

Diseño y evaluación de adhesivos a partir del almidón de tubérculos de Panamá

Design and evaluation of adhesives from the starch of Panama tubers

Jeison Wu¹, David Saavedra¹, Haidem Herrera¹, Nacari Marín^{2}*

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero, Facultad de Ingeniería Industrial, Panamá

²Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero, Facultad de Ingeniería Mecánica, Panamá

Fecha de recepción: 8 de noviembre de 2022. **Fecha de aceptación:** 31 de octubre de 2023.

***Autor de correspondencia:** nacari.marin@utp.ac.pa

Resumen. El artículo se enfoca en plantear un diseño de adhesivo basado en almidones de tubérculos de Panamá. Se tomaron datos de la extracción de sus almidones de manera artesanal, proporcionando así las tasas de rendimiento de cada tubérculo. A su vez, se presentan diferentes mezclas de adhesivos en base a almidón de ñame, yuca y papa y se evalúa su resistencia a partir de un sistema provisto de dos piezas de maderas y roscas pegadas con el adhesivo. Los pedazos de madera se cuelgan entre un tensiómetro y un recipiente parcialmente lleno de agua. En cada caso se registran las resistencias de cada muestra. En función de los resultados obtenidos, se escogen dos pegamentos para volver a someterlos a la misma prueba dos meses después, para luego analizar sus medidas descriptivas. A partir de estos datos se obtiene que el almidón de ñame presentó un peor desempeño en relación al almidón de yuca. Los adhesivos resultan ser un pegamento medianamente fuerte por sus promedios de resistencias por arriba de los once kilogramos y aun en sus estados de putrefacción, resultan viables para su utilización en adhesivos, sin embargo, muestran deficiencias a largo plazo.

Palabras clave. Adhesivo, almidón, ñame, papa, yuca.

Abstract. The article focuses on proposing a design of glue based on starch from Panama's tubercles. Data was collected on the extraction of their starch through artisanal methods, thus providing the yield rates of each tubercle. In turn, different mixtures of glues based on sweet potato, yucca, and potato starch are presented and their resistance is evaluated using a system equipped with two pieces of wood and screws glued together with the adhesive. The wood pieces are hung between a tensiometer and a partially filled water container. In each case, the resistances of each sample are recorded. Based on the results obtained, two glues are chosen to undergo the same test two months later, to then analyze their descriptive measures. From these data, it is obtained that the sweet potato starch showed worse performance. The glues prove to be a moderately strong glue due to their average resistances above eleven kilograms, and even in their states of putrefaction, they are viable for use in glues, however, they show deficiencies over the long term.

Keywords. Adhesive, starch, yam, potato, cassava.

1. Introducción

El uso de los adhesivos hoy en día es indispensable para la producción de cualquier tipo de producto físico. Su demanda va proporcional a la demanda de todos los productos que usan este material para su confección. En el terreno de los adhesivos abundan los pegamentos sintetizados en laboratorios utilizando polímeros derivados del petróleo, tornándose en otra empresa de consumo del carburante. El petróleo es uno de los principales contaminantes del suelo, aguas abiertas y aguas subterráneas, debido al método de extracción empleado y su baja eficacia [1]. Crear alternativas de productos para bajar el

consumo de este carburante es primordial para la naturaleza y la vida humana. Al tener esta problemática presente, se crean alternativas para la obtención de adhesivos de origen animal y vegetal [2]. Siendo así estos últimos derivados de una materia prima más sustentable, de allí que se decidió trabajar usando el almidón como base para la obtención de los adhesivos propuestos para este experimento.

El almidón es un polímero largo que presenta excelentes características para su uso como adhesivo. Debido a la diversidad de su origen, se presentan una gran variedad de

almidones, por lo que se propuso experimentar con tres de los tubérculos más cosechados en Panamá y ver su diferencia a la hora de producir un adhesivo en base de estos. Se utilizó la papa, yuca y ñame para esta experimentación donde se procesaron desde la extracción de su almidón, la creación del adhesivo y la experimentación correspondiente.

En este trabajo se presentan los métodos para la extracción de los almidones de los tubérculos, la fórmula para la creación del adhesivo y sus pruebas con misión de elegir a la mejor variable de adhesivo de almidón. Así mismo brinda recomendaciones para futuros proyectos basados en estos adhesivos.

2. Marco teórico

2.1 Antecedentes

A partir de una revisión de literatura científica, se identifica la obtención de adhesivos a base de almidones de yuca y ñame. Las mayores resistencias corresponden a los adherentes a base de yuca, lo que se debe al contenido de amilopectina [3]. Dejando así una reducción en el margen de comparación de tubérculos, ya que el almidón de ñame será el menos eficaz a la hora de producir adhesivos.

En otra investigación, se presenta como conclusión la importancia en concentración del almidón en las propiedades adherentes [4]. Así mismo, se sugiere que el almidón se encuentre humectado durante el proceso de elaboración. La adición de urea y bórax en la formulación del adhesivo disminuye las características organolépticas de este [2].

Estos resultados y conclusiones ayudan a reducir los esfuerzos a la hora de extraer el almidón, así como su elaboración.

Se toma en cuenta los tres tubérculos más cosechados en Panamá según el cierre agrícola 2019-2020 del MIDA, donde se presentan cantidades de 26,070,083 kilogramos de yuca, 15,567,660 kilogramos de ñame y 23,278,919 kilogramos de papa [4].

2.2 Bases teóricas

Un adhesivo es un material que permite la unión entre dos superficies o sustratos en el que actúan dos fuerzas esenciales, la adhesión y la cohesión: la adhesión es la fuerza de unión que se produce entre el adhesivo y el sustrato, mientras que la cohesión se relaciona con la resistencia ejercida en el interior del adhesivo [2].

Los adhesivos vegetales son aquellos solubles o dispersables en agua que son producidos o extraídos de materias primas naturales, mediante procesos relativamente simples.

Los almidones se constituyen en la principal fuente para la elaboración de adhesivos y pueden extraerse de raíces, tubérculos y médulas de las plantas [2]. El almidón se encuentra organizado en pequeños gránulos con tamaños y formas característicos. Dependiendo de la especie botánica, son insolubles en agua a temperatura ambiente y en la mayoría de los solventes orgánicos. El tamaño del gránulo del almidón varía entre 10 μm y 100 μm de diámetro y es un factor determinante de su procesabilidad, ya que afecta la solubilidad y el poder de hinchamiento del gránulo. Este es una mezcla de amilosa y amilopectina, dos polisacáridos muy similares. La amilopectina es una molécula ramificada y la amilosa, por el contrario, posee pocas ramificaciones y tiene una gran tendencia a retrogradar, por lo que es considerada la principal causa de deterioro a corto plazo [5].

3. Materiales y métodos

3.1 Tipos de experimento

Esta investigación es de tipo experimental utilizando como objetos de estudio los almidones de ñame, yuca y papa. Se usan como variables dependientes:

- Rendimiento de extracción de los tubérculos.
- La fuerza de pegado en Newton en ángulo de 90°.
- Efectividad a largo plazo.

Y variables independientes:

- Concentración de solución de almidón de yuca (25%, 20%) p/v.
- Almidón de ñame, yuca nueva, yuca dañada y papa.

La metodología para la elaboración del adhesivo fue realizada en dos etapas. La primera consistió en la elaboración del adherente y la segunda en la comparación de los adhesivos. Como parte de la metodología de experimentación se realizaron observaciones de tipo cualitativa del almidón obtenido, tales como viscosidad, color y olor.

3.2 Elaboración del adherente

Para la elaboración de los adhesivos se utilizó un promedio de 3.0 kg de cada tubérculo, cuchillo, licuadora, tela para colar los almidones extraídos, vinagre blanco y bicarbonato de sodio.

Como primer paso, los tubérculos se pelan y cortan en trozos pequeños hasta obtener muestras de 1.5 kg. (figura 1). Una vez pelados los tubérculos y cortados se licuan con agua para obtener una mezcla líquida, la cual se coloca en una tela para colar. Luego se filtra todo el líquido y se deja reposar por 12 horas para que el almidón se asiente a la superficie del recipiente y se puedan extraer el exceso del agua.



Figura 1. Tubérculo pelado y pesado

Se procede a pesar el almidón extraído de cada tubérculo y se mezcla con agua, bicarbonato de sodio y vinagre blanco. La mezcla se realiza revolviendo en presencia de fuego. El bicarbonato de sodio brinda una mayor viscosidad al pegamento y el vinagre ayuda a que perdure más en el tiempo [6-8].

Se utilizó una solución de almidón del 25% p/v para los propuesto “Yuca A”, “Papa” y “Yuca Dañada”, solución de almidón al 20% p/v para “Yuca B”, y se mantiene la misma solución de bicarbonato de sodio al 0.025% p/v y disolución del vinagre blanco al 0.05% v/v para todos los supuestos. La combinación se da a fuego alto hasta un promedio de 10 minutos donde se notará un líquido más viscoso y pegajoso. (Ver figura 2). No se utilizó el almidón de ñame en esta parte, ya que el mismo presentó un peor desempeño en relación al almidón de yuca, tanto en la obtención del almidón como en las pruebas iniciales de adhesión.

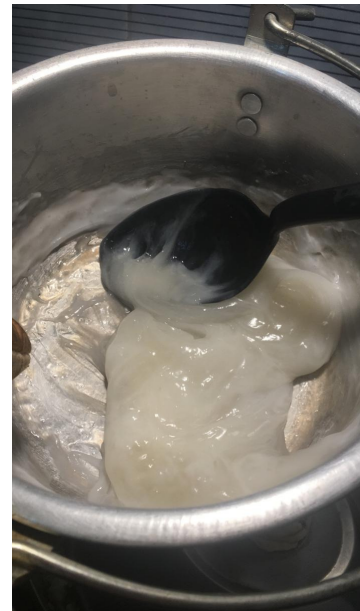


Figura 2. Adhesivo terminado

3.3 Comparación fuerza de adhesivos

Para llevar a cabo la comparación de fuerza entre los adhesivos, se utilizó el pegamento de papa, yuca A, yuca B confeccionados en el procedimiento anterior, 30 cubos de maderas con tamaño 4 cm x 4 cm, 30 enroscas y dos envases de cinco galones de agua (figura 3).

Los treinta cubos de maderas se pegan en pares, cada par pegado lleva dos roscas, una para tener un agarre a la balanza y otra al envase que contiene de agua. Se dejó reposar 48 horas como parte del procedimiento de resistencia de adhesividad (90°). Al principio se esperaba resultados por debajo de 5kg de resistencia, por lo que se planteó usar los instrumentos del laboratorio de la Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero, pero estos no contaban con la capacidad suficiente para llevar a cabo la separación de los cubos de madera. Por esta razón se pensó en un sistema de una balanza conectado al par de cubos de madera y al final de este, se colocó un envase de 5 galones con que se fue llenando con agua hasta que el adhesivo cediera (figura 3). Se registró cada experimentación para no perder la masa de agua exacta donde cediera el adhesivo. En cada prueba se verificó que el tensiómetro estuviera en cero, a fin de tener el peso del par de cubos como base, y que el envase de cinco galones con su respectiva agua se mostrara en el tensiómetro.

Transcurridos dos meses se vuelven a ensayar los adhesivos de Yuca A y papa. Se llevó a cabo el procedimiento antes expuesto para medir su resistencia, en comparación con la yuca envejecida.



Figura 3. Sistema de medición de resistencia de adhesividad en 90°.

4. Resultados y discusión

Los resultados a la hora de la extracción se llevaron a cabo con una tasa de rendimiento de extracción (tabla 1). En la tabla 1 se muestra un bajo rendimiento de extracción en el caso del almidón de ñame, lo que puede deberse al método de extracción artesanal, o bien, a la falta de experiencia a la hora de extraer el almidón. Por este motivo se dejó por fuera el almidón de ñame de las siguientes experimentaciones; este tuvo dificultades en su manipulación por su propiedad de prurito.

La extracción de almidones de yuca fue realizada dos veces, una con yuca fresca y otra con yuca envejecida, y esta mantuvo su tasa de rendimiento de extracción, dejando un buen margen de trabajo con este tubérculo.

Tabla 1. Tasa de rendimiento de extracción

| Tubérculo | Peso del Tubérculo pelado (g) | Peso del almidón obtenido (g) | Tasa de rendimiento de extracción |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Papa | 1500 | 13 | 1% |
| Yuca | 1500 | 80 | 5% |
| Ñame | 1500 | 2 | 0% |
| Yuca dañada | 2000 | 100 | 5% |

En la elaboración de los adherentes se notó que la Yuca B que contiene menor concentración de almidón era menos viscosa que la de la Yuca A, por otra parte, el adhesivo en base de almidón de papa es más oscuro que los otros dos.

Las resistencias medidas en la primera experimentación se presentan en la tabla 2. Se señala que a la hora de medir la resistencia de los diferentes adhesivos se observaron complicaciones por parte de los materiales y los adhesivos. En algunos, la madera cedió primero que el adhesivo, y en otros la resistencia del adhesivo fue inadmisiblemente alta, superando los 25 kg; cabe destacar que estos últimos fueron todos por parte del pegamento Yuca A.

La segunda experimentación se llevó a cabo transcurridos dos meses después. Los resultados consolidados se presentan en la tabla 3. El adhesivo, luego de transcurridos dos meses, presenta menos viscosidad, un fuerte olor y una menor resistencia.

Tabla 2. Resultados a medición de resistencia de adhesividad en 90°

| Tipo de pegamento | Resistencia de adhesividad (kg) | | | | |
|-------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Yuca A | 8.88 | >25 | >25 | 10.1 | 19.7 |
| Yuca B | 6.936 | 9.28* | 9.41 | 8.775 | 8.94 |
| Papa | 8.98 | 0.42* | 6.145 | 3.42 | 1.93 |

Tabla 3. Resultados a medición de resistencia 2 meses después

| Tipo de pegamento | Resistencia de adhesividad (kg) | | | | |
|-------------------|---------------------------------|-------|------|-----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Yuca A | 0.625 | 2.97 | 1.15 | 0.5 | 1.12 |
| Papa | 1.4 | 1.549 | 1.1 | 0* | 0* |
| Yuca Vieja | >17 | >17 | >17 | >17 | >17 |

Los datos con inconveniente son marcados con un asterisco y eliminados en su análisis estadístico. Se utilizaron dos tablas de medidas descriptivas: la tabla 4 con los adhesivos frescos y la tabla 5 con los adhesivos, luego de transcurridos dos meses.

Tabla 4. Medidas descriptivas para adhesivos

| Tipo de pegamento | N | Media | Desv. Desviación |
|-------------------|----|---------|------------------|
| Papa | 4 | 5.1188 | 3.1100 |
| Yuca A | 5 | 17.7360 | 7.8442 |
| Yuca B | 4 | 8.5153 | 1.0867 |
| Yuca vieja | 5 | 17.0000 | 0.0000 |
| Total | 18 | 12.6787 | 6.8509 |

Tabla 5. Medidas descriptivas para adhesivos luego de 2 meses

| Tipos de pegamento | N | Media | Desv. Desviación |
|--------------------|---|--------|------------------|
| Papa A (2 meses) | 3 | 1.3497 | 0.2287 |
| Yuca A (2 meses) | 5 | 1.2730 | 0.9919 |
| Total | 8 | 1.3018 | 0.7608 |

Se comparan las dos tablas y muestra un descenso en la resistencia de los adhesivos luego de pasados dos meses. La media de los dos pegamentos escogidos para esta prueba disminuye su fuerza de resistencia hasta en más de 10 kg (figura 4).

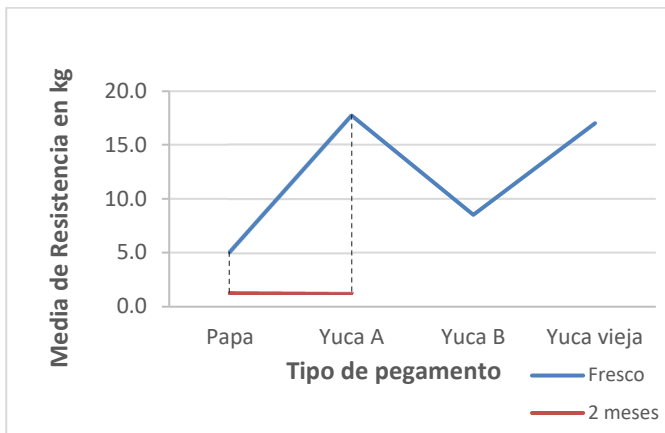


Figura 4. Gráfico de Medias de resistencias.

5. Conclusiones

El método de extracción del almidón artesanalmente es ineficiente, por lo que se obtuvieron rendimientos por debajo del 10% en todos los tubérculos.

Se manifiesta que, de los tres tubérculos trabajados, el ñame es el menos práctico para la elaboración de adhesivos y extracción de almidón. Por otra parte, la yuca resulta ser la materia prima con mejores resultados en su tasa de rendimiento de extracción y resistencia en las pruebas.

Los resultados confirman la posibilidad de uso de yuca dañada para la elaboración de adhesivos, teniendo esta una resistencia mayor a 17 kg en todas sus pruebas. La resistencia de estos tipos de adhesivos en base a almidones de tubérculos resulta ser medianamente fuerte por su promedio en resistencia mayor a 11 kg de fuerza. La fórmula utilizada da un panorama de deficiencia del pegamento a largo plazo cuando es almacenado, esto debido a que su nivel de viscosidad al estar almacenado desciende hasta convertirse a un estado líquido.

AGRADECIMIENTOS

A Gabriela Casas y Alida Moreno a la hora de fabricar el adhesivo.

Al M/S Francisco por permitir el uso de los materiales y su establecimiento.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores y el trabajo presentado no presentan conflictos de intereses con ningún patrocinador o agencia con interés en los resultados del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] L. Raiger, N. López. “Los biosurfactantes y la industria petrolera”. Revista Química Viva #3. dic. 2009
- [2] M. Hernandez, A. Vergara. “Elaboración y evaluación de un adhesivo a partir del almidón de yuca nativo utilizando hidróxido de sodio como agente hidrolizante”. Nov. 2008
- [3] C. Guevara, V. Robles, L. León, N. Pupo. “Influencia de la relación amilosa/amilopeptina en la resistencia de los adhesivos elaborados a partir de almidones nativos de yuca y ñame”. CitecSA Vol. 7. dic. 2016
- [4] Ministerio De Desarrollo Agropecuario, “Cierre agrícola” 2019-2020, Panamá
- [5] A. M. Alvarado, A. Acero. “Desarrollo de una propuesta para la producción y evaluación de un adhesivo a partir de almidón de papa a nivel de laboratorio”. Proyecto integral. Programa de ingeniería química. UAmerica. Bogotá D.C, Feb. 2018
- [6] A. García, F. Pinzón, A. Sanchez. “Extracción y propiedades funcionales del almidón de yuca como materia prima para la elaboración de películas comestibles”. @LIMENTECH Vol. 11, No. 1, p. 13-21. Sep. 2012
- [7] A. Rampton. “Almidón de la casaba y almidón de trigo: Estudio comparativo para su uso en conservación de papel”. Práctica privada
- [8] L. Díaz, F. Fiallos “Obtención de un nuevo adhesivo a partir del almidón modificado de maíz para la industria ecuatoriana” Universidad de Guayaquil. Facultad Ingeniería Química. Mar. 2011