




Artículo Original

Aprovechamiento de residuos vegetales para la elaboración de pegamento

Use of vegetable residues to make glue

Moreno Quintero María Eugenia¹  <https://orcid.org/0000-0003-2254-7739>, Gutiérrez Barbuena Julio Cesar¹

Historial del artículo

Recibido: 7 enero 2020

Aceptado: 10 febrero 2020

¹Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Punto Fijo, República Bolivariana de Venezuela.

Email:
mariomoreno@gmail.com

Artículo de acceso abierto bajo licencia Creative Commons Atribución NoComercial CompartirIgual (CC-BY-NC-SA) 4.0.



Resumen: Fueron caracterizados fisicoquímicamente y procesados, residuos vegetales, obteniéndose en la extracción un 80,02 % de rendimiento de dextrina y 10,29 % de pectina por hidrólisis ácida. Se caracterizó la dextrina cualitativamente resultando positiva en la prueba con yodo y solubilidad en agua con ausencia de azúcares reductores. Se observaron las bandas características de los grupos funcionales de dextrina por espectroscopía IR. La pectina obtenida es de bajo grado de esterificación. Se evaluaron las propiedades funcionales y organolépticas de las muestras del pegamento producido, siendo la formulada con 0,25 % de pectina la que presentó mejores características.

Palabras clave: pegamento, residuos vegetales, dextrina, pectina.

Abstract: The vegetable residues were characterized physicochemically and processed obtaining 80.020% yield in dextrin extraction and 10.295% for pectin extraction by acid hydrolysis. Dextrin was characterized qualitatively, resulting in a positive test with iodine and water solubility with the absence of reducing sugars. In the IR spectroscopy the characteristic bands of the dextrin functional groups were observed. The pectin obtained is low methoxy and high esterification. The functional and organoleptic properties of the glue samples were evaluated, the one with 0.25% pectin being the one that presented the best characteristics.

Keywords: glue, vegetable waste, dextrin, pectin.

Citación recomendada para este artículo: Moreno Quintero, M. E., Gutiérrez Barbuena, J. C. (2020). Aprovechamiento de residuos vegetales para la elaboración de pegamento. *Monteverdia*, 13 (1), pp. 47-59. Recuperado de <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/monteverdia/3460>

Introducción

Los pegamentos o colas en general desempeñan un papel importante en la vida diaria, su uso se extiende desde actividades escolares hasta importantes aplicaciones industriales. Es un sector que se encuentra en pleno desarrollo, dado que ofrece rendimientos similares y en ocasiones superiores a la de otras soluciones para el ensamblaje y sellado (Madrid, 2002; Hernández y Vergara, 2008; Alvarado y Aguas, 2018).

En la actualidad se están empleando almidones modificados para este sector, dentro de los cuales destaca la dextrina que constituye una opción tecnológica atractiva para la industria dado su funcionalidad, gran consumo y precio en el mercado

(Aristizábal, Leonardo y Basto, 2007; Chávez, 2012; Alvarado y Aguas, 2018).

El almidón es el carbohidrato más abundante en las plantas y se encuentra en hojas, diferentes tipos de tallos y raíces, así como en flores, frutos, semillas y tubérculos; en éste último, se utiliza como fuente de energía durante periodos de dormancia, estrés o reinicio del crecimiento (Ortiz, Álvarez, González, Valenzuela, Potisek y Chávez, 2015). Las propiedades y características del almidón de distintos cereales y tubérculos son función de la proporción relativa de su contenido en amilosa y amilopectina. La influencia de este último constituyente es importante ya que cuanto mayor es el contenido de amilopectina el producto resulta más adhesivo, característica que se aprovecha

extensamente como agente espesante, estabilizante y adhesivos (Cobana y Antezana, 2007; Acosta y Salcedo, 2004).

Las características físicas y química del almidón lo posicionan en los mejores lugares dentro de la industria alimenticia, textil, farmacéutica, papelera y de adhesivos. En esta última, para explotar sus propiedades y también aprovechar las características biodegradables ausentes en aquellos pegantes obtenidos a partir de hidrocarburos aromáticos u otras sustancias tóxicas, se modifican sus propiedades tras su transformación por diferentes tratamientos físicos y químicos convirtiéndolo en dextrina, compuesto base en la elaboración de pegamentos, la cual posee un peso molecular menor al almidón nativo, característica que las hace hidrosolubles y con baja viscosidad atribuyéndole propiedades adhesivas superiores (Hernández y Vergara, 2008).

La dextrina es considerada químicamente un polímero intermedio entre el almidón y la dextrosa, se presenta como un sólido amorfo color crema hasta marrón, soluble en agua fría e insoluble en alcohol (Aristizábal, Leonardo y Basto, 2007). Las dextrinas de alta calidad se obtienen a partir de papa y yuca, cuyos almidones son relativamente más fáciles de convertir, son inodoras e insaboras, sus películas son transparentes, brillantes y poseen una adhesividad superior (Acosta y Salcedo, 2004; Aristizábal y Sánchez, s.f.).

En Venezuela existe una gran variedad de productos agrícolas que son de vital importancia en la alimentación diaria. En el grupo de raíces y tubérculos, la yuca y la papa representan los cultivos principales, los cuales proporcionan carbohidratos esenciales en el desarrollo del ser humano y se consideran una excelente fuente de almidón (INIA, 2008). La papa y la yuca son algunos de los rubros con mayor comercialización en Venezuela y poseen altos contenidos de almidón, el cual está compuesto aproximadamente entre un 15-20% de amilosa y el resto amilopectina y muestra propiedades especiales que pueden ser usadas para diferentes propósitos; los almidones pueden ser modificados y utilizados con fines específicos, por ejemplo, los almidones oxidados se utilizan en la preparación de salsas y mayonesas, los almidones fosfatados son recomendados para alimentos refrigerados y las dextrinas que también son almidones modificados, para la elaboración de pegamentos (Chávez, 2008). Por su parte el ñame es

fuelle de pectina, esta constituye un componente muy importante debido a sus propiedades coagulante, emulsionante y conservantes. (Asturizaga y Bocanegra, 2008; Espinosa, 2012).

Desde hace algún tiempo se ha venido estudiando la incorporación en el mercado de productos provenientes de materias primas no convencionales como raíces y tubérculos, por lo que el aprovechamiento de desechos agrícolas para la elaboración de nuevos productos representa una alternativa viable para alcanzar los propósitos de la sostenibilidad, ya que además de brindar beneficios sociales y ambientales, es económicamente rentable. En el mundo entero se están buscando alternativas para darle un mejor aprovechamiento y en especial generar productos de mayor valor agregado para fines industriales en la industria de papel y cartón, textil, alimenticia y farmacéutica. Recientes estudios han demostrado que los almidones modificados son una de las opciones tecnológicas más atractivas dado su valor agregado y los altos volúmenes de consumo en varios sectores de la industria (Acosta y Salcedo, 2004).

La generación de residuos sólidos ocasiona impactos importantes al medio ambiente y a la salud humana. El inadecuado manejo de los residuos sólidos genera un variedad de problemas ambientales. Entre los principales es posible mencionar la modificación de la calidad de los suelos, la pérdida de la biodiversidad, el desprendimiento de metano de forma incontrolada por la digestión anaerobia de los residuos, la modificación del paisaje natural, el deterioro estético de los centros urbanos y del paisaje natural, y los efectos adversos a la salud humana. Este último se expresa de modo especial por la proliferación de malos olores, insectos y vectores de enfermedades (Caicedo, 2014; Prévex y Sánchez, 2007). Por una parte, el empleo de pegamentos sintéticos, contribuye a esta situación primero cuando se desechan porciones que no llegan a utilizarse o que secan inadecuadamente y luego cuando los productos en los que se empleó el pegamento, se convierten en residuos al vencer su período útil. Por todo ello es necesario tomar medidas en cuanto a su disposición final, pero también buscar variantes conformadas con materias primas naturales y propiedades similares.

Este estudio se enfocó en el aprovechamiento de los residuos de yuca y papa recolectados en los establecimientos de ventas de hortalizas para elaborar

un pegamento a base de dextrina obtenida de dichos residuos. Con ello, el valor de la investigación para minimizar la contaminación se da en dos momentos: al reducir el empleo de pegamentos sintéticos y al reciclar parte de los despojos de la actividad comercial de productos agrícolas. Para su estabilidad y conservación se utilizó pectina obtenida de residuos de ñame provenientes de dichos establecimientos, evitando de esta manera agregar aditivos comerciales y formulando un pegamento natural que podría fortalecer la economía del país por su relativo bajo costo de producción.

Materiales y métodos

Población y muestra.

Con el propósito de tener un estimado de la cantidad de desechos que se generan semanalmente de yuca, papa y ñame se realizó una encuesta en los principales establecimientos de ventas de hortalizas ubicados en la Parroquia Carirubana, de la Ciudad de Punto Fijo - estado Falcón, donde se conoció que dichos establecimientos desechan alrededor de un 30% de la cantidad con la que se abastecen. Se trabajó con una muestra representativa de 3215 g entre residuos de papa y yuca y con 1072,5 g de residuos de ñame descartados para la venta en los centros de ventas de hortalizas ubicadas en la ciudad de Punto Fijo, estado Falcón.

*Caracterización fisicoquímica de los residuos vegetales yuca (*Manihot esculenta*), papa (*Solanum tuberosum*) y ñame (*Dioscorea alata*)*

Las características evaluadas a la materia prima fueron: pH (COVENIN 1315-79); Porcentaje de cenizas (COVENIN 1456-90) y Porcentaje de humedad (A.O.A.C 14.004), siguiendo las normativas establecidas por la Association of Official Analytical Chemists (Horwitz & Latimer, 2005) y la Comisión Venezolana de Normas Industriales (1979, 1990).

*Obtención de dextrina de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) y papa (*Solanum tuberosum*).*

Extracción de almidón

El método empleado para la obtención del almidón consistió en un proceso manual. En primer lugar, se acondicionaron 3215 g de residuos entre papa y yuca como materia prima, se realizó un lavado con abundante agua para eliminar suciedad, luego se retiró la cáscara, se rallaron y licuaron reduciendo de esta manera su tamaño con el propósito de ser más

eficiente el proceso de extracción.

Seguidamente, se lavó con agua destilada todo el material triturado hasta que el agua dejó de presentar un color blanquecino. El agua de lavado se recolectó y se dejó sedimentar el almidón por un tiempo de 24 horas, luego de transcurrido ese tiempo se retiró el agua sobrenadante y el almidón sedimentado se secó en estufa por un tiempo de 16 horas a una temperatura de 80 °C. Finalmente el almidón seco, se trituró y almacenó (Aristizábal y Sánchez, s.f.).

Obtención de dextrina

Se disolvieron 293,455 g de almidón, obtenido de los residuos de yuca y papa; en agua destilada en una relación 1:3, se adicionó solución de ácido clorhídrico hasta regular el pH a 3 y se procedió a calentar con agitación constante hasta alcanzar una temperatura de 80-85 °C, por un tiempo de 30 minutos hasta que se obtuvo una pasta viscosa y gelatinosa. Posteriormente se procedió a un proceso de secado a la temperatura de 60 °C por un tiempo de 48 horas, luego se trituró y envasó. (Carrascal, 2005; Aristizábal y Sánchez, s.f.; Alvarado y Aguas, 2018; Barrera, Márquez, Yegrez y Navas, 2013).

*Obtención de pectina del ñame (*Dioscorea alata*) por medio de hidrólisis ácida*

Es el método más utilizado a nivel industrial para la obtención de pectina. En ésta técnica la materia prima es suspendida en agua caliente con la cantidad necesaria de un ácido fuerte. Después de un tiempo, la solución resultante es retirada de los sólidos no solubles mediante filtración; luego se mezcla con alcohol para que la pectina precipite. El precipitado es extraído y se purifica lavando con alcohol, finalmente es secado y molido (Maldonado, Salazar, Millones, Torres y Vásquez, 2010). Los residuos de ñame fueron seleccionados, cortados y rallados. Luego se lavaron y colocaron en la estufa para la inactivación enzimática a 80°C por 96 horas.

Una vez seca, se trituró y se sometió al proceso de hidrólisis ácida, el cual se realizó con proporciones de 50 g del material seco y triturado, seguidamente se le adicionó agua destilada hasta completar 1 litro de solución. La muestra se agitó y se le añadió ácido clorhídrico hasta ajustar el pH a 3. Posteriormente la materia prima se sometió a calentamiento durante 60 minutos a una temperatura de 90 °C con agitación constante. Se dejó reposar para luego filtrar y agregar

alcohol absoluto (1:1,5) para lograr la precipitación de la pectina. Una vez precipitada se dejó reposar por 24 horas. Finalmente se decantó y la pectina obtenida se secó, trituró y almacenó hasta su posterior uso (Espinosa, 2012).

Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la dextrina y pectina obtenidas

La dextrina obtenida se evaluó en cuanto a:

Ensayo con yodo (Southgate, 1991), concentración de azúcar en grados Brix, según el método A.O.A.C 932.14 y solubilidad en agua, según el método Anderson (Hernández-Medina, Torruco-Uco, Chel-Guerrero y Betancur-Ancona, 2008).

Espectroscopia IR-TF: Se utilizó el equipo de IR NICOLET Magna IR 560 ubicado en las instalaciones del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), en el estado Miranda. La muestra a analizar se preparó con la técnica de la pastilla de KBr, para ello se mezcló 1 mg de la muestra y polvo de KBr (100-300mg), posteriormente se presiona la mezcla en un troquel hasta obtener un disco transparente que se colocó en el haz del instrumento para su análisis espectroscópico.

A la pectina se le determinó:

Humedad (A.O.A.C 14.004); Cenizas (COVENIN 1456-90); pH (COVENIN 1315-79); porcentaje de metoxilo, grado de esterificación, porcentaje de ácido anhidrouónico y grado de gelificación por el método de Schultz (Schultz, 1965).

Elaboración del pegamento a base de dextrina con diversas proporciones de pectina

En la Tabla 1 se especifica las cantidades de cada uno de los componentes a adicionar para la formulación de pegamento variando las proporciones de pectina,

Tabla 1: Formulación del pegamento con diferentes proporciones de pectina.

| Componente | Proporción de pectina | | |
|----------------------|-----------------------|---------|---------|
| | 0,25 % | 0,5 % | 0,75 % |
| Masa de agua (g) | 180,000 | 180,000 | 180,000 |
| Masa de dextrina (g) | 20,000 | 20,000 | 20,000 |
| Masa de pectina (g) | 0,506 | 1,0067 | 1,510 |
| Masa total (g) | 200,506 | 201,007 | 201,510 |

Evaluación de las propiedades físicas del pegamento

Una vez obtenidas las muestras de pegamentos se le realizaron pruebas para evaluar sus propiedades funcionales mediante los siguientes ensayos cualitativos:

Color y Olor. Esta prueba se determina por apreciación organoléptica de la persona encargada de realizar la evaluación.

Apariencia de la película. Esta propiedad se determina por esparcimiento de una película delgada del adhesivo sobre una lámina de vidrio. Una vez esparcida la película, se deja secar y luego se levanta la película del vidrio, probando así la facilidad de la película para mantenerse firme o hacerse quebradiza. Además, la prueba permite evaluar si la película es brillante, opaca o transparente.

Fuerza adhesiva. Esta prueba se determina por esparcimiento de una película de adhesivo sobre dos hojas de papel Kraft. Esta prueba determina la fuerza que tiene el adhesivo para unir los dos sustratos y al tratar de separarlos romper alguno de ellos. Adhesivos con buena fuerza adhesiva presentan un mejor rendimiento en procesos de pegado de alta velocidad.

Tiempo de secado. Se aplica para definir las condiciones de prensado y velocidad de operación que entre más rápido seque es lo ideal para un buen adhesivo. (Acosta y Salcedo, 2004; Aristizábal, 2004).

Resultados y discusión

A continuación, en la Tabla 2 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de los residuos vegetales

Tabla 2: Caracterización de los residuos vegetales.

| Parámetro | Valor | | |
|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | Yuca | Papa | Ñame |
| pH | 6,77±0,02 | 6,35±0,03 | 6,13±0,02 |
| Ceniza (%) | 0,600±0,0001 | 0,537±0,0001 | 0,766±0,002 |
| Humedad (%) | 59,341±0,594 | 24,265±0,058 | 35,072±0,102 |

Los parámetros determinados están influenciados por varios factores como la variedad del residuo, la zona donde se cultiva, condiciones ambientales, entre otros; los valores de pH están sujetos directamente a

condiciones del suelo, del cultivo y condiciones climáticas, oscilando generalmente entre 3,5 y 8,5 (Martin, 2012). Este resultado favoreció al proceso, ya que una condición necesaria tanto para la hidrólisis como para la dextrinización es el medio ácido.

El porcentaje de ceniza representa la cantidad de materia mineral que forma parte de la composición del tubérculo, suele ser absorbida por el mismo como nutrientes a través del suelo, determinar su proporción es de gran importancia para conocer la pureza de las sustancias y compuestos obtenidos a partir de los residuos vegetales.

Parra (1992) reportó el contenido de cenizas de yuca entre 0,6% y 0,9%; Moyano (2014) reportó el contenido de cenizas de la papa de 0,4% a 0,6% y Acuña (2012) entre 0,7% a 0,9% para el ñame, rangos entre los cuales se encuentran los valores correspondientes a las muestras analizadas.

En cuanto al porcentaje de humedad obtenido para los residuos vegetales estos son bajos respecto a los reportados. Esto puede deberse a la influencia de factores climáticos y características del suelo, así como la variedad cultivada, además de que los residuos al ser almacenados al aire libre pierden humedad natural. Para la yuca se estiman valores en un rango que va desde 55% a 65% (Parra, 1992), en tanto que para la papa el contenido de humedad debe alcanzar entre 70% y 75% según la variedad (Yépez, 2008) y entre 60% y 70% para el ñame (Acuña, 2012).

Extracción del almidón

Seguidamente se obtuvo el almidón contenido en los residuos de yuca y papa (Fig.1) empleando un procedimiento manual, para posteriormente extraer la dextrina. A partir de 3215 g de residuos de yuca y papa se obtuvieron 293,455 g de almidón, obteniéndose un rendimiento de 9,12% para este proceso. Este rendimiento obtenido es bajo al ser comparado con el reportado por Velasco, Luna, Mera y Villada (2008) y por Aristizábal (2004) el cual se ubicó entre 17 y 20% respectivamente.

Este bajo rendimiento puede ser resultado de posibles pérdidas de almidón en la etapa de decantación, así como también el tipo de materia prima empleado, ya que los rendimientos reportados corresponden a materia prima en buen estado y en el caso de esta investigación se emplearon desechos de raíces y tubérculos para revalorizarlos.



Fig. 1. Almidón obtenido de residuos de yuca (A) y papa (B).

Obtención de dextrina

En esta etapa se utilizó el almidón obtenido de la papa y yuca en la etapa anterior. Al modificar el almidón se apreció un cambio en su apariencia y consistencia, pasando de ser un polvo fino de color blanco a una masa pastosa y traslúcida que posteriormente al ser secada y triturada dio lugar a un polvo granular ligeramente blanco. Se obtuvo 234,806 g de dextrina (Fig. 2), para un rendimiento de 80,02%. Carrascal (2005) reportó rendimientos entre 92% y 94% y Villanueva (2009) reportó un rendimiento de 79,23% para dextrinas obtenidas a partir de almidón de yuca por lo que el valor obtenido está dentro del rango. Además, la dextrina obtenida se califica como del tipo blanca debido a que, para la obtención de dextrinas de este tipo, el almidón es tratado con trazas de ácidos minerales, pH bajo, baja temperatura (80-120 °C) y tiempos de tostación relativamente cortos (3- 8 horas) obteniéndose dextrinas de color blanco similar al almidón (Carrascal, 2005; Aristizábal, 2004).



Fig. 2. Dextrina obtenida.

Extracción de pectina

La pectina se extrajo por el método de hidrólisis ácida. Al hidrolizar el residuo de ñame previamente procesado, a las condiciones de pH=3, t=60 minutos y T= 90°C dadas por Espinosa (2012) se obtuvo una solución de color marrón turbio que luego de reposar y enfriar fue filtrada.

Para precipitar la pectina se adicionó alcohol, observándose la inmediata formación de dos fases (Fig.3). Esta solución fue decantada y la pectina obtenida se sometió a secado, luego fue triturada obteniéndose un polvo fino de color marrón, que se pesó y almacenó en un lugar fresco y seco (Fig.4). En la Tabla 3 se muestra el rendimiento del proceso el cual está por debajo del 15,98% reportado por Espinosa (2012) para el mismo tubérculo.

Tabla 3: Rendimiento de extracción por hidrólisis ácida.

| Hidrólisis | Masa de ñame (g) | Masa de pectina (g) | Rendimiento (%) |
|------------|------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 50,008 | 5,239 | 10,476 |
| 2 | 50,010 | 5,152 | 10,302 |
| 3 | 50,005 | 4,706 | 9,411 |
| 4 | 50,000 | 5,496 | 10,992 |
| Total | 200,023 | 20,593 | 10,295 (promedio) |



Fig. 3. Hidrólisis ácida para la extracción de pectina.



Fig. 4. Pectina obtenida de los residuos de ñame.

Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la dextrina y pectina obtenidas

En la Tabla 4, se presentan los resultados de la caracterización cualitativa de la dextrina resultante del tratamiento del almidón de yuca y papa en una solución de HCl para regular el pH, la cocción de la mixtura y el secado y granulado posteriores.

Tabla 4: Caracterización cualitativa de la dextrina obtenida.

| Parámetro | Valor |
|-------------------------|----------|
| Ensayo con yodo | Positivo |
| Concentración de azúcar | 0° Brix |
| Solubilidad en agua | Baja |

Mediante el ensayo con yodo se confirmó la presencia de dextrina parcialmente convertida, al apreciarse una coloración azul. Se utilizó la prueba de coloración con solución de yodo. Esta prueba permite determinar el nivel de conversión de la dextrina en el proceso de dextrinización. Así, las soluciones de dextrina parcialmente convertida dan coloraciones azul profundo característico de la presencia de almidón. A medida que avanza la conversión el color va pasando por el rojo, café, violeta hasta la solución incolora. Las dextrinas altamente convertidas se caracterizan por dar una coloración rojo-violeta que se decolora finalmente (Aristizábal, 2004).

Al analizar por refractometría la disolución de dextrina se obtuvo una lectura de 0° Brix, lo que representa ausencia de azúcares reductores y sólidos solubles. El contenido de azúcares reductores (equivalente de dextrosa (d.e.)) es una función del cambio de viscosidad y alcanza un máximo casi al mismo tiempo que la viscosidad alcanza un valor mínimo. Durante la dextrinización se forman sacáridos incluyendo glucosa, maltosa y oligosacáridos que dan a las dextrinas blancas un valor reductor excepcionalmente alto. Un alto contenido de azúcares reductores es indeseable si la dextrina va a ser usada para la fabricación de adhesivos (Aristizábal, 2004).

La dextrina presentó una baja solubilidad en agua, comportamiento acorde a lo esperado para las dextrinas blancas; Según Carrascal (2004) y Aristizábal (2004) su solubilidad en agua fría puede ser desde 0 a 90 %. En estas dextrinas la hidrólisis es la principal reacción, obteniéndose almidones depolimerizados por ruptura de enlaces α (1,4). Su empleo es principalmente en la

industria de confitería y de adhesivos.

Se realizó un análisis para determinar el espectro IR de la dextrina con HCl, el cual se realizó para la

identificación en la muestra de dextrina obtenida durante esta investigación, de los grupos funcionales, permitiendo que se comparen estos parámetros con otros productos similares (Fig. 5).

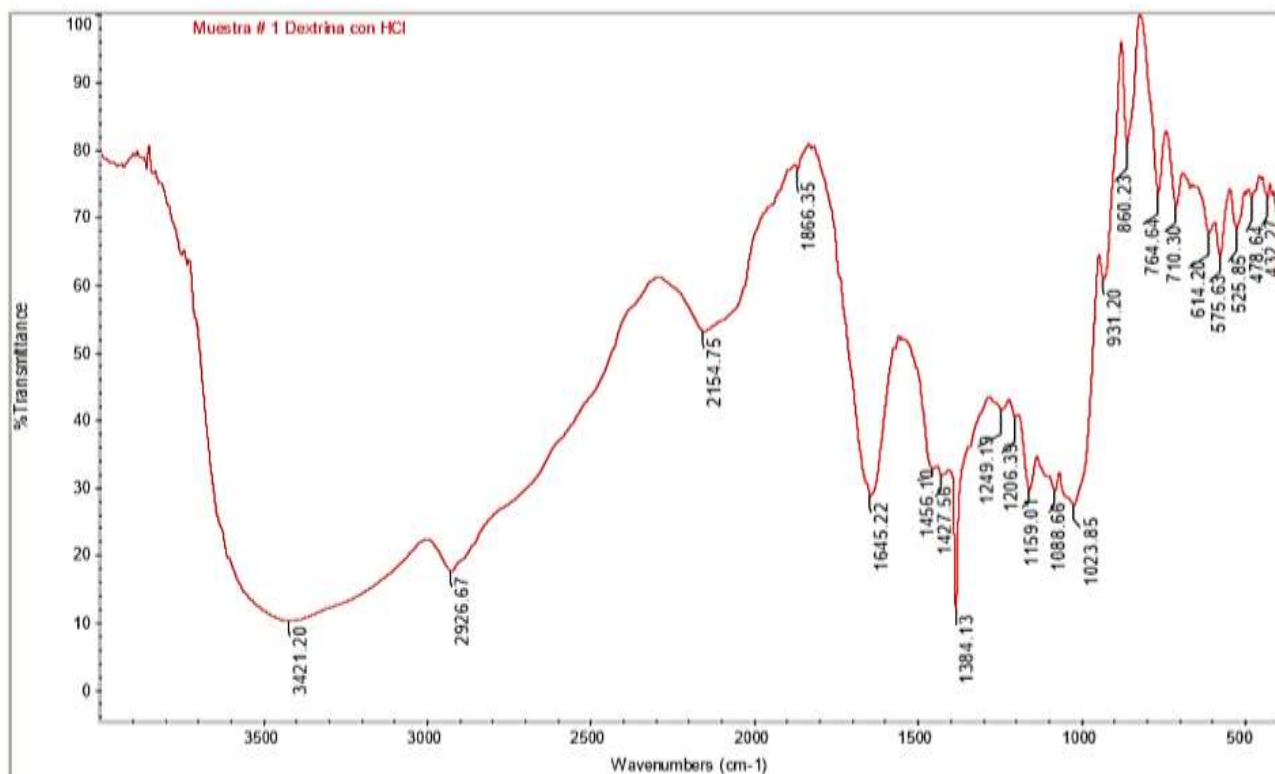


Fig. 5. Espectro IR de la dextrina obtenida

En el espectro IR realizado se observa una banda amplia en el intervalo de 3650 y 3000 cm^{-1} asignada a las vibraciones por estiramiento y vibraciones por flexión de los grupos O-H inter e intramolecular, una banda en la región de 3000 a 2850 cm^{-1} atribuida a la vibración por estiramiento del enlace C-H, una banda alrededor de 2154,75 indica la posible presencia de enlace doble carbono - carbono (carbono insaturado) y una banda alrededor de 1645 cm^{-1} asignada a la vibración por flexión del grupo O-H de las moléculas de agua absorbidas en las regiones amorfas de los gránulos de almidón.

En la banda de absorción entre 1100 y 1400 cm^{-1} indica la presencia de grupos metilos y etilos no enlazados. La presencia de señales en 1159 cm^{-1} , 1088 cm^{-1} y 1023 cm^{-1} , pueden asignarse al modo de acoplamiento C-O y de estiramiento C-C, modo de flexión C-O-H y la banda debida a la vibración de estiramiento C-O,

respectivamente.

Las bandas de absorción a bajos números de onda se atribuyen al modo de vibraciones del esqueleto de los enlaces glicosídicos α -1,4 (931 cm^{-1}), deformación C-H y CH_2 (860 cm^{-1}), y de estiramiento C-C (764 cm^{-1})

En el infrarrojo realizado a la dextrina de papa y yuca obtenida en este estudio, se evidenció que las bandas de los 2900 a 3500 cm^{-1} son mucho más amplias debido a la gran cantidad de grupos OH⁻ de los alcoholes presentes en la dextrina y la banda característica de los grupos etilos y metilos se encontró en los 900 a 1500 cm^{-1} comprobándose la composición de la misma. Este espectro obtenido en esta investigación es similar al obtenido por Barrera, Márquez, Yegrez y Navas (2013) para la dextrina de papa.

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de la pectina extraída del ñame,

Tabla 5: Caracterización fisicoquímica de la pectina extraída.

| Parámetro | Valor |
|---------------------------------|--------------|
| pH | 6,8±0,020 |
| Ceniza (%) | 6,324±0,002 |
| Humedad (%) | 7,854±0,001 |
| Contenido de metoxilos (%) | 1,947±0,134 |
| Acido anhidrogalaacturónico (%) | 12,985±0,515 |
| Grado de esterificación (%) | 85,088±2,481 |

Para el pH de la pectina extraída éste se ubicó en 6,8; este valor difiere del reportado el cual varía de 2,8 a 3,4 ya que la pectina posee un porcentaje alto de grupos ácidos disociados respecto a los no disociados haciendo la pectina más hidrofílica. Por lo tanto, la tendencia a gelificar aumenta considerablemente al bajar el pH (Suarez y Orozco, 2014; Alfonso, 2010; Pagán, 1995), no ocurriendo esto para el caso en estudio.

En cuanto al valor de cenizas se ubicó en 6,324% ligeramente por encima al reportado por Espinosa (2012) el cual fue de 5,66 %, esta variación puede deberse a que a un alto valor de pH, durante el proceso de hidrólisis ácida, existe un mayor porcentaje de materia inorgánica que no se solubilizó debido a que la concentración y fuerza del ácido no fueron suficientes y por ello, al incinerar la muestra de pectina obtenida (materia orgánica) resultaron altos valores de cenizas; y a pH de precipitación superiores a 1,5 fue más improbable obtener los ácidos pécticos que sus sales (Ferreira, Peralta y Rodríguez, 1995)

El contenido de humedad se ubicó en 7,854% el cual se encuentra dentro de lo exigido por el Food Chemicals Codex (FCC) para pectinas comerciales, el cual establece valores de humedad $\leq 12\%$, pero está por encima del valor reportado por Espinosa (2012) el cual fue de 4,37%; mientras que el contenido de metoxilos obtenido es bajo, valor aproximado al reportado de 1,366% (Espinosa, 2012), por lo que la pectina podrá formar geles estables con poca o ninguna cantidad de azúcar, pero requiere de cationes divalentes comúnmente calcio para gelificar.

El grado de esterificación es una característica química importante relacionada con la velocidad de gelificación, el obtenido para la pectina de ñame es alto e indica que se disponen de más carboxilos libres que

pueden ser esterificados. Esto se debe al pH al cual se llevó a cabo la hidrólisis, ya que cuando el pH se hace menos ácido y el tiempo de hidrólisis mayor, el grado de esterificación tiende a aumentar un poco, lo que afectará los enlaces éster de la cadena favoreciendo su hidrólisis (Gamboa, 2009).

El bajo contenido de metoxilos y el alto grado de esterificación de la pectina obtenida puede deberse a que existen otros grupos químicos que intervienen en la esterificación con los grupos carboxilo del ácido poligalaacturónico (Pagán, 1995). Es de destacar que el ñame es un tubérculo rico en almidón (Acuña, 2012; Salcedo, García, y Salcedo, 2018) y probablemente haya ocurrido el "arrastre" de este componente juntamente con la pectina en el proceso de extracción, influyendo el almidón (impureza) en las características de la pectina obtenida.

El contenido de ácido anhidrogalaacturónico permite tener una idea de la pureza de la pectina obtenida (Pagán, 1995). Para el caso de la pectina obtenida fue de 12,985% el valor obtenido es superior al reportado por Espinosa (2012) el cual fue de 10,40%. De acuerdo con la United States Pharmacopehia (USP), el valor no debe ser inferior a 74%, sin embargo, hay que tener en cuenta que el ácido anhidrogalaacturónico en las pectinas se encuentra muchas veces acompañado de azúcares neutros como, L- arabinosa, L-ramosa, D-galactosa y de algunas impurezas arrastradas en las extracciones (Pagán, 1995).

Es importante recalcar que los ácidos urónicos resultan algo inestables en ácidos minerales calientes, se puede inferir que a un mayor tiempo de hidrólisis ocurre una mayor fragmentación de la molécula de pectina, por lo que el contenido de ácido galaacturónico tenderá a ser menor (Gamboa, 2009).

También se evaluó el grado de gelificación (G.G.) de la pectina obtenida (Tabla 6), este factor es importante, ya que la pectina tiene mayormente un uso agroindustrial como espesante o estabilizante (Pagán, 1995), la gelificación depende de la temperatura, el grado de metoxilación, el pH y el azúcar y en el caso de las pectinas de bajo metoxilo, de las concentraciones de calcio (Gamboa, 2009).

En ninguno de los ensayos realizados la pectina gelificó de manera apropiada, esto se debe a que es de bajo metoxilo y requiere de la adición de iones de calcio para gelificar.

Tabla 6: Resultados obtenidos para el grado de gelificación (G.G.).

| Ensayo | Masa de pectina (g) | Masa de sacarosa (g) | G.G (°) |
|--------|---------------------|----------------------|---------|
| 1 | 0,212 | 100,003 | 471,712 |
| 2 | 0,501 | 100,003 | 199,607 |
| 3 | 0,807 | 100,000 | 123,916 |

La firmeza o consistencia del gel depende del contenido adecuado de azúcar y ácido que se incorpore, más un rango de pH que resulte óptimo; ya que el pH de la solución de pectina tenderá a disminuir los grupos carboxilatos altamente hidratados y cargados, para dar paso a grupos carboxílicos no cargados y ligeramente hidratados. Esto permite que las moléculas que constituyen la pectina puedan asociarse mediante las llamadas zonas de unión, formando así una red tridimensional que atrapa la solución acuosa de las moléculas de soluto (Pagán, 1995).

Elaboración del pegamento a base de dextrina con diversas proporciones de pectina.

Tabla 7: Evaluación de los pegamentos formulados.

| Parámetro | Porcentaje de pectina | | |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | 0,25 % | 0,5 % | 0,75 % |
| Olor | Agradable | Agradable | Agradable |
| Color | Blanco , traslucido | Blanco , traslucido | Blanco, opaco |
| Fuerza adhesiva | Alta | Aceptable | Aceptable |
| Tiempo de secado | Rápida | Rápida | Moderado. |
| Apariencia de película seca | Transparente, brillante | Transparente, opaca | Transparente opaca |
| Apariencia de película húmeda | Transparente, lisa | Transparente, granular | Transparente, granular |

Las tres muestras elaboradas adicionando pectina en diferentes proporciones presentaron agradable olor y coloraciones que fueron desde el blanco traslúcido hasta blanco opaco a medida que aumentaba la cantidad de pectina en su composición (Fig. 6).

Todas las muestras evidenciaron poseer fuerza adhesiva al llevar a cabo la prueba de adhesividad, uniendo diferentes combinaciones de materiales (papel Kraft, papel Bond, opalina, cartón), sin humedecer excesivamente el sustrato.

Al agregar agua destilada a la mezcla de dextrina y pectina, en las proporciones señaladas en la Tabla 1, se obtuvo una masa de consistencia pastosa y grumosa. Posteriormente al someterse a calentamiento fue homogeneizándose y su viscosidad disminuyó, adquiriendo además una coloración blanquecina y denotando características de adhesividad. La consistencia apreciada en cada una de las muestras se debe a la propiedad espesante de la pectina.

Mediante ensayos cualitativos (Acosta y Salcedo, 2004; Aristizábal, 2004) se evaluaron las características organolépticas y propiedades funcionales de los diferentes pegamentos formulados, dando como resultado una serie de apreciaciones que permitieron evaluar la calidad del producto elaborado y su competitividad como adhesivo para determinados usos y materiales.

En la Tabla 7, se resumen las principales características de los productos obtenidos para tres grupos, según el porcentaje de pectina presente. En todos los casos se evidencian propiedades que los hacen adecuados.



Fig. 6. Pegamentos elaborados 0,25 % de pectina (A); 0,5 % de pectina (B) y 0,75 % de pectina (C).

Esta disminuyó a medida que se incrementaba el porcentaje de pectina presente en la muestra.

La apariencia de la película seca varió de transparente brillante a transparente opaca. La apariencia de la película húmeda fue transparente en todos los casos.

Las muestras del pegamento elaborado comenzaron a presentar signos de degradación por agentes microbiológicos, transcurrido un mes de su elaboración, indicando que la adición de pectina muy a pesar de mejorar la mayoría de sus características, no tuvo el resultado deseado sobre la estabilidad del pegamento, evidenciándose que los adhesivos de dextrina son susceptibles a la aparición de hongos y bacterias, disminuyendo su vida útil. Sin embargo, son preferidos en varias aplicaciones, por su bajo costo, su mayor adhesividad y estabilidad, unido a que su uso en sustratos de papel o cartón facilita los procesos de reciclado del mismo (Aristizábal, 2004).

Conclusiones

Los parámetros fisicoquímicos de los residuos vegetales denotaron características adecuadas para su empleo como materia prima para la elaboración del pegamento, lográndose la extracción de dextrina parcialmente convertida a partir del residuo de papa y yuca con un buen rendimiento y caracterizándose la misma por medio de ensayos cualitativos y por espectroscopia IR.

La pectina extraída del ñame por hidrólisis ácida es de bajo metoxilo y alto grado de esterificación.

Las muestras de pegamento elaboradas presentaron características organolépticas aceptables, olor agradable y coloración ligeramente blanquecina y presentaron degradación por agentes microbiológicos transcurrido un mes, evidenciando que la adición de pectina no fue positiva para inhibir el crecimiento de microorganismos.

El pegamento que presentó mejores características funcionales fue el elaborado con 0,25% de pectina.

Agradecimientos

Al Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) por la colaboración en la ejecución del Análisis de Espectroscopia IR de esta investigación.

Contribución de los autores

Moreno Quintero: planeación de la investigación, conducción de los ensayos para la caracterización físico-química y ensayos cualitativos; recopilación y procesamiento de la información, revisión documental,

análisis de resultados, redacción del artículo y revisión final.

Gutiérrez Barbuena: planeación de la investigación y conducción de los ensayos para la caracterización físico-química y ensayos cualitativos.

Conflictos de intereses

No se expresan conflictos de interés.

Referencias

- Acosta, M. y Salcedo, M. (2004). *Estudio de las aplicaciones industriales, el mercado potencial en Colombia y diseño de un producto a partir de pirodextrinas de yuca*. [en línea]. Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19220/44714_59464.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Acuña, H. (2012). *Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco (Dioscorea trifida) originario de la región Amazónica Colombiana para la elaboración de productos horneados*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/9785/1/107519.2012.pdf>
- Alfonso, E. (2010). *Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado galacturónico obtenida a partir de Citrus paradisi (Gray Fruit)*. [en línea]. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/471/>
- Alvarado A. y Aguas A. (2018). *Desarrollo de una propuesta para la producción y evaluación de un adhesivo a partir de almidón de papa a nivel de laboratorio*. Fundación Universidad de América. Recuperado de <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6692/1/6122884-2018-1-IQ.pdf>
- Aristizábal, J., Leonardo, F. y Basto, G. (2007). Estudio de una nueva técnica e implementación de una línea piloto de proceso para la obtención de dextrinas a partir de almidón de yuca. *Revista Ingeniería e Investigación* 27 (2), 35-46, Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092007000200004&script=sci_abstract&lng=es

- Aristizábal, J. (2004). *Estudio de la viabilidad técnica y económica en la producción de dextrina a partir de yuca utilizando tecnologías de vía húmeda*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB211.C3_A757_Estudio_de_la_viabilidad_t%C3%A9cnica_y_econ%C3%B3mica_de_la_producci%C3%B3n_de_dextrinas_a_partir.pdf
- Aristizábal, J. y Sánchez, T. (s.f.). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca*. En FAO. Cuadernos técnicos de la FAO. Boletines de servicios agrícolas de la FAO 163. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>
- Asturizaga, Y. y Bocanegra, C. (2008). *Evaluación de los rendimientos en el proceso de obtención de alcohol a partir de harina de ñame (Dioscorea bulbifera trifida) por vía enzimática*. Universidad de Sucre. Recuperado de http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/1142/1/EVALUACI%C3%93N%20DE%20LA%20OBTENCI%C3%93N%20DE%20BIOETANOL%20A%20PARTIR%20%20DEL%20ALMID%C3%93N%20DE%20C%91AME%20%28DIOSCOREA%20ROTUNDATA%2C%20DIOSC_JOS%3%89%20MURGAS_USBCTG_2012.pdf
- Barrera, D., Márquez, M., Yegres, J. y Navas, P. (2013). Producción de plástico parcialmente degradable con polietileno de alta densidad (PEAD) y la dextrina del desecho de Solanum tuberosum. *Revista Química Viva* 12 (1), 12-25, Recuperado de <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v12n1/navas.htm>
- Caicedo, Y. (2014). *Biología: Investigación aplicada en el aprovechamiento de residuos sólidos*. (Tesis de especialización. Universidad Industrial de Santander. Colombia). Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/virtual/005609/DocumentosOffice/viernes/Modulo deGestiondelosResSolToxPeli/ponenciaacodalYisethCaicedo.pdf>
- Carrascal F. (2005). *Obtención de dextrinas de alta solubilidad y mínima retrogradación a partir de almidón industrial de yuca*. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Recuperado de: <https://docplayer.es/36150058-Obtencion-de-dextrinas-de-alta-solubilidad-y-minima-retrogradacion-a-partir-de-almidon-industrial-de-yuca.html>
- Chávez, D. (2012). *Elaboración de goma modificada a partir de la dextrina de yuca para uso en la industria cartonera*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química. (Tesis de pregrado. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador). Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4691>
- Chávez, P. (2008). *La papa tesoro de los Andes*. Fundación cátedra Iberoamérica. Centro Internacional de la papa. La Molina- Perú. Recuperado de: https://fci.uib.es/digitalAssets/177/177040_peru.pdf
- Cobana, M. y Antezana, R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Revista Boliviana de Química*. 24 (1) 77-83. Recuperado de <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v24n1/v24n1a14.pdf>
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1979). *Alimentos. Determinación del pH. (Acidez iónica)*. (COVENIN 1315-79). Caracas, Venezuela: Autor.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1990). *Pulpas. Determinación de cenizas*. (COVENIN 1456-90). Caracas, Venezuela: Autor.
- Espinosa, O. (2012). *Evaluación de la pectina obtenida del ñame*. (Tesis de grado inédita). Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda”. Punto Fijo- Falcón. Venezuela.
- Ferreira Ardilla, S., Peralta, A. P., y Rodríguez, G. P. (1995). Obtención y caracterización de pectina a partir de desechos industriales del mango (cáscara). *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 24 (1), 29-34. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/56478>
- Gamboa, M. (2009). *Aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango (Mangifera indica L.), de las variedades Smith,*

- Tommy Atkins, Haden Y Bocado como materias primas para la obtención de pectinas. Universidad de Oriente. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14333252/tesis-udo-ribibudoeduve-universidad-de-oriente>
- Hernández, M. y Vergara, A. (2008). *Elaboración y Evaluación de un adhesivo a partir del almidón nativo de yuca, variedad M-TAI utilizando Hidróxido de Sodio como agente hidrolizante*. Universidad de Sucre. Recuperado de <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/255/2/668.38H557.pdf>
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., y Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 28 (3), 718-726. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>
- Horwitz, W. & Latimer, G. W. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Maryland, United States of America: AOAC International.
- INIA. (2008). *Segundo Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela. Recuperado de <https://isbn.cloud/9789803182625/segundo-informe-nacional-sobre-el-estado-de-los-recursos-fitogeneticos-para-la-agricultura-y-la-alimentacion.html>
- Madrid, M. (2002). *Tecnología de la adhesión*. Loctite. Recuperado de https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/7071/7071377/curso_de_adhesivos.pdf
- Maldonado, Y., Salazar, S., Millones, C., Torres, E. y Vásquez, E. (2010) Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*Vasconcellea weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo) provenientes del distrito de San Miguel de Soloco región Amazonas. *Aporte Santiaguino*, 3 (2), 177-184. Recuperado de: http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/437
- Martin Armas, F. (2012). *Instructivo de la yuca, por la excelencia y desarrollo ecológico sostenible en armonía con la Naturaleza y la sociedad en Amazonia*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/INGPAKOWPN/instructivo-tecnico-del-cultivo-de-la-yuca-msc-ing-francisco-martin-armas>
- Moyano, M. (2014). *Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (Solanum tuberosum), como alternativa tecnológica para la alimentación animal*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2545/2014-06.pdf;jsessionid=BEFF95D23FF7E1843426F35A75B7DFED.jvm1?sequence=1>
- Ortiz, I., Álvarez, V.; González, G.; Valenzuela, L.; Potisek, M. y Chávez, J. (2015). Concentración de almidón y proteínas solubles en tubérculos de *Caladium bicolor* en diferentes etapas fenológicas. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 6 (3). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/317441593_Concentracion_de_almidon_y_proteinas_solubles_en_tuberculos_de_Caladium_bicolor_en_diferentes_etapas_fenologicas
- Pagan, J. (1995). *Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocoton*. Universitat de Lleida. Recuperado de <http://www.cervantesvirtual.com/downloadPdf/degradacion-enzimatica-y-caracteristicas-fisicas-y-quimicas-de-la-pectina-del-bagazo-de-melocoton--0/>
- Parra, A. (1992). Secado de trozos de yuca por convección natural en los valles de los ríos Cauca y Magdalena. *Ingeniería e Investigación*, 28 (1), 5-13. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevin/artic/view/20786>
- Prévez, L. y Sánchez, M. (2007). *Manual de producción más limpia para el sector industrial citrícola. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)*. Instituto para Investigación de la Fruticultura Tropical (IIFT). Recuperado de <https://open.unido.org/api/documents/4788647/download/MANUAL%20DE%20PRODUCCION>

%20MAS%20LIMPIA%20PARA%20EL%20SECTOR%20INDUSTRIAL%20CITRICOLO%20(23468.es)

- Salcedo, J., García, C. y Salcedo D. (2018). Propiedades funcionales de almidones de ñame (*Dioscorea alata*). *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 16 (2). DOI: <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v16n2.1170>
- Schultz, T. (1965). Determination of the degree of esterification of pectin, determination of the ester methoxyl content of pectin by saponification and titration. *Meth. Carbohydr. Chem.*, 5 (1), 189-198.
- Southgate, D.A.T. (1991). *Determination of food carbohydrates*. London, United Kingdom: Elsevier Applied Science.
- Suarez D. y Orozco D. (2014). *Obtención y caracterización de pectina a partir de la cascarilla de cacao *Teobroma cacao* L., subproducto de una industria chocolatera nacional*. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de https://www.academia.edu/28418197/OBTENCION_Y_CARACTERIZACION_DE_PECTINA_A_PARTIR_DE_LA_CASCARILLA_DE_CACAO_DEL_Teobroma_cacao_L._SUBPRODUCTO_DE_UNA_INDUSTRIA_CHOCOLATERA_NACIONAL
- Velasco, R., Luna, W., Mera, J. y Villada, H. (2008). Producción de Dextrinas a partir de Almidón Nativo de Yuca por Ruta Seca en una Agroindustria Rural. *Información Tecnológica*, 19 (2), 15-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642008000200003>
- Villanueva, E. (2009). *Obtención de un biopolímero con propiedades adhesivas a partir de dextrina natural*. (Tesis de grado inédita). Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda”. Punto Fijo-Falcón. República Bolivariana de Venezuela.
- Yépez, L. (2008). *Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de tres variedades de papa*. Universidad Técnica del Norte. Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7471/1/138951.pdf>