± 0,005 b | 9,766 ± 0,011 a  |
| Grasa                | 0,863 ± 0,005 c    | 0,846 ± 0,005 b  | 0,023 ± 0,005 a  |
| Fibra                | 1,614 ± 0,144 b    | 0,356 ± 0,011 a  | 0,283 ± 0,028 a  |

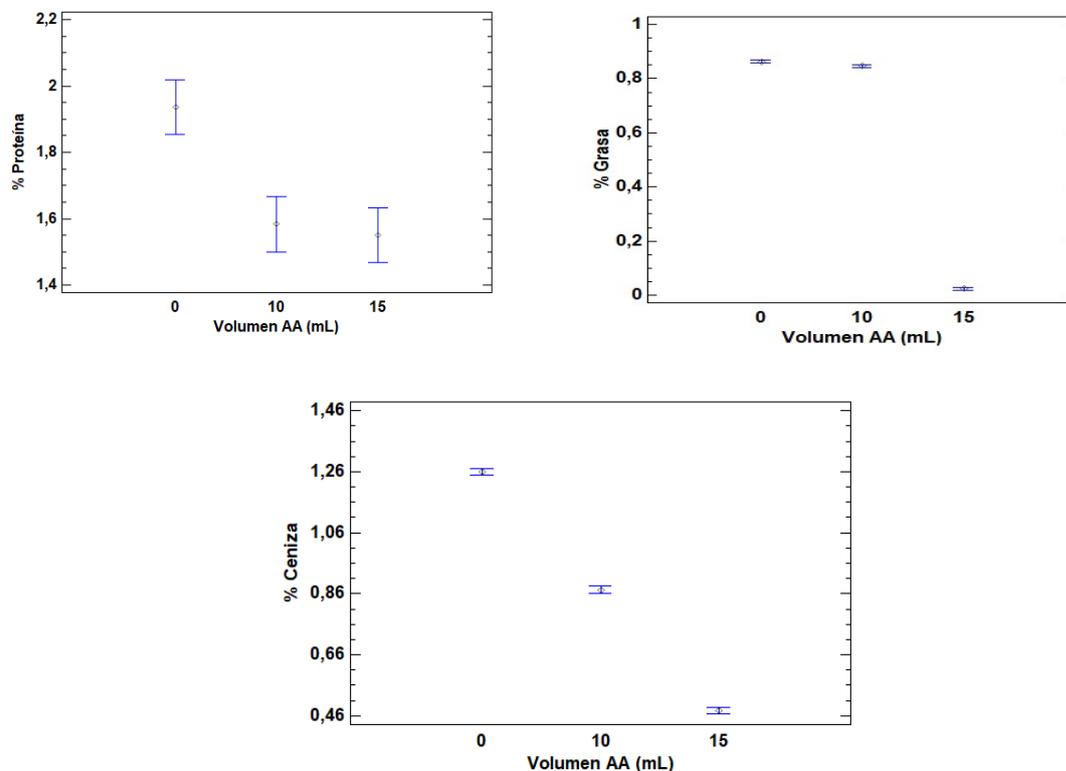
Promedio por triplicado ± desviación estándar  
Diferencia de letras en la misma columna, indica diferencia significativa debido al volumen de anhídrido acético (p≤0,05).

Según la Tabla 11. se puede verificar la composición química del almidón de banano variedad *Cavendish*. Los resultados indican que los valores P del estadístico W de Shapiro-Wilk de las variables carbohidratos, proteína, ceniza y humedad presentan diferencia significativa (p≤0,05), evidenciando distribución normal de datos con un 95% de confianza. Además, en la prueba de Levene's se verifica la homogeneidad de las varianzas, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa (p≥0,05) entre las desviaciones estándar de las variables en las tres réplicas con aumento de volumen de AA. Por otro lado, los valores no son

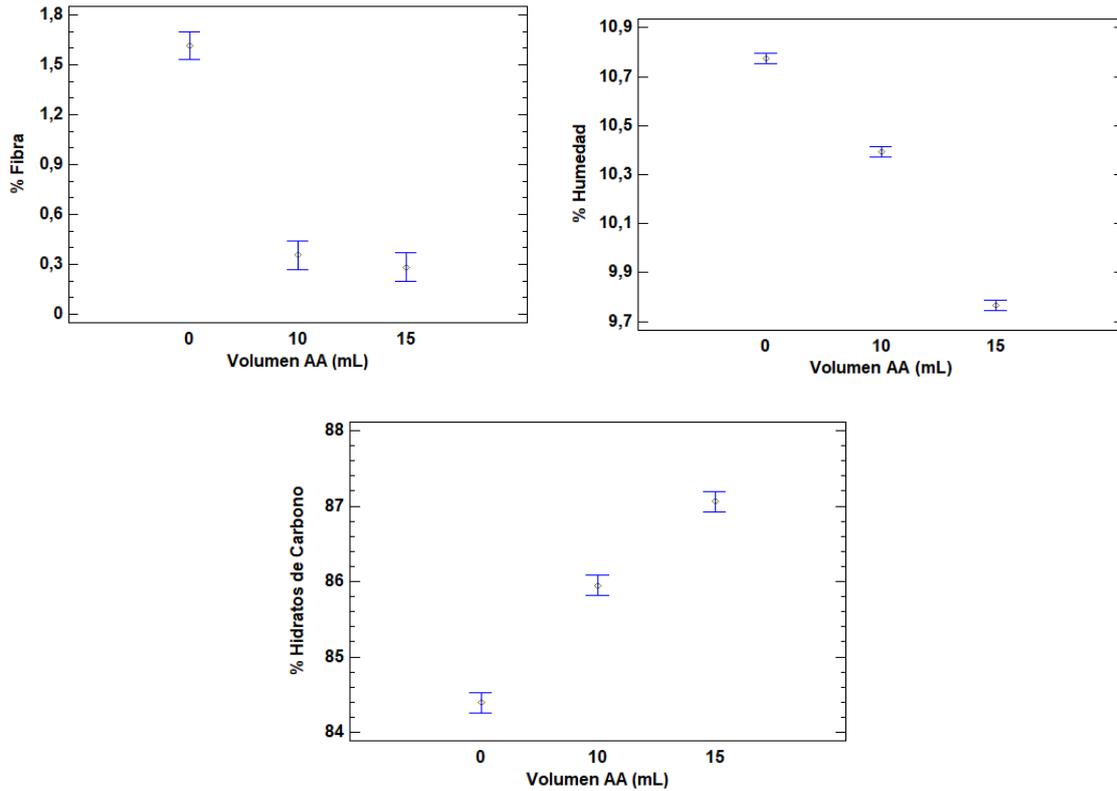
significativamente diferentes ( $p \geq 0,05$ ) en los componentes de porcentaje grasa y porcentaje fibra.

Finalmente, mediante el análisis de ANOVA y el valor P de la prueba Fisher, el volumen de anhídrido acético tiene una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) sobre los diversos componentes químicos de los almidones acetilados. En la **Figura 11.** se pueden visualizar los componentes químicos del almidón nativo y acetilado. Los porcentajes de Proteína, grasas y cenizas disminuyen gradualmente con el aumento de volumen de AA; misma tendencia que fue destacada por Reddy et al. (2015), en donde se registraron valores que disminuyen a mayor porcentaje de acetilación de Proteínas 1,65/1,24; Grasas 0,48/0,41 y Cenizas 1,2/0,73 de almidones nativos y acetilados, respectivamente. Por el contrario, la secuencia reflejada en la investigación de Pérez et al. (2002) sobre la modificación de banano var. *Macho*, incrementan con la modificación por acetilación; donde los valores de proteína, grasa y cenizas fueron; 1.00/0.42/0.20 para almidón nativo y 1.20/0.35/0.27 para almidón modificado de plátano, lo que podría atribuirse a la desnaturalización o precipitación de proteínas periféricas, saponificación de lípidos y a la lixiviación minerales durante la esterificación. (Ayo-Omogie et al., 2022)

**Figura 11.** Media de Fisher LDS del Efecto del volumen de AA con respecto a los porcentajes de Proteína, Grasa y Ceniza



**Figura 12.** Media de Fisher LDS del Análisis proximal del volumen de AA sobre los porcentajes de humedad, fibra y carbohidratos

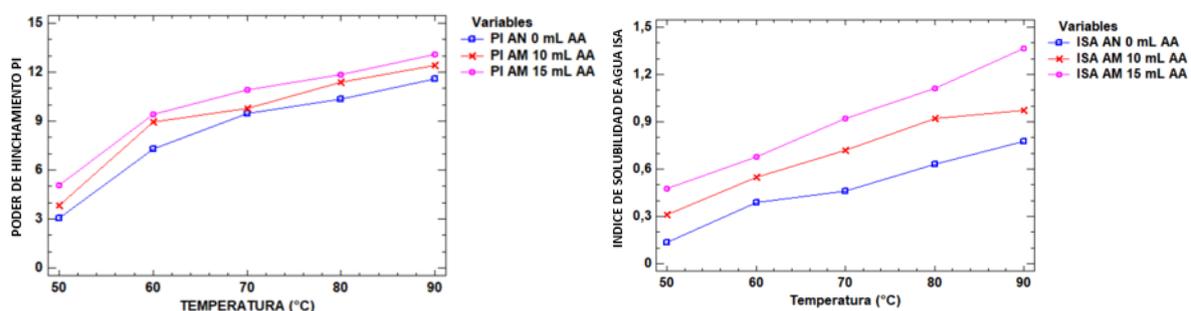


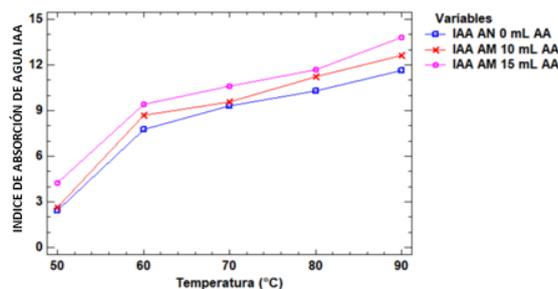
Según la **Figura 12**, se puede observar que los porcentajes de fibra y humedad disminuyen, mientras que los hidratos de carbono incrementan con relación al volumen de AA adicionado. La misma tendencia a disminuir el porcentaje de humedad en almidones modificados por acetilación, la comparten otros autores (Túquerres, 2021; Trujillo, 2014), presentando el mayor porcentaje de humedad el almidón nativo, por otro lado, de acuerdo con Ayo-Omógic et al. (2022) los hidratos de carbono tienen la tendencia a ascender dando valores de 84,38/88,34 del almidón nativo y acetilado de *Cardaba banana*, mientras que nuestra investigación los valores son similares como podemos corroborar con la Tabla 11. El bajo contenido de humedad puede deberse a la descomposición de las partículas de almidón a medida que se produce la modificación (Olayinka et al., 2015)

### 3.4 Propiedades Funcionales del almidón nativo y modificado

3.4.1 Efecto del volumen de AA sobre el Poder de Hinchamiento (PI), Índice de solubilidad (ISA) y absorción de agua (IAA), Capacidad de Absorción de aceite (CAA) y % de Sinéresis.

**Figura 13.** Efecto de la temperatura sobre el Poder de Hinchamiento (PI), Solubilidad de agua (ISA) e Índice de Absorción (IAA)





Los valores observables en base a los tratamientos de almidón modificado (AA) son similares a los obtenidos por Sulbarán et al. (2018), en donde los almidones modificados tuvieron valores superiores ( $p \leq 0,05$ ) que los almidones nativos, aumentando de tal manera con el incremento de temperatura. Según lo demostrado por Sulbarán et al. (2018) a mayor concentración de reactivo, se mostró un mayor hinchamiento, siendo similar a los datos mostrados en la Figura 13. donde a mayor volumen de anhídrido acético se obtuvo mayor poder de hinchamiento. La tendencia de incremento del PI coincide con lo reportado por Cedeño et al. (2021); Ulfa et al. (2019) en donde la incorporación de grupos acetilo en las moléculas de almidón nativo generan un fraccionamiento en la parte intragranular de la región amorfa, provocando una desorganización en la estructura del gránulo, mostrando mejoras en el poder de hinchamiento respecto al almidón nativo.

Bello et al. (2002) en donde los almidones preparados a mayor concentración de agente modificante presentaron un mayor índice de solubilidad ( $p \leq 0,05$ ), resaltando que al someter al almidón modificado a altas temperaturas (80 y 90°C) presentó valores más altos de solubilidad. Éste incremento de la solubilidad muestra una mejora en la dispersión del almidón en sistemas acuosos, puesto que los grupos acetilo impiden una asociación en las cadenas del almidón. La interacción entre la amilosa y los lípidos, el peso molecular, el tamaño de los gránulos de almidón, la proporción entre amilosa y amilopectina, la distribución de las longitudes de las cadenas de amilopectina, las interacciones entre las cadenas de amilosa y amilopectina, la estructura molecular de los gránulos de almidón y su disposición cristalina. La solubilidad afecta principalmente al contenido de amilosa, mientras que el poder de hinchamiento lo influye el componente de amilopectina (Sondari et al., 2021)

En base a los datos obtenidos se puede evidenciar que los almidones modificados mostraron un mayor índice de absorción de agua y aumentando a su vez, al incrementar la temperatura ( $p \leq 0,05$ ), siendo valores similares a los obtenidos por Cedeño et al. (2021) y Anchundia (2019) que, al aumentar el grado de sustitución, incrementa el índice de absorción de agua, los valores pueden variar según el método de obtención de almidón y temperatura de reacción implementada, por lo que a mayor volumen de anhídrido acético incrementa progresivamente el índice de absorción de agua. La formación de un gel óptimo no puede ser alcanzada si la cantidad de agua es insuficiente. Cuanto mayor sea el IAA, más material constituyente del almidón se pierde, mientras que cuanto menor sea el IAA, más compacta es la estructura. La ISA, PI y el IAA están relacionados con otros parámetros, como la viscosidad y la cristalinidad. Los aumentos en el ISA, PI y el IAA están asociados a una disminución de la cristalinidad del almidón (Subroto et al., 2023).

**Tabla 12.** Efecto del volumen de AA sobre la Capacidad de Absorción de Aceite (CAA)

---

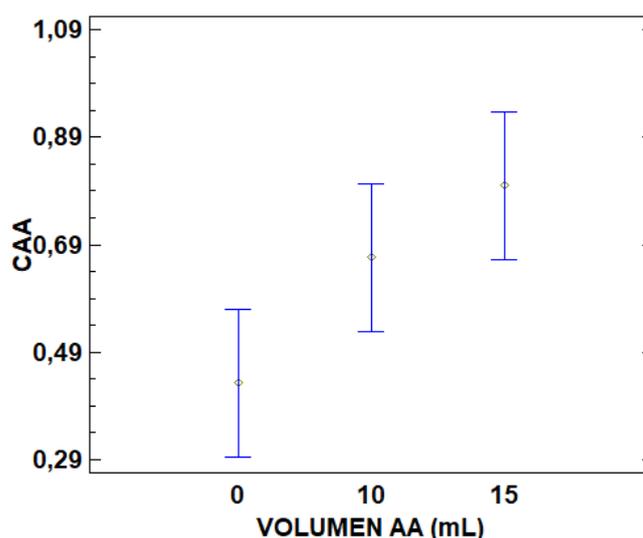
**Volumen de AA (mL)**

---

| Propiedades Funcionales          | 0               | 10               | 15              |
|----------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Capacidad de absorción de aceite | 0,433 ± 0,152 a | 0,666 ± 0,152 ab | 0,800 ± 0,100 b |

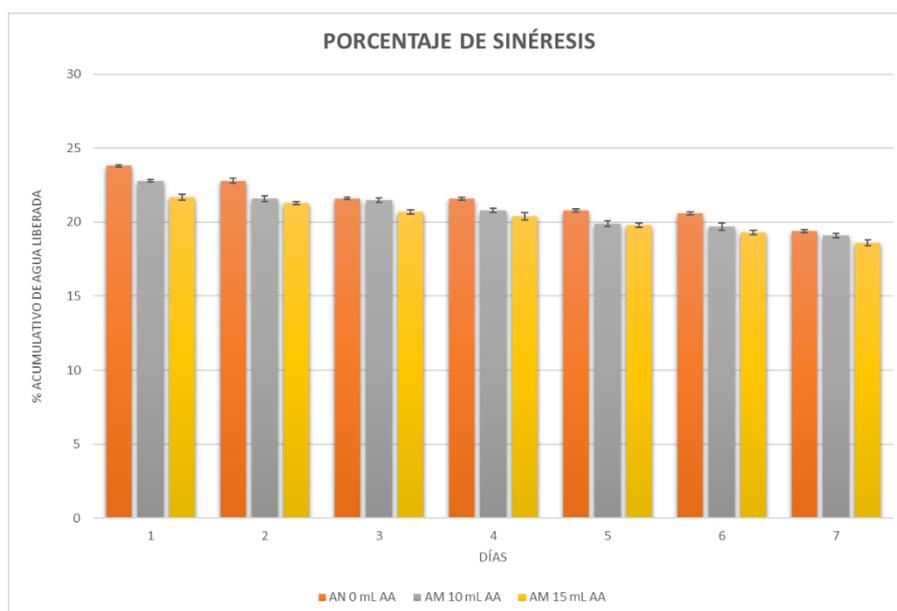
Promedio por triplicado ± desviación estándar  
Diferencia de letras en la misma columna, indica diferencia significativa debido al volumen de anhídrido acético (p<0,05).

**Figura 14.** Media de Fisher LDS del Efecto del volumen de AA sobre la CAA



En la **Figura 14.** se puede apreciar que existe un incremento en CAA al aumentar el volumen de AA en la reacción de modificación, misma tendencia fue encontrada por Neeraj y Bisht et al. (2018) de un 0,20 a 0,39 mL/g de CAA en almidón de papa dulce. Tendencia similar registraron Palavecino et al. (2019) y Campusano et al. (2018) de 2,18/2,34 mL/g y 1,61/2,06 g/g de CAA en sorgo y harina de banano. Esta secuencia podría deberse a la propiedad hidrofóbica generada por el grupo químico añadido al almidón mediante acetilación, junto con el efecto estérico inducido por este grupo, facilita la penetración del aceite en el gránulo de almidón.

**Figura 15.** Porcentaje de sinéresis sobre tiempo de refrigeración de almidón nativo y modificados.



Se realizó la observación de liberación de agua del almidón nativo y modificados durante 7 Días, tendencia que se puede visualizar en la **Figura 15**. Reportando una disminución en el porcentaje de sinéresis al aumentar los días, demostrando que el almidón con mayor volumen añadido de AA es más estable a la refrigeración. Palavecino et al. (2019), registró que la acetilación con AA fue efectiva para estabilizar el almidón de sorgo marrón, pues redujo el proceso de sinéresis en un 13 %, resultados similares obtuvieron De Medeiros et al. (2017) oscilando entre 10,51% de sinéresis de banano de plátano var. *Mysore* durante 360h. esto puede ser debido a la propiedad de barrera por la introducción de grupos acetilos en la molécula anhidro glucosa del almidón modificado impidiendo la salida del agua y aumentar la estabilidad a liberar agua en condiciones de refrigeración, lo que indica que el almidón es más estable a la degradación.

### 3.5 Efecto del volumen de AA añadido sobre las propiedades físicas del almidón nativo y modificado

**Tabla 13.** Propiedades físicas del almidón nativo y modificado

| Propiedades Ópticas | Volumen de AA (mL) |                 |                 |
|---------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
|                     | 0                  | 10              | 15              |
| Densidad Aparente   | 0,699 ± 0,001 a    | 0,742 ± 0,001 b | 0,748 ± 0,004 c |

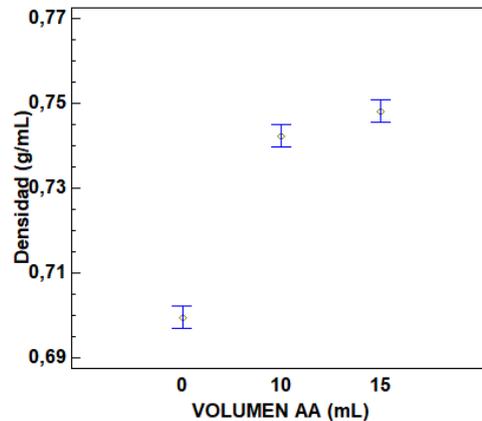
Promedio por triplicado ± desviación estándar  
Diferencia de letras en la misma columna, indica diferencia significativa debido al volumen de anhídrido acético (p<0,05).

Con respecto a los datos observados en la **Tabla 13**. Se puede evidenciar que los almidones modificados mostraron valores de densidad mayores a las del almidón nativo, al incrementar el volumen de AA con un (p≤0,05), misma tendencia a aumentar, pero en menor proporción presentaron los datos obtenidos por Ortega (2016) y Benítez et al. (2012) reportan valores de densidad aparente de 0,71-0,83 g/mL para harina de banano (*Musa acuminata* AAA) y 0,80-

0,99 g/mL en densidad aparente de frejoles. Sulbarán et al. (2018) mencionan que, en almidón acetilado de millo, esta tendencia se debe a que, cuando el tamaño granular es mayor, sufren mayor daño durante la modificación química, se interpretaría que la presencia de almidones más amorfos y con imperfecciones en su superficie, su densidad aparente sería mayor.

La **Figura 16**. Demuestra el comportamiento de la propiedad física evaluada misma que disminuyen al aumentar el volumen de AA añadidos detallados anteriormente (**Tabla 13**).

*Figura 16. Efecto del volumen de AA sobre la densidad del almidón*



### 3.6 Efecto de las soluciones formadoras de recubrimientos de almidón de banano acetilado y aceite de romero (*Salvia rosmarinus*) en tomates cherry sometidos a refrigeración.

*Tabla 14. Evaluación de parámetros de conservación y varianza de acuerdo con el diseño Experimental.*

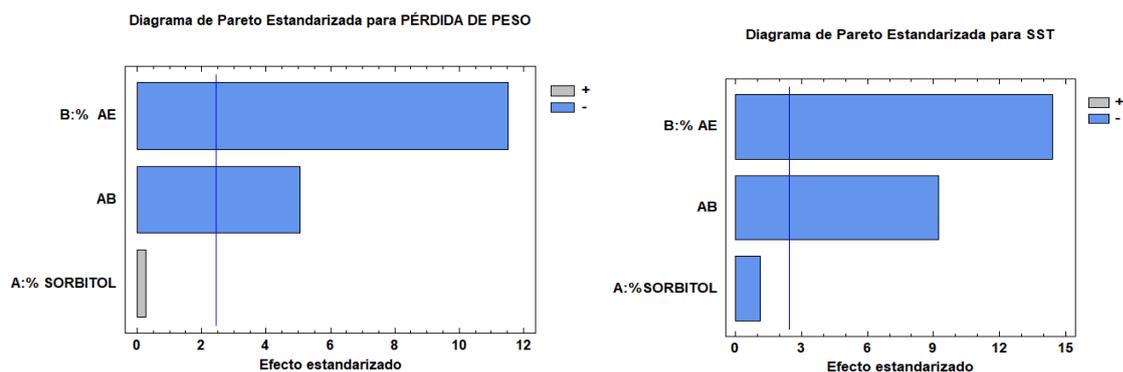
| Tratamiento | Sorbitol, % p/v | AE, % p/v | Brix         | pH           | Acidez       | Perdida Peso | Índice de Madurez |
|-------------|-----------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| 1           | 3               | 0,3       | 4,71 ± 0,020 | 4,55 ± 0,020 | 0,35 ± 0,015 | 4,43 ± 0,031 | 13,35 ± 0,552     |
| 2           | 5               | 0,3       | 4,83 ± 0,010 | 4,64 ± 0,015 | 0,33 ± 0,006 | 4,72 ± 0,021 | 14,49 ± 0,223     |
| 3           | 3               | 0,5       | 4,57 ± 0,010 | 4,43 ± 0,010 | 0,44 ± 0,015 | 3,80 ± 0,025 | 10,47 ± 0,393     |
| 4           | 5               | 0,5       | 4,37 ± 0,006 | 4,28 ± 0,015 | 0,51 ± 0,015 | 3,39 ± 0,025 | 8,52 ± 0,241      |
| 5           | 3               | 0,5       | 4,61 ± 0,015 | 4,46 ± 0,017 | 0,41 ± 0,025 | 3,86 ± 0,021 | 11,37 ± 0,744     |
| 6           | 5               | 0,5       | 4,48 ± 0,021 | 4,33 ± 0,015 | 0,49 ± 0,020 | 3,63 ± 0,026 | 9,15 ± 0,346      |
| 7           | 5               | 0,3       | 4,86 ± 0,020 | 4,68 ± 0,015 | 0,31 ± 0,015 | 4,76 ± 0,021 | 15,54 ± 0,773     |
| 8           | 3               | 0,3       | 4,69 ± 0,015 | 4,49 ± 0,015 | 0,36 ± 0,021 | 4,12 ± 0,012 | 13,19 ± 0,790     |
| 9           | 5               | 0,3       | 4,88 ± 0,020 | 4,71 ± 0,025 | 0,27 ± 0,017 | 4,82 ± 0,025 | 18,12 ± 1,184     |

|  |   |     |              |              |              |              |               |
|--|---|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| <b>10</b>  | 3 | 0,5 | 4,67 ± 0,021 | 4,46 ± 0,006 | 0,39 ± 0,021 | 3,98 ± 0,015 | 11,89 ± 0,600 |
| <b>11</b>  | 3 | 0,3 | 4,73 ± 0,021 | 4,59 ± 0,021 | 0,33 ± 0,023 | 4,55 ± 0,025 | 14,54 ± 1,007 |
| <b>12</b>  | 5 | 0,5 | 4,44 ± 0,015 | 4,37 ± 0,020 | 0,48 ± 0,025 | 3,54 ± 0,025 | 9,21 ± 0,444  |
| Media de tres repeticiones ± desviación estándar |   |     |              |              |              |              |               |

Según los datos obtenidos, los tratamientos 4, 6 y 12 (5 % p/v Sorbitol- 0,5 % p/v AE de Romero) representan los valores máximos, indican que hubo una menor pérdida de peso con una media de 3,52 % PP, valores similares a los obtenidos por Jumbo y Machuca (2022), donde el recubrimiento disminuyó la tendencia del porcentaje de pérdida de peso, a diferencia de los tomates sin recubrimiento que aumentaron este componente. Osae et al. (2022), señalan que los recubrimientos funcionan como una barrera que previene la pérdida de humedad al disminuir la migración del agua hacia el entorno externo.

Los datos obtenidos en relación con los SST (Brix) en las muestras 4, 6 y 12 denotan los valores más bajos, debido a que el recubrimiento retardó la madurez del fruto manteniendo estables los SST a temperaturas de refrigeración (2 a 4°C), una tendencia similar a la de Amaya et al. (2009) en donde el contraste, transcurridos los días 6 y 9, los frutos cubiertos con solución de almidón y cera mostraron un incremento menor de los SST debido a un proceso de maduración más lento, comportamiento similar al registrado en otras frutas evaluadas.

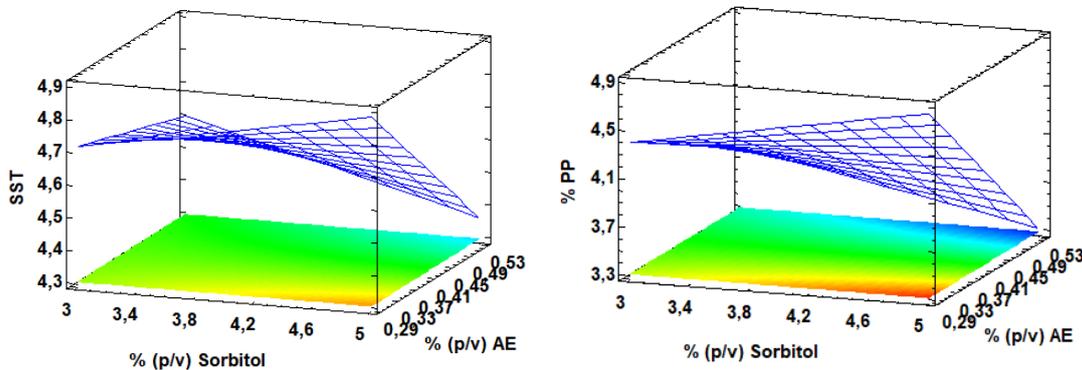
**Figura 17.** Diagrama de Pareto del % Pérdida de peso y SST con respecto al diseño experimental



En la **Figura 17** se visualizan los Diagramas de Pareto Estandarizada para %PP y SST, se puede observar que el porcentaje (p/v) AE de Romero y su interacción con el porcentaje Sorbitol (p/v) afectan significativamente a las variables de respuesta ( $p \leq 0,05$ ), provocando una disminución en las variables de respuesta, con respecto al % (p/v) Sorbitol no tiene influencia significativa en las variables de respuesta ( $p \geq 0,05$ ), en el %PP y SST del tomate cherry. En la **Figura 18**, se presentan las superficies de respuesta estimada, misma que asocia los dos componentes establecidos y el efecto de su interacción sobre el %PP y SST de los tomates cherry. Según Álvarez (2012) Las sustancias hidrófobas como los aceites insolubles en agua son efectivos para prolongar la transferencia de agua a través del recubrimiento, no obstante, hay que

instaurar un equilibrio entre los constituyentes básicos para evitar características indeseables, por ello en nuestro estudio se implementa el uso de Sorbitol pues los recubrimientos son más efectivos como barrera impidiendo la permeabilidad del Vapor de agua y por lo tanto manteniendo el fruto durante un tiempo más prolongado (Dominguez, 2013).

**Figura 18.** Superficie de respuesta de %PP y SST



**Tabla 15.** Ecuación del modelo optimizado sobre %PP y SST

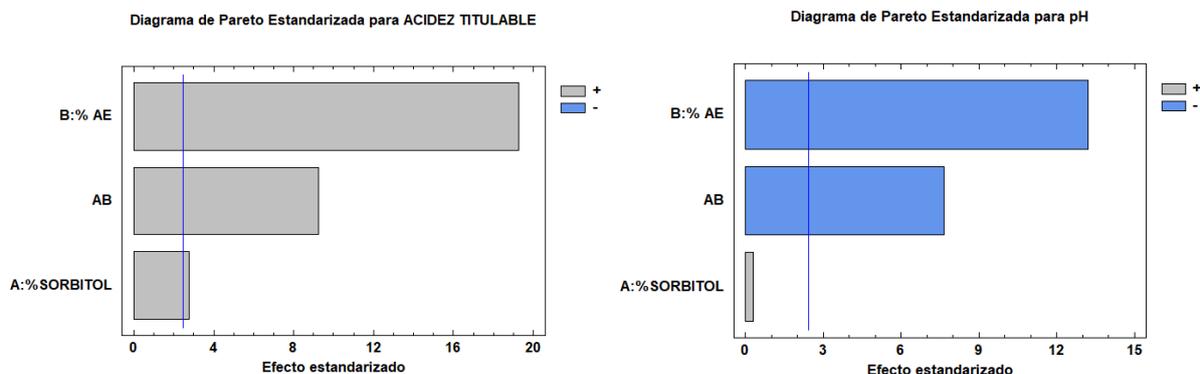
|  |  |
|--|--|
| <b>Ecuación del modelo ajustado SST</b>  | $SST = 3,88 + 0,323333 * \%Sorbitol + 2,03333 * \%AE - 0,833333 * \%Sorbitol * \%AE$ |
| <b>Ecuación del modelo ajustado %PP</b>  | $\%PP = 2,78667 + 0,77 * \%Sorbitol + 3,26667 * \%AE - 1,9 * \%Sorbitol * \%AE$      |
| <b>R-cuadrada STT</b>                    | 98,0488  |
| <b>R-cuadrada (ajustada por g.l) STT</b> | 96,4228  |
| <b>R-cuadrada %PP</b>                    | 96,4082  |
| <b>R-cuadrada (ajustada por g.l) %PP</b> | 93,415   |

**AE= Aceite Esencial de Romero**

El modelo planteado en la Tabla 15 nos ayuda a disminuir los efectos de %PP y SST en los tomates cherry, es decir, para minimizar la pérdida de peso y sólidos solubles totales en los mismos, los factores independientes (0,5 % p/v AE y 5 % p/v Sorbitol) se debe trabajar con niveles de 0,5 y 5%, respectivamente.

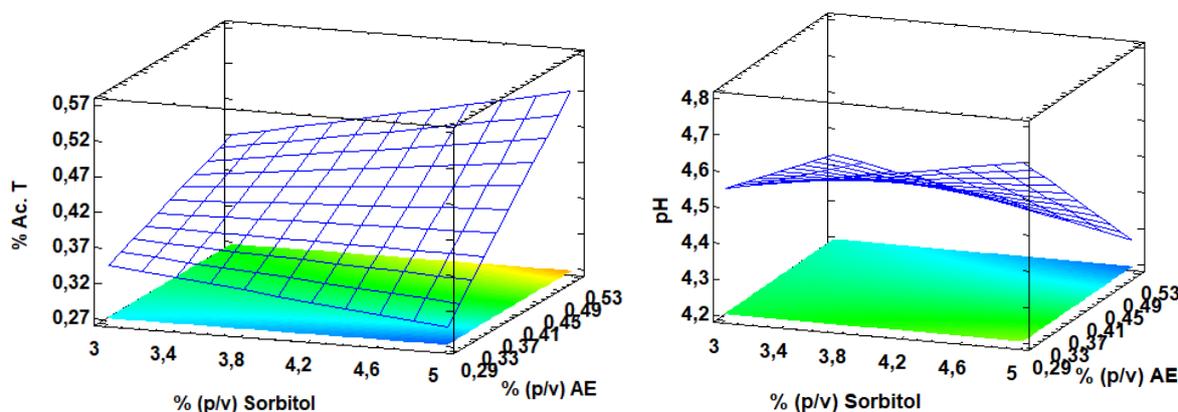
### 3.6.1 Acidez Titulable Total y pH en tomates cherry

**Figura 19.** Diagrama de Pareto del % Ac. T y pH con respecto al diseño experimental



Se puede evidenciar que la máxima concentración de AE de Romero en el nivel de pH, disminuyó su tendencia a incrementar, debido a que el recubrimiento retrasó el estado de maduración del fruto, manteniendo de tal manera una alta concentración de acidez, ya que, a mayor acidez presente, menor pH, y viceversa. Puesto que el 0,5 % (p/v) AE de Romero y la interacción con el plastificante según Amaya et al. (2009) son capaces de retrasar o intensificar la evaporación de ácidos orgánicos, ya que el recubrimiento actúa como una capa protectora evitando la permeabilidad al vapor de agua, lo que permitió que los frutos conservaran su acidez y tono verde por más tiempo. De acuerdo con la Ac. T. se registra que no hay diferencia significativa ( $p \geq 0,05$ ) resultados similares a otros autores (Hoyos et al., 2019; Castillo et al., 2018; Torres et al., 2013) en donde la prueba de Kruskal Wallis determinó que el factor recubrimiento no incidió ( $p \geq 0,05$ ) sobre el porcentaje de ácido cítrico encontrado, pero sí lo hizo sobre el tiempo ( $p \leq 0,05$ ). Disminuyendo progresivamente la Ac. T. tras 8 días de almacenamiento en refrigeración (2 a 4 °C) donde se coincide con Hoyos et al. (2019) el cuál utilizó la prueba de comparaciones múltiples U de Mann Whitney para analizar que la acidez titulable mostró el valor más alto al comienzo del estudio (0,3535) y disminuyó gradualmente hasta el día 9.

**Tabla 16. Superficie de respuesta de % Ac. T y pH**



**Tabla 17. Ecuación del modelo optimizado sobre % Ac. T y pH**

|   |   |
|---|---|
| <b>Ecuación del modelo ajustado % Ac. T</b> | $\%Ac. T = 0,589167 - 0,114167 * \%Sorbitol - 0,591667 * \%AE + 0,308333 * \%Sorbitol * \%AE$ |
|---|---|

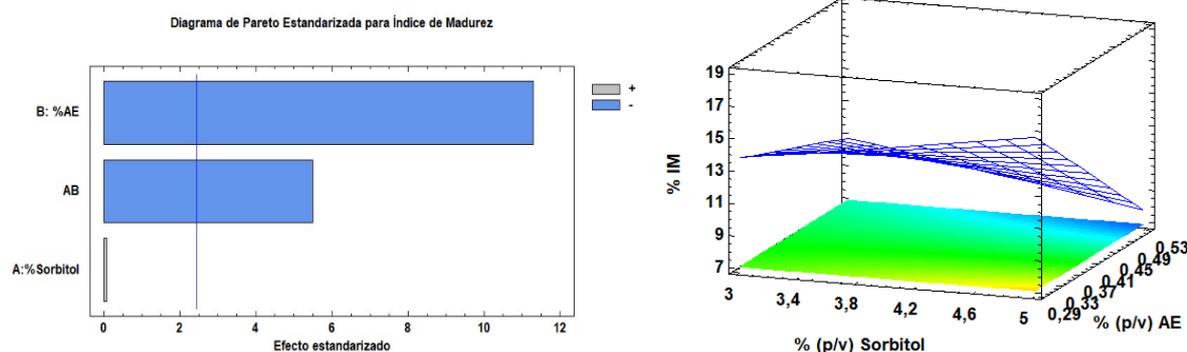
|  |  |
|--|--|
| <b>Ecuación del modelo ajustado pH</b>       | $pH = 3,90583 + 0,259167* \%Sorbitol + 1,45833* \%AE - 0,641667* \%Sorbitol* \%AE$ |
| <b>R-cuadrada %Ac. T</b>                     | 98,7859  |
| <b>R-cuadrada (ajustada por g.l) % Ac. T</b> | 97,7741  |
| <b>R-cuadrada pH</b>                         | 97,5688  |
| <b>R-cuadrada (ajustada por g.l) pH</b>      | 95,5429  |

Los modelos planteados en la **Tabla 18**. nos ayuda a disminuir los efectos de pH y aumentar el porcentaje de Ac. T en los tomates cherry, es decir, para minimizar el pH y maximizar el % Ac. T en los mismos, los factores independientes (Aceite de romero y sorbitol) se debe trabajar con niveles de 0,5 % (p/v) AE y 5 % (p/v) Sorbitol, respectivamente.

Según Natalia (2021), el aumento en el pH puede ser resultado de la conversión de ácidos orgánicos de reserva, ubicados en las vacuolas celulares, en azúcares por parte de la célula misma para su uso en la respiración. Este proceso conlleva a una reducción en la acidez del entorno y, por ende, a un incremento en el pH.

### 3.6.2 Índice de Madurez en tomates cherry.

**Figura 20.** Diagrama de Pareto y superficie de respuesta del IM con respecto al diseño experimental



**Tabla 18.** Ecuación del modelo optimizado sobre IM

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <b>Ecuación del modelo ajustado</b>  | $\%IM = 4,32417 + 4,2975* \%Sorbitol + 20,3917* \%AE - 10,8083* \%Sorbitol * \%AE$ |
| <b>R-cuadrada</b>                    | 98,5381  |
| <b>R-cuadrada (ajustada por g.l)</b> | 97,3198  |

El modelo planteado en la **Tabla 19**. nos ayuda a disminuir los efectos de IM en los tomates Cherry, es decir, para minimizar el porcentaje de Índice de Madurez en los mismos, los factores independientes (Aceite de romero y sorbitol), se debe trabajar con niveles de 0,5 y 5 % (p/v), respectivamente. El recubrimiento con dicha concentración retarda el índice de madurez ya que este impide la entrada de oxígeno y disminuye la permeabilidad al vapor de agua, retardando el metabolismo de madurez del fruto, así como menciona Amaya et al. (2009) que los hallazgos de su investigación indican que la cera comercial para formar recubrimientos es altamente efectiva, ya que puede disminuir la tasa de respiración y preservar la textura y características físicas de los frutos, influyendo positivamente en el proceso de maduración al retrasar su desarrollo.

## CONCLUSIONES

- ✓ Se extrajo el almidón de banano de variedad *Cavendish* por método húmedo, obteniendo un rendimiento  $31,12 \pm 0,48$  %, donde posteriormente se modificó químicamente el almidón por método de acetilación, variando el volumen de AA (mL), manifestando un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) en la composición proximal y funcional, exceptuando porcentaje grasa y porcentaje fibra ( $p \geq 0,05$ ), en la composición química del almidón tanto nativo, como modificado.
- ✓ En cuanto respecta a las propiedades funcionales de los almidones modificados tuvieron valores superiores ( $p \leq 0,05$ ) que el almidón nativo, aumentando de tal manera con el incremento de temperatura, siendo el más efectivo el almidón modificado con mayor volumen de AA, reportando una tendencia de incremento del , IAA, ISA donde la incorporación de grupos acetilo en las moléculas de almidón nativo debilitan la parte intragranular, aumentando su estabilidad respecto al almidón nativo a diferentes temperaturas. En cuanto a la pérdida de agua por sinéresis el almidón modificado con 15 mL de AA soportó mayor resistencia a drenar agua, que es una característica importante para el recubrimiento en condiciones de refrigeración, para reforzar la condición de barrera se utilizó la adición de aceite esencial con propiedades hidrófobas y aromáticas. Con relación a la densidad aparente de los almidones modificados presentaron un ascenso en comparación con los nativos.
- ✓ El recubrimiento con la incorporación de 0,5 % (p/v) aceite esencial de romero y la interacción 5 % sorbitol – 0,5 % (p/v) aceite esencial de romero incrementó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) sobre la pérdida de peso, sólidos solubles totales y ralentizó el índice de maduración del tomate cherry en refrigeración (2 a 4°C) durante 8 días, sabiendo que a medida que el pH aumenta debido al proceso respiratorio del metabolismo del tomate, la acidez disminuye, siendo la concentración óptima 5 % sorbitol y 0,5 % de aceite de romero, pues el sorbitol es más susceptible para reducir la permeabilidad de vapor de agua frente a otros plastificantes.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Someter a los recubrimientos con los valores óptimos determinados en conjunto con Tomate cherry a congelación para verificar su efectividad.
- ✓ Desarrollar pruebas de color para verificar si esta modificación causó cambios en este parámetro.
- ✓ Someter las muestras de almidones modificados a microscopia de barrido para verificar el cambio en su estructura superficial.
- ✓ Aprovechar el residuo de banano sobrante de la extracción de almidón para otros estudios (harina).

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahromrit, A., Ledward, D. A., & Niranjana, K. (2007). Kinetics of high pressure facilitated starch gelatinization in Thai glutinous rice. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 834-841. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.005>
- Alipour, M., Saharkhiz, M. J., Niakousari, M., & Seidi Damyeh, M. (2019). *Scientia Horticulturae*, 243, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.021>
- Álvarez, Rafael (2012). Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabólica y evaluación de la calidad poscosecha. Medellín. [chromeextension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://bibliotecadigital.ddea.edu.co/bitstream/10495/1618/1/AlvarezRafael\\_2012\\_%20RecubrimientoFrutasCitricas.pdf](chromeextension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://bibliotecadigital.ddea.edu.co/bitstream/10495/1618/1/AlvarezRafael_2012_%20RecubrimientoFrutasCitricas.pdf)
- Amaya, P., Peña, L., Mosquera, A., Villada, H., & Villada, D. (2009). Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Scielo.
- Anchundia, M. A. (2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *SATHIRI14* (1): 160 -173.
- Arias, M., Macas, K., López, R., Urbano, M., y Sánchez, V. (2022). Obtención De Extruidos De La Harina De La Cascara De Plátano (*Musa × paradisiaca*) Obtaining Extrudates From Banana Peel Flour (*Musa × paradisiaca*). *Generando*, 3(2), 177-188
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Obtenido de fao.org: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>
- Astudillo, J., & Botina, K. (2017). Elaboración de un recubrimiento comestible a base de almidón de maíz y de yuca para tomate chonto (*Lycopersicon esculentum* mill). Popayán. Recuperado de <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1722>
- Ayo-Omogie Helen Nwakego, Johnson Omotayo Opeyemi, Awolu Olugbenga Olufemi , Oluwajuyitan Timilehin David. (2022). Physicochemical, Functional, Pasting Properties and Fourier Transform Infrared Spectroscopy of Native and Modified Cardaba banana (*Musa ABB*) Starches. *Food Chemistry Advances*
- Báez Manuel y Contreras Rosalba (2013). Adelanto y retraso de la maduración de tomates con etileno y 1-MCP. <https://horticulturablog.blogspot.com/2013/09/adelanto-y-retraso-de-la-maduracion-de.html>
- Barco Hernández, P. L., Burbano Delgado, A. C., & Mosquera Sánchez, S. (2011). Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Lasallista de Investigación*, 8(2), 96-103. <https://www.revistas.lasalle.edu.co/index.php/ls/article/view/436>
- Bello, L., Contreras, S., Romero, R., Solorza, J., & Jiménez, A. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. *Agrociencia*, 36(2), 169-180. <https://www.colpos.mx/agrocien/Breviario/Propiedades%20quimicas.pdf>

Benítez Vanesa, Cantera Sara, Aguilera Yolanda, Mollá Esperanza, Esteban Rosa, Díaz María, Martín María. (2012). Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. Elsevier

Benítez, V., Cantera, S., Aguilera, Y., Mollá, E., Esteban, R., Díaz, M., & Martín, M. (2013). Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. *Food Research International*, 50, 64-69. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.044>

Bravin, B., Peressini, D., & Sensidoni, A. (2004). Influence of emulsifier type and content on functional properties of polysaccharide lipid-based edible films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(21), 6448-6455. <https://doi.org/10.1021/jf049671z>

Campusano, A., Rosell, C., & Cornejo, F. (2018). Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during. Elsevier. [https://utmachalaeduc-my.sharepoint.com/personal/fcuenca\\_utmachala\\_edu\\_ec/\\_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Ffcuenca\\_utmachala\\_edu\\_ec%2FDocuments%2F2023%20D2%2F10%2E%2C%2BA%20Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n%2FCarpentas%20compartidas%2FTT2023D2](https://utmachalaeduc-my.sharepoint.com/personal/fcuenca_utmachala_edu_ec/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Ffcuenca_utmachala_edu_ec%2FDocuments%2F2023%20D2%2F10%2E%2C%2BA%20Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n%2FCarpentas%20compartidas%2FTT2023D2)

Castillo, D., Salazar, K., Mosquera, S. & Rengifo, E. (2018). Efecto de recubrimientos de almidón modificado de yuca, proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano aplicados a la papaya. *Rev. U.D.C.A. Act. & Div. Cient. (Colombia)*. 21(1):71-80. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.664>

Castro, A. (2013). Efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles en la calidad poscosecha de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) [Tesis de maestría, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1435>

Cedeño Sares, L. A., Díaz-Torres, R., Casariego-Año, A., Arias-Toro, D., & Yáñez-Romero, M. (2021). El Efecto de la acetilación sobre propiedades físicas del almidón de Banano (*M. Sapientum* L.) variedad Cavendish. *Cumbres*, 7(1), 9-20. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v7n1a1>

Chilig, K., & Chiluisa, V. (2015). Cultivo del banano. SlideShare. <https://es.slideshare.net/SanticrisJJ/cultivo-del-banano-1>

Chiralt, A., Talens, P., Monedero, F. M., & Fabra, M. J. (2016). Effect of different components of edible/biodegradable composite films on water relationships in the polymer matrix. In *Water, stress in biological, chemical, pharmaceutical and food systems (Food Engineering Series*, pp. 101-113). Springer Science. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3467-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3467-6_6)

Chiumarelli, M. and Hubinger, M. D. (2014). Evaluation of edible films and coating formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food Hydrocolloids*. 28: 20-27. Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/554/62920s.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Colussi, R., Pinto, V. Z., El Halal, S. L. M., Vanier, N. L., Villanova, F. A., Marques E Silva, R., Dias, A. R. G. (2014). Structural, morphological, and physicochemical properties of acetylated high-, medium-, and low-amylose rice starches. *Carbohydrate Polymers*, 100, 160–168. doi:10.1016/j.carbpol.2013.12.070

Comisión Nacional de Fruticultura – CONAFRUT, 1997, Boletín Técnico N° 8 “El Cultivo del Plátano” – Aspectos de la Producción, Manejo en Post Cosecha y Comercialización. Lima.

Contreras-Pérez, R. K., De la Torre-Gutiérrez, L., González-Cortés, N., & Ji-ménez-Vera, R. (2018). Caracterización funcional de almidones de plátano cuadrado (*Musa balbisiana* Colla). *European Scientific Journal*, *ESJ*, 14, 30-82.

Cárdenas, M. (2018). Extracción de almidón a partir de residuos de banano (*Musa paradisiaca*) para la elaboración de un biopolímero [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16241>

Choque-Quispe D., Obregón F., Carranza M., Solano A., Ligarda C., Palomino W., Choque K., Torres M. (2024). Physicochemical and technofunctional properties of high Andean native potato starch. Elsevier

De Barros, R. V., Marques, G. R., Borges, S. V., & Botrel, D. A. (2014). Effect of solids content and oil load on the microencapsulation process of rosemary essential oil. *Industrial Crops and Products*, 58, 173-181. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.019>

Dehnad, D., Jafari, S. M., Afrasiabi, M. (2016). Influence of drying on functional properties of food biopolymers: from traditional to novel dehydration techniques. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 116-131.

De Medeiros, S., Tejo, M., Araújo, R., & Lopes, E. (2017). Characterization and study of functional properties of banana starchgreen variety of Mysore (*Musa AAB-Mysore*). *Food Science and Technology*, 37(3), 471-476. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.20216>

Ding, Q.B.; Ainsworth, P.; Tucker, G.; et al. 2005. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice based expanded snacks. *J. Food Eng.* 66: 283-289.

Domínguez, I. (2013). Evaluación del efecto de la concentración de glicerol, sorbitol y xilitol sobre las características ópticas y de barrera de películas a base de quitosano [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Institucional UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/554>

Ekielski, A., Żelaziński, T., Siwek, A., Stępnowska, N., Szelikow, K., & Peryt-Stawiarska, S. (2020). Formulation and Characterization of Corn Grits- Propylene Glycol Extrudates. *Materials Today: Proceedings*, 21, 1772-1780. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.142>

El Tlacualero (2022). Jitomate Saladette. <https://www.incmnsz.mx/2022/Huerto/Hortalizasyfrutales/Jitomate-Saladette.pdf>

EMABANOR (Empresa Agrícola Bananos del Norte Sociedad Anónima Cerrada) (s.f). Características y Bondades del Banano Orgánico. Perú

Escobar, D., Márquez, R., Repiso, L., Sala, A., & Silvera, C. (2008). Elaboración, caracterización y comparación de películas comestibles en base a aislado de proteínas de suero lácteo (WPI). *INNOTEC*, 3, 36-39. <http://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC-Gestion/article/view/84>

Fernández, N. M., Echeverría, D. C., Mosquera, S. A., & Paz, S. P. (2017). Current status of the use of edible coatings in fruit and vegetables. *Revista de Biología y Agropecuaria*, 15(2), 134-

141. ISSN 1692-3561. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612017000200015&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612017000200015&script=sci_abstract)

Fernández Cruz, E., López Plaza, B., Santurino, C., & Gómez Candela, C. (2021). Composición y declaraciones nutricionales del plátano de Canarias. *Nutrición Hospitalaria*, 38(6), 1248-1256. <https://doi.org/10.20960/nh.03614>

Ferrer Morocho, Y. V. (2020). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad virens levisenla calidad y vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa*) (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos).

Figueroa, J.; Salcedo, J.; Rodríguez, M. (2016). Acetilación de Almidón Nativo de Batata (*Ipomea batata* L). *Vitae* 23: S174.

Filipitsova, O. V., Gazzavi-Rogozina, L. V., Timoshyna, I. A., Naboka, O. I., Dyomina, Y. V., & Ochkur, A. V. (2017). The essential oil of rosemary and its effect on the human image and numerical short-term memory. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(2), 107-111. <https://doi.org/10.1016/j.ejbas.2017.05.005>

Fraser, P. D., M. R. Truesdale, C. R. Bird, W. Schuch, and P. M. Bramley. (1994). Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development (Evidence for tissue-specific gene expression). *Plant Physiol.* 105(1): 405-413.

FRUTABONA (2023). Banano. Ecuador. <http://frutabona.com/wp/banano/>

García, M., Pinotti, A., & Martino, M. (2009). Characterization of Starch and Composite Edible Films and Coatings. En J. Huber & E. Rodríguez (Eds.), *Edible Films and Coatings for Food Applications* (pp. 169-209). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_6)

Gonzaga Andrade B. Silva, Jordan, de S. Bispo, Rômulo, Dias da S. Ruy, Alisson, Delgado-Araño, Yaimé, & M. Pontes, Luiz Antônio. (2019). Aspectos económicos y tecnológicos de la producción de sorbitol por vía química. *Revista Cubana de Química*, 31(3), 388-413. Recuperado en 25 de febrero de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-54212019000300388&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212019000300388&lng=es&tlng=es).

González, L., Calderón, G., Salgado, M., Morales, E., Matínez, V., & Hernández, J. (2017). Efecto de las condiciones de proceso sobre el grado de extracción de jícama. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2, 489-493. <https://doi.org/10.35429/rdct.2017.2.89.489.493>

González, Zurima & Pérez, Elevina. (2002). Effect of Acetylation on Some Properties of Rice Starch. *Starch – Starke*. 54. 148-154. 10.1002/1521-379X(200204)54:3/43.0.CO;2-N. [https://www.researchgate.net/publication/230788707\\_Effect\\_of\\_Acetylation\\_on\\_Some\\_Properties\\_of\\_Rice\\_Starch](https://www.researchgate.net/publication/230788707_Effect_of_Acetylation_on_Some_Properties_of_Rice_Starch).

Guarnizo, C., Pinilla, D., & Gómez, C. (2011). El almidón de banano como espesante en alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 124-129. <https://doi.org/10.22507/rli.v8n2a11>

Guerra-DellaValle, D., Bello-Perez, L. A., Gonzalez-Soto, R. A., Solorza-Feria, J., & Arámbula-Villa, G. (2008). Efecto del tiempo de reacción en la acetilación del almidón de plátano. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 7(3), 283-291. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/620/62011164012.pdf>

Guha, M., Ali, S. Z., & Bhattacharya, S. (1997). Twin-screw 55ea55al55y55 of rice flour without a die: effect of barrel 55ea55al55y5555a and screw speed on 55ea55al55y55 and extrudate characteristics. *Journal of Food Engineering*, 32(3), 251-267. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(97\)00007-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(97)00007-2)

Haile, A. (2018). Shelf life and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as affected by different Packaging Materials. *African Journal of Food Science*, 12(10), 269-277. <https://doi.org/10.5897/AJFS2018.1713>

Henning, V. H. J.; Lechert, M.; Goemann, W. (s.f) Examination of swelling

Heredia-Olea, E., & Hernández-Herrero, M. (2009). Evaluación de películas comestibles a base de almidón de yuca añadidas con glicerol y aceite esencial de orégano como potencial aplicación en el recubrimiento de quesos. *INNOTEC*, 4, 48-56. <http://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC-Gestion/article/view/113>

Hernández, E. (1986). Cambios físicos y químicos durante la maduración de cambures y plátanos. *Revista de la Facultad de Agronomía* 7(1). Maracaibo, Venezuela.

Herrera, A., Canónico, F, y Ramos, G. (2003). Mecanismo de degradación en gránulos de almidón. *Superficies y vacío*, 16: 10-16.

Herrera-Serna, T., Mendoza-Elvira, S., & Zambrano-Zaragoza, M. (2019). Nano-recubrimientos de aceite esencial de romero en la conservación de carne de cerdo a vacío. *Dialnet*, 16(54), 13-29. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7185973>

Hoyos-Yela, N., Pérez-Imbachí, R., Mosquera-Sánchez, S. A., y Paz-Peña, S. P. (2019). Efecto de la aplicación de un recubrimiento de almidón de yuca modificado por vía ácida sobre el tomate larga vida. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1388>

Huang, S. L., Jao, C. L., & Hsu, K. C. (2009). Effects of hydrostatic pressure/heat combinations on eaa uptake and gelatinization characteristics of ealy rice grains: a kinetic study. *Journal of Food Science*, 74(8), 442-448. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01310.x>

HEUVELINK (2005). *Ep. Tomatoes*. Londres: CABI Publishing. P.339.

Hüttner, D., Guerra, A., Da Rosa, E., & Eliezer, A. (2020). Fruit Wastes as Promising Sources of Starch: Extraction, Properties, and Applications. *Starch Journal*, 72(7-8), 1900165. <https://doi.org/10.1002/star.201900165>

INEN (2015). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1909. Frutas frescas. Tomate de árbol. Requisitos

INEN (2013b). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 1842. Productos vegetales y de frutas-Determinacion de pH (IDT).

Interempresas. (2003, 31 de enero). Mantener y/o prolongar la vida útil de frutas y hortalizas. Interempresas. <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/70219-Mantener-y-o-prolongar-la-vida-util-de-frutas-y-hortalizas.html>

Islas-Hernández, J., González-Soto, R., & Retana-Gervacio, G. (2020). Propiedades mecánicas y fisicoquímicas parciales de películas preparadas con harina de plátano acetilada. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5(1), 403-404. <https://www.ciba.org.mx/index.php/idct/article/view/272>

Isman, M. B., Miresmailli, S., & Machial, C. (2011). Commercial opportunities for pesticides early plant essential oils in early56a, industry and consumer products. *Phytochemistry Reviews*, 10(2), 197-204. <https://doi.org/10.1007/s11101-011-9204-7>

Ji, Z., Yu, L., Liu, H., He, J. F., Li, J., Zhang, Y., Wang, P., & Chen, L. (2017). Effect of pressure with shear stress on gelatinization of starches with different amylose/amylopectin ratios. *Food Hydrocolloids*, 72, 331-337. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.016>

Jumbo, N. & Machuca, J. (2022). Desarrollo de recubrimiento a base de almidón oxidado de banano y aceite de oliva para la conservación de tomates. *Carrera de Alimentos*. Machala-Ecuador.

Kirby, A. R., Ollett, A. L., Parker, R., & Smith, A. C. (1988). An experimental study of screw configuration effects in the twin-screw early56-cooking of maize grits. *Journal of Food Engineering*, 8(4), 247-272. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(88\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0260-8774(88)90007-8)

Lawal OS, Adebowale KO. (2005) Physicochemical characteristics and 56ea56al properties of chemically modified 56ea56 56ea56 (Canavalia ensiformis) starch. *Researchgate*. [https://www.researchgate.net/publication/222253909\\_Chemically\\_modified\\_starch\\_of\\_jack\\_bean\\_Canavalia\\_ensiformis\\_Physicochemical\\_characteristics\\_and\\_thermal\\_properties](https://www.researchgate.net/publication/222253909_Chemically_modified_starch_of_jack_bean_Canavalia_ensiformis_Physicochemical_characteristics_and_thermal_properties)

Leiva, A., & Díaz, S. (2015). Obtención y evaluación del almidón de banano (*Musa cavendishii*) como alternativa en la fabricación de bolsas plásticas [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio Institucional UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/234>

León, G., León, D., Monroy, M., De la Espriella, S., & Herrera, A. (2020). Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética. *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/559/55965386017/html/>

Li, G.; Zhu, F. (2018). Quinoa starch: Structure, properties, and applications. *Carbohydr Polym* 181: 851-861.

Lin, S.; Hsieh, F.; Huff, H.E. (1997). Effects of Lipids and Processing Conditions on Degree of Starch Gelatinization of Extruded Dry Pet Food. *LWT – Food Science and Technology* 30(7): 754-761.

López, O. V., Zaritzky, N. E., & García, M. A. (2010). Physicochemical characterization of chemically modified corn starches related to rheological behavior, retrogradation and film forming capacity. *Journal of Food Engineering*, 100, 160–168. doi:10.1016/j.jfoodeng.2010.03.041.

- Llinares, R., Santos, J., Trujillo-Cayado, L., Ramírez, P., & Muñoz, J. (2018). Enhancing oil-in-water microfluidized nanoemulsion properties through formulation optimization by response methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 97, 370-375. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.020>
- Lubbe, A., & Verpoorte, R. (2011). Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 785-801. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.01.019>
- Marín-Rodríguez, M. C., Orchard, J., & Seymour, G. B. (2002). Pectate lyases, cell wall degradation and fruit softening. *Journal of Experimental Botany*, 53(377), 2115-2119. <https://academic.oup.com/jxb/article-pdf/53/377/2115/1340587/erf089.pdf>
- Marta, H., Cahyana, Y., Djali, M., Arcot, J., & Tensiska, T. (2019). A study on the physicochemical and pasting properties of starch and flour from different banana (*Musa* spp.) cultivars grown in Indonesia. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1562-1575
- Martínez, A., & Pinzón, M. (2014). Efecto del almidón de yuca modificado en películas comestibles [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional USTA. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/4859>
- Martínez, G., Pargas, R., & Manzanilla, E. (2012). Orden Zingiberales: las musáceas y su relación con plantas afines. *Agronomía Tropical*, 62(1-4), 171-178. <https://es.scribd.com/document/560350840/Banana>
- Martínez, P., Peña, F., Gómez, Y., Vargas, G., & Velezmoro, C. (2019). Propiedades físicoquímicas, funcionales y estructurales de almidones nativos y acetilados obtenidos a partir de la papa (*Solanum tuberosum*) var. 'única'. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 338-351. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2019000300006](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000300006)
- Martínez P., Málaga A., Betalleluz I., Ibarz A., Veleznoro C. (2015) Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas (*Solanum phureja*) nativas peruanas. *Scientia Agropecuaria* 6 (4): 291 -301
- Meaño, N., Ciarfella, A., & Dorta, A. (2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame Congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber*, 26(1), 2-13. <https://www.revistasaboliche.com.ve/index.php/saber/article/view/187>
- Mejía, A. (2022). Análisis de las propiedades funcionales y fisicoquímicas de mezclas goma de mezquite-mucílago de nopal.
- Micić, D., Đurović, S., Riabov, P., Tomić, A., Šovljanski, O., Filip, S., & Blagojević, S. (2021). Rosemary essential oils as a promising source of bioactive compounds: Chemical composition, thermal properties, biological activity, and gastronomical perspectives. *Foods*, 10(11), 2734.
- Mościcki, L., Mitrus, M., & Wójtowicz, A. (2007). *Technika ekstruzji w przemyśle rolno-spożywczym*. Warszawa: PWRiL. ISBN 978-83-09-01027-2.
- Márquez-Zambrano, B. E., Prado-Carpio, E., Garzón Montealegre, V. J., & Carvajal Romero, H. (2023). Sistema de producción sustentable de tomates (*Solanum lycopersicum* var.

Cerasiforme): riego permanente y cultivo alternativo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9832-9847. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.5093](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5093)

Méndez, A. (2010). “Extracción de almidón del banano verde (*Musa Sapientum* variedad Cavendish) producto de desecho de las industrias bananeras y evaluación de su función como excipiente en la formulación de comprimidos”. Informe de Tesis. Guatemala.

Natalia, M. (2021). Evaluación del comportamiento poscosecha de dos métodos de aplicación de ozono en tomate riñón (*solanum lycopersicum*, l.), cosechado a diferentes índices por color, Cotopaxi, periodo 2020-2021 [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7716>

Neeraj, & Bisht, V. (2018). Physiochemical and functional properties of modified sweet potato starch. *International Journal of Chemical Studies*, 6(3), 464-469. [https://www.academia.edu/67927326/Physiochemical\\_and\\_functional\\_properties\\_of\\_modified\\_sweet\\_potato\\_starch](https://www.academia.edu/67927326/Physiochemical_and_functional_properties_of_modified_sweet_potato_starch)

Ochoa Gómez, J. R., & Roncal, T. (2018). Production of Sorbitol from Biomass. En Z. Fang, R. L. Smith Jr., & X. Qi (Eds.), *Production of Platform Chemicals from Sustainable Resources* (pp. 265-310). Singapur: Springer. ISBN: 978-981-10-4171-6.

Olagunju, A. I., Omoba, O. S., Enujiugha, V. N., Wiens, R. A., Gough, K. M., & Aluko, R. E. (2020). Influence of acetylation on physicochemical and morphological characteristics of pigeon pea starch. *Food Hydrocolloids*, 100, 105424.

Olayinka, F. S., Olayinka, O. O., Olu-Owolabi, B. I., & Adebowale, K. O. (2015). Effect of chemical modifications on rheological and morphological properties of yellow sorghum starch. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8364-8370. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1969-4>

Oleyaei, S. A., Zahedi, Y., Ghanbarzadeh, B., & Moayedi, A. A. (2016). Modification of physicochemical and rheological properties of starch films by incorporation of TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 89, 256-264. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.04.071>

Ortega, J. (2016). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banano (*Musa acuminata* AAA) de rechazo en el desarrollo de películas biodegradables [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24366>

Osaie, R., Apaliya, M., Alolga, R., Kwaw, E., Otu, P., & Akaba, S. (2022). Influence of butter, bee wax and cassava starch coatings on enzyme inactivation, antioxidant properties, phenolic compounds and quality retention of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruits. *Applied Food Research*, 2(1), 100041. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100041>

Osundahunsi, O. F., Seidu, K. T., & Mueller, R. (2014). Effect of presence of sulphur dioxide on acetylation and sorption isotherm of acetylated starches from cultivars of cassava. *Food Chemistry*, 151, 168-174. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.020>

Palacios, L., & Castillo, W. (2015). Modelamiento de extracción del aceite esencial de *Aloysia citriodora* y *Schinus molle*. *Revista Ingeniería*, 2(2), 14-24. <https://revistas.uladech.edu.pe/index.php/ingenieria/article/view/667>

Palavecino P., Penci M., Ribotta P. (2019). Effect of Sustainable Chemical Modifications on Pasting and Gel Properties of Sorghum and Cassava Starch. *Food and Bioprocess Technology*.

Pardhi, A., Baljit, B., Gulzar, C., & Dar, D. (2016). Evaluation of functional properties of extruded snacks developed from brown rice grits by using response surface methodology. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15(2), 249-258. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.09.001>

Patiño, L., Saavedra, A., & Martínez, J. (2014). Extracción por arrastre de vapor de aceite esencial de romero. *Editorial Ciencias Tecnológicas y Agrarias Sucre*.

Perez, A., & Sánchez, T. (2012). Production of edible coatings for fish based on yam starch. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/a-ac177s.pdf>

Pescoran, Y. (2018). Evaluación del rendimiento y la calidad de almidón obtenido a partir del plátano bellaco (*Musa paradisiaca*) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Tumbes]. Repositorio Institucional UNTUMBES. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/217>

Pramparo, M., Leone, I., & Martinello, M. A. (2008). Simulation of deacidification process by molecular distillation of deodorizer distillate. *Latin American Applied Research*, 38(4), 299-304. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/100422>

Prieto, J., Rubio, C., Román, A., Méndez, M., Gonzáles, C. y Prieto, F. (2009). Defradación física del almidón de cebada (*Hordeum sativum* Jess). Correlación entre la gelatinización y el tamaño de gránulos.

Prieto-Méndez J., Trejo-Cárdenas C., Prieto.García F., Méndez-Marzo M., Bello-Pérez L., Román-Gutierrez A., (2010). Acetilación y caracterización del almidón de cebada. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*

Pérez, L. A. B., Ramos, S. M. C., Manilla, R. R., Fera, J. S., & Aparicio, A. J. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). *Agrociencia*, 36(2), 169-180. <http://www.colpos.mx/agrocien/Breviario/Propiedades%20quimicas.pdf>

Rafieian, F., Shahedi, M., Keramat, J., & Simonsen, J. (2014). Thermomechanical and morphological properties of nanocomposite films from wheat gluten matrix and cellulose nanofibrils. *Journal of Food Science*, 79(1), N100-N107. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12318>

Ramos-García, M., Romero-Bastida, C., & Bautista-Baños, S. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Redalyc*, 19(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/813/81355612003/html/>

Raspo, M., Vignolia, M., Bulla, G., & Andreatta, A. (2020). PREPARACIÓN DE PELÍCULAS DE ALMIDÓN CON INCORPORACIÓN DE ACEITE DE LIMÓN. *Facultad Regional de San Francisco*.

Reddy, C. K., Vidya, P. V., & Haripriya, S. (2015). Effect of chemical modification on molecular structure and functional properties of *Musa AAB* starch. *International journal of biological macromolecules*, 81, 1039-1045.

Rendón-Villalobos, R., García Hernández, E., Güizado-Rodríguez, M., Salgado-Delgado, R., & Rangel-Vázquez, N. (2011). Obtención y caracterización de almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L.) acetilado a diferentes grados de sustitución. *Afinidad* LXVII.

Rentería, A. (2020). Obtención de fécula de papa china (*Colocasia Esculenta*) mediante tres métodos de extracción. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Rincon, Alicia Mariela; Lizet Bou Rached, Luis E y Aragoza, Fanny Padilla.(2007). Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan (*Artocarpus altilis*). *ALAN.*, vol.57, n.3, pp.287-294. ISSN 0004-0622.

Rincon, W., León, C., & Martín-Alfonso, J. E. (2009). Estudio del efecto de recubrimientos comestibles en las características fisicoquímicas y microbiológicas del queso blanco criollo. *Informacion Tecnológica*, 20(4), 19-28. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642009000400003](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642009000400003)

Rincón, A. M., Bou Rached, L. E. L., & Aragoza, F. P. (2007). Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan (*Artocarpus altilis*). *ALAN*, 57(3), 287-294. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222007000300007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222007000300007)

Rivas, M. (2012). ALMIDÓN ACETILADO: CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y MOLECULAR. Querétaro.

Rivas, M., Zamudio, P., & Bello, L. (2009). EFECTO DEL GRADO DE ACETILACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y FISICOQUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 8(3), 292.

Rizzo, V., Amoroso, L., Licciardello, F., Mazzaglia, A., Muratore, G., Restuccia, C., Lombardo, S., Pandino, G., & Strano, M. (2018). The effect of sous vide packaging with rosemary essential oil on storage quality of fresh-cut potato. *LWT-Food Science and Technology*, 94, 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04>.

Robinson J., Galán V. (2012) *Platanos y bananas*. Editorial Paraninfo. España. 321p.

Salcedo-Mendoza, J. G., Rodríguez-Lora, M. C., & Figueroa-Flórez, J. A. (2016). Efecto de la acetilación en las propiedades estructurales y funcionales de almidones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y ñame (*Dioscorea alata* cv. Diamante 22). *Revista Mexicana de ingeniería química*, 15(3), 787-796.

Sánchez, G. (2021). ¿Qué es el almidón? ¿Qué es el almidón?. México. <https://www.researchgate.net/publication/351496234>

Sandoval, A., Hernández, M., & Gutiérrez, A. (2015). Películas comestibles a partir de almidón de plátano como alternativa de conservación de la fresa. *Revista Espacios*, 36(2), 12-17.

San Martín-Hernández César, Ordaz-Chaparro Victor, Sánchez-García Prometeo, Beryl María, Borges-Gómez Lizette (2012). Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia*

Seligra, P.G., Medina Jaramillo, C., Famá, L., & Goyanes, S. (2016). Biodegradable and non-retrogradable eco-films based on starch-glycerol with citric acid as crosslinking agent. *Carbohydrate Polymers*, 138, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.Carpol.2015.11.041>

Semillaria. (2015). Clasificación taxonómica de tomate. Recuperado de <http://semillaria.es/index.php/cultivos-ok/29-cultivos/94-taxonomia>

Sharma, S., Barkauskaite, S., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2021). Essential oils as additives in active food packaging. *Food Chemistry*, 343, 128403

Sidhu, J., & Zafar, T. (2018). Compuestos bioactivos en las frutas de plátano y sus beneficios para la salud. *Calidad y seguridad de los alimentos*, 2(4).

Silva, A., & Lopes, F. (2015). Sustentabilidade no Desenvolvimento de Embalagens: Uso de Filmes Comestíveis a Base de Almidão de Banana. *Revista Espacios*, 36(2), 12-17.

Simmonds, N. W. (1973). *Los plátanos*. Blume, Barcelona. 593 p.

Singh, J., Kaur, L., & Singh, N. (2004). Effect of acetylation on some properties of corn and potato starches. *Starch/Staerke*, 56(12), 586–601. doi:10.1002/star.200400293.

Sodhi, N. S., & Singh, N. (2005). Characteristics of acetylated starches prepared using starches separated from different rice cultivars. *Journal of Food Engineering*. doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.09.018.

Solarte-Montúfar, Juan G., Díaz-Murungal, Anderson E., Osorio-Mora, Oswaldo, & Mejía-España, Diego F.. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Torres Becerril, M., Carmona García, R., & Aguirre Cruz, A. (2015). Obtención y caracterización estructural y funcional de almidón acetilado de malanga (*Colocasia esculenta* Schott). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), 905-912. Tres Variedades de Papa Criolla. *Información tecnológica*, 30(6), 35-44. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>

Sondari, D., Amanda, P., Suryaningrum, R., Burhani, D., Pramasari, D., Septevani, A., Oktaviani, M. (2021). Effect of different amount of cross-linker and catalyst on modified cassava towards its chemical characteristic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/351896580\\_Effect\\_of\\_different\\_amount\\_of\\_cross-linker\\_and\\_catalyst\\_on\\_modified\\_cassava\\_towards\\_its\\_chemical\\_characteristic](https://www.researchgate.net/publication/351896580_Effect_of_different_amount_of_cross-linker_and_catalyst_on_modified_cassava_towards_its_chemical_characteristic)

Sorrentino, A., Gorrasi, G., and Vittoria, V. (2007). Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. *Trends in Food Science & Technology*. 18(2): 84-95.

Subroto, E., Cahyana, Y., Indiarso, R., & Aray, T. (2023). Modification of Starches and Flours by Acetylation and Its Dual Modifications: A Review of Impact on Physicochemical Properties and Their Applications. *Polymers*. doi:<https://doi.org/10.3390/polym15142990>

Sulbarán, A., Matiz Germán E., Baena Y. (2018). Acetilación del almidón de mijo (*Pennisetum glaucum*) y evaluación de su aplicación como posible excipiente. *Revista Colombiana de Ciencias Químicas y Farmacia*. Vol. 47(2), 255-276.

Taggart, P. (2004). Starch as an Ingredient: Manufacture and Applications; en *Starch in Food* de Eliasson A. Woodhead Publishing Limited, pp. 253-270. Cambridge, England.

Tang, H.; Watanabe, K.; Mitsunaga, T. (2002). Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. *Carbohydrate Polymers* 49: 13-22.

Tavera Quiroz, M. J., Urriza, M., Pinotti, A., N. Bertola, N. (2011). Desarrollo y Caracterización de Películas Biodegradables a base de Almidón y Metilcelulosa: Efecto del Agregado de Sorbitol. CIBIA 8. Lima. NT-12.

Teo, G., & Suzuki, Y. (2006). Silencing leaf sorbitol synthesis alters long-distance partitioning and apple fruit quality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(49), 18842–18847.

Torres Becerril, M., Carmona García, R., & Aguirre Cruz, A. (2015). Obtención y caracterización estructural y funcional de almidón acetilado de malanga (*Colocasia esculenta* Schott). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), 905-912.

Torres, A., Durán, M., & Montero, P. (2013). Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*). *Ciencias e Ingeniería al Día*.

Torres, R., Montes, E., Pérez, O. & Andrade, R. (2013). Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Información Tecnológica (Chile)*. 24(3):51-56.

Trujillo, C. (2014). Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Facultad de Ingeniería. Puerto Maldonado-Perú. pp. 4-87. Recuperado de <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tscheuschner, H. D. (2001). Fundamentos de tecnología de los alimentos, pp. 14, En editorial Acribia. Zaragoza, España.

Túquerres Mendoza, J. A. (2021). Obtención de una película biodegradable a partir de almidón modificado de yuca amarilla (*Manihot esculenta*) y papa yana shungo (*Solanum andígena*) para el uso en alimentos.

Ulfa, G. M., Putri, W. D. R., & Widjanarko, S. B. (2019). The influence of sodium acetate anhydrous in swelling power, solubility, and water binding capacity of acetylated sweet potato starch. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2120, No. 1, p. 050021). AIP Publishing LLC.

Vargas, G.; Martínez, P.; Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Trujillo. Scientia Agropecuaria*, vol. 7

Villarroel, Pía, Gómez, Camila, Vera, Camila, & Torres, Jairo. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3), 271-278. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>

White, P. J. (2002). Recent advances in fruit development and ripening: an overview. *J. Exp. Bot.* 53(377): 1995-2000. <https://academic.oup.com/jxb/article-pdf/53/377/1995/1340593/erf105.pdf>

Yongfeng Ai, Jay-lin Jane (2014). Gelatinization and rheological properties of starch.

Young Living (s.f). Aceite esencial Romero Vitality (Rosemary). [https://youngliving.com/es\\_ec/products/aceite-esencial-romero-vitality-rosemary](https://youngliving.com/es_ec/products/aceite-esencial-romero-vitality-rosemary)

Zapana Yucra, F. E. (2019). Estudio de las propiedades físicas, químicas y nutricionales de insuflados de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), Roja Inia.

Zhu, F.; Liu, P. (2019). Starch gelatinization, retrogradation, and enzyme susceptibility of retrograded starch: Effect of amylopectin internal molecular structure. *Food Chem.* 316: 126036.

Zhu, L.; Wu, G.; Cheng, L.; et al. (2020). Investigation on molecular and morphology changes of protein and starch in rice kernel during cooking. *Food Chem* 316: 126-162.

## ANEXOS

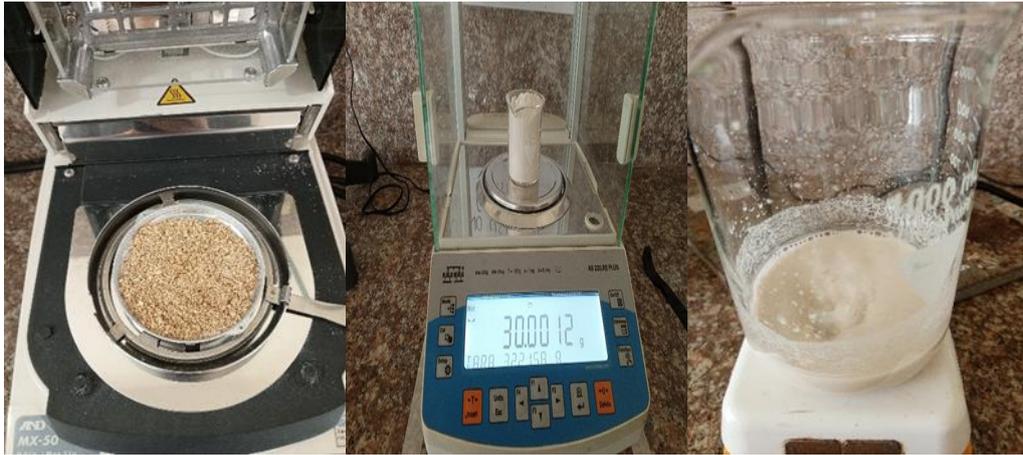
### Anexo 1. Extracción de almidón de banano *Cavendish*



### Anexo 2. Acetilación de Almidón nativo de banano *Cavendish*



**Anexo 3. Propiedades funcionales y ópticas del almidón nativo y modificados**



**Anexo 4. Preparación, aplicación y análisis de recubrimientos en tomate cherry**



