

Diseño de una planta piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (*Citrus Sinensis*)

Design of a pilot extraction plant of pectin as a gelificant from orange waste (*Citrus Sinensis*)

Palacios Cabrera, Teresa Alejandra; Chamorro Armas, Sonia Elizabeth; Almeida, Cyntia; Carrillo, Ivonne

 **Teresa Alejandra Palacios Cabrera**
 tapalacios@uce.edu.ec
 Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador

 **Sonia Elizabeth Chamorro Armas**
 sonia.chamorro@ute.edu.ec
 Universidad UTE. Quito, Ecuador

 **Cyntia Almeida**
 ecynthia_lizs@hotmail.com
 Consultora independiente. Quito, Ecuador

 **Ivonne Carrillo**
 emma.carrillo@uisek.edu.ec
 Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador

FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador
 ISSN: 1390-7042
 ISSN-e: 2602-8484
 Periodicidad: Semestral
 vol. 8, núm. 2, 2019
 revista.figempa@uce.edu.ec

Recepción: 30 Octubre 2018
 Aprobación: 31 Octubre 2019
 Publicación: 24 Diciembre 2019

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/624/6243771003/>

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.1274>

Autor de correspondencia: tapalacios@uce.edu.ec



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Cómo citar: Palacios Cabrera, T. A., Chamorro Armas, S. E., Almeida, C. & Carrillo, I. (2019). Diseño de una planta piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (*Citrus Sinensis*). *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 8(2), 23–29. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.1274>

Resumen: La necesidad de gestionar los residuos sólidos orgánicos generados por los vendedores de jugo de naranja, en la ciudad de Quito, se propone un proceso para convertir las cáscaras de naranja, en materia prima para la obtención de pectina cítrica dando a este residuo un valor agregado. En Ecuador no existe una planta productora de pectina, lo que obliga a las industrias que utilizan este producto, a importar a un costo aproximado de 34 dólares el kilogramo. En la ciudad de Quito, según el censo realizado por la Policía Nacional en el año 2016, existen aproximadamente 600 vendedores ambulantes de jugo de naranja, quienes generan 16200 kg diarios de residuos lo que es igual a 5913 toneladas al año. Para la utilización de los residuos, se propone el diseño de una planta piloto para la obtención de pectina por hidrólisis ácida; previo a la implementación de la planta, se realizaron varios ensayos en el laboratorio hacia la optimización del proceso, con el fin de determinar el ciclo de producción; basándose principalmente en la termodinámica y la cinética de las reacciones. Finalmente, se presenta un estudio económico con el objetivo de determinar su viabilidad.

Palabras clave: Pectinas, hidrólisis ácida, planta piloto, termodinámica, cinética.

Abstract: The need to manage organic solid waste generated by orange juice sellers, in the city of Quito, proposes a process to convert orange peels, into raw material for obtaining citrus pectin giving this residue an added value. In Ecuador there is no pectin producing plant, which forces the industries that use this product, to import at an approximate cost of \$ 34 per kilogram. In the city of Quito, according to the census carried out by the National Police in 2016, there are approximately 600 street vendors of orange juice, who generate 16200 kg of waste daily, which is equal to 5913 tons per year. For the use of waste, the design of a pilot plant for obtaining pectin by acid hydrolysis is proposed; prior to the implementation of the plant, several tests were carried out in the laboratory for the optimization of the process, in order to determine the production cycle; based mainly on the thermodynamics and the kinetics of the reactions. Finally, an economic study is presented to determine its viability.

Keywords: Pectins, acid hydrolysis, pilot plant, thermodynamics, kinetics.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales componentes de la pared celular de los vegetales son las pectinas, polisacáridos con alta capacidad hidrofílica, ya que pueden absorber agua desde 100 a 500 veces su propio peso (Baltazar Flores et al., 2013). La pectina tiene gran utilidad en la industria alimenticia, principalmente como espesante y gelificante, por ejemplo se utiliza en la producción de mermeladas, jaleas, gelatinas y conservas vegetales (Pagan i Gilabert, 1999).

Actualmente no existe producción de pectina en el Ecuador, la industria alimenticia y farmacéutica importa de países como Colombia, México, Argentina o China. Los valores que se llegan a pagar por este producto en estos países varían de 20 a 34 dólares el kilogramo (Morley, 2015). Importar este producto representa costos muy elevados y, al ser este un producto de alta demanda, las industrias deben considerar pagar altos precios, que aumentan sus costos de producción.

A nivel industrial, la obtención de pectina se realiza a partir de subproductos como la cáscara de frutos cítricos que contienen cerca del 25% de sustancias pécticas, el bagazo de la manzana, por ejemplo, genera un rendimiento de alrededor del 15-18% de pectina, razón por la que esta materia prima fue muy utilizada en los años 20 y 30, cuando se inicia la industrialización de la pectina, ya que los residuos de la industria sidrera y de zumo de esta fruta, generaban gran cantidad de cáscaras de manzana.

Otras fuentes son la concha de mango, residuos de girasol, guayaba, entre otros (D'Adossio et al., 2005).

Las empresas que usaron la corteza de cítricos como materia prima, se enfrentaron al problema que el aroma era inaceptable para la mayoría de las aplicaciones, por lo tanto decidieron utilizar en sus procesos alcohol o sales metálicas, para precipitar la pectina y extraerla en forma sólida, controlando así el problema. Posteriormente, se adopta esta iniciativa por los productores de pectina de manzana, evolucionando gradualmente hasta el día de hoy con diferentes frutas como materia prima (Pagan i Gilabert, 1999).

Comercialmente, la pectina se extrae con ácido caliente diluido a pH bajo. El tiempo y la temperatura de extracción varían con la materia prima utilizada. Una vez extraída la pectina, se separa de los residuos. Para obtener pectina en polvo, se agrega alcohol al concentrado para que precipite. La masa gelatinosa se prensa, lava y elimina de las aguas madres. Posteriormente, se filtra y se muele. Otros métodos de precipitación se realizan con hidróxido de aluminio coloidal, mayormente usado para pectinas de bajo grado de esterificación (Pagan i Gilabert, 1999).

Residuos de naranja

En las fábricas por cada tonelada de naranja, el 50% se transforma en zumo y el 50% restante es subproducto o residuo (SINC, 2008). Actualmente se producen 38.2 millones de toneladas de cáscaras de cítricos a nivel mundial (Diario Milenio, 2017), solo en Quito, existen 600 vendedores ambulantes de jugo de naranja (Jácome, 2016), quienes generan aproximadamente 16200 kg de residuos diarios, siendo equivalente a 5913 toneladas al año. Dichos residuos son recolectados por camiones de basura, para posteriormente ser

NOTAS DE AUTOR

tapalacios@uce.edu.ec

desechados en los rellenos sanitarios del sector, ocupando gran espacio en los vertederos e incrementando el volumen de lixiviados debido a su rápida fermentación, lo que contribuye a la generación de gas metano. Estos residuos no son aptos para hacer compostaje debido a sus características de pH ácido, por lo que se convierten en basura común sin opción de un proceso posterior que le otorgue un valor agregado.

Estructura química de la pectina

Las sustancias pécticas son mezclas complejas de polisacáridos que constituyen un tercio de la pared celular de las plantas dicotiledóneas y de algunas monocotiledóneas. En menor cantidad, se hallan en las paredes celulares de las plantas herbáceas. Se encuentran en la mayor parte de los tejidos vegetales y especialmente en los tejidos parenquimáticos y meristemáticos, abundan en la pared primaria de las células y la lámina media que las separa (Pagan i Gilabert, 1999). La estructura básica de la pectina está formada por anillos de ácido D-galacturónico, $C_6H_{10}O_7$. El número de anillos presentes en la cadena varía desde los 100 hasta 1000. Cada anillo posee un grupo carboxilo ($-COOH$) que puede estar esterificado con metanol, produciendo esteres metílicos ($-COOCH_3$) o quedar neutralizado por una base, como se muestra en la figura 1 (Zegada, 2015).

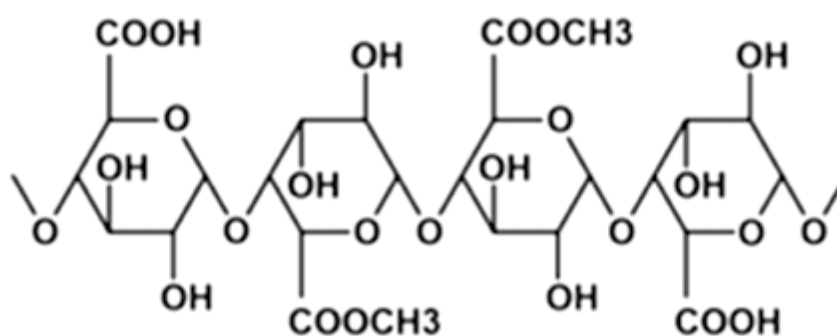


FIGURA 1
Estructura molecular básica de la pectina
Zegada (2015)

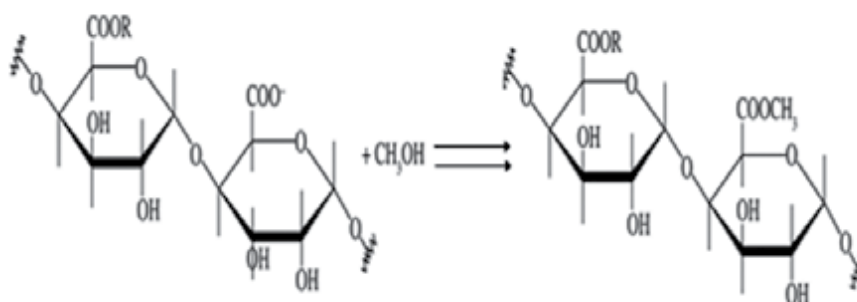


FIGURA 2
Esterificación de la Pectina
Canteri et al. (2012)

El grado de esterificación depende del origen de la pectina y del método utilizado para la extracción de ésta (figura 2). Se entiende por grado de esterificación, el grado variable en el que los grupos carboxilos de los

ácidos galacturónicos se encuentren esterificados con metanol o estén parcial o completamente neutralizados por iones de sodio, potasio o amonio (Baltazar Flores et al., 2013).

Mediante hidrólisis ácida, la pectina extraída de los residuos de naranja presenta aproximadamente un 70% de esterificación, aunque puede alcanzar valores mayores. Para obtener grados menores se debe hidrolizar con algunos esteres metílicos adicionales, generalmente, mediante extracción prolongada, tratamientos ácidos o alcalinos en alcohol o haciendo uso de enzimas desesterificantes (Zegada, 2015).

El grado de esterificación, afecta directamente en la capacidad de la pectina para formar geles (Arellanes et al., 2011).

Hay una amplia gama de grados de esterificación dependiendo de las especies, tejidos y madurez. Generalmente y por facilidad se dividen en dos grupos: pectinas de alto y bajo metoxilo. Las pectinas de alto metoxilo son aquellas que tiene el 50% de los grupos carboxilos del ácido galacturónico esterificado con metanol. A mayor grado de esterificación, mayor es la temperatura de gelificación. Estas pueden formar geles en condiciones de pH entre 2,8 y 3,5 y, entre 60° y 70° Brix. Las pectinas de bajo metoxilo son aquellas que forman geles termorreversibles por interacción con el calcio presente en el medio. Las condiciones pH y sólidos solubles son secundarios en este caso, para formar geles es necesaria solo la presencia de sales de calcio. Los grados Brix pueden llegar a 2 y el pH puede ser neutro (Baltazar Flores et al., 2013).

El grado de esterificación de las pectinas también influye en la temperatura de gelificación. A mayor grado de esterificación, mayor es la temperatura de gelificación. Por ejemplo, una pectina con un grado de esterificación del 75% puede gelificar a temperaturas de 95° y, en muy pocos minutos a temperaturas por debajo de 85°C (Morley, 2015).

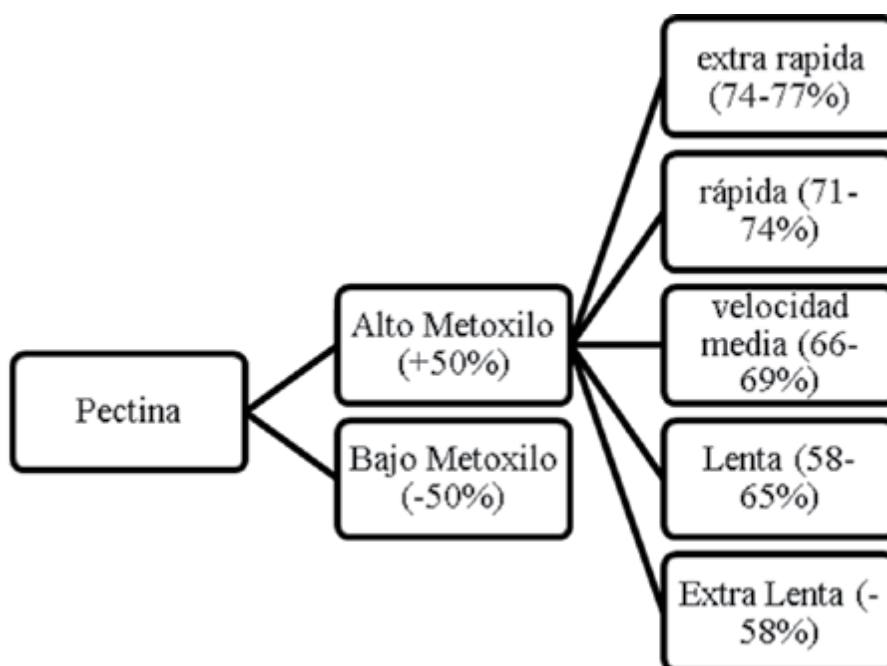


FIGURA 3
Clasificación de la Pectina
Zegada (2015)

Las propiedades gelificantes de la pectina pueden verse influenciadas por diferentes factores por ejemplo (figura 3), el peso molecular, relacionado con la longitud de la cadena, afecta a la viscosidad y por ende a su comportamiento para formar geles (Baltazar Flores et al., 2013). La molécula condiciona la rigidez o firmeza del gel. Otro factor que influye directamente en la velocidad y temperatura de gelificación es el grado de esterificación, que además es responsable de algunas propiedades organolépticas de geles de pectina-azúcar-

ácido, que forman las pectinas de alto metoxilo. La solubilidad de la pectina se halla determinada por la proporción de grupos hidrofóbicos e hidrofílicos (Pagan i Gilabert, 1999).

El tiempo de gelificación también dependerá de la naturaleza de la materia prima, del estado de maduración y de la metodología de extracción, definiendo así la calidad de la pectina (D'Adossio et al., 2005).

Los factores más importantes del medio, que influyen en la formación del gel son temperatura, pH, nivel de azúcares y otros solutos y iones de calcio. Al enfriarse una solución caliente que contenga pectina, su tendencia a gelificar aumenta, más aún si su pH disminuye, esto ocurre especialmente en las pectinas de alto metoxilo, que requieren pH menor a 3,5 para gelificar. Los azúcares y otros solutos deshidratan a las pectinas en solución, por ende, a mayor cantidad de solutos, hay menos agua disponible para actuar como disolvente de la pectina y la tendencia a gelificar se favorece. Cuando los sólidos solubles superan el 85%, la gelificación es muy difícil de controlar. En cuanto a los iones de calcio, son necesarios en las pectinas de bajo metoxilo desesterificadas para una óptima gelificación (Pagan y Gilabert, 1999).

Aplicación de la pectina

La pectina genera gran interés en las industrias alimentarias debido a su amplia utilización como aditivo gelificante en productos tipo gelatinas y mermeladas, así también como espesante y estabilizante, material de relleno, estabilizador de productos de confitería, productos lácteos, preparados de frutas y vegetales, rellenos de repostería, glaseado y escarchados, sustituto de grasas en aderezos para ensaladas, helados y productos cárnicos emulsionados (Arellanes et al., 2011).

La pectina obtenida de la cáscara de frutos se puede utilizar también como empaque de cápsulas, debido a su fácil degradación dentro del organismo (Aldana et al., 2011). Otras aplicaciones en la industria farmacéutica incluyen productos farmacéuticos y biomédicos por su atractivo como un polímero no tóxico, biocompatible y biodegradable (Arellanes et al., 2011).

Dentro de sus variadas aplicaciones también está su uso en odontología, cosmética, industria de cigarrillos, microbiología, conservación de suelo y alimentación animal (Pagan i Gilabert, 1999).

El objetivo de este artículo, diseñar un proceso piloto para la extracción de pectina a partir de los residuos de la naranja provenientes del proceso de extracción de jugo, que extraen como subproducto los vendedores ambulantes, con el fin de gestionar un impacto ambiental por la fermentación de desechos. Es importante mencionar en este punto, que los residuos que se usarán en esta planta son de segunda generación, por lo tanto es necesario realizar un tratamiento detallado de lavado e inactivados de enzimas, con el fin de que un residuo pueda ser apto posteriormente para el consumo humano.

Los resultados de la investigación son la base para generar una industria en la ciudad, así como atraer inversiones tanto locales como extranjeras, considerando la oferta y demanda de la pectina.

Materia prima Cáscara de naranja

La cáscara de naranja es recolectada, lavada y secada al sol hasta retirar su humedad completamente. Se pulveriza y se tamiza; el proceso de extracción utiliza HCl 2N, 25 gramos de muestra de cáscara seca; se cubren con agua y se agrega HCl hasta lograr un pH de 3,2, se lleva a una temperatura de 80°C con agitación constante durante 75 minutos. Se filtra y el líquido filtrado se enfría a 15°C, con NaOH 1N se cambia el pH a 12 y luego se incorporan 30mL de etanol al 60%, se agita vigorosamente y se deja reposar durante 12 horas. El gel obtenido de la precipitación se filtra con una bomba de vacío y se lava con 15 ml de etanol 60% previamente enfriado a 15°C. Se seca en una estufa con ventilación a 90°C hasta la sequedad total y finalmente se tritura (Rodríguez y Román, 2004).

La cantidad de pectina es inversamente proporcional al tamaño de la fruta. Es decir, se encuentra mayor cantidad de pectina en los frutos más pequeños (Ywassaki y Canniatti-Brazaca, 2011). La pectina puede formar geles a pH entre 1 y 3,5, con concentraciones de azúcar del 55% y 85% (Durán et al., 2012).

Las temperaturas de hidrólisis mayores a 98°C y el tiempo de extracción mayor a 90 minutos, logran que la pectina se desnaturalice, terminando en una influencia negativa en el resultado final (Durán et al., 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de muestras corresponde a la recolección de cáscaras de naranja generadas por los vendedores ambulantes de la ciudad de Quito, las mismas que son un residuo del proceso de elaboración de jugo de naranja.

En las pruebas de laboratorio se utilizó un método de extracción por hidrólisis ácida (Rodríguez y Román, 2004) con ácido cítrico, a un pH de 2, se calienta a una temperatura entre 70-80°C, durante 75 minutos y posterior precipitación con alcohol. Finalmente, la pectina precipitada es secada y triturada.

Para el proceso de inactivación se trabajó con un reactor tipo Bach sin reacción química, en un periodo de 15 minutos; este reactor se diseñó para un volumen de 160 Kg considerando un 5% de pérdida con una altura de 0,5m, de diámetro 66,4 cm de acero inoxidable

En el proceso de hidrólisis se usó un reactor de mezcla continua con enchaquetado, para un volumen de 335 litros, considerando el 8% de sobredimensionamiento. Este reactor es de acero inoxidable con una altura de un 1 metro y un diámetro de 0,65 metros.

Para el proceso de esterificación se utilizó un reactor PFR (Reactor Flujo Pistón) con enchaquetado. El diseño del reactor determinó una altura de 2,40 metros y un diámetro de 1,54 metros con un enchaquetado de 3,39 metros cúbicos.

RESULTADOS

El diseño del proceso de extracción de pectina (ver figura 4) a partir de residuos de naranja a nivel de laboratorio fue el siguiente:

- a) Lavado y escaldado (inactivación de enzimas): El residuo de la naranja, tanto la cáscara como el bagazo es lavado con agua caliente, para posteriormente sumergirlas en agua a 100°C
- b) Trituración: Se tritura los residuos húmedos con la ayuda de un triturador eléctrico.
- c) Secado: Los residuos triturados se secan en una estufa a 80°C hasta obtener un peso constante.
- d) Trituración: Se realiza una segunda trituración en triturador de tornillo para obtener partículas más finas, a partir de este momento se tratará a este triturado como materia prima.
- e) Hidrólisis ácida: Se coloca 25 gramos de materia prima en un vaso de precipitación de 1000 ml con 2 veces su volumen de agua, y se lleva a un pH de 2 con la ayuda de ácido cítrico diluido en agua. Se calienta a una temperatura entre 70°C y 80°C durante 75 minutos con agitación constante.
- f) Filtración: Se filtra la mezcla hidrolizada aún caliente con un liencillo y, el líquido filtrado se enfría bruscamente hasta aproximadamente 15°C.
- g) Precipitación: Se adiciona 30 ml de etanol 70° GL previamente enfriado a 4°C, se agita vigorosamente y se deja reposar durante 24 horas. El líquido precipitado es la pectina extraída durante la hidrólisis ácida.
- h) Filtración y lavado: Una vez la pectina haya precipitado, se realiza una segunda filtración de la sustancia gelatinosa, utilizando un liencillo, realizando lavados con etanol usando hasta 2 veces su volumen.

- i) Secado: La torta de pectina retenida en el liencillo es extendida y distribuida en bandejas de cristal y posteriormente es secada en una estufa con circulación de aire a 90°C durante 18 horas, o hasta alcanzar un peso constante y textura firme y quebradiza apta para tritución.
- j) Trituración: La pectina seca se remueve con cuidado de la bandeja de vidrio y se tritura en un mortero hasta obtener partículas lo más fino posible.

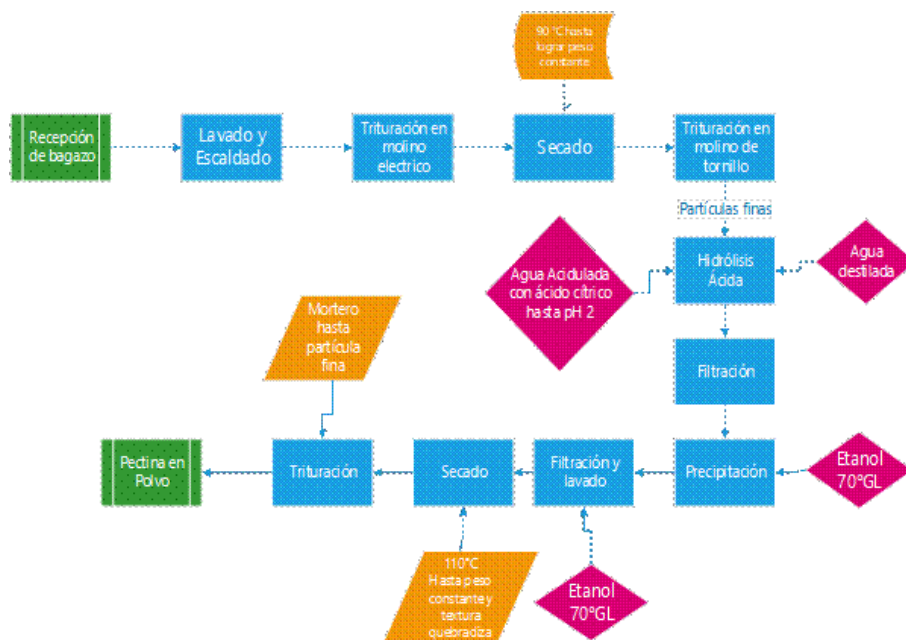


FIGURA 4
Proceso de Extracción de Pecti

El volumen de etanol 70° añadido en la precipitación para alcanzar el mayor porcentaje de eficiencia de extracción es 90ml para 20 gramos de materia seca. Es decir 4,5 ml de alcohol por gramo de cáscara seca y triturada.

La figura 6 se muestra claramente que para 20 g de cáscara seca y triturada, la cantidad óptima de etanol es de 90 ml, sin embargo, por razones de optimización de recursos, se considera que el valor de 80 ml es el más adecuado (ver tabla 1).

TABLA 1
Pruebas de Laboratorio: Volumen de alcohol añadido en la precipitación

ml de etanol dosificados	Gramos de pectina obtenida	Rendimiento (%)
40	1.3	6.5
60	3.1	15.5
70	3.44	17.2
80	4.08	20.4
90	4.1	20.5

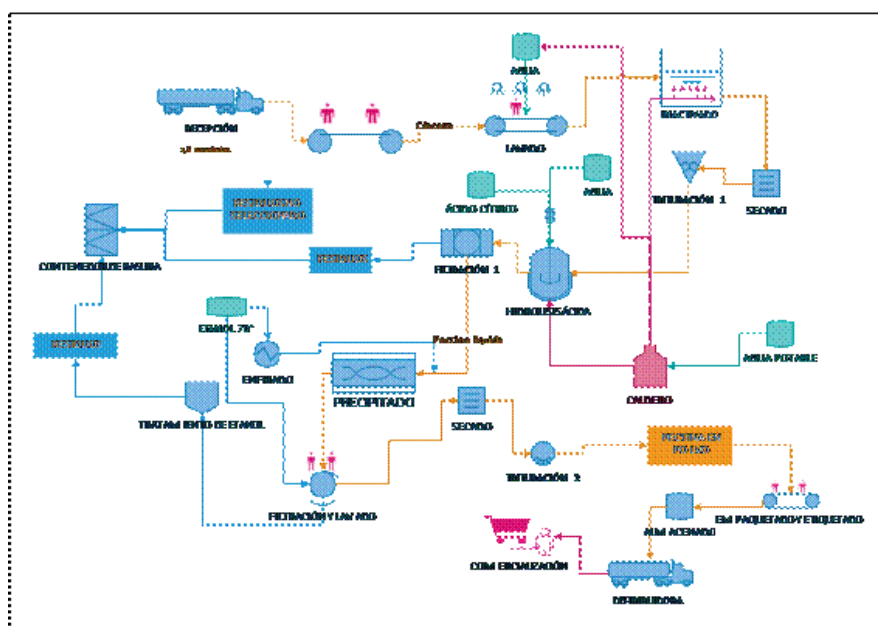


FIGURA 5

Diagrama de flujo del proceso para la producción de pectina

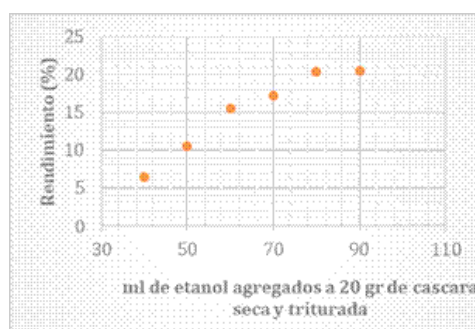


FIGURA 6

Rendimiento vs ml de etanol agregado por 20 gr de cáscara seca y triturada

Una vez que se ha optimizado el proceso a nivel de laboratorio, se procede al diseño de la ingeniería básica y de los equipos necesarios para la implementación de la planta piloto para la producción de la pectina.

El diseño de la planta realizado en Microsoft Visio se muestra en la figura 5.

La corriente principal se encuentra señalada de color naranja, mientras las líneas de vapor se representan de color fucsia. El caldero que se eligió para esta planta piloto ofrece una producción de vapor de 15 kg/hora, lo que logra abastecer a todos los procesos donde el vapor sea necesario. El vapor sobrante se utilizará en otros servicios básicos de la empresa como lavado y desinfección de equipos y para calentar el agua de las duchas para los operadores (ver tablas 2 y 3). El flujo másico de la corriente principal se representa en la tabla 2:

TABLA 2
Flujos de entrada y salida de los diferentes procesos

	ENTRA		SALE	
	Kg	L	Kg	L
Lavado	208,00	156,38	208,00	57963,00
inactivado	208,50	278,00	208,50	278,00
Secado	208,50	278,00	72,98	28,46
triturado	72,98	28,46	72,98	28,46
hidrólisis	72,98	28,46	706,83	820,97
filtrado	706,83	820,97	376,16	364,88
precipitado	364,88	376,16	28,73	656,78
lavado y filtrado	28,73	656,78	28,73	656,78
Secado	28,73	656,78	14,89	45,97
Triturado	14,89	45,97	14,89	45,97

TABLA 3
Parámetros físicoquímicos en varias etapas

Cáscara Húmeda		Acidificación	
Densidad	0,34 g/ml	pH	2
pH	4,5	T	18°C
T	18°C		

Pectina Líquida o ácido galacturónico		Pectina precipitada	
pH	2,5	pH	3
Densidad	0,97 g/ml	Densidad	1,32 g/ml
viscosidad	25,4 cP	Viscosidad	7039,1cP
Color	3,6 unidades de cobalto		

El volumen de los reactores se diseña dependiendo de su utilización dentro del proceso, la base del diseño es la demanda del mercado y la disponibilidad de materia prima, valores que determinan el flujo de entrada y el tiempo de retención. El diseño se realizó bajo la normativa técnica INEN 0097:76 “Características y Diseños de máquinas, aparatos y equipos” e INEN 0440:84 “Colores de identificación de tuberías”. El resumen se puede ver en la tabla 4:

TABLA 4
Volúmenes de Reactores

Reactor	Volumen
Marmita para inactivación	0,11 m ³
CSTR para hidrólisis ácida	0,88 m ³
PFR para precipitación	4,16m ³

DISCUSIÓN

De acuerdo con los procesos proporcionados por la bibliografía (Rodríguez & Román, 2004), se comprobó que efectivamente el método óptimo para la extracción de pectinas es por medio de hidrólisis ácida a un pH de 2 o aproximados, a una temperatura de entre 70°C y 80°C, por un tiempo de 75 minutos con agitación constante.

Rodríguez y Román (2004) manifiestan en su estudio que el volumen de alcohol adecuado es 1,2 ml por gramo de cáscara seca, utilizando etanol 60%. Sin embargo, en el presente estudio se determinó mayor rendimiento con mayor volumen de alcohol y así mismo, mayor grado de este. Se utilizó etanol 70%, en proporción de 4,5 ml de etanol por cada gramo de cáscara seca. Esta variación puede deberse a la calidad de naranja utilizada y la cantidad de pectina que esta posea en su cáscara.

En este estudio el rendimiento fue de 20.4%, que resulta ser mayor a otros estudios realizados en el país. Según D'Adossio et al. (2005) a nivel industrial las cáscaras de frutos cítricos pueden contener hasta cerca del 25% de sustancias pécticas. De la cáscara de limón según Ferrer (1996) obtuvo el 20.54% de rendimiento, mientras D'Adossio et al. (2005) afirman que del maracuyá el máximo rendimiento es 18.45%.

Es importante realizar capacitaciones, tanto a los operadores de la planta como a los distribuidores de materia prima. En este caso, especialmente a los vendedores de jugo de naranja, sobre BPM (Buenas prácticas de manufactura), debido a que se trata de un producto alimenticio y deben seguir normas de inocuidad alimentaria. Se sugiere abastecer de contenedores plásticos periódicamente sanitizados a los vendedores ambulantes para que depositen exclusivamente los residuos de naranja, y mantengan el mínimo contacto con vectores contaminantes como mosquitos.

En el diseño de la planta se muestra una sección de recuperación de metanol, este proceso se realizará con un filtro de carbón activado que se encargará de limpiar el alcohol utilizado para eliminar trazas ácidas y amargas que éste pueda contener. Una vez lavado el alcohol, puede utilizarse para precipitar la pectina líquida, o lavar la pectina precipitada.

Debido al color de la pectina obtenida, no cumple con las características demandadas para la elaboración de productos donde el color es una exigencia, como en las industrias lácteas. Se recomienda el uso de esta pectina para mermeladas y compotas de frutas y vegetales, así como también para pulpas de frutas, conservas y algunos productos de panadería y postres.

Si los clientes requieran pectina de color claro, se realizaría un proceso de filtrado con carbón activado de la pectina líquida antes de agregar el alcohol para precipitar. De esta manera el color será menor, y la acidez también bajaría, dejando finalmente un producto útil para procesos lácteos. El PVP (precio de venta al público) de la pectina purificada deberá ser mayor.

CONCLUSIONES

- Con el proceso seleccionado, se logró extraer pectina de alto grado de esterificación con un rendimiento del 20,4%, que constituye alto comparado con otros estudios que se han realizado en el país, o a partir de otras frutas.
- El diseño obtenido de la planta piloto no es complejo ni de alto costo y, juntamente con los resultados del estudio del mercado corrobora la viabilidad del proyecto.
- Debido a que la pectina se la obtiene en el país solo por importación, el presentar un proyecto para su elaboración a nivel nacional, es de suma importancia, ya que ayudaría a disminuir costos de producción en fábricas de alimentos y otros.
- El mínimo precio que esta planta puede ofrecer al mercado es de 16,85 \$/kg, mientras el precio actual que los consumidores artesanales manejan es de \$34 dólares el kilo, por lo tanto el proyecto se presenta de manera muy viable.
- Los beneficios ambientales que ofrece esta investigación es la reducción de gran cantidad de residuos sólidos que al momento van a los rellenos sanitarios, así como la eliminación de gases de efecto invernadero producidos por la descomposición de la materia orgánica que actualmente es generada por miles de toneladas de residuos de cáscara de naranja, subproducto de los vendedores ambulantes de jugo de esta fruta.
- En el ámbito de la matriz productiva, el proyecto desarrollado cumple con las expectativas que el gobierno busca para la implementación del desarrollo de la matriz productiva, ya que aumenta la producción nacional, en especial de un producto actualmente importado al 100%.

REFERENCIAS

- Aldana, D., Aguilar, C., Contreras, J. & Nevaréz, G. (2011) Moléculas pécticas: extracción y su potencial aplicación como empaque. *TecnoCiencia Chihuahua*, 2, 76–82. http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n2/data/Moleculas_pecticas_extraccion_y_su_potencial_aplicacion_como_empaque.pdf
- Arellanes, A., Jaraba, M., Mármol, Z. & Páez, G. (2011) Obtención y caracterización de pectina de la cascara del cambur manzano (Musa AAB). *Revista de Facultad de Agronomía de La Universidad de Zulia*, 28, 523–539. http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/octubre_diciembre2011/v28n4a2011523539.pdf
- Baltazar Flores, R., Carbajal Mariños, D., Baca Rodríguez, N. & Salvador Rodríguez, D. (2013) Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (Citrus medica) utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Agroindustrial Science*, 3(2), 77 - 89. doi: 10.17268/agroind.science.2013.02.01.
- D'Addosio, R., Páez, G., Marín, M., Mármol, Z. & Ferrer, J. (2005) Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (Passiflora edulis f. flavicarpa Degener). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(3), 241-251. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000300004&lng=es&tlng=es
- Morley, J. (2015) *Análisis de factibilidad para la creación de una fábrica de pectina Morley*. Universidad Internacional del Ecuador. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/669%0A>
- Pagan i Gilabert, J. (1999) *Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón*. Universitat de Lleida. Departament de Tecnologia d'Aliments, 1–138. ISBN: 8489727783 <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8370/jpagan.pdf>
- Rodríguez, K. & Román, A. (2004) *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*. Universidad del Salvador. <http://ri.ues.edu.sv/5623/>
- Ywassaki, L. A. & Canniatti-Brazaca, S. G. (2011) Ascorbic acid and pectin in different sizes and parts of citric fruits. *SciELO Analytics*, 31(2), 319–326. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000200007%0A>

Zegada, V. Y. (2015) Pectin extraction from Orange peels waste by Microwave assisted Acid Hidrolysis (MWAH). *Investigación & Desarrollo*, 1(15), 65–76. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2518-44312015000100007&script=sci_arttext