

Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R.

Orange residue pectin applying the 3R principle.

Tibisay Coromoto Ramírez-Gavidia¹, Nélica Margarita González-Colmenares², Ebuilda Karina Guerrero-Pernía³
^{1,2,3}Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal Venezuela

Recibido: 26 de febrero de 2020

Aprobado: 16 de abril de 2020

Resumen— El propósito de la investigación es evaluar el rendimiento y las características de la pectina extraída de residuos de cortezas de naranjas dulces (*Citrus sinensis* L), en escala de laboratorio, aplicando el principio de las 3R (reutilizar, reciclar y reducir); para lo cual se diseñaron dos condiciones: la primera sumergir las cáscaras de naranja sin extracción de aceite en baño de María para inactivar las enzimas de su superficie, y la segunda extraer el aceite esencial de las cáscaras mediante hidrodeshidratación para conocer las propiedades fisicoquímicas, el rendimiento de la pectina obtenida, la reducción de residuos sólidos en ambos procesos, y comparar con la pectina comercial con alto valor agregado en industrias alimenticias, farmacéutica y cosmetológica entre otras. La extracción de la pectina se llevó a cabo mediante hidrólisis ácida empleando ácido clorhídrico (HCl) hasta pH 3.2 con calentamiento a 90°C durante 90 min. La pectina extraída de las cortezas de naranja sin extraer el aceite esencial tuvo un mayor rendimiento 35,83 %; grado de esterificación 70,49 %; ácido galacturónico 87,84 %; peso equivalente 2201,83 mg/meq; cenizas 2,03 % y la reducción de residuos sólidos 51,00 %. La pectina aislada de las cortezas de naranjas a las cuales se extrajo el aceite esencial rindió 28,77 %; grado de esterificación 76,57 %; ácido galacturónico 87,81 %; peso equivalente 2366,03 mg/meq; cenizas 1,96. % y reducción de residuos sólidos 59,69 %. La pectina aislada según la segunda condición, a pesar de ser un proceso laborioso permite obtener previamente aceite esencial como subproducto; el citado heteropolisacárido es similar a la pectina comercial en cuanto al contenido de ácido galacturónico (min. 74% USP, 65% UE, FAO) así como también referente a las cenizas (máx. 3,3%), ambos muy importantes en el grado de gelificación. También esta segunda condición permite reducir, reciclar y reutilizar (3R) residuos de cortezas de naranja.

Palabras Claves: Naranja, Pectina, Reciclar, Residuos, Reutilizar.

Abstract— The purpose of the investigation is, evaluate the performance and characteristics of the pectin extracted from residues of sweet orange peels (*Citrus sinensis* L), on a laboratory scale, applying the 3R principle (reduce, recycle and reuse); for which two conditions were designed: the first submerge the orange peels without extracting oil in a water bath to inactivate the enzymes of its surface, and the second extract the essential oil from the peels by hydro-distillation to know the physicochemical properties, the obtained pectin yield, the reduction of solid waste in both processes, and compare with commercial pectin with high added value in food, pharmaceutical and cosmetological industries among others. Pectin extraction was carried out by acid hydrolysis using hydrochloric acid (HCl) to pH 3.2 with heating at 90 ° C for 90 min. Pectin extracted from orange peels without extracting the essential oil had a 35.83% higher yield; degree of esterification 70.49%; galacturonic acid 87.84%; equivalent weight 2201.83 mg / meq; 2.03% ash and 51.00% solid waste reduction. Pectin isolated from the orange peels to which the essential oil was extracted yielded 28.77%; degree of esterification 76.57%; galacturonic acid 87.81%; equivalent weight 2366.03 mg / meq; Ashes 1.96. % and reduction of solid waste 59.69%. The isolated pectin according to the second condition, despite being a laborious process allows to obtain previously essential oil as a byproduct; the said heteropolisacárido is similar to the commercial pectin in terms of the content of galacturonic acid (min. 74% USP, 65% EU, FAO) as well as referring to ashes (max. 3.3%), both very important in the degree of gelation. This second condition also allows reducing, recycling and reusing (3R) orange peel residues.

Keywords: Orange, Pectin, Recycle, Waste, Reuse.

*Autor de correspondencia

Correo electrónico: trami@unet.edu.ve (Tibisay Coromoto Ramírez Gavidia)

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Forma de citar: T. C. Ramírez-Gavidia, N. M. González-Colmenares y E. K. Guerrero-Pernía, "Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 8, no. 2, pp. 84-91, 2020, doi: [10.15649/2346030X.819](https://doi.org/10.15649/2346030X.819)

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población mundial y el desarrollo industrial en los últimos años ha permitido la producción de alimentos a gran escala, lo que ha generado, de manera paralela, aumento de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, lo cual conlleva directamente a un problema de contaminación, que concierne a todo habitante a nivel mundial. Para el 2016, las emisiones de gases en el planeta provenían en un 5% de los desechos sólidos, países pobres y ricos se ven afectados por la generación de estos residuos que generalmente son tratados como desechos, dañan el ambiente, afecta la salud, el clima y entorpece el desarrollo económico [1-2].

Cabe destacar que en la actualidad, ante la disminución de los recursos naturales, la creciente escasez de materia prima fósil y el problema en que se ha convertido los espacios para la disposición de los residuos sólidos generados en las ciudades, nace como alternativa de solución, potenciar los residuos sólidos orgánicos como sustratos, para la creación de nuevos subproductos de valor agregado [3], impulsando nuevos procesos y tecnologías basados en fuentes renovables (residuos), para obtener energía, productos químicos y materiales [4].

Actualmente el método ambientalmente más aceptado como una estrategia de gestión de residuos sólidos es el reciclaje [5-6]; desde el punto de vista del campo de ingeniería y tecnología, permite ampliar las alternativas de materias primas, para la producción de nuevos productos y subproductos. Este método, ha venido dando respuesta a la problemática en que se ha convertido la alta producción de residuos sólidos en el mundo. Mas de 1600 Mtons/año de desperdicios de alimentos se producen a nivel global, en el caso de la naranja dulce (*Citrus sinensis* L) su procesamiento da como resultado más de 16 Mtons/año de residuos, que generalmente contienen entre 65% en cáscaras de naranjas y 35% de pulpa y semillas [4].

En cuanto a los residuos orgánicos, Cerón y Cardona [7] plantean que, por su volumen de generación, se han convertido, en una carga sustancial para el ambiente, ya que gran cantidad de los desechos orgánicos generados son destinados a los vertederos o espacios abiertos sin ningún control de manejo de residuos, y además, por su alto contenido de humedad, son parte de la producción de lixiviados en la basura que se genera en las ciudades, siendo estos unos de los problemas que deterioran la calidad de vida de las personas [8]. En virtud de lo expuesto, la Universidad Nacional Experimental del Táchira, ha venido desarrollando diversas investigaciones en torno al tema, como es, la extracción de aceites esenciales a partir del residuo de cáscara de naranja [9], que son generadas en espacios de comercialización de jugo de esta fruta, en diferentes puntos de la ciudad de San Cristóbal. Lo que ha creado la necesidad de continuar con las investigaciones, referentes al reciclado de los residuos sólidos orgánicos generados en dicha extracción de aceites esenciales, y usarlos como materia prima o de reciclaje para la extracción de pectina, que es un heteropolisacárido, de amplio uso gelificante y espesante, tanto en industrias alimentarias como farmacéuticas [7].

La pectina polisacárido del ácido galacturónico, importante ingrediente a nivel industrial constituye aproximadamente la tercera parte, en base seca, la pared celular de las cáscaras de varios frutos, siendo la manzana y cítricos su mayor fuente comercial entre 10-15% y 20-30%, en base seca respectivamente [10-11].

Según, Roa [12] la necesidad de reciclar los residuos sólidos, es un tema de importancia en la actualidad, debido al crecimiento exponencial de la población mundial, y que de manera proporcional va aumentando los niveles de consumo, donde cada día son mayores las cantidades de residuos que se generan, siendo por tanto una carga significativa para el ambiente, además que en el caso de los residuos sólidos orgánicos, a tratar en la investigación, la cáscara de naranja, posee altos niveles de humedad, lo que fomenta la proliferación de

vectores y por ende la afectación de la calidad de vida de la sociedad [1-2].

Por otro lado, Rojas et al., [13] exponen la necesidad de usar los residuos sólidos de cáscara de naranja, en un proceso de reciclaje, como es la extracción de la pectina, que a su vez es materia prima para otros procesos de importancia en la industria de alimentación, por sus propiedades estabilizantes y porque incrementa la viscosidad en productos alimenticios y farmacéuticos. Adicionalmente, Muñoz [14], expone que el consumo de pectina en el mundo sobrepasa las 35 mil toneladas por año, donde los principales países productores son, Estados Unidos, Dinamarca y Alemania, mientras Venezuela importa pectina, aunque, existe suficiente producción de cítricos, para producirla.

La Naranja dulce (*Citrus sinensis* L) originaria de China adaptada a las zonas tropicales venezolanas de los estados Carabobo, Yaracuy, Aragua, Monagas, Trujillo y Táchira, hacen un total de 45.000 hectáreas que se cultivan en todo el país. Tradicionalmente las naranjas se cultivan y expenden para la extracción de jugos, generando toneladas de cáscara contaminantes. Varias Universidades e Instituciones de Investigación han estudiado el reciclaje de desechos orgánicos para obtener aceite esencial y/o pectina, entre otros [4, 7-8,13, 15-21].

La presente investigación es un aporte a los procesos en escala de laboratorio para la reducción, reciclaje y reutilización de residuos de corteza de naranjas, con la finalidad de obtener pectina con propiedades fisicoquímicas similares a la industrial, que Venezuela importa invirtiendo cuantiosas divisas para cubrir los requerimientos de diferentes industrias de alimentos, medicamentos y cosméticos, a pesar de que existe en el mundo una creciente infraestructura industrial para valorizar los frutos cítricos, en el país no se realiza la producción de pectina.

II. MARCO TEÓRICO

Principio de las 3R.

El principio de las 3R en ecología se refiere, a reducir, reutilizar y reciclar, como pasos fundamentales para la reducción de los residuos generados en los procesos antrópicos, contribuyendo a la conservación del ambiente, su principal objetivo es crear hábitos de consumo en las sociedades actuales. Se reduce cuando se evita el gasto innecesario de materia y energía, es el principio más directo al problema de la generación de residuos, como segundo el reutilizar, que se basa en el ámbito que busca alargar la vida útil de los productos que adquirimos, esto con el fin de darle el mayor uso posible antes de convertirlo en un desecho, y el último principio el reciclar que es tratar por medio de un proceso físico o químico los productos con el fin de obtener uno nuevo [22-23].

Residuos Sólidos.

Roa [12], habla de los residuos sólidos como, todo material, que no tienen valor para quien lo produce, siendo destinados a lugares como los rellenos sanitarios; por otro lado, la Ley de Gestión Integral de la Basura [24], los define como todo material sólido o semisólido remanente de las actividades, procesos y operaciones humanas desechados tras cumplir su vida útil, cuyas características físicas, químicas y biológicas se pueden tratar y convertir en sustancias necesarias para la utilización de otros procesos.

Clasificación de los Residuos.

Los residuos sólidos se pueden clasificar en cuatro categorías, de acuerdo con su composición y procedencia, tal como se muestra en la Tabla 1. En esta clasificación se encuentran tanto residuos sólidos orgánicos como inorgánicos; sin embargo, en esta investigación se hará énfasis en los orgánicos, como su nombre lo señala, son aquellos desechos que proceden de productos de origen orgánico, en su mayoría son biodegradables, pudiéndose desintegrar o degradar rápidamente

[25]. Este tipo de residuos merece un tratamiento por separado del resto de los residuos sólidos generados por las comunidades, debido a que representa aproximadamente el 40 % del total de los residuos urbanos y poseen altos niveles de humedad, característica que atrae vectores y dificulta su trasporte [2-3].

Tabla 1: Clasificación de los residuos sólidos de acuerdo con la categoría, composición y procedencia.

Categoría	Composición	Procedencia
Residuos domésticos	Alimentos de cocina, plástico, vidrio, cauchos, papel y cartón, maderas y cenizas, textiles.	Viviendas familiares; casas, apartamentos, pequeños negocios.
Residuos comerciales/industriales	Hospitalarios, químicos de laboratorios, biomédicos y otros.	Tiendas, mercados y supermercados, hoteles, oficinas, hospitales, laboratorios, bases militares.
Residuos industriales	Papeles, metales, plásticos, madera, cauchos, textiles.	Fábricas de transformación, de tratamiento, de empaques, de ensamblajes y demás ramas de la producción industrial.
Varios	Desechos de construcción y/o demolición, carrocería de automóviles, desechos de calles.	Calles, terrenos públicos, obras de construcción, incendios.

Fuente: Informe de generación y manejo de residuos sólidos en Venezuela año 2000, 2006 y 2007. Instituto Nacional de Estadística [25].

Fuente: Informe de generación y manejo de residuos sólidos en Venezuela año 2000, 2006 y 2007. Instituto Nacional de Estadística [25].

Reciclaje

San Martín et al., [5], señalan que este es un método alternativo que ha surgido para dar solución a los residuos que se generan en las diferentes actividades que desarrolla el ser humano, siendo un proceso por el cual los residuos son recolectados y transformados, ya sea con un método físico o químico, para generar nuevos productos, que pueden ser utilizados como nuevas materias primas. Todo proceso de reciclaje posee las siguientes etapas; separar los componentes, clasificarlos y someterlos al proceso de reciclaje.

Naranja

La naranja es el fruto, comestible proveniente de un árbol que es originario de oriente del mundo, específicamente de China y el archipiélago malayo, conocido como naranjo dulce (*Citrus sinensis*) y naranjo amargo (*Citrus aurantium*), es esférico, con color naranja en su corteza, en la edad media fue llevado a Europa por los musulmanes y en 1565 los españoles trasladaron la fruta a América, donde se inició con grandes plantaciones en California y Florida, en el presente son las regiones productoras más importantes en el mundo, así como también, Brasil, Italia, India, España, México, Argentina y China [26-27].

Las cáscaras de los cítricos en especial los de naranja son un subproducto de la industria de jugos muy apreciado, que desafortunadamente se descartan como desperdicios. El uso de estos residuos como nueva fuente (recurso renovable), para obtener energía mediante incineración, producción de biogás por fermentación anaerobia, para compostaje o ingrediente alimenticio animal, también pueden explotarse para elaborar productos de valor agregado como aceite esencial, compuestos fenólicos, terpenos, azúcares y pectina. [4, 28].

Pectina

Abzueta et al., [15] acotan, que el término pectina, proviene de la palabra Pecos, que significa; espeso, denso y coagulado, es un aditivo natural, una mezcla compleja de polisacáridos, que se compone principalmente de ácido d-galacturónico y azúcares neutros [29],

substancia mucilaginoso de las plantas superiores, en sí, un hidrato de carbono purificado, que se consigue de la porción interna de la cáscara de los frutos [30], en especial los cítricos, que son ricos en el polisacárido. El grado de esterificación es un parámetro importante para la definición de la aplicación de este polisacárido, pectinas de alto y bajo metoxilo tienen diferentes propiedades físicas y, por tanto, diferentes aplicaciones [31].

Propiedades Químicas de la Pectina.

Desde el punto de vista químico, se encuentra formada por ésteres metílicos parciales del ácido poligalacturónico, y sales de potasio, sodio, amonio, o calcio con un peso molecular de 15000 Dalton, la pectina se clasifica según el grado de metoxilación, entendiéndose por esta variable, la relación entre los grupos metoxilados y aquellos ácidos libres presentes en la cadena molecular de la pectina [32]. Razón por la cual, según la extracción de la pectina, se pueden obtener dos tipos fundamentales, como son:

1. Pectinas de elevado grado de esterificación, contienen más del 50% de unidades del ácido galacturónico esterificadas equivalente entre 7 a 12% de metoxilo; son capaces de gelificar cuando se calientan con altas concentraciones de azúcar (55-75%) y ácidos en adecuadas condiciones dentro, 2,0 a 3,5 de pH y del 60 a 65 % de sólidos solubles y [29].

2. Pectinas de baja esterificación, con una cantidad de metoxilo de 2,5 a 4,5%, tienen menos del 50% de unidades de esterificación del ácido galacturónico, pueden con poca o ninguna cantidad de azúcar formar geles estables, pero requieren de la presencia de cationes divalentes como es el calcio para formar entrecruzamientos moleculares. Cabe destacar que las de bajo contenido metoxilo son menos sensibles a los cambios de pH, por lo que pueden formar geles en intervalos de 2,5 a 6,5 [32] y se pueden utilizar como agente gelificante en productos bajos en calorías, para diabéticos y pacientes con sobrepeso [29].

Uso de la Pectina

La pectina, a parte del papel que juega en la naturaleza de ser un componente en las frutas [10, 14-17], posee alta capacidad para formar geles en determinadas circunstancias, constituye parte de diversos usos en procesos la industria alimentaria, cosmética, siderúrgica y farmacéutica, tales como, los siguientes: en la industria alimenticia, para la fabricación de gelatinas, conservas, jaleas, como espesante, estabilizador, gelificante, texturizador, emulsionante, en precipitación de la caseína de la leche, entre otros; en la industria farmacéutica, se utiliza como coagulante sanguíneo, emulsificante de preparados farmacéuticos, antídoto en intoxicaciones con metales pesados, medicamentos para tratar úlceras, estreñimiento y cáncer; en la fabricación de cosméticos, se utiliza en bases de maquillaje, como gelificante y espesante en la formulación de productos para el cuerpo, así como en champús y acondicionadores para el cabello, entre otras aplicaciones [33].

Hidrólisis Ácida de Pectina

La pectina se extrae por métodos convencionales como la hidrólisis, precipitación alcohólica, secado y reducción de tamaño. La hidrólisis es un proceso cuyo objetivo es transformar moléculas de gran tamaño en moléculas fácilmente degradable, rompiendo sus enlaces en un medio acuoso, caliente, con ácidos orgánicos (ácido cítrico, acético) o minerales (HCl, HNO₃, H₂SO₄), liberando los azúcares monoméricos presentes en materiales lignocelulósicos o en almidón [34]. Además, siendo por tanto un proceso químico que rompe un enlace en presencia de agua y produce uno o varios compuestos. Las moléculas de almidón y de celulosa como todos los polisacáridos, se despolimerizan por acción de los ácidos en caliente, cuando los gránulos son expuestos a la acción de ácidos muy diluidos y luego calentando esta mezcla, se obtiene la hidrólisis en los enlaces 15 glucosídico, retomando las moléculas en su forma original, es decir, a sus monómeros principales de glucosa [4, 10, 28]. Hay que destacar, que el rendimiento y propiedades de pectina obtenida será en función

de variables operativas (pH, temperatura y tiempo de calentamiento), donde el pH es el factor más influyente, seguida del tiempo [11].

La calidad de las pectinas se relaciona con las características físico-químicas que le otorga la propiedad de formar geles, lo que permite tener una serie de aplicaciones. Cuantiosos estudios han evaluado la calidad en base al grado de esterificación y el contenido de ácido galacturónico, la FAO establece que para considerar la pectina un aditivo de calidad deberá contener al menos 65% de dicho ácido [34-36].

III. METODOLOGÍA

Materia vegetal

Se utilizaron residuos de cáscaras de naranja colectadas en puestos de ventas de jugo de naranja provenientes de centros de comercio de jugos del sector de Palo Gordo del municipio Cárdenas Edo Táchira-Venezuela, cabe destacar que no se consideró la madurez del fruto.

Equipos e Instrumentos

Medidor de pH metro portátil, modelo HI 9812 + CE/DS marca Hanna; Plancha de calentamiento Cuming Pc-35.1; Molino Braum Aromatic; Balanza analítica Ohaus Adventurer; Estufa Memmert, para el secado de las harinas y pectina; Centrifuga marca Eppendorf 5810.

Acondicionamiento de la Materia Prima

Para la extracción de la pectina, se usó como materia prima, los residuos de cáscara de naranja, generados después de ser extraído el jugo de la fruta, la cual se debió preparar previamente, bajo dos condiciones; sin la extracción de aceites esenciales y con la extracción de aceites esenciales, donde para cada condición, las muestras de residuos de cáscara de naranja recibieron un tratamiento diferente, como se describe a continuación:

Condición 1. Muestra sin extracción de aceite esencial. Para el presente estudio se aplicó con algunas modificaciones, el procedimiento para inactivar las enzimas y eliminar microorganismo ensayado por [17, 34], el cual consiste en: Extraer el jugo de 2 Kg de naranjas; se pesan las cáscaras restantes, se lavan con agua destilada y cortar en trozos aproximadamente de 4 cm² seguidamente los residuos se colocan hasta rebosar con agua destilada en baño de maría durante 10 min, a una temperatura de 95°C. Se deja enfriar, se filtran y secan los residuos de las cáscaras en estufa a 60 ° C hasta peso contante, posteriormente se muele, pesa y la harina resultante se almacena en frascos de vidrio [29].

Condición 2. Muestra con extracción de aceite esencial. Para la presente investigación se siguió el procedimiento de [9], que consiste en: Extraer el jugo de 2 Kg de naranjas; las cáscaras restantes se pesan, se lavan con agua destilada y cortar en trozos aproximadamente 4 cm² a los cuales se les hace hidrodestilación de su aceite esencial agregándoles 7 litros de agua hasta rebosar las cáscaras y todo el conjunto se calienta a 90° C durante 4 h. Se deja enfriar, se filtran y secan los residuos de las cáscaras en estufa a 60 ° C hasta peso contante, posteriormente se muele y pesa, la harina resultante se almacena en frascos de vidrio.

Extracción de Pectina

Para el proceso de extracción de pectina (ver Fig. 1), a partir de los residuos generados en la primera y segunda condición, se aplicó el método de hidrólisis ácida la cual consiste en tratar la materia prima, con un ácido, caliente y diluido a pH bajo, realizando los siguientes pasos recomendados por [21, 34], que consiste en extracción, filtración, precipitación, centrifugado, secado y molienda del heteropolisacárido. La extracción se realizó pesando 25 g de muestra pretratada por cada repetición (6 para cada condición), a la cual se añaden agua destilada (700) mL en proporción 1:28, con respecto a la muestra. A esta mezcla se le ajusta el pH a 3,2 con ácido clorhídrico, para aumentar rendimiento de pectina [30], calentar a una temperatura

de 90 °C, durante 90 min, en una plancha de calentamiento y agitación contante [21], siguiendo las recomendaciones de la investigación de [35]. A continuación, se filtra con gasa, para separar la pectina solubilizada de la insoluble, la cual debe enfriarse con hielo y agua (4°C) hasta alcanzar de 20 a 25°C y así evitar la degradación de la pectina [4]. Seguidamente la pectina se coloca en un beaker de 1000 mL, se precipita con alcohol etílico para evitar residuos, agregando el 50 % del volumen de la muestra en etanol comercial al 96 %, luego de reposar durante 12 horas en la nevera, se centrifuga durante 10 min a 2500 RPM, para separar la pectinagelificada de la fase líquida. Consecutivamente se pesa el gel obtenido, se almacena el residuo líquido, para la posterior recuperación del alcohol [11] y se procede a eliminar la humedad del producto colocando la pectina en placa de Petri, secando en la estufa a una temperatura de 60° C por 12 horas, hasta peso contante. Para finalizar se pulveriza las películas de pectina en el molino, se pesa y almacena en envase de vidrio, en un lugar fresco y seco, para evitar la humedad.

Caracterización de la Pectina

La caracterización del producto obtenido (pectina), se realizó por duplicado a las seis repeticiones, para cada parámetro excepto para humedad y cenizas donde se hicieron dos muestras compuesta de tres repeticiones y luego se analizaron por duplicados. La calidad de la pectina extraída se determinó con las siguientes variables: Peso equivalente (PE), Acidez libre (AL), Contenido de metoxilo (MEO), Grado de esterificación (GE), Porcentaje de ácido anhídrido galacturónico (AAG), todas ellas empleando los métodos aplicados por [35- 38]. El porcentaje de humedad y Porcentaje de Cenizas aplicado procedimientos de [31]. Además, para culminar se determinó el Rendimiento de pectina y la Reducción de residuos sólido orgánico en ambas condiciones aplicando operaciones de [31].

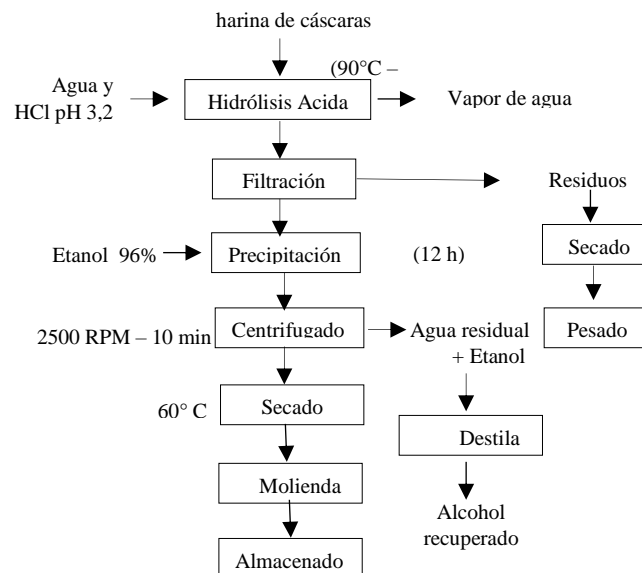


Figura 1: Diagrama extracción de pectina.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Estadístico

Se utilizó Excel 2010, como herramienta para el análisis estadístico, realizando los cálculos necesarios de prueba f de Fisher y t de student, para obtener el valor crítico, y así realizar el análisis de resultados. La prueba estadística f de Fisher, se empleó dado que el tamaño de muestra del caso en estudio se considera pequeña, la mayoría de los usos de esta prueba implican, tablas de 2x2. La prueba de t de student, contribuye específicamente, en la comparación de dos muestras (dos condiciones) de tamaño ≤ 30 [37].

IV. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Extracción de pectina como producto de valor agregado en la reducción de residuos, de las muestras de cáscara de naranja

El rendimiento de la extracción de pectina, como producto de valor agregado, se muestran en la Tabla 2, se observan valores promedios de 35,83 % para las muestras sin extracción de aceite esencial y 28,77 % para las muestras con extracción de aceite esencial, para cada condición se procesaron seis (6) muestras, para garantizar la mayor precisión de los análisis. Cabe destacar que los valores de porcentaje de rendimiento obtenidos para las dos condiciones establecidas se encuentran entre los rangos determinados para los frutos cítricos que van entre 20 y 36 % como lo señala en su investigación [30]. Otros autores han obtenido valores por debajo [4,31,39] a pesar de que han utilizado técnicas más novedosas.

Tabla 2: Extracción de pectina como producto de valor agregado en la reducción de residuos, de las muestras de cáscara de naranja.

N° muestra	Condición 1		Condición 2	
	Pectina Seca (g)	% Rendimiento	Pectina Seca (g)	% Rendimiento
1	6,78	27,12	9,30	37,20
2	7,02	28,08	6,42	25,68
3	9,51	38,04	6,48	25,92
4	10,20	40,80	7,20	28,80
5	10,14	40,56	7,30	29,20
6	10,10	40,40	6,45	25,80
Promedio	8,95	35,83	7,19	28,77

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de residuos obtenidos, se observan en la Tabla 3, en la cual se detalla a las muestras que no se les extrajo el aceite esencial, el peso seco de residuo fue de 12,75 g con 51 % de reducción, mientras que para las muestras que se les extrajo el aceite esencial, el peso seco de residuo en promedio fue de 14,92 g con un 59,69 % de reducción, valor que sugiere proceso recomendable para reducir los sólidos secos de las cáscaras de naranja después de la extracción de aceites esenciales y pectina, ya que genera un desperdicio que puede utilizarse para la generación de materiales o para su eliminación [11, 28].

Caracterización la pectina Obtenida

La calidad del producto de valor agregado (pectina) se determinó por sus propiedades fisicoquímicas, tanto para la caracterización de la pectina obtenida, de las cáscaras de naranja sin la extracción de aceite esencial, como para las cáscaras de naranja con la extracción del aceite esencia, tales resultados se observan en las tablas 4, 5 y 6, con las variables determinadas por, porcentaje de metoxilo (% Meo), contenido de ácido anhidro galacturónico (% AAG), grado de esterificación (% GE), peso equivalente (PE), acidez libre (AL), humedad y cenizas totales.

Tabla 3: Residuos de la hidrólisis ácida de cáscaras de naranja pulverizadas.

N° muestra	Condición 1		Condición 2	
	Residuos Secos (g)	%de reducción	Residuos Secos (g)	%de reducción
1	13,30	53,20	15,48	61,92
2	13,00	52,00	14,72	58,88
3	12,40	49,60	15,20	60,80
4	12,10	48,40	14,78	59,12
5	12,80	51,20	14,72	58,88
6	12,90	51,60	14,64	58,56
Promedio	12,75	51,00	14,92	59,69

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas 4 y 5 se reseñan los resultados correspondientes a las características de las pectinas obtenidas de cáscara de naranja sin y con extracción de aceite esencial. La pectina, que se obtuvo ante las dos condiciones establecidas para la investigación, presentaron valores de

% Meo, en promedio para las muestras sin extracción de aceite esencial de 3,36 %, y para las muestras con extracción de aceite esencial 4,47 %, ambos resultados están entre los rangos de 2,5 a 4,5 %, publicados [33], para pectinas de baja esterificación, que pueden formar geles estables con poca o ninguna cantidad de azúcar, pero requieren de la presencia de cationes divalentes como el calcio para formar cruzamiento moleculares. Adicionalmente Mendoza, et al., [38] acotaron en su investigación, que el grado MEO de la pectina fue menor al 7%, clasificándose como pectinas de bajo metóxilo, sin embargo el proceso de neutralización de la saponificación con NaOH pudo haber sufrido una desesterificación con HCl durante la titulación para la caracterización, pudiendo afectar su porcentaje y disminuyendo así la metoxilación. Por otra parte [39] afirma que estos valores no pueden tomarse de referencia para determinar si la pectina es de alto o bajo metoxilo. Es un parámetro significativo en la industria alimentaria, ya que las pectinas de alto metóxilo a diferencia de las de menor grado de metoxilación, requieren pH ácido, entre 2 a 3,5 además la presencia de azúcar, entre 60-65%, para formar geles en la elaboración de mermeladas y postres, especialmente, cuando se requieren texturas más rígidas [38].

Tabla 4: Caracterización del producto de valor agregado pectina, obtenida de las cáscaras de naranja sin extracción de aceite esencial.

N°	% MEO Metoxilo	% AAG Ácido anhidro galacturónico	% GE Grado de esterificación	PE (mg/meq) Peso equivalente	AL (mg/meq) Acidez libre
1	3,47	87,84	71,80	2272,73	0,44
	3,60	87,84	70,70	2083,33	0,48
2	3,47	87,85	73,70	2272,73	0,44
	3,22	87,84	66,67	1923,08	0,52
3	3,35	87,84	71,10	2272,73	0,44
	3,35	87,84	71,10	2272,73	0,44
4	3,35	87,84	71,10	2272,73	0,44
	3,35	87,84	71,10	2272,73	0,44
5	3,84	87,82	70,50	1923,08	0,52
	3,47	87,84	70,00	2083,33	0,48
6	3,10	87,86	71,40	2500,00	0,40
	2,73	87,87	66,67	2272,73	0,44
Promedio	3,36	87,84	70,49	2201,83	0,46

Fuente: Elaboración propia.

Otro parámetro evaluado es el ácido galacturónico (% AAG), el cual además de determinar la pureza de la pectina obtenida, es una variable fundamental, en la estructura de este producto de valor agregado, ya que permite determinar la cantidad de pectina presente en el producto obtenido; es importante señalar que Chasquibo et al. [30], hacen mención que entre las especificaciones internacionales, la Unión Europea y la FAO determina un mínimo de 65 % para el % AAG, mientras que Farmacopea de Estados Unidos establece un mínimo de 74 % para el parámetro. El porcentaje de ácido galacturónico obtenido en la presente investigación se encuentra por encima de estos dos indicadores, ya que para las muestras sin extracción de aceite esencial el porcentaje fue de 87,84 y para la condición con extracción de aceite esencial fue de 87,81 % por lo que, para las dos condiciones analizadas, se obtuvo pectina de alta pureza. Se pudo determinar que los valores obtenidos por otros autores, [29, 31, 39] han obtenido valores muy por debajo (59 y 71 %).

Con respecto al grado de esterificación (% GE), señala [38], que las pectinas comerciales presentan, valores mayores al 60 %, indicando además que, a mayor grado de esterificación de la pectina, mayor es la viscosidad, clasificándose dentro del grupo de pectinas de gelificación rápida, siendo las más apreciadas dentro de la industria alimentaria, para la elaboración de nuevos productos. En la investigación realizada, las pectinas obtenidas, en ambas condiciones, sin y con extracción de aceite esencial, presentaron valores de % GE, cercanos a las pectinas comerciales, donde el valor para las muestras sin extracción de aceite esencial se obtuvo 70,49 % y para las muestras con extracción de aceite esencial se obtuvieron porcentajes de 76,57 %, lo que

indica que con la segunda condición las pectinas son más viscosas, esta diferencia se puede inferir por la presencia o no de aceites esenciales. Zegada [39], señala que con este parámetro las pectinas obtenidas para las muestras pueden categorizándose en las de alto metoxilo, con una gelificación rápida (70-73%) y extra rápida (74-77%) respectivamente. Valores similares fueron reportados por Guerrero et al. [40], señalando que el alto % GE podría ser debido a los grupos carboxilo pertenecientes a la cadena principal de ácido galacturónico.

Tabla 5: Caracterización del producto de valor agregado pectina, con extracción de aceite esencial.

N°	% MEO Metoxilo	% AAG Acido anhidro galacturónico	% GE Grado de esterificación	PE (mg/meq) Peso equivalente	AL (mg/meq) Acidez libre
1	4,84	87,79	75,00	1923,08	0,52
	5,08	87,78	73,21	1666,67	0,60
2	4,71	87,80	76,00	2083,33	0,48
	4,34	87,80	70,00	1666,67	0,60
3	4,34	87,82	78,65	2631,58	0,38
	4,71	87,81	80,00	2631,58	0,38
4	4,28	87,82	78,41	2631,58	0,38
	3,60	87,85	75,32	2631,58	0,38
5	4,46	87,80	79,12	2631,58	0,38
	5,84	87,80	81,19	2631,58	0,38
6	3,72	87,84	75,95	2631,58	0,38
	3,72	87,84	75,95	2631,58	0,38
Promedio	4,47	87,81	76,57	2366,03	0,44

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, las propiedades como es el peso equivalente (PE), y la acidez libre (AL), la cual [38], señala que para la pectina comercial de gelificación lenta y rápida el peso equivalente es de 2702,9 y 3602 mg/meq, respectivamente, valores que están por encima a los obtenidos en la investigación, ya que para las muestras sin extracción de aceite esencial el valor promedio de peso equivalente es de 2201,83 mg/meq, y el valor para las muestras con extracción de aceite esencial es 2366,03 mg/meq, lo que es indicador, de un producto de valor agregado, con poca presencia de residuos de cáscaras de naranja u otros, ya que estos residuos serian impurezas que incrementarían su PE.

En cuanto a la acidez libre, se obtuvo 0,46 meq/g para la condición 1, mientras que para la condición 2, un resultado promedio de 0,44 meq/g, estos valores son superiores a los reportados [38], para la pectina comercial de gelificación lenta y rápida de 0,37 y 0,28 meq/g correspondientemente.

La humedad y ceniza, que se determinaron, para ambas condiciones, se muestra en la Tabla 6, en cuanto a la humedad, se obtuvo valores por encima a los de la pectina comercial (Merck), de 10,81 %, valor que se considera como aceptable [30], en las pectinas obtenidas sin la extracción de aceite esencial la humedad fue de 14,91% y con la extracción de aceite esencial fue de 12,71% en ambos casos fue menor que las pectinas reportadas por [30], donde también obtuvieron valores altos (17,5 %). Por otro lado, los valores de ceniza, estuvieron por debajo a 3,30 % que es el valor máximo de la pectina comercial consultada [30], y muy cercano a 1,89 % reportado por Hosseini et al., [31] por lo que se considera que los resultados obtenidos son aceptables, cabe destacar que el autor citado, hace mención, a que el contenido de cenizas afecta la habilidad de la pectina de gelificarse, debido a que es indicador de presencia de sales y minerales que afectan esta característica.

Análisis estadístico

Las pruebas estadísticas se realizaron con el fin de aceptar o rechazar la hipótesis nula en ambos casos, tanto para la prueba F como para la t de student.

Prueba F

Hipótesis nula (Ho) = Las varianzas son iguales con un 95% de nivel de confianza.

Hipótesis alterna = Las varianzas son diferentes con un 95% de nivel de confianza.

Tabla 6: Porcentajes de humedad y ceniza de la pectina obtenida experimentalmente.

N°		% Humedad	% Ceniza
1	Condición 1. Sin extracción de aceite esencial	16,15	1,90
		15,31	1,00
		13,32	3,10
2		14,84	2,10
		14,91	2,03
Promedio			
1	Condición 2. Con extracción de aceite esencial	11,40	2,97
		16,14	1,92
		10,66	0,99
2		12,63	1,94
		12,71	1,96

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 7, se obtuvo como resultado que las varianzas son iguales para (% rendimiento de pectina, % reducción de residuos, % GE, % humedad y % ceniza) ya que el valor $p > 0,05$ por lo tanto, se debe realizar la prueba de t de student a muestras con varianzas homogéneas y el resto de las variables (PE, AL, % MEO y % AAG) se analizará como muestras con varianzas heterogéneas.

Tabla 7: Prueba F para variables de dos muestras con un nivel de confianza 95%.

Variable	F	Valor crítico para F	Valor de p	Se acepta la hipótesis nula
% de rendimiento de pectina	0,468	0,198	0,212	Si
% de reducción de residuos	0,610	0,198	0,300	Si
PE	5,912	2,818	0,003	No
AL	6,159	2,818	0,003	No
%MEO	5,506	2,818	0,004	No
GE	2,440	2,218	0,077	Si
%AAG	3,135	2,218	0,035	No
%humedad	4,181	9,277	0,135	Si
%ceniza	0,881	0,108	0,460	Si

Fuente: Elaboración propia.

t de student

Hipótesis nula (Ho) = No existe diferencias estadísticamente significativas en el promedio de las variables (rendimiento, reducción, PE, AL, MEO, GE, AAG, humedad y ceniza), entre los dos grupos evaluados (cáscara de naranja sin y con extracción de aceite esenciales), con un 95 % de nivel de confianza.

Hipótesis alterna = Si existe diferencias estadísticamente significativas en el promedio de las variables (rendimiento, reducción, PE, AL, MEO, GE, AAG, humedad y ceniza), entre los dos grupos evaluados (cáscara de naranja sin y con extracción de aceite esenciales), con un 95 % de nivel de confianza.

Los resultados estadísticos observados en la Tabla 8, indican que para las variables PE, AL, rendimiento, cenizas y humedad no existen diferencias estadísticamente significativas entre las dos condiciones, por lo que no se afecta el contenido de pectina, mientras que para las variables % MEO, % GE, % AAG, % reducción, si poseen diferencia estadísticamente significativa entre las dos condiciones, a pesar de esto, los valores promedios de la mayoría de las variables estudiadas, se encuentran en los rangos aceptados de calidad de pectina [30].

Tabla 8: Prueba de t para variables de dos muestras, con varianzas desiguales.

Variable	t	Valor crítico para t	Valor de p	Se acepta la hipótesis nula
% de rendimiento de pectina	-2,211	2,228	0,051	Si
% de reducción de residuos	9,703	2,228	$2,1 \times 10^{-6}$	No
PE	1,294	2,131	0,215	Si
AL	-0,719	2,145	0,484	Si
% MEO	5,568	2,131	$5,4 \times 10^{-5}$	No
% GE	5,690	2,074	$1,0 \times 10^{-5}$	No
% AAG	-4,267	2,110	0,001	No
% humedad	-1,162	2,447	0,155	Si
% ceniza	-0,118	2,447	0,910	Si

Fuente: Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

Las condiciones establecidas para tratar residuos de cáscaras de naranja, sin y con extracción de aceite esencial con potencial uso para la obtención de pectina, demostraron que la reducción de los residuos sólidos de cáscaras de naranja es mayor con la condición 2 (previa extracción del aceite esencial), por lo que aplicación de las 3R (reciclar, reutilizar y reducir) es factible y efectiva, disminuyendo así el impacto ambiental que causa este desecho.

La investigación permite señalar que el rendimiento y calidad de la pectina extraída de las cáscaras de naranja luego de la extracción de aceites esenciales, es un subproducto con características aceptables comercialmente lo cual es indicado por el contenido de metoxilo, el grado de esterificación y el porcentaje de ácido galacturónico.

VI. RECOMENDACIONES

Divulgar la presente investigación en las industrias que fabrican jugo de naranja a fin de reutilizar los desechos de naranjas para extraer aceites esenciales y pectina de alto valor agregado en las industrias alimenticias, farmacéuticas y cosmetológica, para contribuir con la disminución de residuos sólidos orgánicos.

VII. REFERENCIAS

- [1] Banco Mundial, "Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos", 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management> [Accedido: 07-jun-2019].
- [2] Comisión para la Cooperación Ambiental, "Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte", Montreal 2017, [En línea]. Disponible en: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-papers.pdf>. [Accedido: 07-jun-2019].
- [3] I. Valdez y J. Carrillo, "Generación de productos de valor agregado a partir de residuos orgánicos", Gaceta del Instituto de Ingeniería UNAM, N° 124, 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316672125_Generacion_de_productos_de_valor_agregado_a_partir_de_residuos_organicos. [Accedido: 01-jun-2019]
- [4] J. Senit, D. Velasco, A. Gómez, M. Sanchez, J. Toledo, V. Santos, F. Garcia, P. Yustos y M. Ladero "Orange peel waste upstream integrated processing to terpenes, phenolics, pectin and monosaccharides: Optimization approaches", Industrial Crops & Products, vol. 134, pp.370–381, 2019.
- [5] R. San-Martín, L. Zhigüe, y T. Alaña, "El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista", Universidad y Sociedad vol. 9, núm.1, pp. 36-40, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus051117.pdf>. [Accedido: 07-jun-2019]
- [6] A. Chávez y A. Rodríguez, "Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica", Revista Academia & Virtualidad, vol. 9, núm.2, pp. 90-107, 2016.
- [7] I. Cerón y C. Cardona, "Evaluación del proceso integral para la obtención de aceites esenciales y pectina a partir de cáscara de naranja", Ingeniería y Ciencia, vol. 7, núm. 13, pp. 65-86, 2011.
- [8] R. Olascoaga. "Propuesta de un plan de manejo de residuos sólidos en una empresa procesadora de pulpas de frutas", tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2253/Q70-O43T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Accedido: 18-may-2019]
- [9] A. Arias, M. Valero, T. Ramírez, J. Vázquez y C. Araque, "Optimización del rendimiento por hidrodestilación de aceite esencial de residuo de corteza de naranja dulce (Citrus aurantium L)", 2016, [En línea]. Disponible en: <http://curly.unet.edu.ve/sicpro/Publico/Resumen?pdf=1227>. [Accedido: 30-may-2019]
- [10] Y. Maldonado, S. Salazar, C. Millones, E. Torres, y E. Vásquez, "Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (Vasconcellea weberbaueri) proveniente del distrito San Miguel de Soloco, región Amazonas". Revista Aporte Santiaguino, vol. 3 núm. 2, pp. 177-184, 2010.
- [11] D. Casas, A. Villa, F. Bustamante y L. González, "Process development and simulation of pectin extraction from Orange peels", food and bioproducts processing, vol. 9, núm. 6, pp. 86–98, 2015.
- [12] J. Roa, "Fundamentos básicos de los procesos ambientales para ingenieros". Fondo Editorial UNET, Edición 2. San Cristóbal, Táchira. 2001.
- [13] J. Rojas, A. Perea, y E. Stashenko, "Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos de jugos cítricos", Revista de la facultad de Química Farmacéutica, Vitae, vol. 16, núm. 1, pp. 110-115, 2009.
- [14] F. Muñoz, "Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir de fruto de dos ecotipos de cocona (Solanum sessiliflorum), en diferentes grados de madurez; a nivel de planta piloto", tesis maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2011. [En línea]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co>. [Accedido: 07-jun-2019]
- [15] I. Abzueta y M. Herrera, "Extracción de pectina de alto metoxilo a partir de cascara de parchita para la producción de mermelada". Trabajo de Investigación. Universidad de los Andes, Venezuela, 2012.
- [16] K. Urango, F. Ortega, G. Vélez y O. Pérez, "Extracción Rápida de Pectina a Partir de Cáscara de Maracuyá (Passiflora edulis flavicarpa) empleando Microondas", Información tecnológica, vol. 29, núm. 1, pp. 129-136, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000100129>[Accedido: 05-jun-2019].
- [17] N. Bogdanoff, "Optimización de los procesos de obtención y Concentración de pectina de naranja" Tesis de doctorado, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 2015. [En línea]. Disponible en:

- http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/48617/Documento_completo.pdf-DFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y [Accedido: 05-jun-2019].
- [18] J. Cruz y B. Velasco “Obtención de la Pectina a partir de la cáscara de la naranja” AlephZero-Comprendamos Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán No.32, 2004 [En línea]. Disponible en: <http://www.comprendamos.org/alephzero/32/pectina.html>. [Accedido: 05-jun-2019].
- [19] H. Arias y H. Tuiran “Obtención de pectinas cítricas a base de las cáscaras de naranja desechadas de los diferentes puestos de refresquerías de la ciudad de Santa Marta”, Trabajo de Investigación, Universidad del Magdalena, Colombia, 2009. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2561/3/II-00144.pdf>. [Accedido: 05-jun-2019].
- [20] M. Serrat, A. De-la-Fé, J. De-la-Fé y C. Montero “Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta”, Revista Cubana de Química, vol.30, núm.3, pp. 522-538, 2018.
- [21] J. Devia, “Proceso para producir pectinas cítricas”. Revista Universidad EAFIT N° 129, 2003. [En línea], Disponible en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/918>. [Accedido: 13-jun-2019].
- [22] W. Pardavé, “Estrategias ambientales de las 3R a las 10R”. Editorial Ecoe Ediciones. 2001. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com/books/about/estrategias_ambientales_de_las_eR_a_las.html [Accedido: 27-may-2019].
- [23] Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), “El valor de los residuos : distintos modos de reducir, reutilizar, reciclar y revalorizar residuos industriales” , Libro digital, 1a edición, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://ars.org.ar/biblioteca-material-para-bajar/el-valor-de-los-residuos-inti/> [Accedido: 05-jun-2019].
- [24] Ley De Gestión Integral de la Basura, Publicada en Gaceta Oficial N° 6017 (Extraordinaria), 2010.
- [25] Instituto de Estadística (INE), “Total de residuos sólidos recolectados por entidad federal año, 2006-2008”, [En línea]. Disponible en: http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=68&Itemid=49#. [Accedido: 27-may-2019].
- [26] S. Zaragoza, J. Pina, M. Former, L. Navarro, G. Medina, y P. Fuster, “Las Variedades de Cítricos”. Ministerio del Medio, Medio Rural y Marino. Madrid, España. 2011. [En línea]. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicacion/es/Variedades_de_Citricos_primeras_p%C3%A1ginas_tcm-212147.pdf [Accedido: 27-may-2019].
- [27] Centro de Formación Empresarial EARTH, “Perfil de producto: Naranja”, 2004. [En línea]. Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000142.pdf>. [Accedido: 27-may-2019].
- [28] W. Valero y J. Villamizar, “Evaluación de alternativas para obtener subproductos de valor agregado a partir de residuos sólidos orgánicos generados en la hidrodestilación y extracción de pectina de la naranja”, Trabajo de Investigación de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, Venezuela, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://190.202.89.148/eventos-y-noticias-externas/4601-laboratorio-de-fitoquimica-unet-a-la-vanguardia-del-conocimiento.html>. [Accedido: 05-jun-2019].
- [29] S. Hosseini, F. Khodaiyan y M. Yarmand, “Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties”, Carbohydrate Polymers, vol. 140, pp. 59–65, 2016.
- [30] N. Chasquibol, E. Arroyo y J. Morales, “Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana”, Ingeniería Industrial, vol. 26, pp. 175-199, 2008.
- [31] S. Hosseini, F. Khodaiyan, M. Kazemi y Z. Najari, “Optimization and characterization of pectin extracted from sour Orange peel by ultrasound assisted method”, International Journal of Biological Macromolecules, vol.125, pp. 621–629, 2019.
- [32] J. Chávez, “Extracción de pectina a partir de cáscara de "naranja criolla" (Citrus aurantium L.) proveniente de la Provincia de Rodríguez de Mendoza”, Investigaciones Amazonenses, vol.3, núm.1, pp. 24-26, 2009.
- [33] N. Márquez y C. Jiménez, “Evaluación del uso de pectina extraída de los residuos de parchita mediante hidrólisis ácida en la preparación de mermelada” Universidad Rafael Urdaneta, Venezuela, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://docplayer.es/69358714-Republica-bolivariana-de-venezuela-universidad-rafael-urdaneta.html>. [Accedido: 05-jun-2019].
- [34] K. Rodríguez y A. Román, “Extracción y evaluación de pectina a partir de la cáscara de naranja de las variedades Citrus sinensis y Citrus paradisi y propuesta de diseño de planta piloto para su producción”. Trabajo de Investigación. Universidad El Salvador, 2004. [En línea]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/5623/1/10127872.pdf>.
- [35] R. D’Addosio, G. Páez, M. Marín, Z. Mármol y J. Ferrer, “Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (Passiflora edulis f. flavicarpa Degener)”, Revista de la Facultad de Agronomía, vol. 22, núm.3, pp. 240-249, 2005.
- [36] M. Umaña, “Cinéticas de extracción y Caracterización de pectinas de los Subproductos de naranja mediante asistencia acústica”, Trabajo de maestría, Universitat de les Illes Balears, 2016. [En línea]. Disponible en: https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/146424/tfm_2015-16_MCTE_muz038_416.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Accedido: 05-jun-2019].
- [37] R. Sánchez, “t-student: Usos y abusos”, Revista Mexicana de Cardiología, vol. 26, núm. 1, pp. 59-61, 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982015000100009. [Accedido: 07-jun-2019]
- [38] L. Mendoza, J. Jiménez y M. Ramírez, “Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (Theobroma cacao L.)”. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, vol. 20, núm. 1, pp. 131–138, 2017.
- [39] V. Zegada “Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO)”, Investigación & Desarrollo, vol. 1 núm. 15. Pp. 65 – 76, 2015.
- [40] G. Guerrero, D. Suárez y D. Orozco, “Implementación de un método de extracción de pectina obtenida del subproducto agroindustrial cascarilla de cacao”, Temas Agrarios, vol. 22, núm.1, pp. 85 – 90, 2017.