

## Formulación de un pegamento a base de dextrina y pectina obtenidas de residuos vegetales

María Eugenia Moreno Quintero<sup>1\*</sup>, Julio Cesar Gutiérrez Barbuena<sup>1</sup>,  
Betzabeth Gutiérrez Rodríguez<sup>2</sup>, Franmis Sánchez Pérez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>) Departamento de Química, Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda",  
Prolongación Av. Rafael González, sector Universitario, Punto Fijo, estado Falcón, Venezuela

<sup>2</sup>) Programa de Ingeniería Química, Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda",  
Prolongación Av. Rafael González, sector Universitario, Punto Fijo, estado Falcón, Venezuela

(\*) [mariomoreno@gmail.com](mailto:mariomoreno@gmail.com)

Recibido: 13/02/2020

Revisado: 12/03/2020

Aceptado: 30/04/2020

### Resumen

Los residuos vegetales fueron caracterizados fisicoquímicamente y procesados obteniéndose 80,020 % de rendimiento en la extracción de dextrina y 10,295 % para la extracción 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. En la espectroscopia IR se observaron las bandas características de los grupos funcionales de dextrina. La pectina obtenida es de bajo metoxilo y de alto grado de esterificación. Se evaluaron las propiedades funcionales y organolépticas de las muestras de pegamento siendo la formulada con 0,25 % de pectina la que presentó mejores características.

**Palabras claves:** pegamento; residuos vegetales, dextrina; pectina

### Abstract

**Formulation of a dextrin and pectin based glue obtained from vegetable waste.** 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 methoxyl 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

### 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<sup>1-3</sup>.

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<sup>4,5</sup>.

El almidón es una de las principales reservas, que se sintetiza a partir del dióxido de carbono, capturado de la atmósfera, y agua proveniente del suelo. 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<sup>6</sup>.

Desde el punto de vista químico, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina; el primero es producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1,4), que establece largas cadenas lineales con 200-2.500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es un  $\alpha$ -D-(1,4)-glucano, cuya unidad repetitiva es la  $\alpha$ -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa. Por su parte, la amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces  $\alpha$ -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy

alto, ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones, aunque se han reportado pesos de entre 300.000 y 500.000<sup>7,8</sup>.

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 adhesivo tanto en la industria alimentaria como en otras industrias<sup>9,10</sup>.

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<sup>2</sup>.

El origen del almidón es muy importante para la manufactura de dextrinas, ya que de esto depende su calidad y sus propiedades. El almidón de yuca ha sido reconocido como la materia prima más adecuada para la producción de dextrinas de alta calidad<sup>11</sup>. Los almidones de yuca incorporan varias características intrínsecas o propiedades funcionales, especialmente con respecto a los almidones de cereales; eso se traduce en ventajas comparativas relativas para promover su procesamiento. El almidón de papa dextrinizado es la forma preferida para su uso como adhesivo, aglutinante en papel de lija y tela abrasiva y en encuadernación. Las dextrinas de almidón de papa proveen alta adherencia y una película residual flexible. Son usadas para el engomado de estampillas, etiquetas, sobres y cintas de papel, ya que son fácilmente re-humedecibles, lo cual es una propiedad deseada en mucílagos para estos usos<sup>12</sup>.

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<sup>13</sup>. 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<sup>14</sup>. Por su parte el ñame es fuente de pectina, esta constituye un componente muy importante debido a sus propiedades coagulante, emulsionante y conservantes<sup>15,16</sup>.

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<sup>10</sup>. En este momento se están reemplazando los adhesivos a base de silicatos de sosa o de derivados de petróleo, por adhesivos casi en su totalidad a base de almidón de diversas materias primas naturales, tales como: yuca, papa, maíz, yacón, entre otros<sup>3</sup>.

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. Dentro de estos, las dextrinas ocupan un lugar importante<sup>10</sup>.

El proceso de producción de dextrinas es esencialmente el mismo para todos los almidones, pero la facilidad de conversión cambia con el tipo de almidón y su calidad. Almidones de cualquier variedad de yuca pueden ser utilizados para la producción de dextrinas, sin embargo la conversión se favorece para variedades de alto contenido de amilopectina debido al alto número de cadenas ramificadas<sup>5,11</sup>.

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<sup>5,12</sup>. Se obtienen dextrinas de alta calidad a partir de papa y yuca, cuyos almidones son relativamente más fáciles de convertir, son inodoras e insípidas, sus películas son transparentes, brillantes y poseen una adhesividad superior<sup>10,12</sup>.

La generación de residuos sólidos ocasiona impactos importantes al medio ambiente y a la salud humana. Los principales problemas ambientales que generan un inadecuado manejo de los residuos sólidos son: modificación de la calidad de los suelos, pérdida de la biodiversidad, desprendimiento de meta-no de forma incontrolada por la digestión anaerobia de los residuos, modificación del paisaje natural, el deterioro estético de los centros urbanos y del paisaje natural, y los efectos adversos a la salud humana, en especial por la proliferación de malos olores, insectos y vectores de enfermedades<sup>17,18</sup>, por lo que es necesario tomar medidas en cuanto a su disposición final, la cual podría ser el aprovechamiento de dichos residuos.

En este estudio se elaboró un pegamento basado en dextrina obtenida de los residuos de yuca y papa recolectados en los establecimientos de ventas de hortalizas. Para su estabilidad y conservación se utilizó pectina que se obtuvo 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.

## Parte experimental

### 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)<sup>19</sup>; porcentaje de cenizas (COVENIN 1456-90)<sup>20</sup> y porcentaje de humedad (A.O.A.C 14.004)<sup>21</sup>.

### Obtención de dextrina de almidón de yuca y papa

**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 les 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 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<sup>12</sup>.

**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, la cual posteriormente se sometió a un proceso de secado a la temperatura de 60 °C por un tiempo de 48 horas, luego se trituró y envasó<sup>3,12,22,23</sup>.

### Obtención de pectina del ñame por hidrólisis ácida

La 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<sup>24</sup>.

Para la obtención de pectina 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 secos, 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<sup>16</sup>.

### Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la dextrina y pectina obtenidas

La dextrina obtenida se evaluó en cuanto a:

Prueba con yodo (Southgate)<sup>25</sup>, concentración de azúcar (Grados Brix- A.O.A.C 932.14)<sup>26</sup> y solubilidad en agua (Centrifugación - método de Anderson y col.)<sup>27</sup>

**Espectroscopia IR-TF:** se utilizó el equipo de IR NICOLET Magna IR 560 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 (100-300 mg), 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)<sup>21</sup>; cenizas (COVENIN 1456-90)<sup>20</sup>; pH (COVENIN 1315-79)<sup>19</sup>; porcentaje de metoxilo, grado de esterificación, porcentaje de ácido anhidrouónico y grado de gelificación (método de Schultz)<sup>28</sup>.

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

En la tabla 1 se especifican las cantidades de cada uno de los componentes a adicionar para la formulación de pega-

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

Componente	Proporción de pectina		
	0,25%	0,50%	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	1,007	1,510
Masa total (g)	200,506	201,007	201,510

mento con tres diferentes proporciones de pectina empleada como conservante.

#### 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<sup>10,29</sup>:

**Color y olor:** estas propiedades se determinan 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:** se determina por esparcimiento de una película de adhesivo sobre dos hojas de papel Kraft. Mide 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.

### Resultados y discusión

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

**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	59,3 ± 0,6	24,27 ± 0,06	35,1 ± 0,1

entre 3,5 y 8,5<sup>30</sup>. 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. Diferentes autores ubican el contenido de cenizas entre 0,6-0,9% para la yuca<sup>31</sup>, entre 0,4-0,6% para la papa<sup>32</sup> y entre 0,7- 0,9% para el ñame<sup>33</sup>, 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%<sup>31</sup>, en tanto que para la papa el contenido de humedad debe alcanzar entre 70% y 75% según la variedad<sup>34</sup> y entre 60% y 70% para el ñame<sup>33</sup>.

#### Extracción del almidón

Seguidamente se obtuvo el almidón contenido en los residuos de yuca y papa (figura 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 los reportados por Velasco *et al.*<sup>11</sup> y por Aristizabal<sup>29</sup>, los cuales se ubicaron en 17 y 20%, respectivamente.



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

#### Obtención de dextrina

En esta etapa se utilizó el almidón obtenido 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 234,806g de dextrina (figura 2) para un rendimiento de 80,02%. Carrascal<sup>22</sup> reportó rendimientos entre 92-94% y Villanueva<sup>35</sup> 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 esperado. Además la dextrina obtenida se califica como del tipo blanca



**Fig. 2:** Dextrina obtenida.

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<sup>22,29</sup>, siendo este el caso de la dextrina obtenida.

#### Extracción de pectina

En cuanto a la pectina, esta se extrajo por el método de hidrólisis ácida. Al hidrolizar el residuo de ñame previamente procesado, en las condiciones de pH = 3, t = 60 minutos y T = 90 °C dadas por Espinosa<sup>16</sup>, se obtuvo una solución de color marrón turbio que luego de reposar y enfriar fue filtrada.

Para llevar a cabo la precipitación de la pectina se adicionó alcohol, observándose inmediatamente la formación de dos fases (figura 3). Esta solución fue decantada y la pectina obtenida se sometió a secado, luego fue triturada obteniéndose un polvo fino de color marrón, el cual se pesó y almacenó en un lugar fresco y seco (figura 4). En la tabla 3 se muestra el rendimiento del proceso, el cual está por debajo al reportado (15,98%)<sup>16</sup> 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
<b>Total</b>	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 de la dextrina,

**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<sup>25</sup>. 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<sup>29</sup>.

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. La repolimerización de estos compuestos de bajo peso molecular a altas temperaturas origina la disminución en el contenido de azúcares reductores de la dextrina<sup>29</sup>.

La dextrina presentó una baja solubilidad en agua, comportamiento acorde a lo esperado para las dextrinas blancas; Según Carrascal<sup>22</sup> y Aristizabal<sup>29</sup> su solubilidad en agua fría puede ser desde 0 a 90%. El grado promedio de ramificación es calculado alrededor del 3%. En estas dextrinas la hidrólisis es la principal reacción, obteniéndose almidones depolimerizados por ruptura de enlaces  $\alpha(1,4)$ . Su empleo es principalmente en la industria de confitería y de adhesivos.

En la figura 5 se presenta el espectro IR de la dextrina, el cual se realizó para identificar los grupos funcionales en la muestra de dextrina obtenida en esta investigación.

En el espectro IR realizado se observa una banda amplia en el intervalo de 3650 y 3000  $\text{cm}^{-1}$  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  $\text{cm}^{-1}$  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  $1645\text{ cm}^{-1}$  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  $1400\text{ cm}^{-1}$  indica la presencia de grupos metilos y etilos no enlazados. La presencia de señales en  $1159\text{ cm}^{-1}$ ,  $1088\text{ cm}^{-1}$  y  $1023\text{ cm}^{-1}$ , 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  $\alpha$ -1,4 ( $931\text{ cm}^{-1}$ ), deformación C-H y  $\text{CH}_2$  ( $860\text{ cm}^{-1}$ ), y de estiramiento C-C ( $764\text{ cm}^{-1}$ )

En el infrarrojo realizado a la dextrina de papa y yuca obtenida en este estudio, se evidenció que las bandas de los  $2900$  a  $3500\text{ cm}^{-1}$  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  $1500\text{ cm}^{-1}$  comprobándose la composición de la misma. Este espectro obtenido en esta investigación es similar al obtenido por Barrera *et al.*<sup>23</sup> para la dextrina de papa.

En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de la pectina extraída del ñame. El pH de la pectina extraída 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.<sup>36-38</sup>, 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<sup>16</sup> (5,66 %) esta variación puede deberse a que a un alto valor de pH, durante el

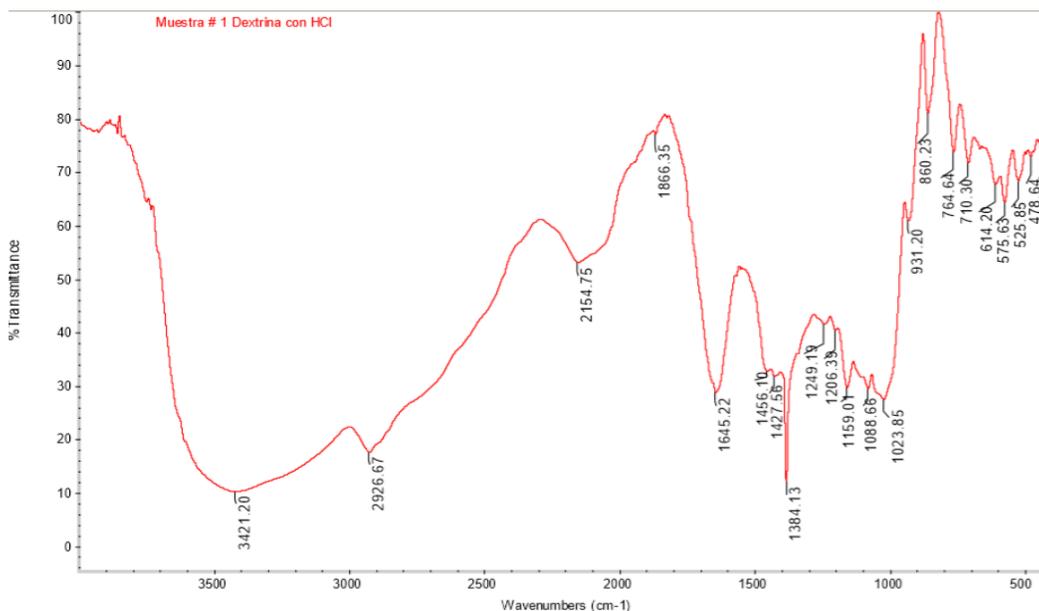
proceso de hidrólisis ácida, existe un mayor porcentaje de materia inorgánica que no se solubilizó debido a que la concentración y fuerza del ácido no fueron suficientes y por ello, al incinerar la muestra de pectina obtenida (materia orgánica) resultaron altos valores de cenizas; y a pH de precipitación superiores a 1,5 fue más improbable obtener los ácidos pécticos que sus sales<sup>39</sup>.

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<sup>16</sup> el cual fue de 4,37%; mientras que el contenido de metoxilos obtenido es bajo, valor aproximado al reportado (1,366%) por lo que la pectina podrá formar geles estables con poca o ninguna cantidad de azúcar, pero requieren 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<sup>41</sup>.

**Tabla 5.** Caracterización fisicoquímica de la pectina extraída

Parámetro	Valor
pH	6,8 $\pm$ 0,020
Ceniza (%)	6,324 $\pm$ 0,002
Humedad (%)	7,854 $\pm$ 0,001
Contenido de metoxilos (%)	1,947 $\pm$ 0,134
Ácido anhidrogálico (%)	12,985 $\pm$ 0,515
Grado de esterificación (%)	85,088 $\pm$ 2,481



**Fig. 5:** Espectro IR de la dextrina obtenida.

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 poligalacturónico<sup>38</sup>. Es de destacar que el ñame es un tubérculo rico en almidón<sup>33,40</sup> y probablemente haya ocurrido el "arrastré" 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 anhidrogalacturónico permite tener una idea de la pureza de la pectina obtenida<sup>38</sup>. Para el caso de la pectina obtenida fue de 12,985% el valor obtenido es superior al reportado<sup>16</sup> 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 anhidrogalacturónico 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<sup>38</sup>. 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 galacnico tenderá a ser menor<sup>41</sup>.

También se evaluó el grado de gelificación de la pectina obtenida (tabla 7); el evaluar la consistencia de los geles de pectina resulta un factor importante, ya que la pectina tiene mayormente un uso agroindustrial como espesante o estabilizante<sup>38</sup>, 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<sup>41</sup>. En ninguno de los ensayos realizados la pectina gelificó de manera apropiada, esto se debe a que es de bajo metoxilo, la cual requiere de adición de iones de calcio para gelificar.

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

**Tabla 7.** Resultados obtenidos para el GG.

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

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<sup>38</sup>.

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

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<sup>10,29</sup> 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. A continuación, en la tabla 8, se resumen dichas características.

Las tres muestras elaboradas adicionando pectina en diferentes proporciones (figura 6) 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.

Todas las muestras evidenciaron poseer fuerza adhesiva al llevar a cabo prueba de adhesividad, uniendo diferentes combinaciones de materiales (papel Kraft, papel bond, opalina, cartón) sin humedecer excesivamente el sustrato. Esta disminuyó a medida que se incrementaba el porcentaje de pectina presente en la muestra.

**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



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

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<sup>29</sup>.

## Conclusiones

Los parámetros fisicoquímicos de los residuos vegetales denotaron características adecuadas para su empleo como materia prima en la elaboración del pegamento, lográndose la extracción de dextrina a partir del residuo de papa y yuca por método de calcinación con un alto 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.

## Referencias

1. M Madrid. Tecnología de la adhesión. Loctite (2002).  
Disponible en: [https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/7071/7071377/curso\\_de\\_adhesivos.pdf](https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/7071/7071377/curso_de_adhesivos.pdf) Consultado: 20/03/2020.
2. M Hernández, A Vergara. Elaboración y Evaluación de un adhesivo a partir del almidón nativo de yuca, variedad M-TA1 utilizando Hidróxido de Sodio como agente hidrolizante. Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Sincelejo-Sucre. (2008).

Disponible en: <https://repositorio.nisucra.edu.co/bitstream/001/255/2/668.38H557.pdf> Consultado: 10/09/2019.

3. A Alvarado. Aguas. 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, Bogotá. (2018).  
Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6692/1/6122884-2018-1-IQ.pdf> Consultado: 20/03/2020.
4. D Chávez. 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 Grado. Guayaquil, Ecuador (2012).  
Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4691> Consultado: 17/09/2019.
5. J Aristizábal, F Leonardo, G Basto. 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)**, 26-33 (2007).
6. I Ortiz, V Álvarez, G González, L Valenzuela, M Potisek, J Chávez. Concentración de almidón y proteínas solubles en tubérculos de *Caladium bicolor* en diferentes etapas fenológicas. **Rev. Mex. Cienc. Agríc.**, **6(3)**, 483-494 (2015).
7. S Badui. Química de los alimentos. Cuarta edición. PEARSON EDUCACIÓN, México (2006).
8. R Morrison, R Boyd. Química Orgánica. Quinta edición. Addison-Wesley Iberoamericana (1996).
9. M Cobana, R Antezana. Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. **Revista Boliviana de Química**, **24(1)**, 77-83 (2007).
10. M Acosta, M Salcedo. Estudio de las aplicaciones industriales, el mercado potencial en Colombia y diseño de un producto a partir de pirodextrinas de yuca. Pontificia Universidad Javeriana. Santiago de Cali, Colombia (2004).  
Disponible en: [https://repositorio.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19220/44714\\_59464.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19220/44714_59464.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Consultado: 30/03/2020.
11. R Velasco, W Luna, J Mera, H Villada. Producción de Dextrinas a partir de Almidón Nativo de Yuca por Ruta Seca en una Agroindustria Rural. *Información Tecnológica*, **19(2)**, 15-22 (2008).
12. J Aristizábal, T Sánchez. Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca. Cap. 5 y 12, pp.33-48 y 117-125. Cuadernos técnicos de la FAO. Boletines de servicios agrícolas de la FAO 163. ISSN 1020-4334.  
Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf> Consultado: 20/03/2020.
13. INIA. Segundo Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación. Venezuela (2008).  
Disponible en: <https://isbn.cloud/9789803182625/segundo-informe-nacional-sobre-el-estado-de-los-recursos-fitogeneticos-para-la-agricultura-y-la/> Consultado: 25/09/2019.

14. P Chávez. La papa tesoro de los Andes. Fundación cátedra Iberoamericana. Centro Internacional de la papa. La Molina- Perú. (2008).  
Disponible en: [https://fci.uib.es/digitalAssets/177/177040\\_peru.pdf](https://fci.uib.es/digitalAssets/177/177040_peru.pdf) Consultado: 25/09/2019.
15. Y Asturizaga, C Bocanegra. Evaluación de los rendimientos en el proceso de obtención de alcohol a partir de harina de ñame (*Dioscorea Bulbifera*, *Trífida*) por vía enzimática. Universidad de Sucre. Sincelejo (2008).  
Disponible en: [http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/1142/1/EVALUACION%20DE%20LA%20OBTENCIÓN%20DE%20BIOETANOL%20A%20PARTIR%20DEL%20ALMID%20C3%93N%20DE%20C3%91AME%2028DIOSCOREA%20ROTUNDATA%20C%20DIOSC\\_JOS%2089%20MURGAS\\_USBCTG\\_2012.pdf](http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/1142/1/EVALUACION%20DE%20LA%20OBTENCIÓN%20DE%20BIOETANOL%20A%20PARTIR%20DEL%20ALMID%20C3%93N%20DE%20C3%91AME%2028DIOSCOREA%20ROTUNDATA%20C%20DIOSC_JOS%2089%20MURGAS_USBCTG_2012.pdf) Consultado: 30/03/2020.
16. O Espinosa. Evaluación de la pectina obtenida del ñame. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Trabajo de Grado no publicado. Punto Fijo-Falcón. Venezuela. (2012).
17. Y Caicedo. Biotecnología: Investigación aplicada en el aprovechamiento de residuos sólidos. Tesis de especialización. Universidad Industrial de Santander. Colombia. (2014).  
Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005609/DocumentosOffice/viernes/ModulodeGestiondelosResSolToxPeli/ponenciaacodalYisethCaicedo.pdf> Consultado: 25/09/2019.
18. L Prévez, M Sánchez. Manual de producción más limpia para el sector industrial citrícola 2007. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU DI). Red Nacional de Producción Más Limpia de Cuba (RNPML). Instituto para Investigación de la Fruticultura Tropical (IIFT), Cuba.  
Disponible en: [https://open.unido.org/api/documents/4788647/download/MANUAL%20DE%20PRODUCCION%20MAS%20LIMPIA%20PARA%20EL%20SECTOR%20INDUSTRIAL%20CITRICOLA%20\(23468.es\)](https://open.unido.org/api/documents/4788647/download/MANUAL%20DE%20PRODUCCION%20MAS%20LIMPIA%20PARA%20EL%20SECTOR%20INDUSTRIAL%20CITRICOLA%20(23468.es)) Consultado: 30/03/2020.
19. Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN). Norma 1315. Determinación de pH. SENCAMER. Venezuela.
20. Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN). Norma 1456. Determinación de cenizas. SENCAMER. Venezuela.
21. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) Norma 14.004 Humedad.  
Disponible en: <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-21st-edition-2019/>
22. Carrascal F. Obtención de dextrinas de alta solubilidad y mínima retrogradación a partir de almidón industrial de yuca. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga (2005).  
Disponible en: <https://docplayer.es/36150058-Obtencion-de-dextrinas-de-alta-solubilidad-y-minima-retrogradacion-a-partir-de-almidon-industrial-de-yuca.html> Consultado: 20/03/2020.
23. D Barrera, M Márquez, J Yegres, P Navas. Producción de plástico parcialmente degradable con polietileno de alta densidad (PEAD) y la dextrina del desecho de *Solanum tuberosum*. **Revista Química Viva**, 12(1), 27-38 (2013).
24. Y Maldonado, S Salazar, C Millones, E Torres, E Vasquez. 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. **Revista Aporte Santiaguino**, 3(2), 177-184 (2010).
25. Método de Southgate. Prueba con yodo. p.26  
Disponible en: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS\\_12286.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf)
26. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) Norma 932.14 Grados Brix.  
Disponible en: <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-21st-edition-2019/>
27. Método Anderson y col. Centrifugación.  
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>
28. T Schultz. Determination of the degree of esterification of pectin, determination of the ester methoxyl content of pectin by saponification and titration. **Meth. Carbohydr. Chem.**, 5, 189-198 (1965).
29. J Aristizábal. 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) Palmira, Valle, Colombia (2004).  
Disponible en: [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](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) Consultado: 20/03/2020.
30. F Martín. Instructivo de la yuca, por la excelencia y desarrollo ecológico sostenible en armonía con la Naturaleza y la sociedad en Amazonia (2012).  
Disponible en: <https://es.slideshare.net/INGPAKOWPN/instructivo-tecnico-del-cultivo-de-la-yuca-msc-ing-francisco-martinas> Consultado: 25/09/2019.
31. A Parra. Secado de trozos de yuca por convección natural en los valles de los ríos Cauca y Magdalena. Universidad Nacional De Colombia, Santa Fe De Bogotá, Colombia (2014).  
Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/20786> Consultado: 17/09/2019.
32. M Moyano. Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (*Solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Tunja, Colombia (2014).  
Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2545/2014-06.pdf?jsessionid=BEFF95D23FF7E1843426F35A75B7DFED.jvm1?sequence=1> Consultado: 17/09/2019.
33. H Acuña. 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 Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia (2012).

Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/9785/1/107519.2012.pdf> Consultado: 10/09/2019.

34. L Yépez. Elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir de tres variedades de papa. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuaria y ambiente. Ibarra- Ecuador. (2008).

Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7471/1/138951.pdf> Consultado: 25/09/2019.

35. E Villanueva. Obtención de un biopolímero con propiedades adhesivas a partir de dextrina natural. Trabajo de Grado, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Punto Fijo-Falcón, Venezuela (2009).

36. D Suarez, D Orozco. Obtención y caracterización de pectina a partir de la cascarilla de cacao *Theobroma cacao L.*, subproducto de una industria chocolatera nacional. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Escuela de Química. Pereira, Colombia (2014).

Disponible en: [https://www.academia.edu/28418197/OBTENCIÓN\\_Y\\_CARACTERIZACIÓN\\_DE\\_PECTINA\\_A\\_PARTIR\\_DE\\_LA\\_CASCARILLA\\_DE\\_CACAO\\_DEL\\_Theobroma\\_cacao\\_L.\\_SUBPRODUCTO\\_DE\\_UNA\\_INDUSTRIA\\_CHOCOLATERA\\_NACIONAL](https://www.academia.edu/28418197/OBTENCIÓN_Y_CARACTERIZACIÓN_DE_PECTINA_A_PARTIR_DE_LA_CASCARILLA_DE_CACAO_DEL_Theobroma_cacao_L._SUBPRODUCTO_DE_UNA_INDUSTRIA_CHOCOLATERA_NACIONAL) Consultado: 25/09/2019.

37. E Alfonso. Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado galacturónico obtenida a partir de *Citrus paradisi* (*Gray Fruit*). San Salvador, El Salvador 2010.

Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/471/> Consultado: 30/03/ 2020.

38. J Pagan. Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocoton. Servei de Publicacions Universitat de Lleida (1995).

Disponible en: <http://www.cervantesvirtual.com/download/Pdf/degradacion-enzimatica-y-caracteristicas-fisicas-y-quimicas-de-la-pectina-del-bagazo-de-melocoton--0/> Consultado: 30/03/2020.

39. S Ferreira, A Peralta, G Rodríguez. Obtención y caracterización de pectina a partir de desechos industriales del mango (cáscara). **Revista Colombiana de Ciencias Químico- Farmacéuticas**, **24(1)**, 29-34 (1995).

40. J Salcedo, C García, D Salcedo. Propiedades funcionales de almidones de ñame (*Dioscorea alata*). Revista Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, **16(2)**, 99-107 (2018).

41. M Gamboa. 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, Núcleo Anzoátegui, Puerto la Cruz, Venezuela (2009).

Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14333252/tesis-udo-ribibudoeduve-universidad-de-oriente> Consultado: 30/03/2020.