

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PECTINAS A BASE
CÁSCARAS DE NARANJA**

MARTHA LILIANA LEÓN

**ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS
TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
SEMINARIO DE ESPECIALIZACIÓN POLITICA PÚBLICA EN EL
APROVECHAMIENTO BIOTECNOLOGICO DE RESIDUOS
AGROALIMENTARIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
CCAV FLORENCIA, CAQUETA-COLOMBIA
2020**

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PECTINAS A BASE
CÁSCARAS DE NARANJA**

MARTHA LILIANA LEÓN

**TRABAJO PRESENTADO COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA
OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA DE PROCESOS DE ALIMENTOS Y
BIOMATERIALES**

**DIRECTORA
ANDREA VASQUEZ GARCIA,
INGENIERA AGROINDUSTRIAL, MAGISTER Y DOCTORA DE INGENIERIA DE
ALIMENTOS**

**ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS
TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
SEMINARIO DE ESPECIALIZACIÓN POLITICA PÚBLICA EN EL
APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE RESIDUOS
AGROALIMENTARIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
CCAV FLORENCIA, CAQUETA-COLOMBIA
2020**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Florencia, 22 de Octubre de 2020

Tabla Contenido

1. INTRODUCCIÓN	10
2. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN	11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
4. DIAGRAMA DE FLUJO DE TODAS LAS OPERACIONES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE LAS CASCARAS DE NARANJA PARA OBTENER PECTINAS.	14
5. FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE PECTINAS A BASE DE CASCARAS DE NARANJA.	17
6. VARIABLES MÁS INFLUYENTES EN EL PROCESO	18
6.1. Identificar y describir las herramientas más utilizadas para realizar optimización de procesos.....	18
6.1.1. Herramienta metodología de superficie de respuesta	18
6.1.2. Herramientas de la planeación administrativa	19
Análisis FODA	20
Análisis de Red PERT	21
• Herramienta Ruta Crítica	22
• Herramienta know-how	22
• Una prioridad en la formación del nuevo empleado	23
6. SELECCIONAR UNA DE LAS HERRAMIENTAS DESCRITAS PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PECTINAS A BASE CÁSCARAS DE NARANJA.....	24
Herramienta metodología de superficie de respuesta	24
7. DESCRIBIR DE MANERA DETALLADA CÓMO SE REALIZARÍA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO BIOTECNOLÓGICO QUE SE ESTÁ PROPONIENDO, SEGÚN LAS FASES ANTERIORES.....	25
Diseño factorial de superficie de respuesta	25
Ruta del Paso Ascendente.....	25
Diseño de superficie de respuesta para ajustar el modelo de segundo orden	25
Cálculos de rendimiento	25
Modelo de Primer orden.....	25
Modelo de Segundo Orden	27
Método del ascenso más pronunciado	27

8. Infografía normatividad nacional vigente en el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos. 31

9. PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO.....32

10. CONCLUSIONES.....34

11. BIBLIOGRAFIA 35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos del diseño propuesto para ajustar el modelo de primer orden.....	26
Tabla 2. Análisis de varianza del modelo de primer orden.....	26
Tabla 3. Datos del método del ascenso más pronunciado	27
Tabla 4. Diseño central compuesto propuesto para la optimización de las condiciones de extracción de pectina de la cascara.....	28
Tabla 5. Análisis de varianza del diseño central compuesto propuesto para la optimización de las condiciones de extracción de pectina de la cáscara.....	28
Tabla 6. Parámetros estadísticos del diseño central compuesto propuesto para la optimización de las condiciones de extracción de pectina de la cascara.....	29
Tabla 7. Estimación de los valores óptimos para el rendimiento de pectina de la cascara de naranja.....	30

LISTA DE FIGURAS

Diagrama de flujo proceso de obtención de pectinas a base de cascaras de naranja.	
FIGURA 1	14
FIGURA 2 – Diagrama del Flujo del proceso simulado de obtención de aceites.	17
Matriz FODA FIGURA 3.....	20
Ejemplo de aplicación de red PERT FIGURA 4.....	21
Símbolos y significado de diagrama de flujo FIGURA 5	22
FIGURA 6 Superficie de respuesta del diseño central.....	30
FIGURA 7 Normatividad del desarrollo de productos y procesos biotecnológicos.	31

RESUMEN

Las pectinas provienen de la extracción líquida de forma ácida en cáscaras de cítricos, en donde la protopectina (insoluble) es hidrolizada y transformada en pectina soluble (extracción por filtración continua) luego se precipita, se purifica y por último se realiza un proceso de filtrado precipitado, purificado y filtrado dando como resultado un producto gelificado.

Este gel es utilizado en procesos estabilizantes en el sector industrial, este proceso (extracción de pectinas cítricas) se realizó en el presente estudio que tendrá lugar en el municipio de Neiva departamento del Huila, donde la producción de naranja (*Citrus sinensis*) y naranja valencia (*Citrus bigaradia*), son productos de mayor demanda, dado que son las más comerciales y cultivadas en el departamento, todo esto con el fin de implementar nuevas alternativas agroindustriales que ayuden al fortalecimiento económico, productivo y ambiental en la región y aportando de forma significativa a procesos de modernización del sector agroindustrial Colombia.

En la actualidad la comercialización de pectinas ha tomado un gran auge a nivel mundial, estas aprovechadas como aditivos en gran variedad de procesos, por tal razón la optimización de sus procesos es fundamental para lograr un buen producto sin tener desperdicios y una mayor rentabilidad, por tal razón se hace necesario encontrar una herramienta que facilite la optimización de procesos en las empresas agroindustriales, en este estudio se realizó una investigación y análisis de las diferentes herramientas que nos faciliten la optimización en el proceso de elaboración de pectinas a base de cáscaras de naranja, se identificaron y se escogió la herramienta metodológica de superficie de respuesta ya que nos permite maximizar el rendimiento y grado de esterificación.

Palabras claves: comercialización, herramienta, optimización, pectinas, procesos, biotecnológico.

ABSTRACT

The pectins come from the liquid extraction of acid form in citrus peels, where the protopectin (insoluble) is hydrolyzed and transformed into soluble pectin (extraction by continuous filtration) then it is precipitated, purified and finally a filtering process is carried out. Precipitated, purified and filtered resulting in a gelled product.

This gel is used in stabilizing processes in the industrial sector, this process (extraction of citrus pectins) will be carried out in the present study that will take place in the municipality of Neiva department of Huila, where the production of orange (*Citrus sinensis*) and Valencia orange (*Citrus bigaradia*), are products of greater demand, since they are the most commercial and cultivated in the department, all this in order to implement new agroindustrial alternatives that help to strengthen economic, productive and environmental in the region and contributing significantly to modernization processes of the Colombian agro-industrial sector.

At present the commercialization of pectins has taken a great boom worldwide, these are used as additives in a great variety of processes, for this reason the optimization of their processes is essential to achieve a good product without waste and greater profitability, for For this reason, it is necessary to find a tool that facilitates the optimization of processes in agroindustrial companies, in this study an investigation and analysis of the different tools that facilitate the optimization in the Process of making pectins based on orange peels was carried out. Identified and the response surface methodology tool was chosen as it allows us to maximize the yield and degree of esterification.

Keywords: marketing, tool, optimization, pectins, processes, biotechnology.

1. INTRODUCCIÓN

Los fundamentos teóricos sobre los diferentes procesos para la extracción de pectinas utilizando las cascaras de naranja como materias primas para este tipo de proceso brindaran bases teóricas fundamentadas para poder desarrollar de forma argumentada el presente proyecto, normalmente este tipo de residuo orgánico en el 90% de los casos es desechada y muchas veces depositada a campo abierto generando un grado de contaminación y proliferación de roedores, por tal razón se utilizara las cascaras de naranja desechadas en puestos de frutas, fresquerías, restaurantes entre otros negocios que generen este tipo de residuo, asiéndolos productivos y ecológicos mediante la utilización del producto resultante del proceso de extracción de la pectina, demostrando que se pueden utilizar desechos generadores de contaminación y transformarlos en productos industriales que beneficiaran al sector agroindustrial del municipio de Neiva, departamento del Huila.

En la actualidad el mercado de las pectinas a nivel mundial es muy limitado, a pesar que la materia prima para su obtención no es de un alto costo (Las fuentes principales de pectina natural son las cáscaras de los frutos cítricos y el bagazo de la manzana), se han implementado procesos para aprovechar la cascara de naranja como materia prima para la obtención de pectinas, pero en ocasiones existen muchos desperdicios por una mala planificación y pocas herramientas que optimicen sus procesos. En este estudio se realizó una consulta sobre la identificación y descripción de las herramientas más utilizadas para realizar optimización de procesos, con el fin de identificar la que más se ajuste a el Proceso de elaboración de pectinas a base cáscaras de naranja, dentro de las herramientas encontradas tenemos: Herramienta Ruta Crítica Herramienta procesos administrativos, Herramienta know-how, herramienta de metodología de superficie de respuesta, siendo esta ultima la más adecuada para el proceso en mención.

El presente artículo tiene como objetivo proponer el proceso biotecnológico de la elaboración de pectinas a base de cascaras de naranja, para el aprovechamiento de residuos agroalimentarios mediante la identificación de las operaciones unitarias y la simulación del proceso seleccionando las herramientas adecuadas para la optimización de este mediante la identificación de las principales técnicas usadas en procesos biotecnológicos para el aprovechamiento de residuos agroalimentarios. Comprendiendo de esta manera su funcionamiento e interpretando los resultados obtenidos para la toma de decisiones en un contexto real.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN

A nivel mundial la producción de naranjas con 62.563 millones de toneladas ocupa un lugar predilecto en los gustos de los consumidores, encontrándose sus productos, en diversas presentaciones comerciales, entre los de mayor importación con un 21.5% en los mercados de Estados Unidos y el 9.7% para Europa. La alta demanda de naranjas por parte de estos mercados ha forjado incentivos para países en vía de desarrollo con el fin de concentrar esta actividad hacia la explotación del producto obteniendo notables ganancias.

En este sentido, la producción de pectinas cítricas a base de las cáscaras de naranja representa una alternativa importante para ampliar la oferta, y seguridad alimentaria en el país, generando divisas y estimulando el desarrollo regional, disminuyendo la presión sobre los recursos agrícolas **(Devia,2016)**.

Los subproductos de la industria conservera y de los productos mínimamente procesados, como jugos y néctares, mermeladas, bocadillos, pastas, salsas, fruta congelada y refrigerada, básicamente constituyen las fuentes industriales de las pectinas. Las pectinas son heteropolisacáridos que se presentan en la naturaleza como elementos estructurales del sistema celular de las plantas, su principal componente es el ácido poligalacturónico que existe parcialmente esterificado con metanol **(Herbstreith Fox, 2015)**. Son consideradas coloides naturales, logran disolverse en H₂O, precipitarse, secarse y volver a disolverse sin cambiar sus características, ósea; son liofílicos, reversibles; también es soluble en alcohol, acetona, éter y casi todos los disolventes orgánicos. Las pectinas se encuentran en los vegetales principalmente en las frutas, los que presentan mayor cantidad de pectina son: manzanas, frutos cítricos, piña, guayaba, tomate de árbol, maracuyá y remolacha. Estas se aprovechan en diferentes áreas como en la farmacéutica (a modo de agente alterante de la viscosidad), en los plásticos y productos espumantes (como elemento aglutinante y clarificante); en alimentos (como estabilizante y gelificante).

Sería de gran importancia asociar a la cadena de producción de naranjas el desarrollo de nuevas tecnologías que vayan enrutadas a producir mayor cantidad de este producto en un menor tiempo y a un menor costo. En este orden de ideas y dentro de los esfuerzos para aumentar la competitividad del sector agrícola y acrecentar la producción, la extracción de pectinas cítricas se concibe como una actividad dinámica y económica que contribuye a los procesos de modernización del sector agroindustrial colombiano.

Las nuevas oportunidades incluyen las granjas agrícolas y el cultivo para la industria, la cuales se vería beneficiada a través de toda la cadena productiva. Desde este punto de vista, el campo puede ser el punto principal para expandir la producción de naranjas para utilizar sus desechos en el área agroindustrial. Por ende, La alternativa más acertada se consagra en el cultivo de naranjas en fincas, que presentan un gran desarrollo tecnológico para Colombia y concretamente para el municipio de Neiva, departamento del Huila.

La especie de naranjas que se cultiva en el municipio de Neiva, departamento del Huila es de variedad común (*Citrus sinensis*) y de tipo naranja valencia (*Citrus bigaradia*), esta clase de naranja, es utilizada a nivel industrial en la manufactura de jugos, extracción de pectinas cítricas, extracción de aceites esenciales. Pero en nuestra región se usa para el consumo y extracción manual de jugos. A lo anterior el presente proyecto muestra una buena alternativa para aprovechar los desechos que nos deja este fruto de los diferentes puestos de refresquería del municipio de Neiva, departamento del Huila para la producción de pectinas cítricas ya que esta ayuda al crecimiento de industrias como lo son la de alimentos y la farmacéutica.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con los datos del Ministerio de Agricultura sobre cítricos asociados y cítricos en monocultivo (mandarina, naranja, limones), en el 2003 se alcanzó una producción total de 944.595 toneladas en una superficie de cultivo de 56.536 hectáreas. Este renglón frutícola ha tenido un dinamismo importante en el período 1992-2003 con un crecimiento promedio anual de 6.8% en el volumen de producción y de 7.0% en la superficie de cultivo, siendo superior al crecimiento que registra el sector frutícola total con incrementos en la producción de 3.6% y de 5.4% en hectáreas de cultivo.

Aunque las estadísticas convencionales vienen registradas por departamentos, desde el punto de vista geográfico-regional y a partir de los datos departamentales es más claro referirse a regiones, núcleos o clusters. En ese sentido, para los cítricos, se podrían distinguir cuatro núcleos geográficos productores en Colombia (CC):

- Núcleo Centro Oriente: Santander, Norte de Santander, Boyacá, Cundinamarca, Tolima y Huila.
- Núcleo Sur-Occidente: Eje Cafetero (Risaralda, Caldas y Quindío), Antioquia, Valle del Cauca, Cauca y Nariño.
- Núcleo de la Costa Atlántica: Atlántico, Bolívar, Cesar, Sucre, Córdoba, Magdalena y Guajira.
- Núcleo de la Orinoquía: Meta y Casanare.

En este orden de ideas el Huila se encuentra ubicado en uno de los núcleos de producción más aceptados a nivel nacional, pero este producto en su gran mayoría se queda en el mismo departamento ya que la demanda es muy alta sobre todo para los restaurantes jugarías y puestos de comidas y bebidas rápidas, y la principal fuente de bebidas gaseosas del Huila cola cóndor, en donde se extrae el jugo y la cascara pasa a hacer un residuo o basura que no posee una importancia fundamental en ningún otros procesos. La comercialización de naranja se realiza en la gran mayoría en presentación de rodajas en fresco, jugo y otras bebidas no alcohólicas. Uno de los principales centros de acopio es Neiva la capital del Huila, en donde se utiliza en gran cantidad esta fruta y donde no existe ningún tipo de aprovechamiento de la misma (cascara).

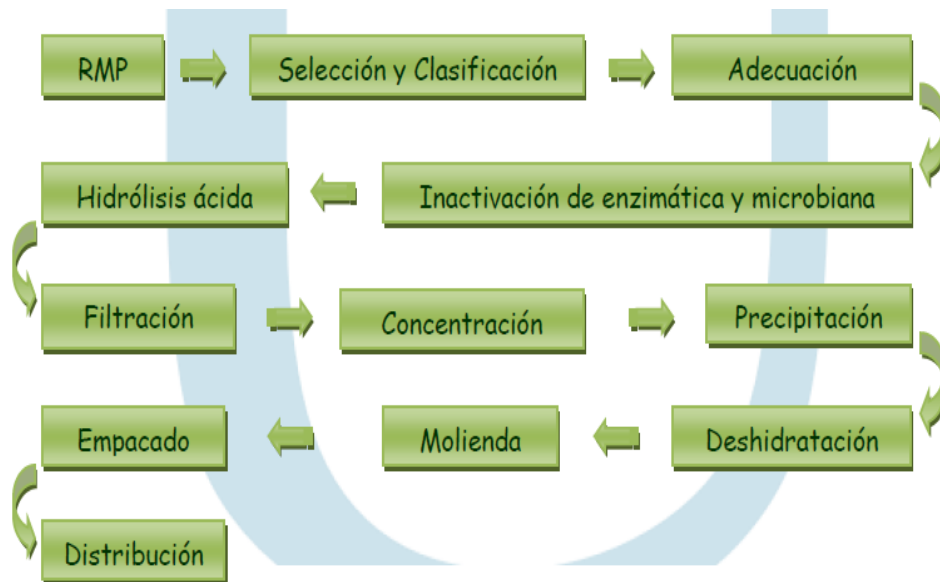
Por tal razón se ve la necesidad de implementar este proyecto donde se utilizará este desecho como materia prima no convencional para la obtención de pectinas, ofreciendo un nuevo mercado y fuentes de ingreso a base de una materia prima (cascara de naranja) que por lo general es desechada.

¿Es posible extraer pectina de la cáscara de naranja en el municipio de Neiva Huila por medio de extracción por filtración continua?

4. DIAGRAMA DE FLUJO DE TODAS LAS OPERACIONES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE LAS CASCARAS DE NARANJA PARA OBTENER PECTINAS.

Como puede ser observado en la figura 1, tenemos el diagrama de flujo del proceso de obtención de pectinas a base de cascaras de naranja donde podemos destacar que las operaciones más importantes son la selección y la concentración.

Diagrama de flujo proceso de obtención de pectinas a base de cascaras de naranja. FIGURA 1.



Fuente:(Hernández Amaya, 2018)

- **RMP.** La mayoría de los casos la materia prima para este proceso consiste en cáscaras (solas o con bagazo) y semillas de residuo de las operaciones venidas de la industria, aunque en algunos casos se emplea el fruto entero cuando hay sobreproducción de la fruta. Se receptiona la materia y se pesa.
- **Selección y Clasificación.** Se retiran el material vegetal en mal estado (con contaminación microbiana, gusanos o partes en descomposición) y se clasifican por madurez (las cascaras verdes generalmente contienen mayor cantidad de pectina).
- **Adecuación o acondicionamiento.** Aquí se separa de la cáscara, el bagazo (endocarpio) y la pulpa restante del mesocarpio que es la parte blanca entre la cáscara y la pulpa. Se recomienda reducir el tamaño para aumentar el área superficial de contacto y facilitar las operaciones posteriores, principales de la extracción. De acuerdo a las exigencias del mercado, es decir si se requiere una pectina clara y más pura, es necesario

separar el mesocarpio (albedo) de la epidermis o exocarpio de la cáscara (flavedo), mientras que si es solicitada una pectina oscura o de algún color, esta operación es innecesaria.

-
- **Inactivación microbiana y enzimática.** Se someten las cáscaras a éste proceso, para controlar la proliferación de microorganismos y la acción enzimática que pueden llegar a degradar la materia prima, además esta operación ayuda a que el proceso sea más eficiente. El material vegetal es sumergido en agua a temperatura entre 85 -95 °C, por 10 minutos y la proporción sugerida es 300g de materia prima por litro de agua.
- **Hidrólisis ácida.** El material vegetal se somete a una hidrólisis ácida, durante 50 minutos aproximadamente a partir del momento de ebullición. Se incorpora H₂O acidulada (pH = 2 – 3), empleando ácido cítrico sulfúrico, nítrico o clorhídrico, en proporción cáscaras - H₂O acida de 1:3, a temperatura de ebullición y agitación constante. Para dar una mayor eficiencia en el proceso la hidrólisis se puede realizar varias veces. En este método, la protopectina (insoluble en H₂O) existente en la materia prima se convierte en pectina (soluble en H₂O); posteriormente es retirada de los demás componentes insolubles de la materia prima (celulosa especialmente). Es necesario tener en cuenta que para realizar la hidrólisis ácida se debe emplear H₂O desmineralizada, con el fin de quitar los iones de calcio, ya que estos dan un bajo rendimiento del proceso.
- **Filtración.** Se realiza para separar el material sólido de la parte líquida, una vez finalizada la hidrólisis. Se efectúa usualmente por medio de filtros prensa, filtros rotatorios y filtros al vacío alcanzando buenos resultados. Para obtener los mejores resultados se recomienda el empleo de una pre-capa.
- **Concentración.** Esta operación se realiza para disminuir el empleo de alcohol en la precipitación. Aquí se deben trabajar temperaturas inferiores a 60 °C y presiones bajas. Si se están trabajando pectinas claras este proceso no es necesario.
- **Precipitación.** Existen dos tipos de precipitación; empleando: alcohol o iones metálicos.
- **Precipitación por medio de alcoholes.** Método más usado si la pectina tiene destino en la industria de alimentos, ya que allí se deben evitar pectinas con residuos. El alcohol es usado para precipitar la pectina dado su insolubilidad en él, entre los alcoholes más empleados en esta industria son: el etílico desnaturalizado especialmente y el isopropílico. La operación

consiste en adicionar alcohol de 80° al concentrado hasta precipitarlo completamente, agitando constantemente para luego decantar el alcohol. El precipitado de nuevo es puesto en contacto con un alcohol, pero esta vez, con una concentración entre el 85° - 90° para impartir más consistencia y asimismo obtener un precipitado más puro, eliminando por último el alcohol residual, empleando prensas hidráulicas diseñadas para este fin. Sin embargo el uso del alcohol presenta algunas desventajas tales como: Recuperación del disolvente: se debe contar con una buena técnica para recuperar el alcohol ya que se necesita más o menos 60 Lt. de este por Kg. De pectina en polvo; es decir que para que no sea un proceso tan costoso es necesario realizar una recuperación de al menos un 75% del disolvente. Condiciones estrictas de almacenamiento: por sus características el alcohol representa riesgo de incendio, por tal motivo este debe ser guardado en tanques especiales.

- **Precipitación por medio de iones metálicos:** Existen en el mercado diferentes iones metálicos que pueden llegar a precipitar la pectina, sin embargo el más empleado es el cloruro de aluminio (AlCl_3), debido a los mejores resultados obtenidos con estos. Teniendo el concentrado se incorpora carbonato de sodio, con el fin de llevar el PH a valores entre 3.8 y 4.2 para poder precipitar el AlCl_3 , el cual es adicionado de forma fraccionada, hasta obtener precipitación completa, esta operación se hace a temperatura ambiente y con agitación constante. El hidróxido de aluminio con un pH cercano a 3.8 – 4.2 coprecipita con la pectina; debido a esta última está cargada negativamente, mientras que el hidróxido lo está pero de forma positiva, generándose un complejo de pectina - aluminio que flota en la parte superior del líquido; el floculo producido es de un color entre amarillo y verde. Luego de varias horas de decantación, el coagulo es transferido a una prensa hidráulica, de la cual se obtiene una torta; la que es segmentada en pequeñas fracciones, para que se elimine fácilmente el aluminio mediante una inmersión en alcohol acidulado con ácido clorhídrico. Una vez retirado el aluminio es preciso neutralizar la pectina, mediante un lavado con una mezcla de alcohol junto con carbonato de sodio y luego con alcohol sólido, posteriormente el precipitado decantado se pasa a la prensa hidráulica. Las pectinas empleadas en la industria de alimentos no usan este proceso por requerir un lavado estricto para retirar los residuos.
- **Deshidratación.** Las tortas que salen de la prensa hidráulica se cortan en trozos pequeños manual o mecánicamente. La pectina es pasada por una corriente de aire caliente hasta salir con una humedad entre el 3 y el 5%; esta operación se efectúa entre 40 – 60 oC que es el rango empleado, para no alterar las propiedades del producto. Cuando se usa estufa, por lo general la pectina se oscurece.

- **Molienda.** Se realiza para unificar el tamaño de partícula y mejorar su aspecto. Una vez seca la pectina, es pasada a un molino de martillos o de bolas para pulverizarla; después a unos tamices vibratorios, que generalmente son 2, superior e inferior, el primero retiene los trozos de mayor tamaño, los cuales son molidos nuevamente y el inferior es el encargado de tamizar el producto final.
- **Empacado.** Las operaciones de deshidratación y molienda, se deben realizar en forma continua y empacarlo o envasarlos lo más rápido posible, para evitar la oxidación y el humedecimiento.
- **Distribución.** Debe realizarse siempre buscando que el producto se encuentre en condiciones secas o de baja humedad. En algunos casos son empacados en varias unidades sin separaciones, en este caso se espolvorea azúcar en la superficie del producto para evitar que se pegue. En la distribución se debe evitar al máximo la humedad y las altas temperaturas, deben encontrarse siempre en lugares frescos.

5. FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE PECTINAS A BASE DE CASCARAS DE NARANJA.

Como puede ser observado en la figura 2, se realiza el flujograma del proceso de obtención de pectinas a base de cáscaras de naranja el cual es una representación gráfica de una secuencia de actividades o acciones que implican en dicho proceso biotecnológico.

FIGURA 2 – Diagrama del Flujo del proceso simulado de obtención de aceites.

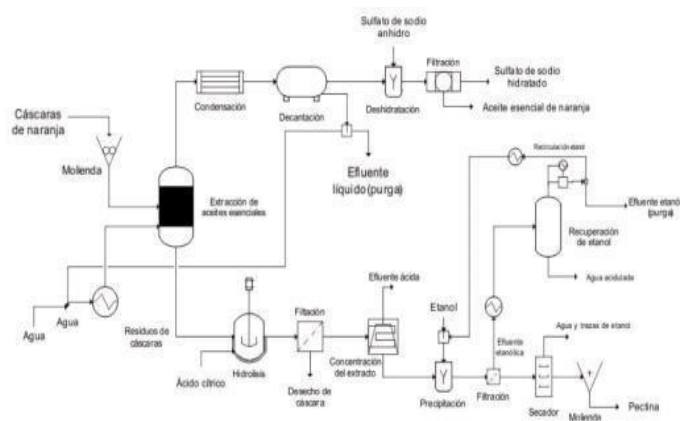


Figura 2: Diagrama de flujo del proceso simulado de obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de cáscaras de naranja.

Fuente:(León, 2020)

6. VARIABLES MÁS INFLUYENTES EN EL PROCESO

El proceso consta de dos etapas, es la purificación y deshidratación del aceite esencial, esta área consta de un extractor donde el vapor de agua a 90°C que arrastra el aceite esencial. Este se condensa antes de pasar al decantador donde se separa la fase acuosa del aceite esencial. Finalmente, es deshidratado con sulfato de sodio anhidro obteniendo 11,14 L/h de aceite esencial. La corriente acuosa proveniente del decantador es recirculada hacia el extractor con una relación de divisor del 90 %, para recuperar la fracción de aceite disuelta en agua. De la corriente recirculada se obtiene una corriente de purga “Efluente líquido (purga)”, la cual contiene 0,05 % de aceite esencial.

La segunda etapa de separación en el proceso simulado fue la encargada de la purificación y secado de la pectina. En la etapa de precipitación son necesarios 0,52 L/h de etanol, el 90 % del etanol utilizado el cual es recuperado en un evaporador de una etapa y recirculado al proceso con el fin de disminuir la cantidad de etanol fresco requerido. El proceso de secado se lleva a cabo en un horno donde se elimina el agua y trazas de etanol, obteniéndose finalmente 61,72 % de pectina en una corriente de 0,035 kg/h. El rendimiento alcanzado en la simulación fue de 60,03 % para el aceite esencial y 49,95 % para la pectina, con base al contenido inicial de cada uno en la cáscara de naranja.

- 6.1. Identificar y describir las herramientas más utilizadas para realizar optimización de procesos.

6.1.1. Herramienta metodología de superficie de respuesta

La metodología de superficie de respuesta (RSM en inglés) es una colección de técnicas matemáticas y estadísticas para la construcción de modelos empíricos. Mediante un diseño cuidadoso de los experimentos, el objetivo es optimizar una respuesta (variable de salida) que está influenciada por varias variables independientes (variables de entrada). Un experimento es una serie de pruebas, llamadas ejecuciones, en las que se realizan cambios en las variables de entrada para identificar las razones de los cambios en la respuesta de salida.

A diferencia de los métodos convencionales, la interacción entre las variables del proceso puede determinarse mediante técnicas estadísticas.

www.ecured.cu › Metodología_de_superficie_de_respuesta

6.1.2. Herramientas de la planeación administrativa

Las herramientas de planeación tienden a facilitar el trabajo al administrador en la toma de decisiones, aumentando su desempeño de labor, tomando la alternativa más adecuada de acuerdo a la situación presentada, estas herramientas se puede utilizar en cualquier tipo de proyecto dando así una base sólida para quien las use.

De acuerdo a las herramientas de planeación evalúan:

-Análisis del entorno.- Análisis de grandes cantidades de información para detectar tendencias emergentes y crear escenarios.

-El competidor.- Identifica quienes son los competidores, que hacen y como sus acciones afectaran el enfoque de la organización.

-Escenario.- Punto de vista consistente de lo que probablemente sucede en el futuro.

-Pronóstico. - Predicciones de resultados futuros, dos de las predicciones más comunes son los ingresos futuros y los nuevos adelantos tecnológicos, sin embargo, cualquier componente del entorno general y específico de la organización puede ser sujeto a pronósticos.

-Pronósticos de ingresos. - Es la predicción general de los ingresos futuros, involucra la proyección de ventas generada a partir de los datos históricos, ajustadas con las tendencias encontradas en el análisis del entorno como los cambios de factores sociales, económicos, legales, políticos, etc.

-Pronósticos tecnológicos. - busca anticipar los cambios en la tecnología y el marco temporal en el cual las nuevas tecnologías pueden convertirse en realidades económicas.

Pronósticos cuantitativos. - aplican un conjunto de reglas matemáticas a una serie de datos anteriores para predecir datos futuros.

-Pronósticos cualitativos. - utilizan el juicio y las opiniones de conocedores. Generalmente se usan cuando los datos precisos son limitados o difíciles de conseguir. (scribd.com, 2012)

6.1.3. Herramientas de planeación más aplicadas

En la planeación hay diversas herramientas existentes para llevar a cabo esta actividad, dentro de las herramientas existen algunas que son comúnmente más utilizadas debido a su alto desempeño que da mejores resultados.

Todas las herramientas para la implementación de la planeación son

dependientes del sistema en que se quiera aplicar, y estas a su vez de los pequeños subsistemas que integren al sistema absoluto.

El tiempo es una variable determinante de mucha importancia para tener o no éxito. El tipo de planeación que se genere dependerá de todos los objetivos planteados por la organización, de tal manera tendremos tres tipos diferentes de planeación de acuerdo al tiempo de proyección los cuales son los siguientes:

- La planeación a corto plazo generalmente es de un año.
- La planeación a mediano plazo es de uno a tres años.
- La planeación a largo plazo es de más de tres años.

A continuación se mencionaran las herramientas de planeación más aplicadas.

Análisis FODA

También conocida como matriz FODA o en ingles SWOT, y es una metodología de estudio de la situación competitiva de una empresa en su mercado (situación externa) y de las características internas (situación interna) de la misma, a efectos de determinar sus Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas. La situación interna se compone de dos factores controlables: fortalezas y debilidades, mientras que la situación externa se compone de dos factores no controlables: oportunidades y amenazas. Es la herramienta estratégica por excelencia más utilizada para conocer la situación real en que se encuentra la organización. En la figura 3, se observa el desarrollo de la matriz FODA.

Matriz FODA FIGURA 3

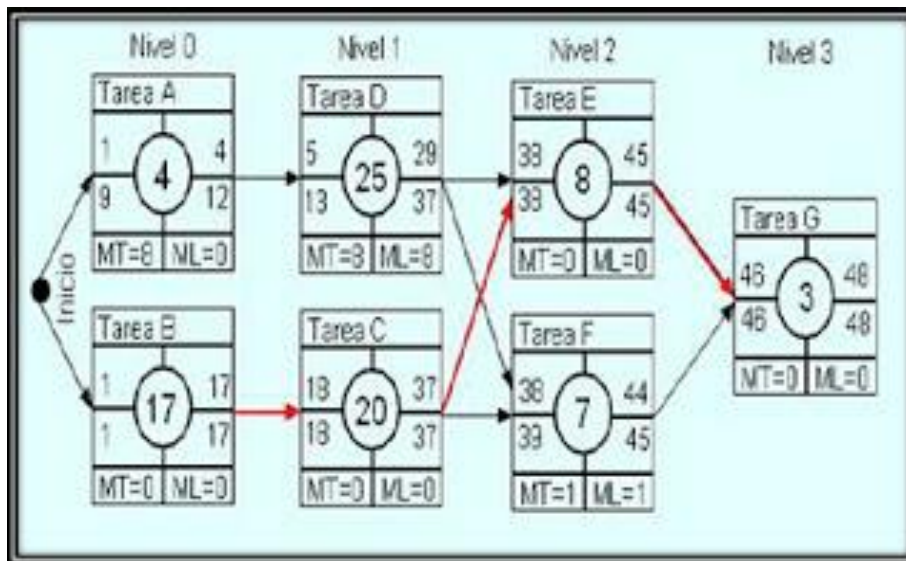


Fuente: (García, 2008).

Análisis de Red PERT

La red de PERT es una herramienta cualitativa de planificación y control, lo que permite a los administradores contar con un modelo de optimización que entregue la solución óptima de una secuencia de actividades en el tiempo que deben realizarse para finalizar el plan de acción, y también permite la red de PERT programar un proyecto por adelantado y calcular el tiempo necesario para su finalización. Esta herramienta también facilita las actividades de control, permitiendo la comparación del tiempo de lo planeado con lo real, viéndose la diferencias de tiempo en avances. En la figura 4, observamos un ejemplo de la red PERT.

Ejemplo de aplicación de red PERT FIGURA 4










Fuente: (Yolose, 2012).

Diagrama de flujo

Esta herramienta representa mediante el uso de figuras geométricas, los procesos que estemos analizando, con el fin de mejorar o resolver un problema de algún sistema, como se observa en la figura 5, donde se evidencian los símbolos y significados de un diagrama de flujo.

Símbolos y significado de diagrama de flujo .FIGURA 5

Símbolos	Nombre	Explicación
	Línea de flujo (Conexiones de Pasos o flechas)	Muestra la dirección y sentido del flujo del proceso, conectando los Símbolos.
	Terminador (Comienzo o final de procesos)	En su interior situamos materiales, información o acciones para comenzar el proceso o para mostrar el resultado en el final del mismo.
	Proceso (actividad)	Tarea o actividad llevada a cabo durante el Proceso. Puede tener muchas entradas, pero solo una salida.
	Conector (Conexión con Otro proceso)	Nombreamos un proceso independiente que en algún momento aparece relacionado con el Proceso principal.
	Datos Entrada/salida (Información de Apoyo)	Situamos en su interior la información necesaria para alimentar una actividad (datos para realizarla)
	Decisión (Decisión/ Esfurcación)	Indicamos puntos en que se toman decisiones: Si o no, abierto/cerrado.
	Documento	Se utiliza para hacer referencia a la generación o consulta de un documento específico en un punto del proceso.

Fuente: (Hernández, 2012)

- **Herramienta Ruta Crítica**

El método de ruta crítica, también conocido como CPM, puede ser una herramienta útil de utilizar para programar y administrar mejor proyectos complejos y la cantidad de tiempo que las tareas individuales pueden requerir. El CPM designa el orden específico y la secuencia de acciones que inevitablemente determinan la duración del proyecto que estás revisando. Esto es especialmente útil en la administración de proyectos con áreas de superposición, mucho consumo de tiempo o incluso demoras porque puedes abordar la programación de un proyecto en base a tareas independientes, visualizarlas en un diagrama de flujo y luego obtener una estimación casi exacta de la duración que cada tarea individual tendrá. En muchos casos, los gerentes de proyectos eligen combinar PERT y CPM para poder visualizar mejor cada tarea, cuál es su posición en el orden y cuánto tiempo se espera que requieran.

- **Herramienta know-how**

Puede aplicarse tanto a la parte estratégica como a la parte operativa y técnica de la organización, y en definitiva agrupa los conocimientos que se extienden a toda la compañía y que la han llevado al éxito.

Dentro de sus ventajas tenemos: se puede elaborar un manual que lean los nuevos empleados, pero puede haber dudas que queden sin resolver, por lo que habría que combinarlo con otras técnicas. Una de ellas es asignar un mentor que acompañe al trabajador en su proceso de adaptación a la empresa. Se ocupará de explicarle todo lo que tiene que saber y de supervisar lo que hace hasta que lo vea preparado para trabajar solo.

La rotación de puestos es también muy útil para este objetivo. Consiste en que el empleado vaya pasando por distintos departamentos para que vaya conociendo el funcionamiento global de la empresa.

- **Una prioridad en la formación del nuevo empleado**

Hay muchas técnicas que se pueden usar, pero es importante que el trabajador aprenda a aplicarlo perfectamente de la empresa. Lo ideal es dejarle hacer para que aprenda con la práctica, pero sí que habrá que prestar atención a su trabajo hasta que lo asimile por completo. En definitiva, el know how es esa característica concreta que diferencia a una empresa de otras del mismo ámbito. La ventaja competitiva y los beneficios que esto tiene para la gestión de la empresa son indudables. Sin embargo, habrá que incluirlo como el elemento primordial de la gestión del conocimiento para sacarle el máximo partido.

6. SELECCIONAR UNA DE LAS HERRAMIENTAS DESCRITAS PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PECTINAS A BASE CÁSCARAS DE NARANJA

Herramienta metodología de superficie de respuesta

Se escoge este método ya que nos permite maximizar el rendimiento y grado de esterificación, optimizar la temperatura y el pH en la extracción de pectina a partir de cáscara de naranja, nos permite controlar variables independientes tales como el pH la temperatura y variables dependientes el rendimiento y el grado de esterificación, procesos y datos fundamentales para una buena optimización en cualquier proceso biotecnológico. (R. Baltazar et al. / Agroind Sci 2 (2013).

7. DESCRIBIR DE MANERA DETALLADA CÓMO SE REALIZARÍA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO BIOTECNOLÓGICO QUE SE ESTÁ PROPONIENDO, SEGÚN LAS FASES ANTERIORES.

Diseño factorial de superficie de respuesta

Para la extracción de pectina de la cáscara de naranja se determina que las variables que presentaron un efecto significativo sobre la variable de respuesta fueron la temperatura y el tiempo de extracción. Por lo cual, se plantea un diseño factorial 22 con seis puntos centrales. (Padilla,2007).

Ruta del Paso Ascendente

Este procedimiento consiste en localizar la zona de exploración evaluando la variable respuesta en aquellas combinaciones que corresponda a un comportamiento ascendente de acuerdo con el diseño encontrado en el modelo de primer orden, hasta que la variable respuesta deje de mostrar un comportamiento ascendente.

Diseño de superficie de respuesta para ajustar el modelo de segundo orden

Se utiliza un diseño central compuesto DCC, con puntos centrales en la etapa donde la ruta ascendente muestra la respuesta máxima de la variable de dependiente. A partir de dicha información se construyen las combinaciones correspondientes al diseño factorial y a las combinaciones de las aristas.

Cálculos de rendimiento

El rendimiento obtenido (%) se calcula en base a la cantidad de pectina (g) obtenida en base seca, referente a la cantidad de cascara de naranja empleada (g), como se muestra en la ecuación 1.

Ecuación 1. Porcentaje de rendimiento

$$\text{Rendimiento } \% = \frac{\text{Cantidad de pectina obtenida en (g)}}{\text{Cantidad de cascara de naranja empleada(g)}} \times 100 \text{ Rendimiento}$$

Modelo de Primer orden

Los valores de las variables naturales (ξ_1 , ξ_2), variables codificadas (x_1 , x_2) y de la variable respuesta rendimiento (y), empleadas en el diseño propuesto se muestran en la Tabla 1. Los rendimientos obtenidos en este diseño estuvieron en el rango de 3,08 a 12,46%, el valor mayor de pectina fue de 12,46% y se determinó empleando la temperatura de 95°C y 120 minutos.

Tabla 1. Datos del diseño propuesto para ajustar el modelo de primer orden

Variables Naturales		Variables Codificadas		Respuesta (Y)
Temperatura (°C) (ξ_1)	Tiempo (min) (ξ_2)	x_1	x_2	Rendimiento (%)
80	60	-1	-1	3,08
95	60	1	-1	9,38
80	120	-1	1	7,16
95	120	1	1	12,46
87,5	90	0	0	7,52
87,5	90	0	0	7,36
87,5	90	0	0	6,92
87,5	90	0	0	7,16
87,5	90	0	0	7,44
87,5	90	0	0	7,60

Fuente: (Prieto, 2017)

Se observa que hubo diferencias significativas para los efectos simples de temperatura y tiempo como lo especifica la Tabla 2. La verificación del efecto de la curvatura cuadrática se realiza comparando la respuesta promedio en los cuatro puntos de la porción factorial del diseño; donde $YF=8$, mientras que la respuesta promedio en el centro del diseño presentó un valor de $YC=7,3$. Esta relación indica que si existe una curvatura cuadrática en la verdadera función de la respuesta, entonces $YF-YC=0,7$ es una medida de esta curvatura. Así mismo, el valor de la probabilidad para la curvatura resultó ser menor a 0,05, lo cual indica que esta fue estadísticamente significativa. Por lo tanto, el modelo de primer orden no es una aproximación adecuada para este análisis. (Prieto, 2011) y su función de respuesta se describe en la ecuación 2.

Tabla 2. Análisis de varianza del modelo de primer orden

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Prob>F
Temperatura	1	33,64	33,640	576,027	1,79E-05
Tiempo	1	12,82	12,816	219,459	1,21E-04
Temperatura*tiempo	1	0,25	0,250	4,281	0,10735
Curvatura	1	1,13	1,132	19,377	0,01167
Error Puro	4	0,23	0,058		
Total	6	48,16			

Fuente: (Prieto, 2017)

Ecuación 2. Función de repuesta

$$y = 8,0175 + 1,79x_1 + 1,535x_2$$

Modelo de Segundo Orden

Para estudiar la naturaleza de la región de exploración se adicionan cuatro aristas al diseño anterior para ajustar un modelo de segundo orden.

El análisis de varianza para el modelo de segundo orden indica que la curvatura detectada corresponde a un punto estacionario mínimo de 10,68%, empleando 87,5°C y 132,42 minutos, por lo cual, se procede a mover la zona de estudio mediante el método del ascenso más pronunciado para así tener una estimación clara de donde se encuentra la zona del óptimo que permita obtener un punto máximo. Sin embargo, se calcularon los parámetros determinados para el modelo propuesto con dos factores y seis puntos centrales donde se encuentra un valor mínimo.

Método del ascenso más pronunciado

Para la ruta del paso ascendente se calcula un paso de 7,5°C para la temperatura y de 18,5 min para el tiempo, empleando 0,5, 1 y 1,5 pasos para un total de 3 puntos de medición posible, como se puede visualizar en la Tabla 3, donde se obtiene un rendimiento de 12,71% al emplear una temperatura de 95°C por 108,52 minutos (punto base + 1,0 Δ). Estos resultados permiten estimar la zona de estudio más indicada para aplicar el diseño central compuesto con el fin de encontrar los valores óptimos.

Tabla 3. Datos del método del ascenso más pronunciado

Pasos	Variables Naturales		Variables Codificadas		Respuesta (y)
	T (°C) (ξ_1)	t (min) (ξ_2)	x_1	x_2	Rendimiento (%)
Base	87,50	90,00	0	0	
Δ	7,50	18,52	1	0,62	
Base + 0,5 Δ	91,25	99,26	0,5	0,31	12,20
Base + 1,0 Δ	95,00	108,52	1	0,62	12,71
Base + 1,5 Δ	98,75	117,78	1,5	0,93	12,04

T temperatura, t tiempo

Fuente: (Prieto, 2017)

Para dicho diseño se toma como punto central 95°C y 108,5 minutos con un paso de 3°C para la temperatura y 12 minutos para el tiempo. Sin embargo, debido a las características propias de la pectina cuya estructura puede verse afectada al emplear temperaturas superiores a los 100°C, se decide bajar un grado la temperatura del punto central, basados en los resultados obtenidos

anteriormente. Por lo tanto, para el Diseño Central Compuesto, el punto central fue de 94°C y 108,5 minutos con seis repeticiones, y así los valores calculados para la nueva zona de estudio de la variable temperatura se encontraron entre 89,8°C como valor mínimo y 98,2°C como valor máximo. Por su parte, la variable tiempo abarcó desde los 91,5 minutos hasta 125,5 minutos. Los resultados obtenidos al aplicar el diseño central compuesto se observan en la Tabla 4.

Tabla 4. Diseño central compuesto propuesto para la optimización de las condiciones de extracción de pectina de la cascara

Variables Naturales		Variables Codificadas		Rendimiento (%)
Temp (°C) (ξ_1)	Tiempo (min) (ξ_2)	x_1 (Tiempo)	x_2 (Temp.)	
91	96,5	-1	-1	15,62
97	96,5	1	-1	17,41
91	120,5	-1	1	19,99
97	120,5	1	1	16,21
94	108,5	0	0	19,30
94	108,5	0	0	18,83
94	108,5	0	0	18,76
94	108,5	0	0	19,77
94	108,5	0	0	18,77
94	108,5	0	0	19,41
89,8	108,5	-1,414	0	15,96
98,2	108,5	1,414	0	20,39
94	91,5	0	-1,414	16,74
94	125,5	0	1,414	17,15

Fuente: (Prieto, 2017)

Las Tablas 5 y 6 muestran los resultados del análisis de varianza del ajuste del modelo de segundo orden a la variable Rendimiento de Pectina. La Tabla 5 revela que al analizar en conjunto los efectos lineales, y cuadráticos no mostraron diferencias significativas ($\alpha= 0,05$), a excepción de la interacción la cual fue significativa ($Pr=0,0411$).

Tabla 5. Análisis de varianza del diseño central compuesto propuesto para la optimización de las condiciones de extracción de pectina de la cáscara

Regresión	Grados de Libertad	Tipo I	R-cuadrado	F-Valor	Pr > F
Líneal	2	4,010	0,1192	1,53	0,2738
Cuadrática	2	11,395	0,3386	4,35	0,0528
Producto Cruzado	1	7,756	0,2305	5,92	0,0411
Modelo Total	5	23,162	0,6883	3,53	0,0555

Fuente: (Prieto, 2017)

Tabla 6. Parámetros estadísticos del diseño central compuesto propuesto para la optimización de las condiciones de extracción de pectina de la cascara

Residual	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Falta de Ajuste	3	9,615	3,2051	18,36	0,0039
Error Puro	5	0,873	0,1746		
Error Total	8	10,488	1,3110		

Fuente: (Prieto, 2017)

El modelo cuadrático ajustado se reporta en la ecuación 3, donde x1 corresponde al factor temperatura (°C) y x2 corresponde al tiempo (min), este modelo permite predecir el rendimiento de pectina (variable dependiente) empleando estos factores de estudio que como los muestra el modelo presentan una gran influencia en el proceso de extracción.

Ecuación 3. Rendimiento de la pectina

$$Y = 19,1330 + 0,7649x_1 + 0,6801x_2 - 1,0994x_1^2 - 2,7821x_1x_2 - 2,3125x_2^2$$

En la ecuación 3, se presenta la determinación del modelo ajustado de segundo orden para la variable de respuesta (rendimiento) que representa un valor máximo, y para fines prácticos puede predecir el rendimiento de pectina que debe obtenerse al variar tanto la temperatura como el tiempo de extracción en el proceso de obtención de pectina.

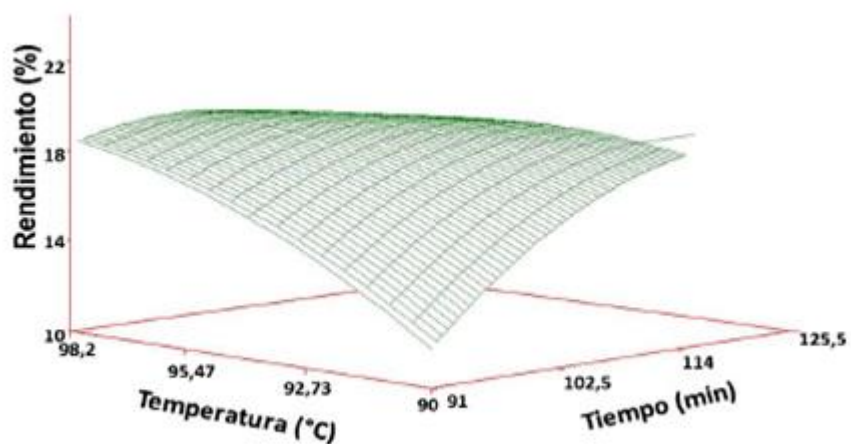
La Tabla 7 muestra el valor codificado para cada factor y el valor crítico descodificado correspondiente a un punto máximo que se obtuvo para una temperatura de 96,84°C y un tiempo de 103,92 minutos; con un valor predicho para la variable de respuesta de 19,03% (Figura 6).

Tabla 7. Estimación de los valores óptimos para el rendimiento de pectina de la cascar de naranja

Factor	Valor Codificado	Valor crítico descodificado
Temperatura (°C)	0,677291	96,84
Tiempo (min)	-0,260376	103,92

Fuente: (Prieto, 2017)

FIGURA 6. Superficie de respuesta del diseño central.



Fuente: (León, 2020)

8. Infografía normatividad nacional vigente en el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos.

Como se observa en la figura 7, se revisa la normatividad nacional vigente en el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos y mediante la presente infografía.



Fuente: (León, 2020)

FIGURA 7. Normatividad del desarrollo de productos y procesos biotecnológicos.

9. PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO

Realizar estudios sobre la viabilidad y pertinencia de cualquier proyecto es de vital importancia para el éxito del mismo ya que es la guía para poder identificar desde un punto tenido y de mercado si la propuesta es viable o no y así evitar pérdidas y fracasos en él.

Para tener en cuenta se deben analizar los procesos de la obtención de este polímero, determinar el rendimiento de su producción, caracterización y el análisis económico-financiero del proceso.

Tomando como punto de partida lo anteriormente dicho se evalúa el mercado actual de la naranja y sus derivados, la cual se pueden describir de la siguiente forma: el zumo (concentrado de la fruta sin añadidura de disolventes o conservantes) y el jugo (fruta más añadidura de conservantes, espesantes y sustancias que bajen la concentración del jugo), a diferencia de estos no son muy variados y utilizados los subproductos de la naranja que generen muchos ingresos, al igual que son pocos los estudios sobre la utilización de la cascara de la naranja como materia prima para la obtención pectina en un marco de desarrollo y sostenibilidad de proyectos sobre la misma.

Por la poca información existente se podría decir que sería pertinente realizar este proyecto ya que la información generada sería de vital importancia para futuros proyectos, pero desde la parte económica se tendrían riesgos ya que en el estudio de factibilidad no se contarían con bases que soporten este estudio (estudios existentes limitados) por no tener soportes técnicos fundamentados necesario para los procesos que se realicen, esto puede ser un limitante para la elaboración de pectinas, a la hora de crear una empresa que se dedique a producir pectinas con la cascara de la naranja.

Por otro lado, para la implementación de una empresa que elabore pectinas se deben contar con procedimientos que garanticen el aprovechamiento de la materia prima al máximo, debido a que por ser un desecho y al no tener una buena manipulación la cascara puede sufrir un grado de maduración acelerado afectando así el rendimiento de la pectina, generando pérdidas por desperdicio generando un porcentaje no óptimo del producto, así la técnica de selección implementada por la empresa sea la mejor, si los tiempos de extracción son muy largos esta no tendrá los resultados deseados (no tendrá mayor incidencia en el proceso de elaboración de la pectina), este y muchos factores como el Ph, la temperatura, los minutos de extracción, costos de recolección, pueden generar un incremento en la materia prima, esto en analizándolo desde un punto de vista financiero generaría un incremento en la materia prima a comparación de los precios del producto elaborado(pectina), volviendo este proyecto no viable.

La elaboración de pectinas en empresas que ya tienen un largo recorrido y que sus procesos ya están determinados y en los cuales ya se ha generado un estudio y viabilidad por experiencia es viable la producción de pectinas, pero en una

empresa que apenas se va a crear y que no cuenta con la experiencia requerida presentaría muchas pérdidas en sus inicios y a esto sumado la poca información generarían pérdidas en este proyecto lo cual no lo hace viable.

10. CONCLUSIONES

- El proceso de extracción de pectinas, presenta como ventaja la disminución en equipos en las etapas de recepción de materia prima, lavado, molienda, pesado y extracción de aceite. El proceso planteado se puede implementar en la producción de jugos, con lo cual se lograría un aprovechamiento integral del fruto. Además, el uso de las cáscaras de naranja como materia prima evita que estas sean dispuestas como desechos y por ende contribuiría a la disminución de impacto ambiental.
- El procedimiento planteado, permite diseñar a futuro un proceso que puede ser aplicado al aprovechamiento de los residuos agroindustriales provenientes del procesamiento de naranjas.
- La Metodología de Superficie de Respuesta permite determinar las condiciones óptimas de temperatura y tiempo en el proceso de extracción de pectina de la cáscara de naranja criollo, para un rendimiento máximo. Con esta herramienta es posible la estimación real tanto del rendimiento como la calidad de la pectina.
- El procedimiento planteado, permite diseñar a futuro un proceso que puede ser aplicado al aprovechamiento de los residuos agroindustriales provenientes del procesamiento de naranjas.
- Se Identificaron las necesidades de las regiones y los recursos agroalimentarios de potencial aprovechamiento mediante el análisis de la política pública nacional, los planes de desarrollo nacional, departamental y regional, las líneas priorizadas por MinCiencias, y las estrategias internacionales para procesamiento biotecnológico de la elaboración de pectinas a base de cascaras de naranja.
- Se propuso un proceso biotecnológico como el de la elaboración de pectinas a base de cascaras de naranja para el aprovechamiento de residuos agroalimentarios mediante la identificación de las operaciones unitarias y la simulación del proceso comprendiendo su funcionamiento e interpretando los resultados obtenidos para la toma de decisiones en un contexto real.

11. BIBLIOGRAFIA

1. Espinal Carlos. La Cadena de cítricos en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica, <http://www.agrocadenas.gov.co>, Marzo 2005. Referenciado en 66
2. Alexandre Espachs-Barroso, Robert C. Soliva-Fortuny and Olga Martín-Belloso. A natural clouding agent from orange peels obtained using polygalacturonase and cellulase, *Food Chemistry*, ISSN 0308-8146, 92(1), 55-61 (2005). Referenciado en 67, 80, 81
3. Herbstreith Fox. *The Specialists for pectins*. (2015).
4. Mohamed A. Ferhat, Brahim Y. Meklati, Jacqueline Smadja and Farid Chemat. An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel, *Journal of Chromatography A*, ISSN 0021-9673, 11(12), 121126 (2006). Referenciado en 67, 69, 81
5. Joseph F. Fowler. Occupational dermatology, *Current Problems in Dermatology*, ISSN 1040-0486, 10(6), 211-244 (1998). Referenciado en 67
6. Julia Lawless. *The Illustrated Encyclopedia Of Essential Oils*, ISBN 1-85-230721-8. Element Books, London, 1995. Referenciado en 67
7. William G. T. Willats, J. Paul Knox and Jørn Dalgaard Mikkelsen. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel, *Trends in Food Science and Technology*, ISSN 0924-2244, 17(3), 97-104 (2006). Referenciado en 68
8. Maira Valencia. Determinación del tratamiento más óptimo para la extracción de pectina a partir de la cáscara de maracuyá mediante el uso de ácido clorhídrico y hexametáfosfato de sodio y su aplicación en la elaboración de mermeladas, Universidad de Caldas, (2001). Referenciado en 68, 70, 71, 74
9. Luis Enrique Aya. Factibilidad Técnica de la extracción de aceite esencial de cáscara de limón, Santa fe de Bogota D. C., Universidad Nacional de Colombia, (1992). Referenciado en 68, 70, 71, 73, 74

10. Catherine Argyropoulou, Dimitra Daferera, Petros A. Tarantilis, Costas Fasseas and Moschos Polissiou. Chemical composition of the essential oil from leaves of *Lippia citriodora* H.B.K. (Verbenaceae) at two developmental stages, *Biochemical Systematics and Ecology*, ISSN 0305-1978, 35(12), 831-837 (2007). Referenciado en 68
11. Yuan-Chuen Wang, Yueh-Chueh Chuang and Hsing-Wen Hsu. The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan, *Food Chemistry*, ISSN 0308-8146, 106(1), 277-284 (2008). Referenciado en 68
12. Revista Universidad Eafit N° 129, Enero del 2003, Jorge Devia, Obtención de pectinas cítricas
13. S. Yeoh, J. Shi and T. A. G. Langrish. Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels, *Desalination*, ISSN 0011-9164, 218(1-3), 229-237 (2008). Referenciado en 69, 70, 81
14. S. A. El-Nawawi and Y. A. Heikal. Production of pectin pomace and recovery of leach liquids from orange peel, *Journal of Food Engineering*, ISSN 0260-8774, 28(3-4), 341-347 (1995). Referenciado en 69
15. Katherine M. Phillips. The chemistry and technology of pectin, *Journal of Food Composition and Analysis*, ISSN 0889-1575, 5(4), 329-329 (1992). Referenciado en 69
16. Villalobos, D. "Extracción de Pectina a partir de la cascara de mango". Trabajo especial de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela (1990). 64 pp.
17. Padilla, D. "Extracción y caracterización de pectina a partir de la cascara de naranja". Trabajo especial de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela (2007). 69 pp.
18. Prieto, C. "Efecto de las condiciones de operación en la extracción de la pectina obtenida de la cáscara de naranja". Trabajo especial de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela (2011). 67pp.
19. Montgomery, D. "Diseño y Análisis de experimentos". Segunda edición. Editorial Limusa S.A. México, 2004.