

REVISTA INDUSTRIAL 4.0

EDICIÓN DIGITAL Nro. 8
MARZO 2024

ISSN-L 2958-0188



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial

M.Sc. Oscar Arnaldo Heredia Vargas
Dra. María Eugenia García Moreno
Ing. Alejandro Martín Mayori Machicao
Ing. Freddy Gutierrez Barea
Ing. Franz José Zenteno Benítez

Rector
Vicerrector
Decano Facultad de Ingeniería
ViceDecano Facultad de Ingeniería
Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0
Edición Impresa N°. 8 - Marzo 2024
Impresa: ISSN 2958-017X
En Línea: ISSN-L 2958-0188

Comite Editor:
Ing. Grover Sanchez Eid
Ing. Mario Zenteno Benitez PhD

Diseño Versión Impresa & web:
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imagen Tapa:
Carrera de Ingeniería Industrial

Imprenta:
Walking Graf

Deposito Legal:
4-3-68-20

Web:
<https://industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40>
Email:
revistaindustrial4.0@umsa.bo

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175, Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
TEL. 2205000-2205067, Int. 1402
Campus Universitario, Cota Cota - calle 30



PRESENTACIÓN

La revista Industrial 4.0, es una publicación semestral (impresa y digital) de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés. Fue creada para la difusión de los trabajos que realizan los profesionales -nacionales o extranjeros- en tecnología, innovación, ingeniería e investigación.

Una mirada atrás, nos muestra un recorrido de mas de cuatro años, tiempo en el cual, especialmente profesionales vinculados a la carrera, han plasmado su sapiencia, escribiendo artículos bajo estándares cada vez más exigentes. Por lo anotado en esta edición Numero 8 de la Revista Industrial 4.0, me complace presentar una muestra de esa renovación e investigación constante de mis colegas, de la cual me siento orgulloso en pertenecer y aportar con mi juicio, que espero impulse y aporte al mejoramiento continuo de este emprendimiento.

La Revista Industrial 4.0 en su número 8, tiene artículos variados y renovados que son la imagen de la carrera de Ingeniería Industrial al mundo científico, principalmente vinculado al surgimiento y mejoramiento de sistemas productivos.

Mgp. Ing. Lucio Grover Sánchez Eid

Director del Instituto de Investigaciones Amazónicas

LA INVESTIGACION ACADEMICA COMO OFERTA PARA EL DESARROLLO LOCAL

Miguel Yucra Rojas

yucramiguel@yahoo.es

Registro ORCID: 0000-0002-0248-7815

Reyna Zeila Ríos Flores

reyna.zeila@gmail.com

Registro ORCID: 0000-0002-8047-3427

Recibido: 24 de enero; aprobado: 6 de marzo

Resumen

Se aborda la posibilidad de utilizar el residuo orgánico que genera la industrialización de la naranja. Para ello, se considera como una base teórica la filosofía del Zero Waste, que se enmarca en el modelo de economía circular, orientado a la prevención y valorización de residuos, donde cada residuo de un proceso pueda ser una materia prima para otro. El estudio de caso, fue experimentado a nivel de laboratorio con un kilogramo de cascara de naranja, utilizando el método de arrastre de vapor y el método de hidrólisis ácida para la extracción de aceite esencial y pectina respectivamente. Con dicha información se escaló el proceso a una tonelada en el simulador comercial, permitiendo deducir, que los residuos orgánicos constituyen un potencial que podría generar ingresos adicionales para dichas empresas. En ese sentido, se plantea la interrogante ¿Hasta cuándo la investigación académica será valorada como oferta estratégica para el desarrollo económico? En consecuencia, se espera que facilite la reflexión académica y de los emprendedores en pro del desarrollo local.

Palabras Clave

Vinculación – Universidad – Investigación – Desarrollo - Academia

ACADEMIC RESEARCH AS AN OFFER FOR LOCAL DEVELOPMENT

Abstract

The possibility of using the organic waste generated by the industrialization of oranges is addressed. For this, the Zero Waste philosophy is considered as a theoretical basis, which is framed in the circular economy model, oriented to the prevention and valorization of waste, where each waste from one process can be a raw material for another. The case study was experimented at a laboratory level with one kilogram of orange peel, using the steam drag method and the acid hydrolysis method for the extraction of essential oil and pectin respectively. With this information, the process was scaled to one ton in the commercial simulator, allowing us to deduce that organic waste constitutes a potential that could generate additional income for said companies. In this sense, the question arises: How long will academic research be valued as a strategic offer for economic development? Consequently, it is expected to facilitate academic and entrepreneurial reflection in favor of local development.

Keywords

Link – University – Research – Company - Academic

Introducción

El sistema universitario, constituye un centro de información académica en coherencia a sus funciones establecidas en la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. Al respecto, la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) tienen la visión de producción de conocimiento en favor de la sociedad boliviana.

Por su parte, la Facultad de Ingeniería capitaliza estudios técnicos en distintas áreas de la industria, medio ambiente, agroindustria, entre otros, elaborados como proyectos de grado para la titulación a nivel licenciatura, mismos que constituyen una oferta academia para uso público y de las regiones del país. Sin embargo, a

pesar de existir una demanda social respecto a la generación de empleo en el contexto nacional, las instancias del gobierno no valoran a la universidad como un recurso estratégico de generación de conocimiento e ingreso.

Dentro de los principales desafíos que enfrenta la investigación académica, el instituto de investigaciones industriales dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, viene desarrollando un nuevo escenario de investigación basado en la filosofía del Zero Waste. Esta línea académica, podría seguir como un deseo, si persiste la interrogante ¿Cuándo la investigación académica será considerada como oferta para el desarrollo regional?

En consecuencia, esta forma de visualizar a la vinculación de la universidad con la sociedad podría ser considerada de interés de los estudiosos en el área tecnológica, tanto de estudiantes y profesionales.

Marco de Desarrollo

Según información del Instituto Nacional de Estadística en el año agrícola 2015 - 2016 se cosecharon 185.093 toneladas métricas de naranja en Bolivia, de las cuales las regiones de los Yungas y el Chapare ubicados en los departamentos de La Paz y Cochabamba respectivamente, representan el 66,3% del total nacional. Por lo tanto, se observa mayor oferta para que las industrias puedan incrementar sus volúmenes de producción de jugos, zumos, mermeladas, jaleas, concentrados, alimento balanceado, pectinas, esencias o aceites esenciales, entre otros. (FAO, 2018). Como ejemplo se presenta algunos datos y presentados en la tabla 1.

Tabla 1

Producción promedio de cascara de naranja

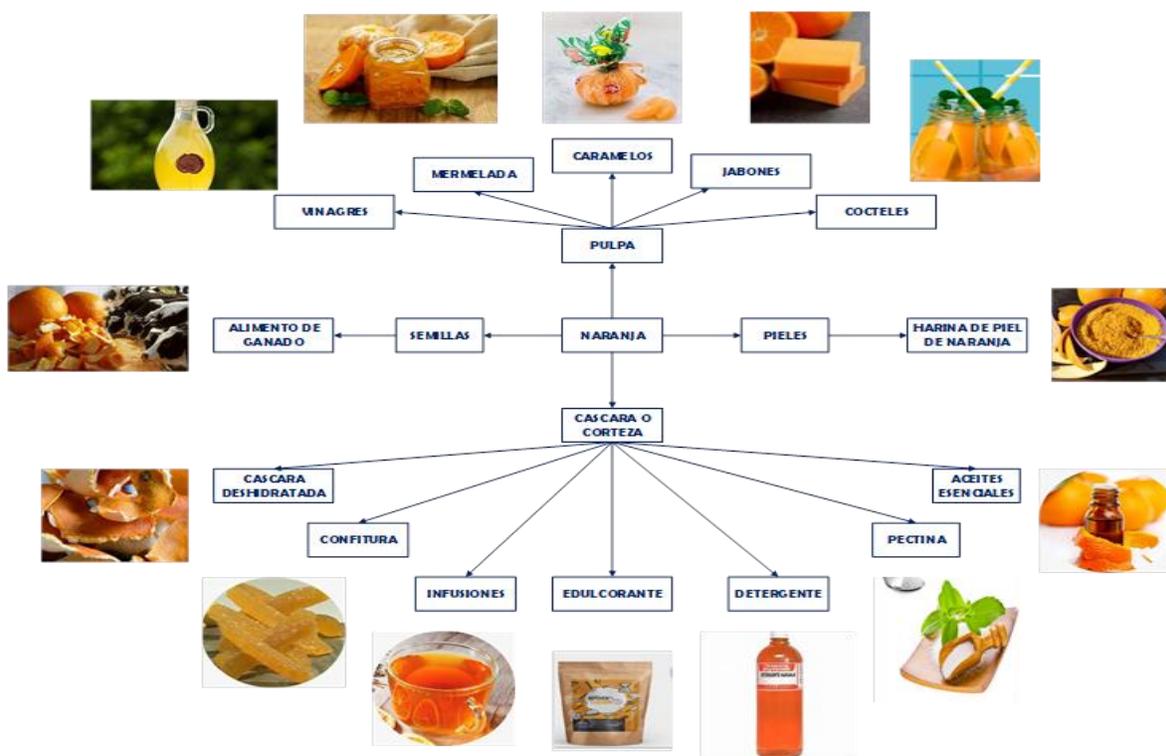
Empresa	Residuos de Cascara de Naranja (Kg/día)
Compañía de Alimentos Ltda.	1200
Pil Andina	500

Fuente: Reproducido de FAO, 2018

Según Marulanda (2001), durante la producción de jugo a partir de la naranja, la cascara, pulpa y semillas constituyen el 23 y 40 por ciento en peso de la fruta. En una experiencia manual se obtuvo un peso de 75 gramos de cascara, la cual constituyen una fuente para la obtención de aceite esencial y pectina. En este sentido, la Figura 1 permite comprender la magnitud de la cadena de derivados a partir de la naranja, donde claramente se puede visibilizar los productos de aceite esencial y pectina derivados de la cascara.

Figura 1

Cadena de derivados de la Naranja



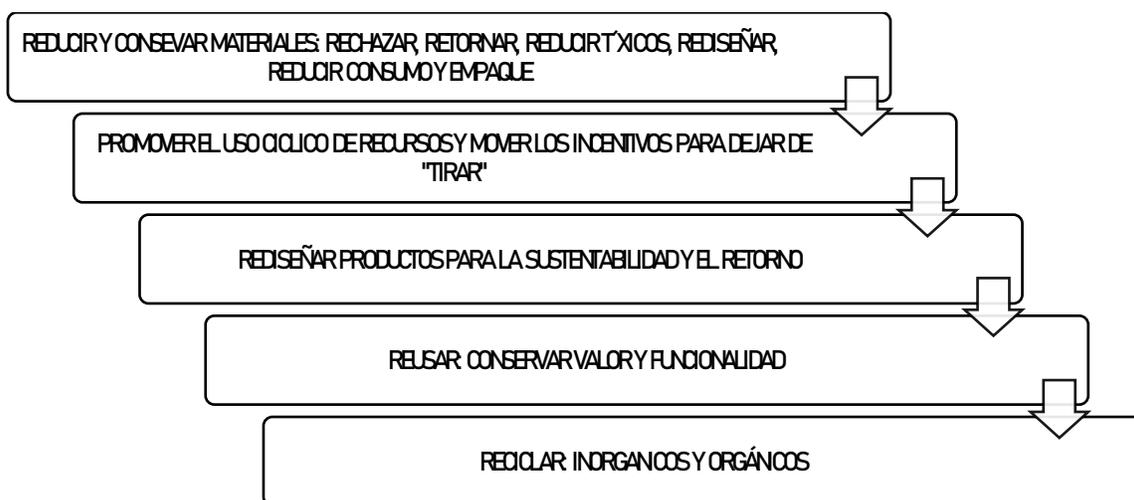
Fuente: Elaborado propia con base a revisión bibliográfica.

Espinal (2005), señala que la cáscara de naranja tiene un gran potencial como materia prima para la extracción de aceite esencial y la obtención de pectina, ya que estos se encuentran en una proporción de pectina del $17 \pm 5,00\%$ y de aceite esencial $1,5\%$ en peso.

Según Alianza Internacional Zero Waste, el concepto Zero Waste se enmarca en el modelo de economía circular que invierte la pirámide actual de la gestión de residuos, potenciando las acciones de prevención y valorización de residuos, como se presenta en la Figura 2.

Figura 2

Jerarquía de Residuos en la filosofía Zero Waste



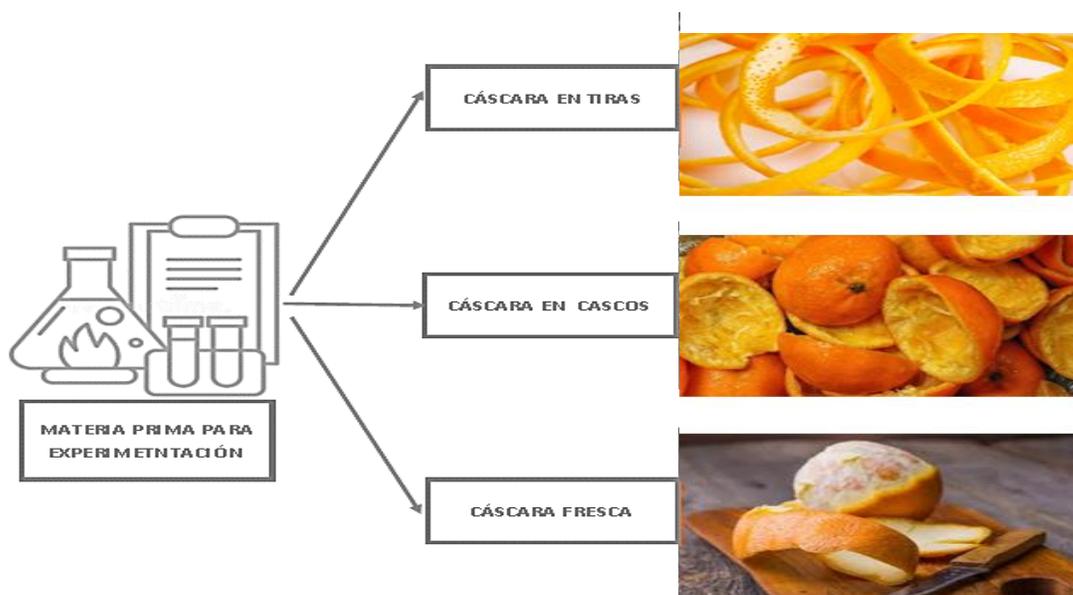
Fuente: Elaboración propia con base a información de la Alianza Internacional Zero Waste, 2022

Actualmente, la mayoría de los procesos productivos son diseñados bajo la tendencia de una economía lineal, es decir, una economía desechable. La cultura Zero Waste permite observar los residuos como bienes preciados en sí mismos, donde la idea es, que cada residuo de un proceso pueda ser la materia prima para otro. Por ello, se propone la integración del proceso de extracción de aceite esencial y obtención de pectina utilizando el método por arrastre de vapor e hidrólisis ácida respectivamente a partir de la cáscara de naranja.

El proceso de experimentación fue realizado en tres pruebas con la variación en el tamaño de la cáscara para su tratamiento, como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Ilustración de las diferentes cáscaras de naranja usadas para la experimentación



Fuente: Elaboración propia

En la primera prueba, la cáscara se cortó en trozos de aproximadamente 1 cm de ancho por 4 cm de largo. Para la segunda y tercera prueba las cascara de naranja estaban partidas a la mitad, para la segunda prueba se mantuvo las cascara con su pulpa, y para la tercera prueba se quitó toda la pulpa. Se utilizó el extractor por arrastre de vapor a nivel de laboratorio del Instituto de investigaciones industriales para obtener aceite esencial y el hidrolato, ver en la Figura 4.

Figura 4

Equipo de extracción por arrastre de vapor

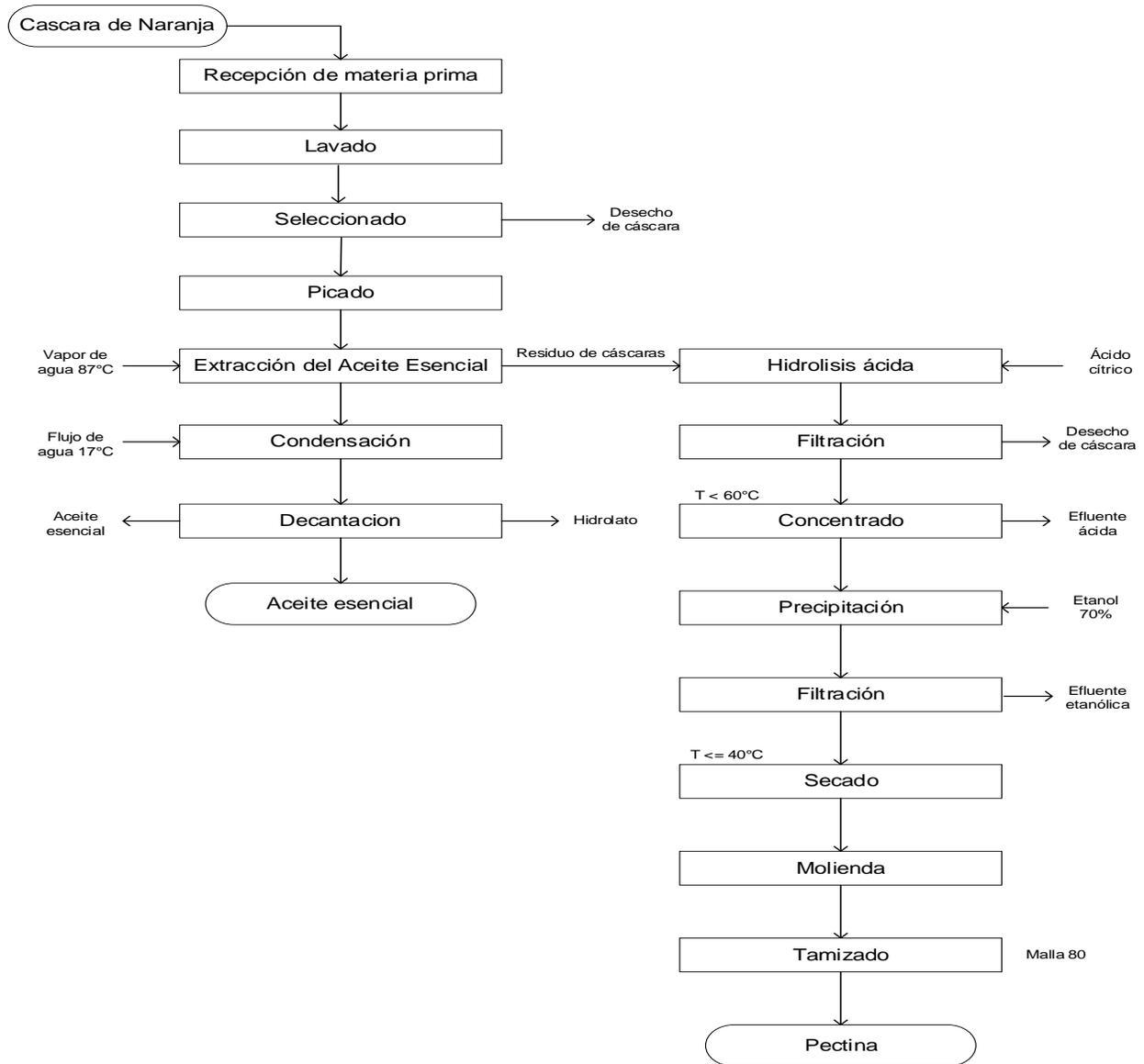


Fuente: Fotografía tomado en Sala de procesos del Instituto de Investigaciones Industriales en Cotacota

La producción de aceite esencial a partir de la cascara de naranja comprende siete operaciones: Recepción de materia prima, lavado, seleccionado, picado, extracción del aceite, condensación, decantación. En cuanto a la producción de pectina se describe un proceso compuesto de ocho operaciones: Hidrolisis acida, filtración, concentración, precipitación, filtración, secado, molienda, tamizado. Se utilizó un sistema artesanal de equipos para la obtención de pectina. El proceso integral se puede observar en la Figura 5.

Figura 5

Diagrama de flujo del proceso Integral



Fuente: Elaboración propia en base a la experimentación en laboratorio del Instituto de Investigaciones Industriales, Cotacota.

La extracción de aceite esencial y pectina simulada inicialmente fue de 1 kg/h de cáscara, en las condiciones establecidas a nivel experimental. Para demostrar la

posibilidad técnica del proceso se realizó la simulación con 1000 kg de cáscara de naranja.

Discusión de los resultados obtenidos.

Desde la composición. En la tabla 2, se puede observar las características de la cascara y su composición fisicoquímica aproximada según información documental.

Tabla 2

Composición fisicoquímica de la cascara de naranja

Parámetro	Valor
Sólidos Solubles (°Brix)	7,10 ± 1,20
pH	3,93 ± 0,03
Total de acidez (g de ácido cítrico/100 ml)	0,29 ± 0,03
Índice de formol	34 ± 2,40
Humedad %	85,9 ± 1,60
Grasa % (DM)	1,55 ± 0,17
Ceniza % (DM)	3,29 ± 0,19
Proteína % (DM)	6,16 ± 0,23
Carbohidratos % (DM)	89,0 ± 1,10
Fibra Soluble % (DM)	
Azúcares Neutrales	3,80 ± 0,30
Ácido urónico	7,10 ± 0,90
Lignina	3,20 ± 0,40
Pectina % (DM)	17 ± 5,00

Fuente: Reproducido de Espinal, 2005

De lo reportado por Espinal (2005) en la tabla 2, la cáscara de naranja contiene 1,5% en peso de aceite esencial y 17% de pectina aproximadamente. Si hablamos de 1000 gramos de cáscara de naranja, se podría llegar a extraer hasta 15 gramos de aceite esencial y 170 gramos de pectina, estos rendimientos son base teórica para el cálculo de rendimientos en la experimentación.

Desde la experimentación.

En este caso se utilizó un kilogramo de cascara de naranja fresca con una humedad del 80%. El tiempo de extracción de aceite esencial con vapor de agua fue de 4,5 horas, cuyo Ph igual a 4,3. Es de resaltar que, en esta técnica de extracción, la cascara de naranja únicamente entra en contacto con vapor de agua, lo que asegura un aceite esencial de alta calidad.

El rendimiento obtenido fue de 49,7% en relación a la pectina teórica presente en la cascara. El tiempo del proceso de obtención de la pectina fue aproximadamente de 4 horas en estado húmedo. El secado al natural fue aproximadamente de 48 horas para no alterar el color de la pectina extraída, ya que al secar la pectina en un horno o un secador de bandejas se corre el riesgo de que el calor quemara la pectina y la vuelva más oscura. En la Tabla 3, se muestran los rendimientos del proceso integral desarrollado experimentalmente.

Tabla 3

Variables de control y rendimientos del proceso integral

ACEITE ESENCIAL								
Codigo	Muestra Inicial (g)	Tiempo (min)	Temperatura del vapor de agua (°C)	Material Residual (g)	Masa de Aceite (g)	Volumen de Aceite (ml)	Densidad teórica (g/ml)	Rendimiento
PI - 1	2000	200	83	2087,00	8,10	9,76	0,83	0,41%
PI - 2	2300	270	81	2400,05	15,25	18,15	0,84	0,66%
PI - 3	2000	240	87	2087,00	11,92	14,54	0,82	0,60%
PI - 4	1500	200	81	1565,25	7,98	9,50	0,84	0,53%

PECTINA									
Codigo	Masa albedo (g)	Volumen de agua añadido (ml)	Masa acido citrico añadida (g)	Tiempo de Hidrolisis (min)	Ph en la hidrolisis (Aproximado)	Volumen solución concentrada (ml)	Masa pectina seca y molida(g)	Rendimiento	Características de la pectina obtenida
PI - 1	1500	5000	15	130	2,5	3750	190	12,67%	Pectina de color marfil oscuro
PI - 2	1200	4000	12	105	2,2	3000	240	20,00%	Pectina marfil claro a ocre
PI - 3	1100	3600	11	110	2,8	2700	210	19,09%	Pectina de color ocre
PI - 4	1000	3300	10	90	2,6	2475	180	18,00%	Pectina marfil claro a ocre

Fuente: Elaborado con base en datos recopiladas y calculados de la experimentación

En la segunda prueba es donde se ven rendimientos más altos. Para el aceite esencial de 0,66 % y para la pectina de 20,00 %. La pectina obtenida de este proceso es de color marfil a ocre lo que es importante en su comercialización, ya que en la industria alimenticia no se acepta pectina de color oscuro.

Concluimos que el rendimiento más alto a partir de un kilogramo de cáscara, se dio en la prueba integral PI - 2, presentada en la tabla 3, donde se trabajó con cáscara

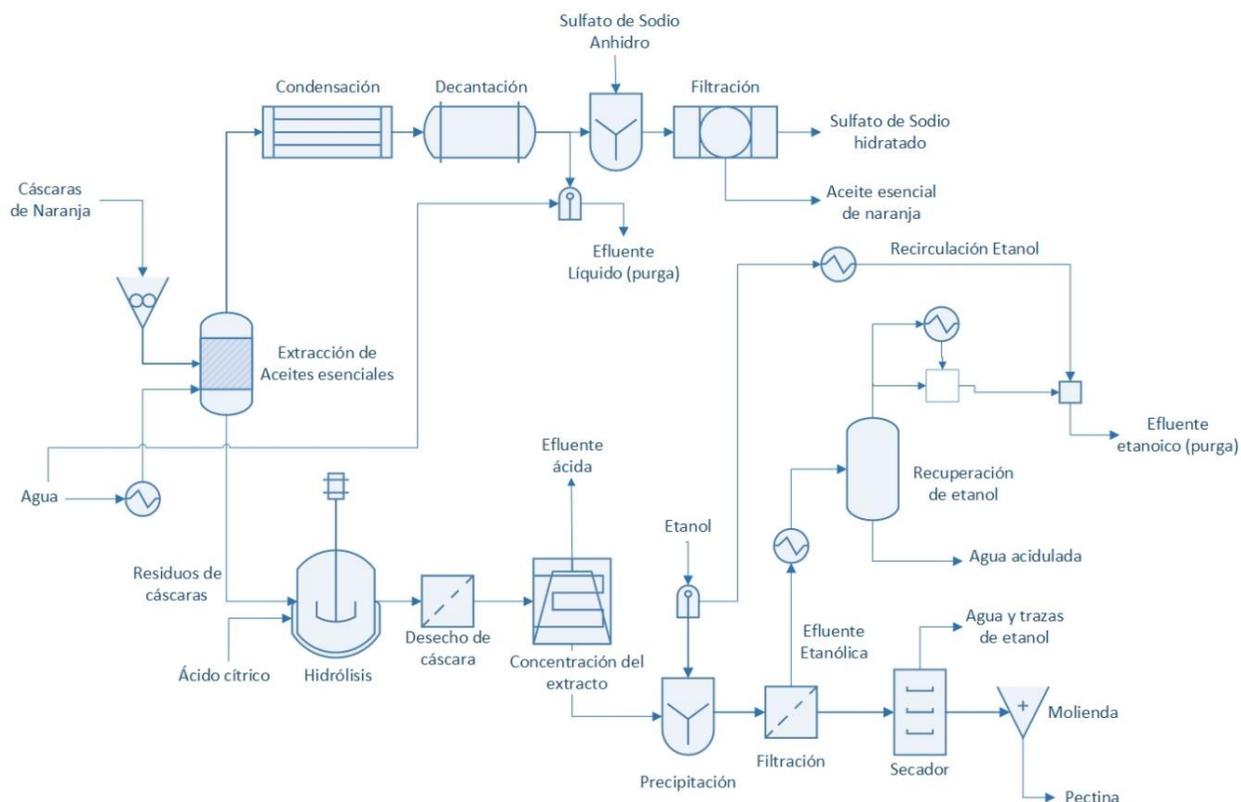
que aun contenía parte de su pulpa. Este tipo de cáscara es la que más produce la industria de la naranja.

Desde la simulación experimental.

Teniendo en cuenta las condiciones realizadas a nivel experimental, la base de cálculo para el desarrollo de simulación fue 1kg/h. El flujo masico, junto con las composiciones de la cascara de naranja permitió simular el proceso integrado de producción de aceite esencial y pectina. La figura 6, muestra el diagrama de flujo del proceso simulado, con la diferencia de que en el proceso de laboratorio no existe recirculación de agua como en el proceso simulado. En consecuencia, el sistema simulado permite la producción de aceite esencial de alta pureza y pectina.

Figura 6

Diagrama de flujo del proceso simulado del proceso integral



Fuente: Reproducido de Cerón & Cardona, 2015

En el esquema simulado se obtuvo una producción de 11,14 ml de aceite esencial y 35 gr de pectina a partir de la cascara fresca con un contenido de humedad del 80% en peso. En el área de extracción de aceite se obtiene los residuos de cáscara de naranja, que son llevados a la extracción de pectinas mediante el desarrollo del proceso de hidrólisis ácida.

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. Se puede observar que los rendimientos obtenidos en laboratorio y la simulación experimental no presentan variaciones significativas.

En este sentido al procesar 1000 kg/h de cascara se logra reducciones en los requerimientos de los servicios de alrededor del 17% por cada kilogramo de cáscara

procesada. El rendimiento alcanzado en la simulación industrial fue de 61,03% para el aceite esencial y 51,45% para la pectina, con base al contenido inicial de cada uno en la cáscara de naranja presentada en la Tabla 4.

Tabla 4

Rendimientos del proceso integral

Rendimientos	Simulación de la experimentación en laboratorio (1 kg)	Procedimiento de laboratorio (1kg)	Simulación industrial (1000 kg)
De aceite esencial (%)	60,03	54	61,03
De pectina (%)	49,95	49,7	51,45

Fuente: Elaborado con base en datos recopilados y calculados de la experimentación

Los rendimientos presentados en la Tabla 4 no muestran grandes variaciones, demostrando así la coherencia entre un proceso con un kilogramo a nivel laboratorio y 1000 kilogramos a escala industrial. Por lo tanto, si trabajamos con 1000 gramos de cáscara podríamos llegar a extraer 610,3 gramos de aceite esencial y 514,5 gramos de pectina.

Desde la contextualización académica.

La oferta de investigaciones académica requiere ser priorizada en el marco de fijar los mecanismos de implementación entre la orientación científica y la disponibilidad de recursos financieros por parte del gobierno nacional para revertir las incoherencias interpretativas de que el aporte de la universidad es poco significativo.

En consecuencia, esta es una pequeña muestra del aporte de la Universidad, para iniciar un proceso de implementación se requiere al menos cuatro lineamientos: i) oferta de la Universidad con investigación académica; ii) la disponibilidad del gobierno en aceptar dichas investigaciones; iii) la pertinencia de la demanda y la

oferta; iv) la priorización de recursos financieros como capital semilla para investigaciones pertinentes.

Conclusiones

La aplicación de la filosofía del Zero Waste en la industrialización de la naranja constituye una opción de estudio, que podría ser replicada en las unidades productivas similares, permitiendo la valorización institucionalizada de los residuos generados en dichas industrias.

En la actualidad dichos residuos orgánicos son acumulados a los residuos domiciliarios, lo que en muchas regiones incrementan los volúmenes reflejados en costos para algunos municipios por el recojo de los mismos por las empresas de limpieza.

Las nuevas generaciones de profesionales deben formarse en escenarios de vinculación interinstitucional, sin importar las incoherencias políticas, puesto que cada año que pasa la investigación académica viene y crece, muchas veces con pertinencia para el investigador y generando escalofríos para otros sectores; cuando estos encontrones podrían dar mayor fruto si se contaría con una vinculación institucionalizada.

Lo anterior, es un fenómeno que podría repetirse hasta en otros rubos de la actividad económica, si a pesar que la Universidad propone soluciones, los gobiernos de turno no brindan la importancia de dichos estudios, haciendo que dicha oferta académica no tenga incidencia en el desarrollo local.

Referencias bibliograficas

- Cerón, I. X., Higuira, J. C., & Cardona, C. A. (2015). Analysis of a biorefinery based on *Theobroma grandiflorum* (copoazu) fruit.
- Espinal, C. (2005). *La cadena de cítricos en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica*.
- FAO. (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Instituto Nacional de Estadística - INE. (28 de Julio de 2017). Mandarina y naranja, principales cultivos cítricos en Bolivia. *INE Noticias*.
- Lawless, J. (1995). *The Illustrated Encyclopedia Of Essential Oils*. London: Element Books.
- Marulanda P., M. (2001). *Comminuted de naranja variedad Valencia base para bebidas refrescantes*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Moncayo Luján, M., Reyes Munguía, A., & Carrillo Inungaray, M. L. (Diciembre de 2018). (Eumed.net, Ed.) *TLATEMOANI*(29).
- Página Siete. (3 de Octubre de 2016). Delizia comprará 8 millones de naranjas a productores. *Página Siete*.
- Wang, Y.-C., Chuang, Y.-C., & Hsu, H.-W. (2008). The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 106(1), 277-284. doi:0308-8146
- Willats, W. G., Knox, J. P., & Dalgaard Mikkelsen, J. (2006). Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science and Technology*, 17(3), 97-104. doi:0924-2244
- Yeoh, S., Shi, J., & T. A. G. (2008). *Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels* (Vol. 218). Desalination.
- Yucra Rojas, M. (2015). *Modelo de gestión de la investigación*. La Paz. Instituto de Investigaciones Industriales.



Todos los Derechos Reservados
Carrea de Ingeniería Industrial, Noviembre - 2023
La Paz - Bolivia

Carrera de Ingeniería Industrial
Acreditada al Sistema ARCU-SUR, del MERCOSUR Educativo

Carrera de Ingeniería Industrial
Unidad Académica Acreditada
Comite Ejecutivo de la Universidad Boliviana

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175
Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingenieria
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402

Campus Universitario - Cota Cota, calle 30

Web: industrial.umsa.bo
Email: ingindustrial@umsa.bo
revistaindustrial4.0@umsa.bo

industrial.umsa.bo / iiifi.umsa.bo / inuisiso.umsa.bo / iniam.umsa.bo



*Carrera de Ingeniería Industrial
85 Años Formando
Profesionales Exitosos*

Bodas de Marmol

85

Años