GIADAI

Grupo de investigación en innovación, desarrollo tecnológico y competitividad en Sistemas de Producción Agroindsutrial

ANUARIO 2018

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ISSN: 2711-4880

U N I P A Z
Instituto Universitario de la Paz

DIRECTIVAS ACADÉMICAS
OSCAR ORLANDO PORRAS ATENCIA
Rector UNIPAZ

KELLY CRISTINA TORRES ANGULO
Vicerrectora

DIRECCIÓN DE ESCUELA
MÓNICA MARÍA PACHECO VALDERRAMA
Directora Escuela Ingeniería Agroindustrial

AUTORES
MÓNICA MARÍA PACHECO VALDERRAMA
MIGUEL ARTURO LOZADA VALERO
HÉCTOR JULIO PAZ DÍAZ
SHIRLEY LIZETH MANCERA
ANA MILENA SALAZAR BELEÑO
LÍA ZAMARA MORA VERGARA
LEIDY ANDREA CARREÑO CASTAÑO
SANDRA MILENA MONTESINO
LUISA FERNANDA MEDINA CABALLERO
MARCELA DUARTE MUÑOZ
OLGA CECILIA ALARCÓN VESGA

COMITÉ EDITORIAL
MÓNICA MARÍA PACHECO VALDERRAMA
HECTOR JULIO PAZ DIAZ
MARCELA DUARTE MUÑOZ
ANDRÉS RAMÍREZ QUINTERO

COMITÉ CIENTÍFICO
MÓNICA MARÍA PACHECO VALDERRAMA
YULEISI TATIANA CABALLERO HERNANDEZ
HECTOR JULIO PAZ DIAZ

DISEÑO E ILUSTRACIÓN
MIGUEL ARTURO LOZADA VALERO

SC5544-1

I n g e n i e r í a A g r o i n d u s t r i a l
Centro de Investigación Santa Lucía Km 14 Vía Bucaramanga. Teléfono: 314 275 6561- 304 576 2211/ 6025185/ 6025419/ 6026100
informacion@unipaz.edu.co - Página Web: www.unipaz.edu.co
Barrancabermeja / Santander /Col

Contenido

EDITORIAL.....5

1. PROYECTOS CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN 9

1.1. GEL HIDRATANTE A BASE DE EXTRACTO DE LA FLOR DE LA CAYENA (*Hibiscus rosa-sinensi*) CON ALOE VERA (*Barbadensis miller*) PARA EL CUIDADO DE LA PIEL. 9

1.2. OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN DE RESIDUOS DE CÁSCARA DE TORONJA (*Citrus × paradisi*) 11

1.3. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN DE ZANAHORIA (*Daucus carota L.)* SOBRE SUS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS UTILIZANDO UN PROCESO SIMULTÁNEO DE ÓSMOSIS Y SECADO CONVECTIVO 14

1.4. ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE REFINACIÓN Y FRACCIONAMIENTO EN SECO DEL ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*) VARIEDAD HASS PARA ELABORAR UNA MARGARINA LIBRE DE TRANS 22

1.5. EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA DEL ICACO (*Chrysobalanus icaco L*.)..... 30

2. PROYECTOS SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN.....32

2.1. EVALUACIÓN DEL EFECTO EN LA CURTICIÓN DE LA PIEL DE PESCADO *Colossoma macropomum* COMPARANDO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE TANINO VEGETAL EXTRAÍDO DEL PSEUDOTALLO *Musa paradisiaca*..... 32

2.2. EVALUACIÓN DE LA TORTA RESIDUAL SUBPRODUCTO DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SACHA INCHI (P*lukenetia volubilis*) PARA ALIMENTOS CONCENTRADOS DE ANIMALES..... 34

2.3. ESTANDARIZACIÓN DE QUESO MOZZARELLA PRODUCIDO EN ECOBÚFALO CAMPESINO DE LA ASOCIACIÓN CAMPESINA DEL VALLE DEL RÍO DE CIMITARRA 36

3. PROYECTOS ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN CONTROL DE LA CALIDAD DE BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS (EN EJECUCIÓN) 38

3.1. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DEL ACEITE DE HIGUERILLA (*Riccinus communis L*) VARIANDO LA COMPOSICIÓN DEL CATALIZADOR..... 38

3.2. PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DEL ACEITE DE PALMISTE MEDIANTE TRANSESTERIFICACIÓN..... 41

3.3. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE DIFERENTES CATALIZADORES EN EL BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DEL ACEITE DE PALMA *(Elaeis guineensis Jac)* 45

3.4. EVALUAR MEDIANTE PRUEBAS FISICOQUÍMICAS LA CALIDAD DEL BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DE ACEITE DE PALMA OXG USANDO DIFERENTES CATALIZADORES PARA SU POTENCIAL USO COMERCIAL 49

3.5. PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DE LA CASCARA DE LIMÓN CRIOLLO *(Citrus x aurantifolia)* 53

EDITORIAL

Rosa María Espinoza Madrigal es Maestra en Ciencias en Biología Experimental, con tesis realizada en el Laboratorio de Fisiología vegetal y Química de productos naturales del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ha participado en congresos estatales, nacionales e internacionales. Co-asesora de dos tesistas de licenciatura. Socia estudiante en la Asociación Mexicana de Investigación en Productos Naturales, A.C. Fue profesora de cátedra y directora de la carrera de Ingeniería en Biotecnología en el Tecnológico de Monterrey Campus Morelia. Actualmente estudia el Doctorado en Ciencias en Biología Experimental en la misma universidad con el proyecto Control de la pudrición peduncular del fruto de aguacate con derivados vegetales y se encuentra realizando una pasantía en el CENIVAM, UIS-Colombia.

La armónica convivencia entre la investigación, la tecnología, la UNIPAZ y el entorno

La esperanza de una científica o tecnóloga es que sus ensayos difundidos y divulgados influyan en el pensamiento de quien los lee con la deliberada intención de suscitar polémica, quizá como un intento de reivindicar el valor de la razón más allá del círculo académico del que proceden. Para nosotros, no sólo la educación o la política tecnológica esperamos alterar, sino también, la manera en que el estudiante, el practicante, el investigador, el tecnólogo, en sí el individuo común se relaciona con el mundo y sus semejantes de acuerdo a su género y circunstancia.

Es cierto que la incertidumbre está presente y es evidente en todos los escenarios de la ciencia y la tecnología. Pues son muchas las variables que no están controladas y algunas de ellas son inaccesibles al conocimiento que manejamos o poseemos y por ello representan áreas de oportunidad académica, científica, tecnológica e innovación. Entonces, debemos asumir la actitud, intención y actuación emprendedora a través de un proceso analítico y sistemático del conocimiento presente, para obtener propuestas tecnológicas emergentes, estrategias relevantes y novedosas para coadyuvar a la solución de los problemas actuales y futuros o la obtención de comodidades mediante la tecnología. Por lo mismo, como emprendedores debemos ser conscientes de que toda tecnología experimenta un ciclo de vida similar al del humano: nace, crece y madura. Definitivamente, las tecnologías que se generarán inicialmente serán del tipo emergentes (nacimiento), con el tiempo y los resultados esperados llegarán a ser tecnologías claves (crecimiento) o mejor aún, establecerlas de base (madurez). Con el fin último de salvaguardar nuestro maltratado ecosistema llamado Tierra, sin menoscabo de la comodidad humana. Aunque, la solución, el dominio o la victoria para la resolución de futuros problemas o la generación de comodidades será a través de

estrategias e implementos tecnológicos. Esta, es un arma de doble filo, es decir, puede beneficiar o empeorar lo ya realizado. Por lo que, una aplicación razonada y cuidadosa debe plantearse desde ahora para evitar los deshechos tecnológicos y sus efectos en el humano y en el medio ambiente.

Pero un emprendedor, tecnólogo o investigador debe entender que para situarse en el escenario tecnológico descrito anteriormente: necesariamente debe empezar por un principio.

Tal vez, este principio se ubique en la curiosidad humana, que la manifiesta en forma de exploración, construcción de herramientas o de preguntas. Para la obtención de respuestas a las interrogantes. Se inicia con la observación, en seguida la estructuración de un planteamiento del problema a resolver o pregunta por contestar mediante una hipótesis o intención. En seguida, la generación de una estrategia para aceptar o rechazar esa hipótesis y buscar las herramientas con las cuales llevar a cabo los experimentos necesarios para alcanzar su objetivo, es decir, desarrollar un método científico que le permita investigar y sobre todo evaluar el trayecto y resultados de la investigación y/o resolución del problema tecnológico de interés.

Sin duda alguna, es el primer paso en la adquisición de conocimiento, pero aún dista mucho de ser un producto tecnológico de resolución de problemas o en la obtención de una comodidad. Si en este momento correlacionamos las etapas de maduración de la tecnología según la metodología "Technology Readiness Levels (TRL)", entonces estamos en el nivel cero (TRL 0). Sin embargo, en el nivel uno (TRL 1), se comienza con la transición a la investigación aplicada. En este nivel se encuentra mi proyecto de investigación y es el momento en que llego a este maravilloso país con la entrañable gente que me adopta y con quienes continuo mi habilitación. Lo cual es posible por el esfuerzo conjunto que se realizó en México por el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo con la prestigiada Universidad Industrial de Santander, en Bucaramanga, Colombia que facilitaron mi estancia en este bello lugar. El resultado que se espera de esta vinculación internacional y la movilidad de investigadores internacionales es alcanzar el nivel 2 (TRL 2), es decir, reunir la evidencia científica y tecnológica para la *validación conceptual*. Aún estamos lejos de alcanzar el TRL 7, es decir, la demostración de nuestro sistema o prototipo en un entorno real. Aún más lejos está un TRL 9 que es el, *éxito obtenido por el ensayo del sistema o prototipo en un entorno real*. Sin embargo, sé que poseo la paciencia, algo de tiempo, dedicación, se esforzarme, soy perseverante, tolerante, disciplinada, resiliente, ambiciosa, con aptitud para el trabajo en equipo, comunicación oral y escrita, pero sobre todo vocación. Pero lo más importante para mí en estos momentos, es que aquí en Colombia me he integrado a un grupo de personas que actúan igual o mejor que yo, que estoy entre semejantes exigentes y autocríticos. Un hecho que me da confianza en que alcanzaré el éxito. La obtención de esta experiencia no fue un camino sencillo,

siempre ha habido obstáculos que vencer, retos que enfrentar y éxitos que disfrutar fugazmente, aunque no sobra tiempo para ello.

Este panorama visto cómo se los describo, también, invita a reflexionar un poco sobre el entorno con la siguiente pregunta ¿la mujer en la generación de tecnología es importante? Aunque, tanto en Morelia, Mich. México como en Bucaramanga Colombia convivo con mujeres que están en el ambiente de la ciencia y tecnología: el dominio masculino es abrumador en el sector tecnológico. La incorporación de las mujeres al sector es lenta, aunque hoy en día ya existen mujeres en puestos claves. También, es innegable que ser mujer en el sector tecnológico no es sencillo con todo y que las mujeres somos más ambiciosas que los hombres. Tal vez, una explicación sea que, la brecha de género en las profesiones tecnológicas es evidente y empieza en al término de la educación preparatoriana. Al ingreso a la universidad observamos que menos del 20 % del alumnado de licenciaturas ciencia, tecnología, ingenierías y matemáticas, son mujeres. La asignatura pendiente de las mujeres sigue siendo la rama de las ingenierías, donde solo alcanzan el 26,4 %. Datos recabados de la UMSNH aunque son extrapolables a Colombia y en general a toda Latinoamérica. Adicionalmente, quizás las formas sociales y culturales con las que las mujeres han sido estereotipadas y cosificadas, también, sea un factor influyente en la escaza incorporación de las mujeres en el sector tecnológico. Por supuesto que una mujer puede ser lo que ella desee, sin importar más allá de los estereotipos de género. Sin embargo, no puede existir un cambio sin la participación masculina.

Y es aquí, donde la particular filosofía de la UNIPAZ y después las universidades de Latinoamérica pueden resolver parcialmente este "problema" en su entorno y de acuerdo a sus alcances, pues precisamente el medio ambiente social se ha encargado de construir una falsa idea de competencia o guerra de género, que lo único que provoca es un demérito en la conceptualización de la lucha de las mujeres por sus derechos. Con la finalidad de evitar la clara redundancia en la construcción de estereotipos que se reproducen una y otra vez en las sociedades de Latinoamérica.

Lo dicho en otras palabras: es necesario el fortalecimiento de las acciones tendientes a vencer el obstáculo cultural más que otros importantes obstáculos para que más mujeres desde su niñez se integren al desarrollo de tecnología. En fin, lindo será ver que las mujeres dejen de ser una minoría en el sector tecnológico. En este contexto tengo ideas, pensamientos e intenciones por comunicar, pero debo ser prudente y diplomática al divulgarlos. Sin embargo, reitero que mi intención es reivindicar el valor de la razón en la generación de un producto tecnológico. Por ello, al compartirles mi experiencia y vocación tiene la sana finalidad de incentivar a los investigadores, motivar a los jóvenes para que continúen sus proyectos y los den a conocer, reunir esfuerzos con la sociedad en la búsqueda de un bien común, habilitarse para conseguir apoyos de las instituciones educativas, gubernamentales y de la iniciativa

privada e industrial para tener financiamiento en el desarrollo de la investigación y aprovechar los recursos con los que cuenta el país, con la finalidad de tener una mejor calidad de vida.

Agradezco atentamente la invitación para hacer una aportación a este

Anuario de Investigación Institucional como Editorial Invitado Internacional y como conferencista. Felicito a todo el personal que participó en la realización de la IV Jornada de Emprendimiento y Proyección Internacional y en el Anuario. Denotar que la UNIPAZ hace un excelente trabajo al impulsar a los jóvenes al desarrollo de proyectos, así como emprender en la investigación tanto en la academia como en el desarrollo sostenible y socioeconómico.

Rosa María

1. PROYECTOS CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

1.1. GEL HIDRATANTE A BASE DE EXTRACTO DE LA FLOR DE LA CAYENA (*Hibiscus rosa-sinensi*) CON ALOE VERA (*Barbadensis miller*) PARA EL CUIDADO DE LA PIEL.

Hydrating gel based on abstract of the cayena flower (Hibiscus rosa-sinensi) with aloe vera (Barbadensis miller) for the care of the skin

Gel hidratante à base de extrato da flor de la cayena (Hibiscus rosa-sinensi) com aloe vera *(Barbadensis miller) para cuidados com a pele*

Shirley L. Mancera[1]; Leidy A. Carreño[12]; Rosa A. Osses [2].

[1] *Docentes del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.*

[2]*Estudiante del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.*

INTRODUCCIÓN

Este proyecto es de apreciable importancia en la agroindustria por el aprovechamiento de materiales orgánicos para el desarrollo de productos con valores agregados. La elaboración de este producto se realizó en el Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, sede Barrancabermeja - Santander. A partir de él, se obtuvo un aceite esencial con propiedades organolépticas y nutracéuticas. Se realizaron pruebas fisicoquímicas y microbiológicas con el objetivo de desarrollar una formulación de interés agroindustrial. El propósito fue evaluar y analizar todas las propiedades de la flor de la cayena (*Hibiscus rosa-sinensi*) con aloe vera (*Barbadensis miller*) para extraer los principales activos de las plantas. El objetivo es elaborar un gel hidratante para la piel seca a base de extracto de la flor de la cayena y el Aloe Vera. Para ello se buscó un componente natural con propiedades nutracéuticas que regeneren las células de la piel, que la hidraten y la nutran, para que esa a su vez no se deteriore con el paso del tiempo. Uno de los problemas más comunes en la piel es la pérdida humedad y que se puede agrietarse, exfoliarse, irritarse o inflamarse a causa de los cambios del medio ambiente.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un gel hidratante a base del extracto de la flor de la cayena (*Hibiscus rosa-sinensi*) adicionando el gel aloe vera (*Barbadensis miller*) para el cuidado de la piel.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener el extracto de la flor de la cayena (*Hibiscus rosa-sinensi*) por arrastre de vapor e infusión.
2. Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente el gel hidratante obtenido.

MÉTODOS

La evaluación del extracto de la flor de la cayena y el gel de aloe vera sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de gel hidratante, la primera de ellas incluyó el establecimiento de la recolección de las plantas de la flor de la cayena y la hoja Aloe vera, para la recolección del Aloe vera tiene que dejar pasar tres años para su proceso de maduración. Las flores de plumeria (*Plumeria rubran*) fueron usadas como materia prima para la obtención de la esencia son producidos por infusión y maceración de ácido glicólico (conocido como ácido de frutas) con el principio activo de la planta. Se desarrolló en cuatro procesos: (1) procesamiento de extracción en frio y estabilización de la carnosidad o gel de aloe vera (*Barbadensis miller*). (2) procedencia del aceite esencial de las flores de la cayena (*Hibiscus rosa-sinensi*) por destilación por arrastre con vapor. (3) proceso de infusión de las flores de la cayena (*Hibiscus rosa-sinensi*) y la plumeria (*Plumeria rubran*). (4) maceración de ácido glicólico para las flores de la plumeria (*Plumeria rubran*). El proceso consiste en realizar una mezcla de los componentes con agitador, en el procedimiento se menciona las cantidades de las sustancias y la secuencias en que debe agregarse cada componente al mezclado.

RESULTADOS

Se han obtenido resultados en los procesos de las materias primas para la obtención de los extractos que posteriormente fue sometido a un proceso de arrastre con vapor e infusión, maceración estática en frio y extracción en frio para aprovechar las propiedades de las plantas. Las propiedades fisicoquímicas que se obtuvieron del gel fueron las siguientes: pH del gel hidratante fue 5 cumpliendo con el rango permitido para geles cosméticas, el cual debe estar entre 5.5 y 6. Durante la revisión bibliográfica se encontró que muchos de los productos de fabricación industrial, contienen como estabilizador de pH la trietanolamina que también ayuda a la coagulación del Carbopol.

CONCLUSIONES

El uso del extracto de las flores del cayeno (*Hibiscus rosa-sinensi*) y el Aloe vera (*Barbadensis miller*) en la formulación del gel, da como resultado un gel con propiedades nutraceúticas, dando un valor agregado sobre los productos normales existentes en el mercado. La elaboración del producto es requiere controlar las etapas para garantizar un producto de calidad con las características deseadas. Después de analizar la aceptación del producto final en los estudiantes, se recomienda alargar el período de tratamiento para la prevención y deshidratación de la piel debido a que la estimulación de la piel y el buen cuidado de la misma con este producto, es una característica que puede mejorar con el tiempo.

Palabras claves: Aceite esencial, estabilización**,** extractos, cosméticas.

Keywords: Essential oil, stabilization, extracts, cosmetics.

Palavras-chave: Óleo essencial, estabilização, extratos, cosméticos**.**

1.2. OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN DE RESIDUOS DE CÁSCARA DE TORONJA (*Citrus × paradisi*)

Obtention of bioethanol from the fermentation of grapefruit residues

Obtenção de bioetanol a partir da fermentação de resíduos de toranja

Lia, Z. Mora Vergara[1]; Claudia Nieves Barrera[1]; Sandra, M. Montesino[1]; Camila A. Solano de la Cruz[2]; Andrea B. Moreno[2]; Dayana C. Agudelo[2]; Jhon B. Silva Gómez[2]; Daimer Pedrozo López[2]; Johaira I. Martínez Montes[2]; Kevin H. García[2]; Oscar D. Gómez Bustamante[2]; Doris A. Aguirre[2]; Wilson S. Galeano Pérez[2]; Andrea P. Olivero Gómez[2].

[1] Docentes Programa de Ingeniería Agroindustrial,
[2] Estudiantes Programa de Ingeniería Agroindustrial.

INTRODUCCIÓN

Se puede obtener etanol o bioetanol a partir de fermentación de residuos de frutas (cáscara y pulpa) o de biomasa generada por residuos. Estos residuos agroindustriales son ricos en almidón, celulosa, hemicelulosa, lignina y constituyen una buena fuente de obtención de azúcares que pueden ser utilizados para compostaje, alimentación animal y biocombustibles. En cuanto a la producción de biocombustibles, los residuos deben ser pretratados y se deben hidrolizar para que los carbohidratos complejos se conviertan en jarabes azucarados fermentables por microorganismos como levaduras; el producto de fermentación es posteriormente destilado para obtener el bioetanol. El proceso de obtención de etanol vía fermentación consiste en los siguientes procesos: Caracterización del material, reducción de tamaño, remoción de lignina, hidrólisis ácida, fermentación y destilación**.** En el presente trabajo se sintetizó bioetanol a partir de la fermentación de residuos agroindustriales, tales como, cáscara de toronja.

OBJETIVO GENERAL

Obtener bioetanol a partir de fermentación de residuos de frutas (cáscaras de toronja).
Remover lignina a partir de hidrólisis ácida.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener jarabes azucarados.
- Llevar a cabo la fermentación con los jarabes azucarados obtenidos de la hidrólisis para producir bioetanol y separar por destilación.

MÉTODOS

El proceso inició con la reducción de tamaño de partícula de la cascara empleando un tamiz con una granulometría de 425 micrómetros y, posteriormente se realizó la remoción de lignina, para lo cual, la cáscara

tamizada se sumergió en una solución de NaOH 0,1 N durante 15 minutos, finalizado este tiempo se adicionó sulfato de calcio dejándose en reposo por 24 horas para luego separar el material particulado de la solución por filtrado, desechando el material líquido y dejando el material sólido. En una tercera etapa se llevó a cabo la hidrolisis ácida, para la cual, se adicionó 50 ml de ácido sulfúrico al 5 % por cada 100 g de cáscara de fruta, la mezcla se sometió a una temperatura de 125 ºC y 15 psi en un autoclave por 15 minutos, posteriormente se inició la fermentación de los jarabes azucarados, ajustando el pH entre 4,5 – 5,0 con NaOH 5 N, fosfato de amonio $(NH_4)_3PO_4$ y se inocula con 0,1 % P/V de levadura activa. La fermentación se realizó por 48 horas. Finalmente, la destilación se llevó a cabo en un rotoevaporador a las condiciones fisicoquímicas del etanol.

RESULTADOS

Tabla 1. Pérdida de humedad

CASCARAS	PESO INICIAL	HUMEDAD PERDIDA
TORONJA	1665 gr	1222,5 gr

Fuente: Autores

Tabla 2. Valores de pH, ºBrix encontrados en la Fermentación

JARABE	JARABE OBTENIDO	pH Inicial	pH Final	°Brix Inicial	°Brix Final
TORONJA	700 ml	0.94	5,02	15	9

Fuente: Autores

Se encontró que, finalizada la fermentación, aumenta el pH de la solución, y disminuye el contenido de sólidos solubles encontrados, esto debido al consumo de los azúcares por las levaduras para realizar la fermentación.

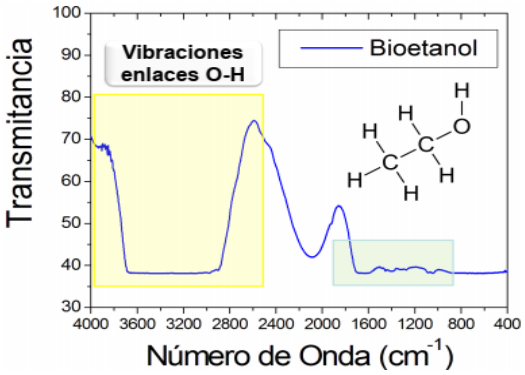

Figura 1. Caracterización del bioetanol por IR

Las bandas entre 1800 y 800 cm^{-1} asociadas a vibraciones de los enlaces C-C-O y C-O-H se observaron en menor intensidad, debido, probablemente a la baja pureza del bioetanol, comportamiento observado por Buñuelos *et al*., (2017), en su investigación.

CONCLUSIONES

El análisis por espectroscopia infrarroja del bioetanol destilado permitió identificar la banda a 3500 cm^{-1} relacionada con los enlaces O-H característicos de los alcoholes.

La ruta de síntesis empleada para la obtención del bioetanol permite cumplir este objetivo, sin embargo, es conveniente estudiar el mecanismo de destilación, así como otras dos posibles variables, en busca de mejorar la pureza del bioetanol obtenido.

Palabras clave: Bioetanol, fermentación, residuos agroindustriales, hidrólisis ácida.

Palavras chave: Bioetanol, fermentação, resíduos agroindustriais, hidrólise ácida.

Keywords: Bioethanol, fermentation, agroindustrial waste, acid hydrolysis.

1.3. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN DE ZANAHORIA (*Daucus carota L.)* SOBRE SUS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS UTILIZANDO UN PROCESO SIMULTÁNEO DE ÓSMOSIS Y SECADO CONVECTIVO

Effect of carrot dehydration on its physico-chemical properties using an osmosis and convective drying simultaneous process

Efeito da desidratação de cenoura em suas propriedades físico-químicas usando um processo simultâneo de osmose e secagem convectiva

Ana Milena Salazar Beleño[1], Javier Mauricio Melo Guevara[1], Pilar Moreno Vides[1], Héctor Julio Paz Díaz[1], Edwing Velasco[1].

[1] *Docentes del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.*

RESUMEN

En este trabajo se modificaron las características naturales de la zanahoria (*Daucus carota* L.) aplicando de forma consecutiva procesos de deshidratación osmótica y secado por aire caliente. En particular, se estudió el efecto de una solución hipertónica de sacarosa concentrada a 50-60% p/p y una temperatura de secado de 60 °C, sobre las propiedades físicas y químicas del vegetal. Las muestras deshidratadas se analizaron comparativamente frente al alimento en fresco mediante la determinación de la humedad, actividad de agua, sólidos solubles, pH, porcentaje de acidez, color, resistencia a la compresión y contenido de carotenos. Se encontró que el proceso de deshidratación combinado promueve una reducción en el peso de la zanahoria mayor al 70%, la actividad de agua de 0,4, acidez de 2% y sólidos solubles entre 28 y 35 ºBx, sin modificar significativamente el color natural del alimento ni su contenido de carotenos (aprox. 60 mg/Kg).

Palabras clave: Tubérculo, Carotenos, Osmodeshidratación, Sólidos solubles, Aire caliente, Pérdida de agua.

Keywords: Tuber, Carotenes, Osmodehydration, Soluble Solids, Hot Air, Water Loss.

Palavras chave: Tubérculos, Carotenos, Osmodeidratação, Sólidos Solúveis, Ar Quente, Perda de Água.

MATERIALES Y MÉTODOS

Pretratamientos

Se utilizaron zanahorias frescas en óptimo estado de maduración y libres de magulladuras y picaduras, con un peso promedio de 200 g, longitud de 15 cm y diámetro de la base del cono de 6 cm; se adquirieron en noviembre

de 2016 en un supermercado local en Barrancabermeja, Santander, Colombia. Las zanahorias fueron lavadas, peladas y cortadas en rodajas de 0,5 mm de espesor utilizando una tajadora eléctrica (JAVAR, modelo GE220 1F). Se escogieron las rodajas con un diámetro aproximado de 3 cm con el fin de asegurar una similitud en el área superficial de cada muestra.

Tratamiento osmótico y secado convectivo

El proceso de osmodeshidratación se realizó por inmersión de las muestras de zanahoria en una solución de sacarosa comercial (pureza de 99 %) concentrada a 50, 55 y 60 % p/p durante un periodo de 2-6 h. La temperatura y agitación durante el proceso osmótico se mantuvieron constantes a 100 rpm y 40 ºC, respectivamente, utilizando una incubadora de agitación orbital (LABNET, modelo I5311-DS). En este proceso se utilizó una relación de 1 g de zanahoria por 1 mL de solución de sacarosa. Finalizado el tiempo de inmersión, las rodajas de zanahoria se retiraron de la solución y se lavaron con agua para remover residuos de sacarosa adheridos a la superficie. Inmediatamente después, las rodajas se secaron con papel adsorbente con el fin de retirar el agua libre. Posterior al tratamiento de osmodeshidratación, las muestras de alimento fueron sometidas a un proceso de secado a 60 ºC en un horno con convección forzada (BINDER, modelo FD 23) durante un periodo de 3-9 h.

Extracción del zumo de zanahoria

Las rodajas de zanahoria fresca y deshidratada fueron maceradas en un mortero de porcelana durante 5 min a temperatura ambiente. El producto macerado fue centrifugado a 3000 rpm en una centrifuga (Labnet, Spectrafuge 6 ºC) durante 5 min; de la mezcla resultante se separó el zumo por decantación y se descartó el pellet de biomasa restante.

Extracción de carotenos

La extracción se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Rodriguez-Amaya (2001). Un gramo del zumo fue mezclado con 3 mL de acetona (Merck, pureza de 99,8 %) y filtrado en un embudo Büchner de porcelana a presión reducida (500 Torr) utilizando un filtro cualitativo grado 1 (WHATMAN® - ICT, SL); este proceso se repitió hasta desaparecer el color naranja. El extracto fue re-diluido en éter de petróleo (Merck) y mantenido en reposo en un embudo de decantación hasta observar la separación de dos fases. Finalmente, la fase coloreada se separa y se filtró con sulfato de sodio anhidro.

Caracterizaciones

El contenido de humedad se determinó mediante el seguimiento de la pérdida de peso por desecación en horno con convección forzada (BINDER, modelo FD 23) a 125 °C durante 4 h, de acuerdo con Bradley (2010). La actividad de agua (Aw) se evaluó con un medidor portátil (ROTRONIC, modelo HP23-AW). Los sólidos solubles totales se hallaron en

términos de ºBrix a 20 ºC utilizando un refractómetro portátil (Zhifong, modelo FG-109). El pH se midió a 20 ºC usando un potenciómetro (OAKTON, modelo pH 510) y la acidez se calculó en términos de ácido cítrico (g ácido cítrico/ 100 g de alimento) mediante titulación con una solución 0,1 N de NaOH (Merck, pureza de 99%), ambos conforme a la metodología reportada por Sadler & Murphy (2010). La humedad y el Aw se determinaron utilizando las rodajas de zanahoria mientras que las demás caracterizaciones se realizaron usando el zumo del alimento.

El contenido de total de carotenos se determinó de acuerdo a la técnica descrita por Rodriguez-Amaya (2001) y Kiros, Seifu, Bultosa y Solomon (2016), utilizando un espectrofotómetro UV-VIS GENESYS 10S (ThermoScientific). La absorbancia fue medida en una longitud de onda de 450 nm y el contenido de carotenoides fue reportado como mg de β-carotenos por Kg de zumo de naranja de acuerdo con la Ec. 1.

$$\text{Carotenos totales } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right) = \left[\frac{\text{Abs}}{2592}\right] \text{x} \frac{\text{V(mL)x}10^4}{\text{Peso de la muestra (kg)}}$$

Donde Abs corresponde a la absorbancia leída, 2592 es el coeficiente de extinción de β-carotenos en éter de petróleo y V es el volumen del extracto en mL.

El color se determinó por evaluación visual utilizando como sistema de referencia la tabla cromática de colores (Sanz & Gallego, 2001). La tonalidad del color se analizó utilizando el software libre ImageJ en el modo RGB (Pascau & Mateos, 2013). La resistencia a la compresión se determinó utilizando un analizador de textura (STABLE MICRO SYSTEMS, TA-XT2i) con una celda de carga de 50 kg y un embolo de acrílico de diámetro 41,1 mm. Para este análisis 8,4 g de zanahoria deshidratada fueron cargados en un recipiente cilíndrico de acrílico (Diámetro interno = 49,9 mm y altura = 68,3 mm) alcanzando una altura inicial de aproximadamente 20 mm, y comprimidos hasta la mitad de su altura (deformación del 50 %). Las velocidades del análisis fueron: pre-test = 2 mm/s, test = 1 mm/s y post-test = 2 mm/s.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar de tres factores: concentración de solución osmótica (50, 55 y 60 % p/p), tiempo del tratamiento osmótico (0, 2, 4 y 6 h) y tiempo de secado convectivo (0, 3, 6 y 9 h). Todos los experimentos fueron replicados 3 veces. El análisis de varianza (ANOVA) fue desarrollado con una significancia definida como $P<0,05$, usando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del proceso de deshidratación osmótica sobre el peso, sólidos solubles, pH y acidez

En la Figura 1 se muestran los resultados de la variación del peso y sólidos solubles de las muestras de zanahoria deshidratadas. En general se observa que el tratamiento osmótico reduce significativamente ($P < 0,05$) el peso de las muestras de zanahoria entre 30-40 %, mientras que aumenta entre 5 y 6 veces su contenido de sólidos solubles. El peso disminuye proporcionalmente con el aumento en la concentración de la solución de sacarosa, en tanto que los sólidos solubles sufren incrementos asociados a la utilización de soluciones de sacarosa entre 50 y 55 % p/p; después de lo cual no se observan variaciones importantes. La disminución en el peso indica que ocurrió la liberación de agua de la matriz del alimento, mientras que el aumento en los sólidos solubles da a entender que hubo deposición de solutos en las muestras, lo cual es coherente con lo reportado por Singh et al. (2010), Pacheco-Angulo, Herman-Lara, García-Alvarado y Ruiz-López (2016) y Simal, Benedito, Sanchez y Rossello (1998). De acuerdo con Rastogi, Raghavarao & Niranjan (2014), la deshidratación es causada por la diferencia en los potenciales químicos entre el agua y la solución hipertónica (que para este trabajo es una dilución de sacarosa), que da lugar a un flujo de varios componentes: el agua sale del alimento y los solutos entran, principalmente durante las primeras dos o tres horas del proceso osmótico. Después de este tiempo la diferencia en el contenido de agua en el alimento y en la solución disminuye gradualmente hasta que el sistema alcanza un estado de equilibrio dinámico. Al observar la Figura 1 se encuentra que el tiempo de inmersión donde ocurre mayor deshidratación también está entre las primeras 2-4 h, similar a lo mencionado anteriormente.

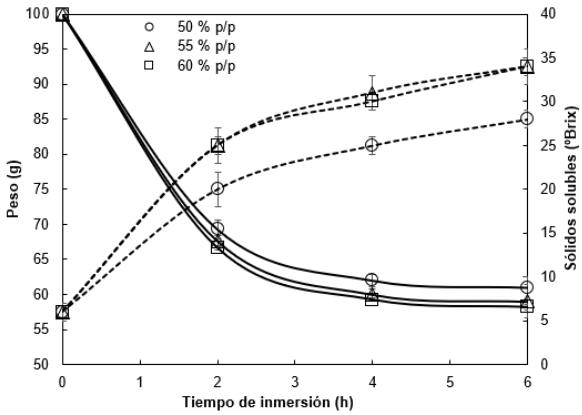

Figura 1. Comportamiento del peso (líneas continuas) y los sólidos solubles (líneas discontinuas) de las muestras de zanahoria deshidratadas utilizando soluciones de sacarosa concentradas a 50, 55 y 60 % p/p. Los resultados son el promedio de seis réplicas y las barras de error representan la desviación estándar.

En la Figura 2 se presentan los resultados de la variación del pH y el porcentaje de acidez de las muestras de zanahoria osmodeshidratadas en función del tiempo del proceso,

utilizando varias concentraciones de la solución de sacarosa. Se observa que al incrementar el tiempo de deshidratación ocurre tanto un incremento en el pH como una disminución en la acidez ($P < 0,05$). Sin embargo, tales comportamientos se presentan antes de las 4 h de tratamiento; después de este tiempo tanto el pH como la acidez tienden a estabilizarse. Así mismo, se observa que al aumentar la concentración de sacarosa sube el pH, y como es de esperarse, baja el porcentaje de acidez. De acuerdo con estos resultados se puede presumir que durante la osmodeshidratación el agua que salió del alimento arrastró consigo ácidos orgánicos y en efecto cambió la acidez del alimento; esto se corrobora al observar que los tiempos en que se estabiliza el peso (Figura 1) y la acidez (Figura 2) son similares. En coherencia con lo expuesto, Raoult-Wack (1994) menciona que el proceso de deshidratación osmótica incrementa la relación entre los contenidos de sacarosa/ácidos en el alimento.

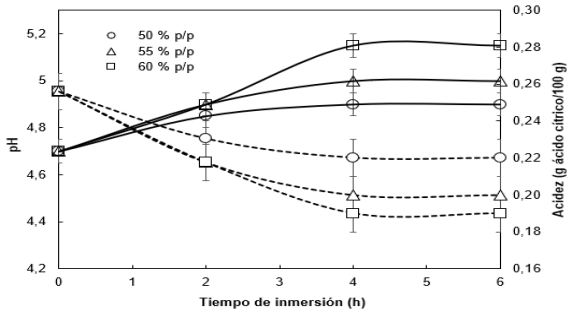

Figura 2. Comportamiento del pH (líneas continuas) y de la acidez (líneas discontinuas) de las muestras de zanahoria osmodeshidratadas utilizando soluciones de sacarosa concentradas a 50, 55 y 60% p/p. Los resultados son el promedio de seis réplicas y las barras de error representan la desviación estándar.

Efecto del proceso de secado convectivo sobre el peso y la actividad acuosa

Como se señaló anteriormente, el proceso de deshidratación osmótica promovió una reducción en el peso de la zanahoria del 40 %, debido principalmente a la salida de agua del alimento. No obstante, se estima que la zanahoria tiene un contenido de agua mayor al 80 %, lo que indica que el tratamiento no eliminó la humedad total. Como alternativa para mejorar la deshidratación durante el proceso osmótico, se realizó un secado posterior. Los resultados de la variación del peso y la actividad de agua durante este secado se muestran en la Figura 3. Se observa que ambas variables disminuyen con el tiempo de tratamiento ($P < 0,05$), no obstante, la mayor parte de esta variación (36-53 % del peso y 60% de la actividad de agua) ocurrió en las primeras 3 horas del secado. La similitud en el comportamiento del peso y la actividad de agua indican, tal como se esperaba, que los cambios observados en la Figura 3 ocurrieron por la pérdida de agua. La aparente estabilización en el peso después de 3 h mostrada en la Figura 3 también fue reportada por Kowalski, Szadnziska y Łechtanska (2013). Esto indica que el

tiempo de secado para este tipo de muestras no debe superar las 3 h.

Por otra parte, al verificar el efecto del tratamiento de osmosis sobre el secado, se observa que a mayor concentración de la solución de sacarosa es menor la pérdida de peso durante el secado. La influencia de la concentración de la solución osmótica sobre la variación del peso puede estar asociada con la deposición de sacarosa en la matriz del alimento. Tal deposición pudo provocar una disminución en el coeficiente de difusión del agua en la interfase alimento-aire, así como lo explica Rastogi et al. (2014), y en efecto resistir la salida del agua.

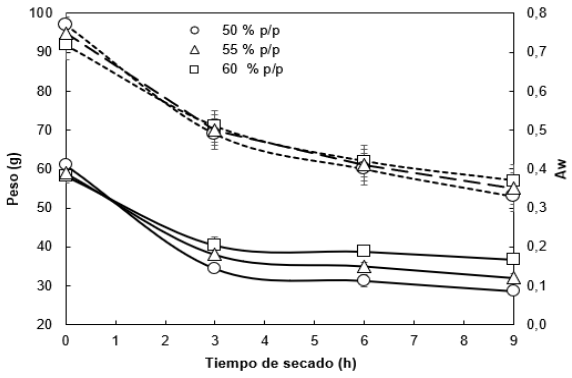

Figura 3. Comportamiento del Peso (líneas continuas) y de la Actividad acuosa (líneas discontinuas) de las muestras de zanahoria osmodeshidratadas, durante el proceso de secado a 60 ºC. Los resultados son el promedio de seis réplicas y las barras de error representan la desviación estándar.

Influencia de la ósmosis/secado sobre la textura, color y contenido de carotenos

En la Figura 4 se presentan los resultados de la prueba de resistencia a la compresión de las muestras de zanahoria deshidratadas por ósmosis y luego por secado con aire caliente. Se observa que al utilizar una solución osmótica más concentrada disminuye la resistencia a la compresión de las muestras de zanahoria, así mismo, presentan mayor deformación. Al comparar estos resultados con los presentados en la Figura 1 se puede inferir que están relacionados inversamente con la deposición de solutos. Teniendo en cuenta esto, es posible que el exceso de sacarosa depositada en la superficie de la zanahoria haya cristalizado durante la etapa de secado, atribuyéndole a la muestra rigidez y fragilidad (crocancia), lo que disminuye la resistencia a la compresión. Tales características son reconocidas en alimentos tipo snack.

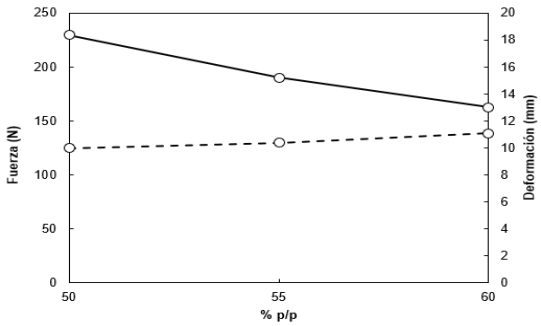

Figura 4. Resultados de la Fuerza aplicada sobre las muestras de zanahoria deshidratada (líneas continuas) y la deformación causada (líneas discontinuas) durante la prueba de compresión en función de la concentración de la solución osmótica.

La variación en el color como una función del tratamiento de las muestras de zanahoria también fue estudiada. Los procesos simultáneos de osmodeshidratación y secado convectivo no alteraron significativamente el color de la zanahoria. Según la escala monocromática de colores (Sanz & Gallego, 2001), las muestras de zanahoria fresca y deshidratada presentaron un color naranja. No obstante, el incremento en la concentración de la solución osmótica generó un leve oscurecimiento en el alimento. En la Figura 5 se muestran los histogramas de color de las muestras de zanahoria fresca y tratada; donde la distribución del color de claro a oscuro se observa de derecha a izquierda. Al comparar las imágenes de la Figura 5 (a-d) se observa que el incremento en la concentración de la solución osmótica causa un corrimiento en la distribución del color hacia la izquierda, lo que demuestra que el tratamiento causó el oscurecimiento de la zanahoria. Este cambio en el color pudo ser provocado por la deposición de solutos y la pérdida de ácidos orgánicos de la matriz del alimento, discutido previamente. La preservación de la tonalidad naranja, a pesar del oscurecimiento del alimento, indica que no hubo modificaciones considerables en el contenido de carotenos (Kowalski et al., 2013). Resultados similares fueron reportados por Torregginni (1993). Tal como lo mencionan Rastogi et al. (2014) y Singh et al. (2010), la preservación del color se debe a que las bajas temperaturas y la liberación de agua sin cambio de estado durante la osmodeshidratación no causan una pérdida de pigmentos considerable.

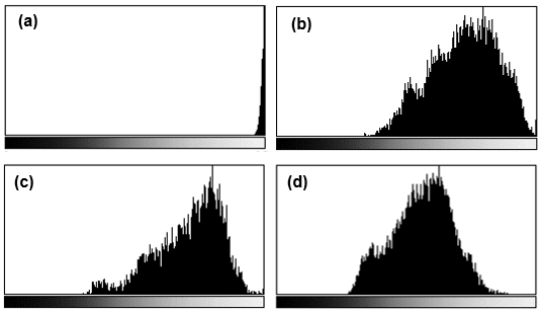

Figura 5. Histograma de color de las zanahorias fresca (a) y deshidratada por ósmosis y secado convectivo utilizando soluciones de sacarosa a 50 % p/p (b), 55 % p/p (c) y 60 % p/p (d).

En la Figura 6 se presenta el contenido de carotenos en las muestras de zanahoria fresca, y osmodeshidratada con diferentes soluciones de sacarosa. Se observa que el contenido de β-carotenos de la zanahoria es aproximadamente 61,41 mg/kg, lo cual es consistente con lo reportado por Knockaert et al. (2011), quienes encontraron contenidos para la zanahoria sin procesar, tratada con baja temperatura y a alta presión (500 MPa por 16 min) de 76,4, 77,5 y 77,4 mg/kg, respectivamente. Así mismo, el contenido encontrado se encuentra entre lo reportado por Arscott & Tanumihardjo (2010) y la ANSES (2012) para zanahorias frescas, el cual fue de 53,3 y 87,10 mg/kg,

respectivamente. Otros resultados como la variación del contenido de carotenos en función del tratamiento también se muestran en la Figura 6. Ninguno de los tratamientos de ósmosis/secado modificó significativamente la concentración de carotenos (*P > 0,05*), contrario a lo reportado para tratamientos de deshidratación únicamente vía secado. Lo anterior puede asociarse a la disminución del tiempo de secado de la zanahoria gracias a la inclusión de la etapa de osmodeshidratación. Por otra parte, se observa que los resultados presentados en la Figura 6 son coherentes con lo mostrado en la Figura 5, ya que la invariabilidad en el contenido de carotenos, a pesar del aumento en la concentración de la solución de sacarosa y los tiempos de secado, está directamente asociada con la preservación del color del alimento.

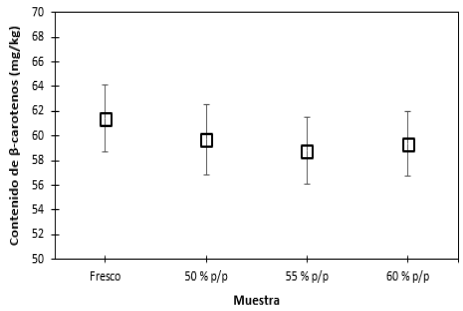

Figura 6. Comportamiento del contenido de carotenos en zanahorias frescas y tratadas por ósmosis/secado, utilizando soluciones de sacarosa concentradas a 50, 55 y 60 % p/p.

CONCLUSIONES

El proceso combinado de deshidratación osmótica y secado convectivo permite la obtención de muestras de zanahoria con una reducción en el peso mayor al 70 %, actividad de agua por debajo de 0,4, acidez cercana al 2 % y sólidos solubles entre 28 y 35 ºBx, que mantienen su color naranja, así como el contenido de carotenos que oscilo cerca de 60 mg/Kg. Individualmente, la deshidratación osmótica utilizando soluciones de sacarosa concentradas a 50-60% p/p, reduce el peso de la zanahoria entre el 30 y 40%, así como también promueve la deposición de solutos en el alimento. La mayor relación disminución de peso/solutos depositados se alcanzó con la solución a 50 % p/p. La pérdida de agua en la ósmosis ocurre predominantemente en las primeras 4 h y en el secado en las primeras 2h, mientras que la deposición de solutos predomina en los periodos posteriores. A las condiciones establecidas en este trabajo, el proceso de deshidratación modifica sustancialmente la humedad del alimento, pero no cambia significativamente sus propiedades sensoriales, en especial, no cambia significativamente el contenido de carotenos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los ingenieros Olga Cisneros, Eddyer Díaz y Kleiver Delgado por su colaboración en el desarrollo de los experimentos.

1.4. ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE REFINACIÓN Y FRACCIONAMIENTO EN SECO DEL ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*) VARIEDAD HASS PARA ELABORAR UNA MARGARINA LIBRE DE TRANS

Standardization of the dry refination and drying process of avocado oil (persea americana) hass variety to prepare a trans-free margarine

Padronização do refinado a seco e do processo de secagem da variedade de hass de óleo de abacate (Persea americana) para preparar uma margarina trans-free

Shirley L. Mancera[1]; Leidy A. Carreño[1]; Lía Z. Mora Vergara[1]; Berenice I. Palencia Parra[2]; Lesly A. Rueda Díaz[2].

[1] Docentes del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

[2] Estudiante del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

RESUMEN

La obtención de aceite de aguacate variedad “Hass” (*Persea americana Mill*), para obtención de una margarina libre de trans surge como una alternativa de aprovechamiento del fruto y el poder darle un valor agregado. En el presente trabajo se evalúa la extracción de aceite de aguacate por prensado en calor, llevando a cabo previamente un proceso de deshidratación por conducción, con el fin de evaluar los parámetros fisicoquímicos de calidad, dentro de los cuales se contemplan los índices de acidez, refracción, y saponificación. Se dispusieron de 40 aguacates hass (*Persea americana)*, se despulparon para posteriormente ser deshidratado en el horno de secado a una temperatura de 110 °C en un tiempo de 5 horas, finalmente se sometió la pulpa al proceso de prensado durante 30 minutos. Previamente de haberse obtenido el aceite se estandariza el proceso de refinación, el proceso involucra las siguientes operaciones: desgomado, neutralizado, lavado, decolorado y desodorizado. Por último, se aplica la técnica de fraccionamiento en seco, con el objeto de obtener una fase sólida para la obtención de la margarina para la margarina, la cual se comprende los procesos de mezclado, homogenizado, cristalización y por último envasado.

Palabras claves: aceite, aguacate, margarina, refinación, fraccionamiento.

Keywords: oil, avocado, margarine, refining, fractionation.

Palavras-chave: óleo, abacate, margarina, refino, fracionamento.

INTRODUCCIÓN

El aguacate es un alimento que presenta una trascendencia en el mercado tanto por su calidad nutritiva, buen sabor, su diversidad culinaria y de consumo, ha ido obteniendo un gran valor dentro de la dieta de numerosos países, aumentando de forma sostenida su producción y comercialización tanto en el ámbito nacional como internacional.

El aguacate es apto para obtener una variedad de usos como productos industrializados, que permiten el aprovechamiento de los excedentes y de esta manera reducir las pérdidas postcosecha, señalando entre otros los siguientes: pulpas como base para productos para untar, tanto frescas, refrigeradas o congeladas, mitades o cubos congelados. Dentro de las alternativas nombradas, la pulpa de aguacate congelada ha presentado un mayor volumen de producción.

Entre ellos se encuentra el aceite, comúnmente utilizado para fines cosméticos, aunque ultimadamente se ha presentado la obtención de aceite extra virgen para usos culinarios, con gran posibilidad futura debido a sus cualidades.

La liberación del aceite del mesocarpio del aguacate no es tan fácil en comparación cómo se logra con otras frutas o alimentos. Por ejemplo, se logra obtener aceite de las aceitunas maduras simplemente aplastando la fruta, pero dado que la pulpa del aguacate tiene un contenido de agua relativamente alto, cualquiera que sea el procedimiento de obtención y el fin, requiere de un secado de la pulpa antes de su extracción, dentro de las fases que suelen implementarse para la obtención de un aceite puro y apto para el consumo humano están ciertas medidas estándar de refinado, entiéndase este como el proceso que produce un aceite comestible con las características deseadas por los consumidores, como sabor y olor suaves, aspecto limpio, color claro y estabilidad frente a la oxidación dentro de este existe una fase de desgomado, neutralizado, el blanqueado y el desodorizado.

De acuerdo con una investigación realizada por (Velázquez 2016) México y Chile son los países latinoamericanos en donde se han mejorado y aplicado técnicas para la mayor extracción de aceite de aguacate. En Colombia, el aceite es poco conocido y su proceso de extracción no ha sido popularizado aún y su transformación comercial poco desarrollada, a raíz de esto el objetivo del presente trabajo de investigación consistió en la obtención de un aceite vegetal, estandarizar el proceso de refinado, además de aplicar la técnica de fraccionamiento en seco, pues ya que la mayor parte de los aceites vegetales por su estado líquido no permiten su uso, más allá de aderezos para ensaladas, belleza y cosmética, de ahí que la industria alimentaria se vio en la obligación de implementar en nuevas técnicas, tecnologías y procesos industriales acordes a las demandas actuales del

mercado, en cuanto a calidad nutricional, marketing, cuidado del medio ambiente y a su vez resulten económicamente convenientes para transformar un aceite líquido a un aceite más sólido, desde tiempo atrás se han obtenido grasas sólidas y semisólidas empleando para ello el proceso de la hidrogenación de aceites vegetales, aunque con el transcurrir del tiempo se ha demostrado que las grasas obtenidas por medio de esta técnica presentan un alto contenido de ácidos grasos *trans* y su ingesta ha resultado ser perjudicial para la salud del consumidor, motivo por el cual se están desarrollando alternativas tecnológicas, por las cuales se logren obtener productos con características físicas y organolépticas similares, no obstante que resulten saludables.

El fraccionamiento en seco es un proceso natural, únicamente físico que no demanda de un procedimiento alguno de purificación, además de ser completamente reversible, razón por la cual es la técnica apta para su transformación comercial del aceite en margarina.

OBJETIVO GENERAL

Estandarizar el proceso de refinación y fraccionamiento en seco del aceite de aguacate (*Persea americana*) variedad hass para elaborar una margarina libre de *trans*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener aceite vegetal de aguacate por el método de prensado para su posterior refinado.
2. Establecer las características fisicoquímicas tanto del aceite obtenido como del producto, a partir de pruebas de laboratorio, y comprobar que cumpla normas técnicas colombianas.
3. Realizar ensayos cuantitativos para los respectivos índices de calidad.
4. Establecer y desarrollar el protocolo de refinación
5. Implementar el proceso de producción de margarina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de ejecución

Laboratorio de ciencias del instituto universitario de la paz-UNIPAZ. Centro de investigaciones Santa Lucia km 14 vía Bucaramanga.

- Emulsionante (lecitina de soya).
- Estabilizante (Mono estearato de glicerilo).
- Saborizante de margarina.
- Regulador de acidez (ácido cítrico).
- Conservante (benzoato de sodio).
- Sal sódica.

Material vegetal

La extracción del aceite se llevó a cabo con frutos de aguacate variedad hass (*Persea americana*) en madurez organoléptica de consumo, de acuerdo con las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 5209 (2003).

1. **Extracción del aceite.**

Materiales

- Tabla de picar
- Cuchillo
- Tenedor
- Toallas adsorbentes
- Papel aluminio
- Bandejas
- Lienzo

Equipos

- Horno convencional
- Desecador
- Balanza analítica

Los frutos maduros se lavaron con agua y jabón, desinfectados con hipoclorito de sodio en solución y enjuagados. Seguidamente se acondicionaron para la obtención de la pulpa.
La pulpa se macero y se homogenizo, para pasar al proceso de secado, pues debido a que su porcentaje de humedad es muy alto, y para facilitar la extracción se hacía necesario retirar una cantidad de agua. Por medio de un secado conductivo a 110 °c Una vez se logró este proceso, se procedió a un prensado utilizando para un lienzo de manera que al prensarse únicamente se obtuviera el liquidó sin residuos.

El aceite obtenido se evalúo con sus parámetros fisicoquímicos e índices de calidad

2. **Caracterización fisicoquímica**

Materiales

- Picnómetro
- Termómetro
- Pipetas
- Erlenmeyer
- Columna de titulación
- Bureta
- Agitador magnético

Equipos

- Balanza analítica
- Plancha de calentamiento
- Refractómetro Abba
- Refractómetro Brix
- Condensador de reflujo

Reactivos

- Agua destilada
- Etanol neutralizado
- Fenolftaleína
- Solución de hidróxido de potasio (KOH) 0,1 N
- Solución alcohólica 0,1 N

- Solución ácido clorhídrico (HCl) 0,5 N

En primera medida se determinó el porcentaje de humedad de la pulpa. Este valor de humedad se obtuvo por una diferencia de pesos, los cuales se iban tomando cada 20 min y tras aplicarlo en la fórmula de % de humedad que se presenta a continuación, cuyo resultado fue de un 69,68 %

$$\% H = \frac{pi - pf}{pi} x\ 100$$

Dónde:

Pi: peso inicial de la pulpa

Pf: peso final de la pulpa

Para la prueba de densidad se utilizó El picnómetro es un instrumento sencillo utilizado para determinar con precisión la densidad de líquidos. Su característica principal es la de mantener un volumen fijo al colocar diferentes líquidos en su interior, la densidad relativa es definida como la relación del peso de un volumen dado de líquido a una temperatura definida, con el peso de un volumen igual de agua pura a la misma temperatura. El procedimiento consta de pesar el picnómetro y llenarlo con agua destilada, hasta que parte del agua salga por el capilar de la tapa y pesar, se debe repetir el procedimiento esta vez usando la muestra del aceite y se determina el resultado aplicando las siguientes formulas:

Densidad = m/v

D. relativa = (densidad aceite) / (densidad del agua)

Se determinó el pH, por medio de un PH metro digital, una vez se haya realizado la calibración se Introduce el pH metro en el aceite, se espera un minuto hasta que se halla establecido la medida y se anota el resultado, procedimiento similar se realiza con los grados Brix, para esta prueba se utiliza un refractómetro, el cual se debe limpiar y secar cuidadosamente la tapa y el prisma antes de comenzar la medición. Se coloca de 1-2 gotas de la prueba en el prisma. Al cerrar la tapa, la prueba se reparte homogéneamente entre tapa y prisma. Puede utilizar un gotero para poner la prueba sobre el prisma principal.

El índice de refracción es un índice rápidamente determinable al igual que las dos pruebas anteriores, se debe limpiar con agua destilada el prisma del refractómetro Abbé.

Comprobar que da una lectura correcta del índice de refracción del agua destilada a 20 °C: 1.3330, y luego se procede a extender una pequeña cantidad de la muestra de aceite y se toma la lectura. El índice de acidez busca determinar la presencia natural de la acidez libre en las grasas, es decir la suma de los ácidos grasos no combinados, resultado de la hidrólisis o descomposición lipolítica de algunos triglicéridos, el procedimiento consiste en tomar 5gr de muestra, adicionar 25 ml de alcohol neutralizado y 5 gotas de fenolftaleína, se calienta a baño María por 10 min y se titula con KOH al 0,1 N.

El índice de acidez se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ acidez} = (v \times n \times m) / 10 \times p$$

Dónde:

V= volumen gastado
N =Normalidad
M=masa molecular 282,00
P=peso de la muestra

La saponificación es la hidrólisis alcalina de los esteres la cual da como resultado final la producción de glicerol, por lo tanto, el índice de saponificación está definido como la cantidad de miligramos que se requieren para saponificar 1g de aceite. El procedimiento consta de tomas de 2 gr de aceite y adicionarle 15,5 ml de una solución etanólica y dejar en ebullición con agitación esporádica por 1 hora y se adiciona 1 ml de fenolftaleína, se titula con ácido clorhídrico hasta que desparezca el color rosa y luego se realiza un blanco sin muestra de aceite.

I.S= (v1- V2) X N X 56 / P
V1= Volumen de HCl consumido en el blanco
V2= Volumen de HCl consumido en la titulación
N= normalidad
P= Peso del aceite

3. Refinación del aceite.

Materiales

- Termómetro
- Pipetas
- Erlenmeyer
- Columna de titulación
- Bureta
- Agitador magnético

Equipos

- Balanza analítica
- Plancha de calentamiento
- Centrifuga

Reactivos

- Agua destilada
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Tierras de blanqueo (diatomeas)

El proceso consistió en una Refinación física. El refinado produce un aceite comestible con las características deseadas por los consumidores, como sabor y olor suaves, aspecto limpio, color claro, estabilidad frente a la oxidación. Las etapas fueron las siguientes:

Desgomado: Desgomado con agua para eliminar los fosfolípidos fácilmente hidratables y los metales. Terminado este paso se llevaba a una centrifugadora a 500 RPM.

Neutralizado: Neutralización de los ácidos grasos libres con un ligero exceso de solución de hidróxido sódico, luego se separan por medio de la centrifuga.

Lavado: seguidamente para la eliminación de los restos de jabones y de los fosfolípidos hidratados, se procede a hacer un lavado.

Decolorado: También conocido como blanqueo con tierras minerales naturales o diatomeas para adsorber

los compuestos coloreados y para descomponer los hidroperóxidos.

Desodorizado: para eliminar los compuestos volátiles, principalmente aldehídos y cetonas, con bajos umbrales de detección por el gusto y el olfato y por último hidrogenado.

4. Elaboración de la margarina

Las materias primas requeridas para este paso son:

a. Grasas

Es el componente fundamental y está presente en una proporción mínima del 80 % del peso total de la margarina. De su pureza depende la calidad de la margarina. El sabor y el olor se introducen mediante los aditivos que se agregan a la margarina, por eso las grasas deben estar perfectamente refinadas e hidrogenadas antes de la adición de estos aditivos.

b. Agua

Se agrega en una proporción inferior al 16 %. El agua se utiliza para preparar la emulsión con la sustancia grasa dispersando ésta como pequeñas gotas en el agua.

c. Sal refinada

La sal es la sustancia más utilizada de entre todos los aditivos alimentarios, sin embargo, su gran tradición en el procesamiento de los alimentos, incluyendo el uso doméstico, hace que no se le considere legalmente como aditivo.

d. Aditivos:

Para obtener la emulsión se mezclan las grasas con el agua, hasta obtener un producto de consistencia y aspecto similar a la margarina. Para ello se necesita una serie de aditivos:

Emulsionantes, espesante, conservante, estabilizante, colorante y aroma.

El producto cristalizado del aceite de aguacate se mezcla previamente hasta obtener una solución espesa, proceso que se logró sometiendo en aceite a un baño de maría helado con una batidora oster de mano de 700-1200 RPM la temperatura que se alcanzo fue -20 °C. Cada uno de los aditivos se añade en pequeños depósitos con agitación continua, se homogenizo durante media hora. Seguidamente se llevó a enfriamiento y cristalización.

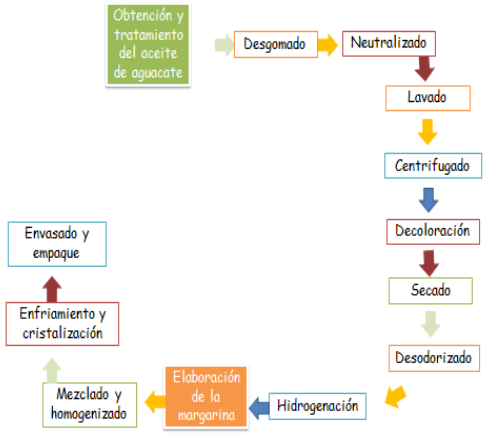

Figura 1.Diagrama de proceso

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tabla 1. Pruebas fisicoquímicas

Parámetro	Valor
Humedad	**68,69 %**
Acidez expresada en ácido oleico	**0,36 %**
pH	**6,56**
Densidad (gr/ml)	**3,0124**
Densidad relativa	**0,9801**
°Brix	**6,19**
Índice de refracción	**1,472**
Índice de saponificación (mg KOH/g)	**193,85**

Fuente: Autores

Estos valores obtenidos corresponden a un aguacate con una madurez fisiológica de consumo. De acuerdo con una revisión de la norma los valores de pH y °Brix varían entre más alto sea el índice de madurez un resultado normal de estos se halla entre 5-7 para °Brix y pH de 6-8

Se obtuvo una margarina de consistencia cremosa, buena textura y apariencia agradable de color verde claro característico del aguacate.

A pesar que el método de extracción del aceite de aguacate no fue de la manera más tecnificada, se experimentó una técnica de prensado la cual dio resultados de obtención de aceite el cual representa una buena alternativa de comercialización pues no es común encontrar aceite de aguacate apto para el consumo humano, pues la tendencia actual es utilizar el aceite de aguacate para uso cosmético, obtenidos estos por métodos que no permiten el uso culinario.

1.5. EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA DEL ICACO (*Chrysobalanus icaco L.*)

Extraction And Characterization Of Icaco Seed Oil *(Chrysobalanus icaco L.)*

Extração E Caracterização Do Óleo De Sementes Icaco *(Chrysobalanus icaco L.)*

[1]Gildardo Moreno Galvis[1], Sandra M. Montesino Rincón[2], Yuleisi T. Caballero Hernandez[2]; Silvia J. Navarro Arana[2]; Lia Z. Mora Vergara[2].

[1] Semillero de Investigación SEINAGRO.
[2] Docentes Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Programa de ingeniería agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

INTRODUCCIÓN

El icaco (*Chrysobalanus icaco L.),* es una fruta que se encuentra en estado silvestre en el municipio de Barrancabermeja, que presenta un gran potencial agroindustrial debido a su composición rica en proteína, fibra y grasa. Sin embargo, el desconocimiento de la especie y sus beneficios conlleva a que no se le esté dando el aprovechamiento adecuado, ya sea en la dieta diaria, o en la generación de nuevos productos.

OBJETIVO

Extraer el aceite de la semilla del icaco por medio de hexano para obtener el mayor rendimiento de aceite que contiene la almendra.

MÉTODO

La metodología se llevó a cabo de la siguiente manera: 1. Recolección y adecuación de la muestra. 2. Extracción del aceite (Solvente hexano a 60 °C, método Soxhlet) 3. Caracterización del aceite (Densidad, Índice de Humo, Índice de saponificación, índice de refracción, índice de frio y rancidez)

RESULTADO

En la Tabla 1, se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica del aceite extraído por el método Soxhlet, el cual se realizó bajo la Norma Técnica Colombia para cada parámetro con el fin de observar la calidad del mismo.

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos del aceite crudo de la semilla de Icaco (*Chrysobalanus icaco L.*)

Pruebas de calidad en el aceite de icaco	
Densidad [mL/ g]	0,942
Índice de Acidez	8,4
Prueba de humo [°C]	66
Índice de saponificación [mg KOH/g]	176,7
Índice de refracción	1,433
Prueba de frio [°C]	1:15 h
Rancidez	Buen estado

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

Los valores del índice de refracción y la densidad se encuentran dentro del valor máximo establecido por la norma internacional CODEX para aceites vírgenes. El valor de índice de saponificación (176,7150 mg KOH/g) está dentro del rango del CODEX, este alto valor indica que tiene un mayor contenido de ácidos grasos de bajo peso molecular. El valor del índice de acidez no se encuentra dentro del valor máximo establecido por el CODEX, esto indica que el aceite contiene una alta cantidad de ácidos grasos libres.

Palabras clave: Hexano, Norma Técnica Colombia, Codex

Keywords: Hexano, Norma Técnica Colombia, Codex

Palavras-chave: Hexane, Colombia Technical Standard, Codex

2. PROYECTOS SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN

2.1. EVALUACIÓN DEL EFECTO EN LA CURTICIÓN DE LA PIEL DE PESCADO *Colossoma macropomum* COMPARANDO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE TANINO VEGETAL EXTRAÍDO DEL PSEUDOTALLO *Musa paradisiaca*

Evaluation of the effect on tanning of fish skin Colossoma macropomum by comparing different concentrations of vegetable tannin extracted from pseudostem Musa paradisiaca

Avaliação do efeito na curtição da pele de peixes Colossoma macropomum comparando diferentes concentrações de tanina vegetal extraída do paraíso Musa paradisiaca

Héctor Paz[1]; Leidy Carreño[1]; Mónica Pacheco[1]; Jennifer Porras[2]; Yesenia Sánchez[2].

[1]Docentes Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Programa de ingeniería agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

[2] Estudiante del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

RESUMEN

Los taninos condensados son considerados metabolitos secundarios con compuestos fenólicos de gran interés económico y ecológico, estas características son fundamentales en la industria curtiembre; por lo cual los cueros curtidos naturalmente, ayudan a minimizar el impacto ambiental a causa del uso indiscriminado de tratamientos químicos utilizados por muchos años en este sector. Ante esta situación, se busca evaluar el efecto curtiente en la piel de pescado de la especie

Colossoma macropomum, sometida al curtido con taninos vegetales, extraídos de la savia del pseudotallo del plátano en estado de senescencia, esto con el fin de compararla con las propiedades físico-mecánicas del cuero industrial. Para iniciar el proyecto de investigación se realizará:

1) Extracción del tanino vegetal comparando la mejor concentración disolvente etanol agua entre (50:50) y (50:25/25).

2) Cuantificación del tanino presente en el pseudotallo mediante el análisis de espectrofotometría UV- VIS (método Folin Ciocalteu) y Cromatografía líquida HPLC.

3) Curtición de la piel de cachama negra con diferentes niveles de

concentración (6, 7, y 8 %) en cromo y (12, 15, y 17 %) en tanino vegetal para la posterior obtención del cuero.

4) Comparar el nivel más adecuado de curtición, teniendo en cuenta la evaluación de las propiedades físico-mecánicas del cuero de pescado. Entre los resultados esperados se escogerá el nivel de concentración más adecuado de etanol-agua, teniendo como referencia el análisis cuantitativo del rendimiento, longitud de absorbancia, naturaleza extraíble (polifenoles, taninos condensados e hidrolizables); en cuanto al proceso de curtición se busca validar la efectividad a través de los Métodos de Ensayos Físico Mecánicos de las pieles curtidas, según los estándares IUP (Pruebas de encogimiento, Ruptura de la flor, Resistencia al desgarre, tensión y elongación). Se espera que esos subproductos provenientes del sector agropecuario puedan ser aprovechados como materia prima en la producción de cuero a base de taninos condensados, pudiéndose caracterizar como un potencial sustituto de las sales de cromo, además de poder cumplir con las especificaciones que infieren en la calidad del cuero para que puedan tener un adecuado uso en su fabricación.

Palabras clave: Tanino vegetal, pseudotallo, análisis cuantitativo, cuero de pescado, prueba físico-mecánica.

Keywords: Vegetable tannin, pseudostem, quantitative analysis, fish tank, physical-mechanical work

Palavras-chave: tanino vegetal, pseudostêm, análise quantitativa, tanque de peixes, trabalho físico-mecânico.

2.2. EVALUACIÓN DE LA TORTA RESIDUAL SUBPRODUCTO DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SACHA INCHI (P*lukenetia volubilis*) PARA ALIMENTOS CONCENTRADOS DE ANIMALES

Assessment of the subproduct residual cake of the extraction of the sacha inchi oil (Plukenetia volubilis) for concentrated foods of animals

Avaliação do bolo residual do subproduto da extração do petróleo sacha inchi (Plukenetia volubilis) para alimentos concentrados de animais

Leidy Carreño[1]; Héctor Paz[1], Mónica Pacheco[1]; [4]Seidy Prada[2].

[1]Docentes Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Programa de ingeniería agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

[2]Estudiante del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

RESUMEN

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis L*.) es una oleaginosa reconocida ampliamente por su contenido rico en antioxidantes, proteínas altamente digeribles ricas en aminoácidos esenciales, se ha dado interés agroindustrial al aceite extraído de este fruto dejando de lado el principal subproducto de la extracción. Ante este panorama, este proyecto busca evaluar funcional y nutricionalmente la torta residual en el proceso de extracción del aceite de sacha inchi como una estrategia para establecer una cadena de valor alrededor de este alimento; la torta fue adquirida en la comercializadora Don Juan Organic S.A.S., Medellín, Colombia. Dentro de las fases desarrolladas en esta investigación, se realizó un análisis fisicoquímico, microbiológico y evaluación por espectroscopía infrarroja a la torta residual, se estableció el método para obtención de harina de sacha inchi a partir de la torta residual y por último la evaluación fisicoquímica, microbiológica y análisis por espectroscopía infrarroja a la harina, evidenciándose que la torta es un residuo con alto contenido de proteína (46,04 %), fibra (3,46 %); y su calidad microbiológica está claramente relacionada con las buenas prácticas a lo largo de la cadena agroindustrial; la torta residual se analizó por espectroscopía infrarroja FTIR utilizando un SHIMADZU modelo IR Affinity-1, con una relación S/N 30.000:1 y una resolución máxima de 0,5 cm^{-1}, previamente secada a 80

ºC durante 1 hora en horno determinando que el espectro de FTIR presentó señales intensas a 3305 cm^{-1} asociado a moléculas de agua, y tres picos a 3000, 2920 y 2826 cm^{-1} relacionado con enlaces CH3, CH2 y CH asociados con lípidos y carbohidratos y en 1743 cm^{-1} asociados con enlace C=O relacionadas con proteínas. Se inició la transformación de la torta residual a harina, realizando la molienda, luego se secó a tres temperaturas 60°, 70°, 80°, la harina obtenida es excelente fuente en proteína (54,56 %) y fibra (4,79 %), subproducto que no está siendo aprovechado. De acuerdo con lo anterior, se puede inferir que el subproducto de la extracción de aceite de Sacha inchi tiene un alto valor nutricional y funcional, puesto que su contenido es rico en carbohidratos, proteínas y grasa, convirtiéndolo en un potencial alimento concentrado en animales. Palabras clave: Carbohidrato, FTIR, grasa, oleaginosa, proteína, valor nutricional.

Palabras clave: Sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*), espectroscopía, oleaginosa, subproductos

Key words: Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), spectroscopy, oilseed, by-products.

Palavras-chave: Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), espectroscopia, oleaginosas, subprodutos.

2.3. ESTANDARIZACIÓN DE QUESO MOZZARELLA PRODUCIDO EN ECOBÚFALO CAMPESINO DE LA ASOCIACIÓN CAMPESINA DEL VALLE DEL RÍO DE CIMITARRA

Standardization of mozzarella cheese produced in campesino ecobúfalo of the campesine association of the valle del Cimitarra river

Padronização de queijo de chzzarella produzida em campesino ecobúfalo da associação campesina do vale do rio Cimitarra

Luz Elena Ramírez[1]; Mónica María Pacheco Valderrama[1].

[1]Docentes Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Programa de ingeniería agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

RESUMEN

En el marco de la recuperación de la productividad ganadera del valle del Río Cimitarra, marginado por el conflicto armado colombiano, en 2015 surgió una alternativa empresarial llamada Ecobúfalo Campesino, apoyada financieramente por Fundación La Caixa (España) que busca potencializar la producción bufalina mediante la comercialización de queso mozzarella a partir de leche de búfala producida en la vereda Puerto Matilde, Yondó-Antioquia. El objetivo principal de esta investigación fue realizar la estandarización del proceso de elaboración del queso mozzarella producido en Ecobúfalo Campesino, la cual tiene como estrategia productiva generar valor agregado a partir de la leche de búfala. Dentro de las fases desarrolladas en esta investigación, se realizó 1) caracterización fisicoquímica de la leche (acidez, pH, sólidos totales y extracto seco según las NTC 4978, 399, 4979 y 6045); 2) determinación de formulaciones y variables por: a) adición de cloruro al 0,005 y b) 0,010 % p/p, c) acidificación con cultivo láctico individual al 0,003 % p/p y d) mixto al 0,0015 % p/p con ácido cítrico al 12 p/p; 3) panel sensorial; y 4) caracterización fisicoquímica (humedad, proteínas, grasa, cenizas y fibra según NTC 529, 4657, 668, 282 y 668) y microbiológica del queso (determinación de bacterias, hongos y levaduras según NTC 4458 y 4132). Así mismo, dentro de los resultados obtenidos, se determinó que todas las propiedades fisicoquímicas de la leche cumplen con los rangos permitidos contemplados por el Ministerio de Protección social en el decreto 616-2006; en cuanto al desarrollo, se procesaron las tres (3) formulaciones de la cual se realizó un análisis sensorial por escala hedónica que arrojó que la mayor aceptabilidad fue la c y en cuanto a los requisitos microbiológicos y fisicoquímicos del queso, cumple con la NTC 750 y CODEX STAN-262-2006. La investigación concluye que bajo las

condiciones de producción del queso mozarrella de Ecobúfalo campesino, se puede estandarizar el proceso, de acuerdo a las características de la zona, facilitando el ingreso a mercados especializados en este tipo de productos.

Palabras clave: Posconflicto, formulación, valor agregado, fisicoquímica, microbiológico, aceptabilidad.

Keywords: Post-conflict, formulation, added value, physicochemical, microbiological, acceptability.

Palavras chave: Pós-conflito, formulação, valor agregado, físico-químico, microbiológico, aceitabilidade.

AGRADECIMIENTOS

A las estudiantes Marlly Luna Nieves y Luz Aida Padilla Franco, quienes participaron en la recolección y procesamiento de datos de esta investigación

3. PROYECTOS ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN CONTROL DE LA CALIDAD DE BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS (EN EJECUCIÓN)

3.1. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DEL ACEITE DE HIGUERILLA (*Riccinus communis L*) VARIANDO LA COMPOSICIÓN DEL CATALIZADOR

Study of the quality of biodiesel obtained from the higuerilla oil (Riccinus communis l) varying the composition of the catalyst

Estudo da qualidade de biodiesel obtido no óleo de higuerilha (*Riccinus communis* L), variando a composição do catalisador

Yuleisi Tatiana Caballero Hernández[1]; Jhon Jairo Martínez Pardo[2]; Cristian Andrés Torres Cañón[2]; Víctor Andrés Villareal Ardila[2].

[1]Docente Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Programa de ingeniería agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

[2]Estudiante del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas el planeta tierra ha experimentado cambios relacionados con el calentamiento global, el cual es causado principalmente por las altas concentraciones de gases de efecto invernadero, entre los cuales se destacan el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), provenientes principalmente del uso de combustibles fósiles empleados en la generación de energía. Estos combustibles provenientes de actividades antrópicas han mostrado no ser amigables con el medio ambiente, al no ser renovables, además de ser limitados.

Debido a lo anterior se hace necesario incentivar la investigación en busca de nuevos recursos, que suplan de forma parcial o total a los combustibles convencionales, pero que, además, contribuyan al cuidado del medio ambiente, disminuyendo de forma significativa la liberación de elementos contaminantes.

Una de las alternativas estudiadas en los últimos años es la producción de biocombustibles, específicamente

biodiesel, generado a partir de oleaginosas. Se plantea esta opción, como una posible solución para disminuir la demanda de combustibles convencionales, debido a que, al ser usado en mezcla con el diésel, disminuye de forma significativa la liberación de gases mencionados anteriormente, de igual manera, se ha observado disminución en las emisiones de azufre debido a que la cantidad de este elemento presente en la biomasa vegetal es muy baja.

Debido a lo anterior, se resalta que, los biocombustibles son más limpios y pueden causar menor contaminación. Sin embargo, su uso se ha visto limitado debido a que puede presentar elevada viscosidad, alto contenido de agua y cenizas, bajo valor calorífico, inestabilidad y alta corrosividad. Razón por la cual, las investigaciones en este campo deben ser constantes, evaluando los diferentes parámetros que puedan afectar la calidad del biodiesel.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la concentración del catalizador en calidad del biodiesel obtenido a partir del aceite de higuerilla *(Riccinus communis)*.

METODOLOGÍA

En la presente investigación se planteará un enfoque cuantitativo y descriptivo de los procesos necesarios para realizar el análisis de calidad y propiedades fisicoquímicas del Biodiesel producido a partir de aceite de Higuerilla.

PRODUCCIÓN DEL BIODIESEL

El biodiesel se obtuvo a partir de una relación aceite: metanol 5:1, empleando KOH en diferentes proporciones como catalizador básico para la preparación del metóxido.

PRUEBAS DE CALIDAD

1. Color. La medición de color se llevó a cabo mediante la norma ASTM D1500 - 12(2017), utilizando el colorímetro espectrofotométrico de alta precisión Lovibond PFXi- Series, empleando una celda de vidrio de máximo 30 ml.

2. Viscosidad. Se desarrolló mediante el método de prueba estándar para la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (ASTM D 445).

3. Gravedad API (°API). La gravedad API se midió mediante un densímetro.

4. Índice de cetano. Se llevó a cabo mediante la norma ASTM D4737-10.

5. Índice de acidez. Basándose en la norma NTC 218.

6. Densidad. La prueba se realizó usando un Picnómetro de Gay-Lussac, según la norma NTC 336.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 1. Relación 1: 3.5 g de KOH por cada 100 mL de metanol

BIODIESEL RICINO 0,6 KOH	VALOR	UNIDAD
GRAVEDAD API (Standard Rep 1)	19,7	° API
10% vol RECOBRADO (Unid_1 Rep 1)	312,3	°C
50% vol RECOBRADO (Unid_1 Rep 1)	354,3	°C
90% vol RECOBRADO (Unid_1 Rep 1)	378,7	°C
INDICE DE CETANO (Standard Rep 1)	34	
PUNTO DE INFLAMACION (ASTM D 93)	83,9	°C
VISCOSIDAD (ASTM D 445 a 40°C)	22,75	mm^2/s^2
COLOR (ASTM D 1500)	L0,5	
DENSIDAD a 20°C (NTC 336)	0,9319	g/cm^3
GRAVEDAD API (ASTM D 4052)	19,7	° API

Fuente: Autores

Tabla 2. Relación 2: 4 g de KOH por cada 100 mL de metanol

BIODIESEL RICINO 0,8 KOH	VALOR	UNIDAD
GRAVEDAD API (Standard Rep 1)	17,6	° API
10% vol RECOBRADO (Unid_1 Rep 1)	300,1	°C
50% vol RECOBRADO (Unid_1 Rep 1)	317,8	°C
90% vol RECOBRADO (Unid_1 Rep 1)	345,4	°C
INDICE DE CETANO (Standard Rep 1)	28	
PUNTO DE INFLAMACION (ASTM D 93)	86,7	°C
VISCOSIDAD (ASTM D 445 a 40°C)	58,71	mm^2/s^2
COLOR (ASTM D 1500)	1,5	
DENSIDAD a 20°C (NTC 336)	0,945	g/cm^3
GRAVEDAD API (ASTM D 4052)	17,6	° API

Fuente: Autores

El índice de cetano que se encuentra relacionado con la densidad del biocombustible y con el tiempo de ignición en un motor, se encuentra alrededor de 45 en el diésel comercial, por lo que en mezcla con biodiesel lo ideal, es que este último presente un valor lo más similar posible, observándose que con respecto a esta propiedad se ve favorecido el biodiesel con menor proporción de KOH (3.5 g de KOH por cada 100 ml de metanol), lo anterior posiblemente debido a que al terminar la reacción de transesterificación quede exceso del catalizador básico en la mezcla, que además, en presencia de trazas de agua, puede dar lugar a la formación de emulsiones.

Sin embargo, y a pesar de los buenos resultados con respecto al índice de cetano y punto de inflamación, los dos biodiesel presentan viscosidad elevada, lo que significa una desventaja, debido a que el diésel expone una viscosidad entre 1.9 y 5 mm/s^2, y mezclarlo con una sustancia tan viscosa podría alterar sus propiedades.

CONCLUSIONES

El biodiesel producido a partir de aceite comercial de higuerilla (*Riccinus communis L*), se obtienen resultados aptos para un biodiesel comercial en cuanto a índice de cetano y punto de inflamación se refiere, ya que se ve beneficiado la velocidad de ignición, así como la calidad de la combustión, sin embargo, al presentar un elevado grado de viscosidad, se hace necesario evaluar más parámetros que permitan decidir si es o no posible usarlo en mezcla con el diésel convencional.

Palabras clave: Biodiesel, aceite de higuerilla, catalizador

Palavras-chave: Biodiesel, óleo de figo, catalisador

Keywords: Biodiesel, fig oil, catalyst

3.2. PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DEL ACEITE DE PALMISTE MEDIANTE TRANSESTERIFICACIÓN

Production and evaluation of biodiesel quality parameters obtained from palmiste oil through transesterification

Produção e avaliação de parâmetros de qualidade de biodiesel obtidos no óleo de palmiste através da transesterificação

Luisa Fernanda Medina Caballero[1]; Diego Ferney Rodríguez Rúa[2]; Omaira Serrano Jimenez[2]; [4]Orlando Rueda Miranda[2].

[1]Docente Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Programa de ingeniería agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

[2]Estudiante del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

INTRODUCCIÓN

La crisis del petróleo de hidrocarburos ha impulsado a la comunidad científica a buscar nuevas fuentes energéticas como la extracción de hidrógeno, energía eólica, energía solar, turbinas impulsadas por las olas marinas, geotérmicas entre otras para generar energía eléctrica, ya que se estima que las reservas de petróleo durarán unos 40 años, sino se descubren nuevos yacimientos.

Para la combustión de motores han surgido otras fuentes como el etanol extraído de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum*) en Brasil; La mayoría del etanol producido en los Estados Unidos es de maíz (*Zea mays*); pero también puede ser producido a partir de otros feedstocks como el sorgo *(Sorghum bicolor*), trigo (*Triticum spp*), cebada (*Hordeum vulgare*), papa (*Solanum tuberosum*) o la remolacha azucarera (*Beta bulgaris*). En cuanto al biodiesel se ha extraído de girasol (*Helianthus annuus*), de maíz, higuerilla (*Ricinus comunis*), Jatrofa (*Jatropha curcas*), colza (*Brassica napus*), últimamente se ha producido biodiesel del aceite de palma (*Eleais guineensis*).

En la búsqueda de fuentes alternas de energía, resulta el biodiesel como una de las opciones exploradas debido a sus beneficios ambientales: capacidad de renovación, degradación y no toxicidad.

El biodiesel es definido como un combustible conformado por monoalquilésteres de ácidos grasos de cadena larga, derivados de aceites vegetales o grasas animales. Para

producirlo está la transesterificación, es el método más extendido, consiste en hacer reaccionar los triglicéridos de las grasas y aceites naturales con un alcohol para producir ésteres.

Estequiométricamente la reacción requiere de un mol de triglicérido por tres moles de alcohol; no obstante, se utiliza más alcohol, por encima del necesario, con el objetivo de aumentar el rendimiento del biodiesel y permitir la separación de fases. El alcohol más utilizado es el metanol, pero también pueden emplearse el etanol. Además, esta reacción puede ser catalizada por ácidos, bases o enzimas. Los catalizadores homogéneos, como KOH, NaOH y el H2SO4, son utilizados industrialmente en la producción de biodiesel debido a su alta actividad en reacción, bajo costo, disponibilidad y moderadas condiciones de operación. En esta investigación se evaluó parámetros de calidad del aceite de palmiste, un subproducto de la producción de la palma de aceite *Eleais guineensis Jacq*. Para ver su viabilidad para ser usado en motores de combustión interna Diésel. Los parámetros de calidad se tuvieron en cuenta según las normas internacionales: EN 14214 – Unión Europea y la ASTM 6751 – Estados Unidos, para Colombia la NTC 5444 (Armonizada con las dos anteriores).

OBJETIVO GENERAL

Obtener biodiesel a partir del aceite de palmiste mediante el proceso químico de transesterificación con metanol para evaluar los parámetros de calidad.

METODOLOGÍA

El procedimiento para la obtención de biodiesel, proveniente de aceite de palmiste, se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad de la Paz, UNIPAZ, Barrancabermeja, campo experimental Santa Lucia, está ubicada en el km 14 sobre la vía que conduce de Barrancabermeja a Bucaramanga.

PRUEBAS DE CALIDAD

Según la Doctora Mónica Cuéllar Sánchez (Fedepalma), las normas que regulan los requisitos de calidad para el biodiesel que se utilizó puro o en mezcla en motores Diésel son: EN 14214 – Unión Europea y la ASTM 6751 – Estados Unidos. Para Colombia la NTC 5444 (Armonizada con las dos anteriores) (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de calidad que se realizarán en laboratorio

PARAMETROS DE CALIDAD	NORMA
CONTENIDO DE HUMEDAD	NTC 287
DENSIDAD	NTC 237
IR (INFRARROJOS)	Norma (ASTM D7371)
ÍNDICE DE YODO	NTC 236
NÚMERO DE ÁCIDO	ASTM D 974
FAMES	EN 14103

Fuente: Autores

Otros parámetros de calidad son contenido de metanol, máximo 0,20 % (m/m) según la norma en EN 14110. Contenido de Glicerina Libres y Totales; Contenido Glicerina libre 0.020 % (m/m) norma EN 14105; EN 14106. Contenido Glicerina total 0,240 % (m/m) norma EN 14105; EN 14106.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la humedad. La metodología para obtener la humedad se repitió cinco veces hasta peso constante y los datos se registraron en la tabla 5. Se aplicó la formula y se obtuvo una humedad de 2,2% en el aceite de palmiste.

Determinación de la densidad. Los valores de densidad fuera del estándar pueden ocasionar problemas de combustión, como retrasos en la inyección y deterioro del rendimiento del motor, el resultado obtenido como se puede observar se encuentra por debajo al establecido en los límites de la NTC 237 (0,86-0,90) g/cm^3

FT IR (espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier). La figura 1 muestra unas zonas numeradas de 1-3 la cual indica grupos funcionales de ácidos grasos según la transmitancia. Longitudes de onda entre:

1. 3.000-2.800 vibraciones de tensión del enlace C-H (CH3) grasas saturadas

2. 1.745-1.725 vibraciones de tensión del enlace C=O grasas insaturadas

3. 967 vibraciones de tensión del enlace C=C-H grasas saturadas

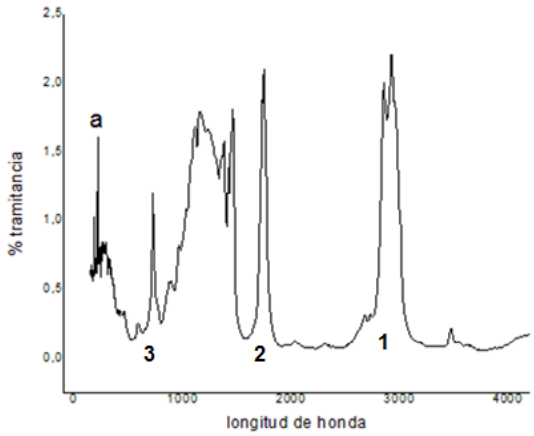

Figura 1. Espectrometría infrarroja (IR) del biodiesel de palmiste

CONCLUSIONES

La prueba de IR es cualitativa y el espectro permitió determinar la presencia de vibraciones de tensión de los enlaces C-H (CH3) grasas saturadas, C=O grasas insaturadas y C=C-H grasas saturadas.

El índice de yodo y el índice de acidez se encuentran por debajo del límite máximo establecido en la NTC, lo que indica un bajo nivel de ácidos grasos libres evitando la formación de gomas en el proceso de transesterificación y permitiendo la separación de las fases. Los parámetros de humedad y densidad del biodiesel obtenido a partir de aceite de palmiste, se encuentran por fuera de los límites establecidos en la NTC.

La prueba FAME permitió determinar que los acidos, Butírico (C4:0), Capróico (C6:0), Caprílico (C8:0), Cáprico (C10:0), Undecanóico (C11:0), Láurico (C12:0), Mirístico (C14:0), Palmítico (C16:0), se encuentran presentes en el biodiesel de palmiste.

El biodiesel obtenido a partir de aceite de palmiste cumple con algunas especificaciones para su potencial uso como mezcla con diésel comercial, si se realiza un proceso de secado que permita disminuir la humedad y más pruebas de calidad.

Palabras claves: Aceite de palmiste Biodiesel, calidad.

Keywords: Biodiesel palm kernel oil, quality.

Palavras-chave: Óleo de palmiste biodiesel, qualidade.

3.3. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE DIFERENTES CATALIZADORES EN EL BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DEL ACEITE DE PALMA *(Elaeis guineensis Jac)*

Study of the influence of different catalysts in biodiesel obtained from palma oil (Elaeis guineensis Jac)

Estudo da influência de diferentes catalisadores em biodiesel obtidos no óleo de palma (Elaeis guineensis Jac)

Luisa Fernanda Medina Caballero[1];
Howard Hernández Ballesteros[2];
Oscar Alberto Fajardo Fajardo[2];
Yeiniz Hernández Pedrozo[2].

[1] Docente Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Programa de ingeniería agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

[2] Estudiante del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cambio climático ha obligado a la humanidad a identificar nuevas fuentes de energía renovables que impacten en menor medida los recursos naturales. La industria petrolera es una de las de mayor impacto, debido a la alta emisión de Gases de efecto invernadero, producidos principalmente por el uso de combustibles fósiles.

La alternativa más atractiva para sustituir parcialmente el uso de combustibles convencionales, es el uso de los Biocombustibles. Actualmente existe un notable crecimiento en la producción de estos, relacionado no tanto por la diferencia de precios entre el diésel fósil y el biodiesel en el mercado, sino porque en Colombia el gobierno nacional ha estado incentivando el aumento de área de cultivo de Palma aceitera, principal materia prima para la producción del Biodiesel por su alto rendimiento. Colombia es el primer productor de aceite de palma africana, según Fedepalma, en su boletín el Palmicultor de abril el 2018, “El país cuenta con la infraestructura industrial y con 500 mil hectáreas de palma con cuya producción se podría proveer el aceite necesario para alcanzar mezclas del 20 % de biodiesel.

A medida que la producción de biodiesel y su consumo en Colombia, van incrementando es necesario que realicen análisis y discusiones que permitan evaluar los diversos métodos y catalizadores para que la producción sea eficaz y eficiente. Por esta razón es relevante evaluar la calidad de biodiesel derivado del cultivo de palma, con el ánimo de identificar que catalizadores permiten un mejor aprovechamiento en la producción de Biodiesel.

En esta investigación, se evidencian los procesos de transesterificación con catalizadores de hidróxido de sodio e hidróxido de potasio para la producción de biodiesel a partir aceite crudo de palma africana, suministrado por la empresa Indupalma LTDA, ubicada en la zona de San Alberto Cesar. Además, se evalúan los estándares de calidad del biodiesel obtenido, mediante pruebas fisicoquímicas siguiendo la metodología de la Norma Técnica Colombiana y se hace comparación con las especificaciones de calidad para la comercialización de biodiesel, regida por la norma "American Society of Testing and Materials" ASTM D6751 que asegura la calidad y funcionamiento del biodiesel y lo colocan como un combustible legal de motor para su venta y distribución.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los parámetros de calidad de los biodiesel obtenidos a partir de aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*) utilizando diferentes catalizadores (NaOH y KOH).

METODOLOGÍA

La investigación del presente trabajo se enfocó en el análisis cuantitativo y descriptivo del biodiesel obtenido a partir de aceite de palma africana utilizando diferentes dos catalizadores (NaOH y KOH) comparado con el biodiesel tradicional (B100). Este proceso se explica brevemente en la figura (diagrama de proceso).

Proceso. La metodología empleada involucró entonces dos fases: la primera un proceso de esterificación en condiciones ácidas para neutralizar los ácidos grasos y la segunda un proceso de transesterificación en condiciones cáusticas. En el montaje experimental realizado, se llevaron a cabo las siguientes etapas para la obtención de biodiesel:

1) Lavado realizado con agua destilada para la eliminación de gomas
2) Secado
3) Esterificación catalizada por ácido sulfúrico de los ácidos grasos del aceite de palma.
4) Transesterificación catalizada por hidróxido de potasio e hidróxido de sodio.
5) Activación y/o separación de las fases.
6) Lavado de la fase rica en ésteres.
7) Centrifugado y almacenamiento para análisis del biodiesel obtenido.

PRUEBAS DE CALIDAD

Se realizaron pruebas de calidad en laboratorio regidas por normas técnicas nacionales e internacionales al aceite de palma obtenido del presente estudio:

Índice de acidez. Esta prueba se rigió bajo la norma NTC 218.

Viscosidad. Se desarrolló mediante el método de prueba estándar para la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (ASTM D 445).

Densidad. Se determinó la densidad del biodiesel por medio de un picnómetro de 9,942 ml.

Índice de cetano. Se llevó a cabo mediante la norma ASTM D4737-10
Color. La medición de color se llevó a cabo mediante la norma ASTM D1500-12 (2017).

Gravedad API (°API). La gravedad API se midió mediante un densímetro automático digital.

Punto de Inflamación. Se llevó a cabo mediante la norma (ASTM D 93).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Porcentaje de rendimiento del aceite de palma en la obtención de biodiesel.

ACEITE DE PALMA (ml)	CATALIZADOR	BIODIESEL PRODUCIDO (ml)	% DE OBTENCION
200	KOH	180	90
200	NaOH	170	85

Fuente: Autores

Como se pudo observar el porcentaje de rendimiento volumétrico para el biodiesel obtenido en la transesterificación utilizando hidróxido de potasio como catalizador fue mayor al obtenido con el hidróxido de sodio, no obstante, ambos porcentajes superan el 70% lo cual hace viable la producción de biodiesel a partir del aceite palma africana (*Elaeis guineensis*).

Índice de acidez. El índice de acidez utilizando KOH como catalizador resultó menor que el obtenido para el primer catalizador, ambos resultados se encuentran por debajo del límite establecido en la norma que es de 0,5 $mgKOHlg$, lo que representa menor cantidad de ácidos grasos libres lo cual es un indicativo de buena calidad.

Viscosidad. La viscosidad medida es superior al del diésel comercial y al establecido por la norma que es de 6,0 $mm^2s^2⁄$; esto conduce al requerimiento de un sistema de inyección más potente para evitar problemas en la combustión ocasionada por la variación en el flujo de combustible.

Densidad. Se pudo observar se encuentran dentro de los límites establecidos en la norma (0,86-0,90) g/cm^3

Índice de cetano

Tabla 2. Índices de cetanos del biodiesel obtenido en la transesterificación con NaOH y KOH

Indices de cetanos	
NaOH	KOH
54	53

Fuente: Autores

Color. El resultado de ambas muestras en estudio, se encuentra en el rango de lo establecido en la norma que va en unidades de 0,5 a 8,0 en incrementos de 0,5 unidades.

Gravedad API (°API). Teniendo en cuenta que la gravedad API se encuentra directamente relacionado con la densidad (un rango de 870

kg/m3 y 920 kg /m^3), y nuestros resultados arrojaron que los biodiesel obtenidos están en el rango medio o intermedio, lo cual nos indica que está dentro de los parámetros de las Normas de Calidad.

Tabla 3. Gravedad API del biodiesel obtenido en la transesterificación con NaOH y KOH

Gravedad API	
NaOH	KOH
23,6 ° API	24,3 °API

Fuente: Autores

Punto de inflamación. El valor obtenido en la muestra de biodiesel utilizando NaOH como catalizador es mayor al de la segunda muestra de biodiesel con KOH, ambas muestras en estudio se encuentran por debajo al valor mínimo en la norma que es de min 120 °C. Lo que indica, un punto de inflamación por debajo del valor mínimo establecido, no es seguro almacenar el biocombustible en las mismas condiciones al diésel comercial.

CONCLUSIÓN

El biodiesel en estudio presentó un índice de acidez por debajo del límite máximo en la norma, en donde, el índice de acidez para la muestra con KOH resultó menor que el primer catalizador; lo que representa menor presencia de ácidos grasos libres que forman jabones (saponificación) y un menor rendimiento en la producción de biodiesel. Los valores de densidad e índice de cetano en la muestra de biodiesel catalizadas con NaOH y KOH se encuentran dentro de lo establecido, donde la muestra del catalizador de NaOH es mayor que la muestra de KOH en ambas pruebas, esto nos garantiza una combustión de calidad, un quemado total y uniforme del carburante y un rendimiento eficaz del motor.

Se concluye, que el biodiesel catalizado con KOH posee mejores propiedades fisicoquímicas que el catalizado con NaOH, éste presentó mayor rendimiento en obtención de biodiesel, menor índice de acidez, menor viscosidad y menor densidad.

Palabras claves: Biodiesel, aceite de palma, calidad, catalizadores.

Keywords: Biodiesel, palm oil, quality, catalysts.

Palavras-chave: Biodiesel, óleo de palma, qualidade, catalisadores.

3.4. EVALUAR MEDIANTE PRUEBAS FISICOQUÍMICAS LA CALIDAD DEL BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DE ACEITE DE PALMA OXG USANDO DIFERENTES CATALIZADORES PARA SU POTENCIAL USO COMERCIAL

Evaluate through physicochemical tests the quality of biodiesel obtained from palma OxG oil using different catalysts for potential commercial use

Avalie através de ensaios físico-químicos a qualidade do biodiesel obtido no óleo de palma OxG usando diferentes catalisadores para potencial uso comercial.

Luisa Fernanda Medina Caballero[1]; Edgar José Uzuga Villamizar[2]; Edna Rocío Fontecha Gallego[2]; Armando Ariza Pérez[2].

[1]Docente Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Programa de ingeniería agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

[2]Estudiante del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

INTRODUCCIÓN

El calentamiento de la atmosfera ha sido uno de los grandes desafíos del mundo científico, ya que se ha convertido en uno de los problemas más relevantes en el tema ambiental. El fenómeno conocido como efecto invernadero, es el responsable de la emisión de gases tales como el anhídrido carbónico (CO_2) y el metano, donde el dióxido de carbono se genera mayormente, del uso de combustibles fósiles (petróleo y carbón), usados como fuente de energía.

Una de las alternativas para solucionar este problema es el uso de biodiesel a partir de aceite de palma (OXG), como sustituyente en forma parcial o total de los combustibles de origen fósil, para así lograr una reducción significativa en la emisión de gases tóxicos al ambiente.

El crecimiento excesivo del comercio de vehículos diésel, ha incrementado la demanda de este combustible, es por esto que diversas naciones están invirtiendo en nuevas alternativas, en las que no dependan únicamente de la producción de combustible fósil, el cual es no-renovable.

La obtención de biodiesel tiene la ventaja de poderse producir en base a plantas, de cultivos renovables, con volúmenes óptimos capaces de sustituir los de origen fósil. Al usarse biodiesel se reduce aproximadamente un 80% las emisiones de CO2, y el 100 % de dióxido de azufre. Además, la combustión de biodiesel disminuye en 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados y entre 75 a 90%

en los hidrocarburos aromáticos, también, proporciona reducciones significativas en la emanación de partículas y de monóxido de carbono, que reduciría en gran manera la aparición de cáncer asociado a la emanación de estos gases.

En la búsqueda de generar una alternativa que contribuya al medio ambiente y el desarrollo agroindustrial, el presente trabajo evidencia los procesos de esterificación con ácido sulfúrico y transesterificación con catalizadores de hidróxido de sodio e hidróxido de potasio para la producción de biodiesel a partir aceite de palma OXG. Además, se evalúan los estándares de calidad del biodiesel obtenido, mediante pruebas fisicoquímicas siguiendo la metodología de la Norma Técnica Colombiana y se realiza la comparación con las especificaciones de calidad para la comercialización de biodiesel, regida por la norma "American Society of Testing and Materials" ASTM D6751 que asegura la calidad y funcionamiento del biodiesel y lo colocan como un combustible legal de motor para su venta y distribución.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar mediante pruebas fisicoquímicas la calidad del biodiesel obtenido a partir de aceite de palma (OXG), usando diferentes catalizadores para su potencial uso comercial.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en los laboratorios del Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ) ubicado en la finca Santa Lucía en el municipio Barrancabermeja Santander (Colombia) con una latitud de 7° 4'6.63"N y longitud de 73°44'39.96"O en la margen izquierda de la vía que comunica a Barrancabermeja a La Lizama

Tabla1. Métodos de análisis para el biodiesel obtenido a partir del aceite de palma OxG.

Tipos De Análisis	Método	Norma
Índice de acidez	El IA se define como el número de miligramos de KOH que se requieren para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en un gramo de grasa.	ASTM D 664
Índice de cetano	El IC permite evaluar la calidad del proceso de ignición de un combustible	ASTM D4737-10
Densidad	Esta prueba da idea del contenido en energía del combustible. Mayores densidades indican mayor energía térmica y una economía de combustible mejor. También explica la relación que existente entre una masa de combustible y el volumen que ocupa en unas condiciones de referencia de presión y temperatura dadas.	ASTM D 4052, ASTM D 1298
Viscosidad	Se realizara en equipo schott Visco Easy (viscosímetro rotacional)	ASTM D 445
Punto de inflamación.	Es el conjunto de condiciones de presión, temperatura, mezcla de gases en que una sustancia combustible/inflamable, normalmente un líquido, produce suficientes vapores que al mezclarse con el aire, se inflamarían al aplicar una fuente de calor	ASTM D 93; ISO 2719
Gravedad API	Es una medida de densidad que, en comparación con el agua a temperaturas iguales, precisa cuán pesado o liviano es el petróleo.	ASTM d3747 – 10

Fuente: MURILLO, J. (2003). producción de biodiesel a partir de aceite de palma. En J. MURILLO, producción de biodiesel a partir de aceite de palma. (pág. 39). Manizales: universidad nacional de Colombia. (MURILLO, 2003)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de biodiesel. Se evidencia que el porcentaje de rendimiento para el biodiesel obtenido

en la transesterificación utilizando hidróxido de potasio como catalizador fue mayor al obtenido con el hidróxido de sodio, no obstante, ambos porcentajes superan el 70% lo cual hace viable la producción de biodiesel a partir del aceite palma (OXG).

Tabla 2. Porcentaje de obtención de biodiesel a partir del aceite de palma OXG

ACEITE DE PALMA	METANOL	CATALIZADOR	BIODIESEL PRODUCIDO	% DE OBTENCION
200 ML	40 mL	KOH	195 mL	81,25%
200 ML	40 mL	NaOH	180 mL	75%

Fuente: Autor

Índice de acidez. Se evidencio que en la muestra usando KOH como catalizador tiene un menor índice de acidez que NaOH, aun así, ambos resultados se encuentran por debajo del límite establecido en la norma que es de 0,5 $mgKOH/g$, lo que representa menor cantidad de ácidos grasos libres considerados como impurezas del aceite.

Viscosidad. La viscosidad medida es superior al del diésel comercial y al establecido por la norma que es de 6,0 $mm^2s^2/$, esto conduce al requerimiento de un sistema de inyección más potente para evitar problemas en la combustión ocasionada por la variación en el flujo de combustible.

Densidad. Los valores de densidad fuera del estándar pueden ocasionar problemas de combustión, como retrasos en la inyección y deterioro del rendimiento del motor, los resultados de densidad obtenidos para el biodiesel a partir de la transesterificación con ambos catalizadores como se pudo observar se encuentran dentro de los límites establecidos en la norma (0,86-0,90) g/cm^3.

Índice de cetano. Una combustión de calidad ocurre cuando se produce una ignición rápida seguida de un quemado total y uniforme del carburante. Cuanto más elevado es el número de cetano, menor es el retraso de la ignición y mejor es la calidad de combustión. El número de cetano en la muestra utilizando NaOH como catalizador es mayor al usar KOH. Además, el resultado de ambas muestras en estudio, se encuentra por encima de lo establecido en la norma que es de 47. Esto garantiza la combustión completa del biodiesel obtenido.

Color. El color en la muestra utilizando KOH como catalizador es mayor al de la segunda muestra con NaOH. El resultado de ambas muestras en estudio, se encuentra en el rango de lo establecido en la norma que va en unidades de 0,5 a 8,0 en incrementos de 0,5 unidades.

Gravedad API (°API). La gravedad API en la muestra de biodiesel utilizando NaOH como catalizador es menor a la muestra con KOH, ambas muestras se encuentran dentro del rango de los crudos medio o intermedio lo que nos indica que se encuentra en una densidad 870 a 920

kg/m^3 cumpliendo con el parámetro establecido para el biodiesel.

Punto de inflamación. Las muestras analizadas están por debajo en relación al valor mínimo en la norma que es de min 120 °C. Por lo tanto, un punto de inflamación por debajo del valor mínimo establecido indica que no es seguro almacenarse en las mismas condiciones al diésel comercial.

Tabla 4. Punto de inflamación del biodiesel obtenido en la transesterificación con NaOH y KOH

Punto de inflamación	
NaOH	KOH
96,5 °C	91,3 °C

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

El biodiesel de mayor índice de cetano se obtuvo utilizando NaOH como catalizador, de acuerdo a la literatura es más eficiente y tiene un costo menor que otros catalizadores.

La densidad, el color, el índice de acidez y el índice de cetano de los biodiesel obtenidos están dentro de los límites establecidos en los estándares de calidad, garantizando una combustión de calidad, un quemado total y uniforme del carburante y un rendimiento eficaz del motor. Se encuentra dentro del rango de los crudos medio o intermedio. Con una gravedad de 23,9 y 24,2 °API con un punto de inflamación menor 120 °C esto nos demuestra que es más susceptible a la combustión y no puede almacenarse de la misma forma que los biodiesel convencionales.

Palabras claves: Aceite de palma OXG, biodiesel, pruebas fisicoquímicas.

Keywords: OXG palm oil, biodiesel, physicochemical tests
Palavras-chave: óleo de palma OXG, biodiesel, testes físico-químicos

3.5. PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DE LA CASCARA DE LIMÓN CRIOLLO *(Citrus x aurantifolia)*

Production of bioethanol from residues of the lemon criollo husk

Produção de bioetanol de resíduos do cascara de limón criollo

Olga Cecilia Alarcón Vesga[1]; Martin Cuesta Duran[2]; Luz Edith Garcés Barajas[2]; Karen Liseth Jaimes Suarez[2].

[1] Docente Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Programa de ingeniería agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

[2] Estudiante del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la mitad de los residuos orgánicos que diariamente se generan en los hogares, restaurantes, plazas de mercado y otros establecimientos, se convierten en un problema ambiental y de salud por su inadecuada disposición final, en donde los desechos orgánicos generan problemas como; las emisiones de metano, contaminación de acuíferos por lixiviación y olores en las zonas habitadas colocando en riesgo la salud de las personas y animales.

Los residuos orgánicos representan una oportunidad para crear un sistema de circuito cerrado en favor de la sostenibilidad, con un menor impacto ambiental y con la elaboración de subproductos que dan valor a la cadena, estos residuos pueden someterse a un manejo que cause beneficios en materia de suministro de agua y generación de energía, dando lugar a la mitigación de los efectos del cambio climático y mejoramiento de la calidad del medio ambiente.

Con lo anterior, se ha venido investigando alternativas energéticas distintas a las fuentes convencionales, llevando al uso de materias primas naturales a la producción de biocombustibles donde se destacan el bioetanol. Este es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de azucares presentes en granos y plantas vegetales tales como cereales y caña de azúcar, dichos azucares están combinados en forma de sacarosa, algodón, hemicelulosa y celulosa. Como alternativa ambiental se presenta la utilización de residuos agroindustriales lignocelulósicos para la producción de bioetanol empleando en su mayoría procesos biológicos.

La presente investigación pretende aprovechar los residuos orgánicos agroindustriales como lo es la cascara de limón criollo *Citrus x aurantifolia*

(christm) Swingle, para la obtención de bioetanol, con el propósito de reducir el impacto negativo que los desechos están ocasionando en la actualidad.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad de producción de bioetanol a partir de la cáscara de limón criollo *Citrus x aurantifolia* (christm) Swingle.

METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó en el instituto universitario de la paz, sede de investigación santa Lucia, ubicado en la vereda el Zarzal km 14 de la vía Barrancabermeja – Bucaramanga.

Descripción de la materia prima. Se utilizaron cáscaras de limón criollo provenientes de desechos orgánicos de viviendas de la vereda San José, perteneciente a la zona baja del Municipio de San Vicente de Chucurí del Departamento de Santander. La descripción del proceso de adecuación de la materia prima y la obtención del bioetanol, se describe en la figura 1.

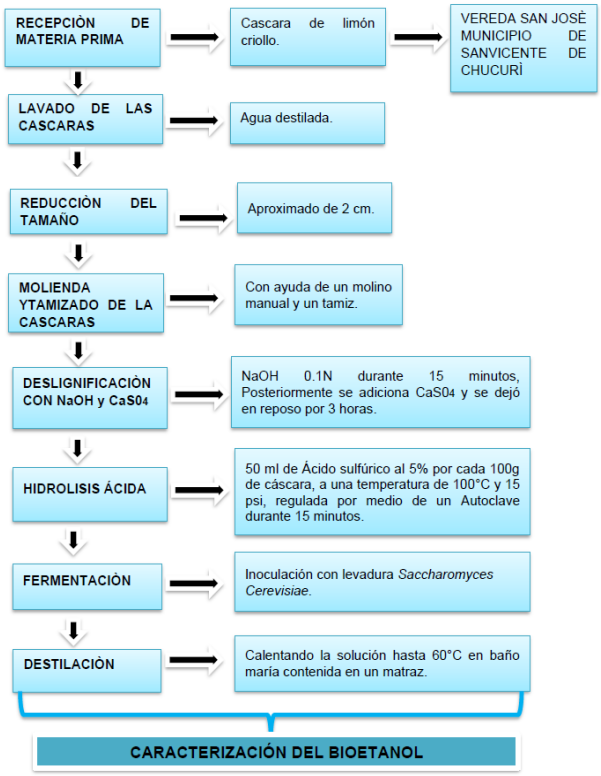

Figura 1. Diagrama del procedimiento metodológico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de esta prueba se muestra en la Figura 2, en donde se evidencia el alto contenido de humedad (80.2%) que presentan las cáscaras, lo cual contribuye a su rápida degradación, además, de la que incrementa la posibilidad de proliferar hongos tanto en cáscara como en los jarabes que darán lugar a los alcoholes.

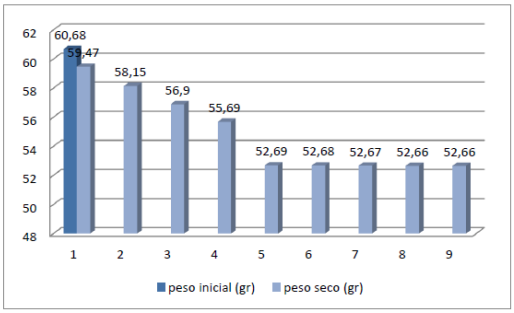

Figura 2. Perdida de humedad de la materia prima

Tabla 1. Balance de concentraciones de glucosa

mg	[mg/ml]	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio	Desv estandar
10	1	1,719	1,723	1,721	1,721	0,0020
20	2	2,929	2,897	2,915	2,914	0,0160
40	4	3,870	3,877	3,875	3,874	0,0036
80	8	4,007	4,012	4,011	4,010	0,0026
100	10	4,153	4,144	4,149	4,149	0,0045
200	20	4,214	4,229	4,220	4,221	0,0075
400	40	4,554	4,554	4,554	4,554	0,0000
600	60	4,573	4,578	4,576	4,576	0,0025

Fuente: Autores

De la lectura de absorbancia obtenido para el jarabe (4,470) se obtuvo una lectura aproximada para la concentración de jarabes del 30 mg/ml. Estos azucares son la base para la producción de alcoholes, en el proceso de fermentación enzimática.

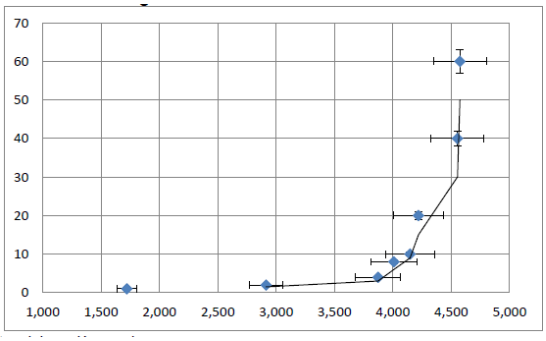

Figura 5. Curva de azucares totales a partir de diferentes concentraciones de glucosa

CONCLUSIONES

Se concluye que a partir de residuos agroindustriales como la cáscara de limón criollo *Citrus x aurantifolia (*christm*)* Swingle es posible obtener bioetanol ya que la presencia de azucares reductores en las muestras hace de este compuesto lignocelulósico una alternativa para la producción de biocombustible.

Según los resultados obtenidos se afirma que el rendimiento volumétrico de alcoholes varía entre 12 y 25% para las concentraciones de levadura de 2 y 3%.

Los datos obtenidos evidencian que, las cantidades de levadura empleadas para la fermentación, no presentan una variación significativa una con respecto a la otra en la producción de bioetanol.

Palabras claves: Bioetanol, limón criollo, residuos

Keywords: Bioethanol, Creole lemon, waste

Palavras-chave: Bioetanol, limão crioulo, resíduos

Ingeniería Agroindustrial

Publicación cofinanciada por la Escuela de Ingeniería Agroindustrial del Instituto Universitario de la Paz

Directora de Escuela
Mónica María Pacheco Valderrama

Anuario 2018. Escuela de Ingeniera Agroindustrial
ISSN 2711-4880

U N I P A Z
Instituto Universitario de la Paz
Centro de Investigación Santa Lucía Km 14 Vía Bucaramanga. Teléfono: 314 275 6561- 304 576 2211/ 6025185/ 6025419/ 6026100
informacion@unipaz.edu.co - Página Web: www.unipaz.edu.co
Barrancabermeja / Santander / Col