

Diseño del proceso industrial para la elaboración de shampoo a partir de la saponina de la raíz de penco

Design of the industrial process for the production of shampoo from the saponin of the penco root.

- ¹ Mónica Lilián Andrade Avalos  <https://orcid.org/0000-0001-5736-5607>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
moandrade@esPOCH.edu.ec
- ² Verónica Mercedes Cando Brito  <https://orcid.org/0000-0001-9290-8523>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
vcando@esPOCH.edu.ec
- ³ Víctor Oswaldo Cevallos Vique  <https://orcid.org/0000-0001-5525-5818>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
vicevallos@esPOCH.edu.ec
- ⁴ Elizabeth Del Rocío Escudero Vilema  <https://orcid.org/0000-0002-5406-9439>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
elizabeth.escudero@esPOCH.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 16/05/2024

Revisado: 15/06/2024

Aceptado: 08/07/2024

Publicado: 13/08/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v6i3.1.517>

Cítese:

Andrade Avalos, M. L., Cando Brito, V. M., Cevallos Vique, V. O., & Escudero Vilema, E. D. R. . (2024). Diseño del proceso industrial para la elaboración de shampoo a partir de la saponina de la raíz de penco. AlfaPublicaciones, 6(3.1), 69–84. <https://doi.org/10.33262/ap.v6i3.1.517>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras claves:

diseño,
industrial,
shampoo,
saponina, raíz,
penco

Keywords:

design,
industrial,
shampoo,
saponin, root,
penco

Resumen

Introducción: En la actualidad existe variedad de shampoo, que son elaborados a partir de los componentes químicos; considerados como tensoactivos utilizados para la limpieza capilar, eliminando el sebo del cuero cabelludo. El shampoo obtenido de la raíz del penco es un producto biodegradable empleado para sustituir estos componentes derivados del petróleo que generan problemas ambientales contaminando el agua, la elaboración de este producto biodegradable cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana de Agentes Tensoactivos Champú delimitada en las INEN 051. **Objetivo:** Diseñar un proceso industrial para la elaboración de shampoo a partir de la saponina de la raíz de penco (agave americano) para la fábrica “infusiones y cosméticos naturales”, **Método:** en esta investigación se utilizaron los métodos de tipo inductivo, deductivo y experimental se utilizarán para recopilar información y datos durante el desarrollo de este proyecto **Resultados:** resultados obtenidos son de utilidad para la validación del diseño del proceso de elaboración de este producto, por tanto que se obtienen los siguientes valores: materia grasa total 25,10 %; tensoactivos aniónicos 10,29 %; alcalinidad libre (NaOH) 0 %; acidez libre 0,23 % y pH 7,50. Estos hallazgos demuestran que el champú cumple con las especificaciones de la norma y que ningún parámetro está fuera de rango; por lo tanto, se valida el proceso, lo que indica que se ha obtenido un producto de alta calidad con características biodegradables **Conclusión:** Se realizó un análisis físico-químico del shampoo líquido biodegradable creado en laboratorio, según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 851: Agentes tenso activos. Shampoo. Requisitos, norma que establece los estándares mínimos de calidad del producto terminado que es adecuado para el uso doméstico después de lavado de cabello.

Abstract

Introduction: Currently there is a variety of shampoos, which are made from chemical components, which is a liquid soap to wash your hair, which is used to eliminate sebum from the scalp. Therefore, this product is used to replace these components derived from petroleum, using biodegradable chemical products, which has generated environmental problems, based on the Ecuadorian Technical Standard for Shampoo Surfactant Agents delimited in

INEN 051. **Objective:** Design a process industrial for the production of shampoo from the saponin of the penco root (American agave) for the “natural infusions and cosmetics” factory, **Method:** in this research, inductive, deductive and experimental methods will be used to compile information and data during the development of this project **Results:** results obtained are useful for validating the design of the manufacturing process of this product, therefore the following values are obtained: total fat matter 25.10%; anionic surfactants 10.29%; free alkalinity (NaOH) 0%; free acidity 0.23% and pH 7.50. These findings demonstrate that the shampoo meets the specifications of the standard and that no parameter is out of range; Therefore, the process is validated, which indicates that a high quality product with biodegradable characteristics has been obtained **Conclusion:** A physical-chemical analysis of the biodegradable liquid shampoo created in the laboratory was carried out, according to the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 851: Active tensile agents. Shampoo. Requirements, a standard that establishes the minimum quality standards of the finished product that is suitable for home use after hair washing.

Introducción

El champú es un producto cosmético destinado para eliminar la caspa, la suciedad, la grasa, las partículas de la piel y los contaminantes ambientales del cabello. Desde hace mucho tiempo, los egipcios han utilizado este producto para su cuidado personal. El jabón y las hierbas aromáticas constituían el shampoo original; sin embargo, provoca alergias e irritación de la piel. Para lavarse el cabello en Ecuador, las personas frota la raíz de cabuya (agave americano) en el agua y diluyen la ceniza en agua. Esto hace que el cabello sea suave y brillante (Sampedro & Sánchez, 2019, p. 48).

Los tensoactivos aniónicos constituyen la base de la mayoría de los detergentes, incluyendo los detergentes generales, los champús, los detergentes para textiles y lavavajillas, entre otros. Los cationes, por otro lado, se emplean principalmente en los desinfectantes y champús acondicionadores, así como en los suavizantes de telas en pequeñas cantidades. Los problemas ambientales a medio y largo plazo se pueden anticipar con respecto a los tensoactivos catiónicos, los cuales son los menos biodegradables (Ortega, 2010, p.34).

Los limpiadores ecológicos son productos hechos con sustancias naturales o al menos no perjudiciales para el medio ambiente. Para ser considerados respetuosos con el medio ambiente, los ingredientes de los detergentes deben ser biodegradables (Quezada, 2021, p.16).

Para agregar valor a las plantas andinas, como el penco, utilizando sus propiedades y ofreciendo una nueva perspectiva de industrialización, la investigación actual tiene como objetivo desarrollar una alternativa. Por sus propiedades saponificantes, emulsionantes y medicinales, el penco se puede utilizar como un lavado biodegradable, lo cual contribuye a disminuir los daños ambientales. Se propone la creación del procedimiento adecuado para obtener un tenso activo biodegradable respetuoso con el medio ambiente; mediante este proceso se espera crear un lavado que, por sus beneficios, proteja las necesidades de las personas. Como proceso económico, la adquisición de la materia prima naturalmente ayudará a varias organizaciones a maximizar los recursos y a generar un ingreso rentable y favorable.

Gracias a su investigación, creó un método para eliminar CR 6 y 3 en todos los tipos de agua, lo que representa la concentración inicial de 1.25 a 5 horas y 0.05 a 0.25 horas/millones, utilizando la raíz de agave estadounidense, rica en saponina como un estrés natural, como (Arcos & Vivar, 2015, p.56). Las condiciones óptimas para eliminar CR 6 son: 37.4 horas / millones de extracto de saponina, $t = 21^{\circ} \text{C}$, $\text{pH} = 7.5$ y movimiento moderado durante 10 minutos y en 3 es: 74.8 horas / millones de extracto de saponina, $t = 21^{\circ} \text{C}$, $\text{pH} = 8.0$ y emoción moderada durante 10 minutos.

Se llevaron a cabo investigaciones para descubrir las características farmacológicas y medicinales de las raíces de Agave Americana (agaváceas), utilizando una variedad de métodos de análisis, como la macromorfología, los caracteres microscópicos, las constantes fisicoquímicas y el cribado fotoquímico (Kadam et al., 2012, p.23-25). Una medida crucial para evaluar la calidad, la pureza y la caracterización de la muestra es la estandarización; los resultados de las pruebas indicaron la presencia de saponinas y flavonoides que tienen valor terapéutico. De esta manera, se puede realizar una valoración detallada para aislar el componente activo, de modo que se pueda demostrar científicamente que puede acercarse a las respuestas farmacológicas de la planta para determinar el uso y su popularidad de las plantas medicinales.

En tanto que (Nicho & Peña, 2019, p.34), explican que la investigación mostró que el uso de shampoo de Saqta influye en la disminución del 99.17% de surfactantes químicos en las aguas grises y es una alternativa sostenible, debido a que este fue elaborado a partir de productos naturales libres de surfactantes químicos. El nivel ideal de concentración para obtener un shampoo de Saqta fue de 11 mg/mL. 5.5 g de Saqta fueron necesarios para producir 500 mL de shampoo. Las cualidades físicas y químicas del shampoo

incluyeron un pH de 6,5, una viscosidad de 16560 cP, un índice de espuma de 0,08 y una concentración de surfactantes de menos de 0.05 mg/L.

Según Castellano & Yugsi (2014), la sierra ecuatoriana no ha tenido aplicaciones industriales relacionadas con los beneficios de la planta. Esto se debe a una serie de factores desfavorables que existen en nuestro país, como la industrialización descuidada, la falta de investigación sobre los beneficios del agave y la industrialización en sí misma. Otra cosa es que la migración de nuestros nativos a las ciudades los ha llevado a olvidar por completo que en nuestro país hay una planta que podría ser muy beneficiosa para nosotros. El grupo de glucósidos solubles en agua, las saponinas, tienen la característica de que al agitar su solución producen una espuma grande y relativamente estable; además, se obtienen los carbohidratos a través de la hidrólisis de las saponinas.

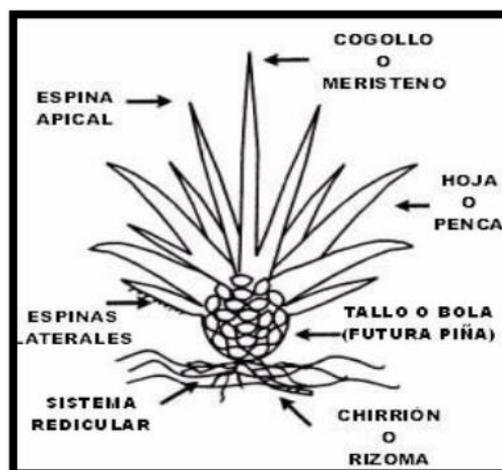
El agave

El agave americano, también conocido como agave, es la primera especie plantarum que recibe el nombre "agave" en griego, que significa "maravilloso". Se le dieron varios nombres en los idiomas que se hablaban en México durante la conquista (Tuitise & Valverde, 2017, p.6).

Para cultivar sus cultivos, los nativos preparaban los trozos más suaves con agua caliente o extracto simple en lugares similares a las chimeneas donde se colocaba carbón. (Tuitise & Valverde, 2017, página 6)

Figura 1

Anatomía del Agave



Fuente: Tuitise & Valverde, 2017, p.7.

Agave Americano

Decientas especies del género *Agave* se encuentran en México, Estados Unidos, Colombia, Ecuador y Venezuela. Su madurez varía entre los 10 y los 25 años, y sus hojas pueden superar los 2 metros de altura y los 4 metros de ancho. Con el nombre de penco o cabuya, el agave americano tiene una gran cantidad de saponinas (Ulloa, 2018, p.20).

Desde la antigüedad, se han distinguido por una amplia gama de usos, como combustible, alimento, bebida, medicina, refugio, fibras duraderas de las hojas, abono, construcción de viviendas, herramientas agrícolas, jabón para la ropa, cepillo, escobas, cesta, entre otras aplicaciones (García, 2007, p.5).

Sapogeninas

Las sapogeninas son metabolitos secundarios de un gran grupo de compuestos con una estructura de anillo terpenoide o esteroide. Los oligosacáridos los sustituyen mediante enlaces glucosídicos, lo que los hace dimétricos. Las saponinas también muestran una alta actividad superficial debido a la combinación de grupos polares (azúcares) y grupos no polares (esteroides o triterpenos) en su estructura, lo que les permite ser utilizadas como detergentes naturales y al contacto con el agua formarán un coloide, la cual es una solución espumante, con buenas propiedades, así como estabilizantes y emulsionantes en productos de limpieza y cosméticos (Ahumada, et al., 2016, p.4).

La naturaleza de la aglicona determina la clasificación de las saponinas:

- Saponinas esteroidales
- Saponinas triterpénicas

Tabla 1

Clasificación de las saponinas

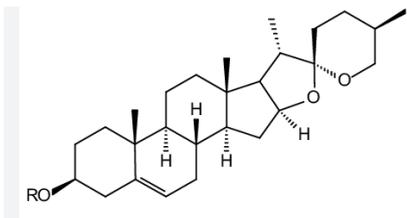
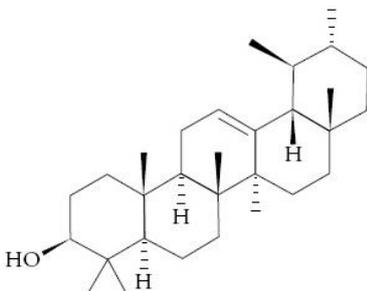
| Clasificación | Monocotiledóneas | Dicotiledóneas | Estructura |
|---------------|--|-------------------------------|---|
| Esteroidales | Liliaceae Dioscoreaceae amaryllidaceae | Solanaceae Scrofulariaceae |  <p>Saponina Esteroidal</p> |

Tabla 1

Clasificación de las saponinas (continuación)

| Clasificación | Monocotiledóneas | Dicotiledóneas | Estructura |
|----------------|---|----------------|--|
| Triterpenoides | Caryophyllaceae Sapindaceae Polygaceae Sapotacea | |  <p>Saponina Triterpenoide</p> |

Fuente: Aigaje, et al., 2021, pp.11-12.

Shampoo

Los egipcios utilizaban este producto desde la antigüedad porque lo consideraban la esencia de la higiene personal. Un peluquero inventó la fórmula del primer champú en el siglo XX. Luego se incorporaron ingredientes activos y agentes industriales a la formulación original. Con base limpiadora (acondicionador y perfume) y compuestos bioactivos de animales y plantas, se puede hacer un shampoo (Sampedro & Sánchez, 2019, p.17).

El champú es un producto de preparación cosmética para el cuidado del cabello. Se utiliza para eliminar la caspa, la grasa, la caspa, la suciedad, los contaminantes ambientales y otras partículas que se acumulan en el cabello.

Metodología

El diseño de un proceso industrial para fabricar shampoo a partir de la saponina de la raíz de penco (Agave Americano) se basa en investigaciones teóricas y prácticas, así como en experimentos que identifican las variables y cada una de las operaciones unitarias involucradas en el proceso de obtener un surfactante natural y convertirlo en un producto final. Los métodos de tipo inductivo, deductivo y experimental se utilizarán para recopilar información y datos durante el desarrollo de este proyecto.

Resultados discusión

Se comenzó con la recepción y selección de materia prima para fabricar shampoo a partir de la saponina de penco (agave americano), después se realizó la caracterización física para lograr el producto final. Los análisis físicos se llevaron a cabo en el laboratorio de

investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Análisis físicos de la saponina

Tabla 2

Parámetros físicos de la saponina

| Caracterización | Resultados | Unidades |
|----------------------|------------|----------|
| Brix | 28,82 | Grados |
| Densidad | 1,11 | g/cm^3 |
| Índice de refracción | 1,37903 | - |
| Viscosidad | 9,94 | Cp |
| Temperatura | 20 C | °C |
| PH | 5,06 | Ph |

Fuente: (Arévalo, D. & Andrade, M., 2013)

Pruebas cualitativas del contenido de saponina

A continuación, se presentó ensayos cualitativos utilizados para determinar la presencia de saponinas:

Tabla 3

Ensayos cualitativos de saponina

| Pruebas cualitativas | Resultados |
|--|----------------------|
| Prueba de altura y estabilidad de espuma | + |
| Reacción de Rosenthaler | + (coloración verde) |

Fuente: (Arévalo, D. & Andrade, M., 2013)

Validación del producto

Validación del detergente a base de saponina del penco

El análisis físico y químico del producto final (shampoo hecho a partir de la saponina de penco), que se compara con la norma NTE INEN 851: Agentes tensoactivos, es certificado para que cumpla con la técnica de calidad y pueda ser consumido. Además, estos hallazgos confirman que cumplen con los parámetros establecidos y que están preparados para ser elaborados de acuerdo con la normativa ecuatoriana.

Tabla 4
Especificaciones del shampoo líquido

| Parámetros | Resultado | Unidad | Método de análisis interno | Método de análisis de referencia |
|------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Materia grasa total | 25.10 | % | MFQ-131 | NTE INEN 823:1982/ Gravimetría |
| pH | 7.50 | (T: 20.0 °C) Unidades de pH | MFQ-333 | NTE INEN 3167:2019/ Electrometría |
| Tensoactivos aniónicos | 10.29 | % | MFQ-83 | NTE INEN 833:2020/ Volumetría |
| Alcalinidad libre | 0.00 | % (NaOH) | MFQ-136 | NTE INEN 821:1982/ Volumetría |
| Acidez libre | 0.23 | % (Ác. Oleico) | MFQ-460 | NTE INEN 822:1982/ Volumetría |

Fuente: (Arévalo, D. & Andrade, M., 2013)

Análisis de costo – beneficio del proyecto

El análisis económico para la producción de 500 ml de shampoo en 1000 unidades

Tabla 5
Análisis de costo - beneficio del proyecto

| Detalle | Valor (\$) |
|-------------------|------------|
| TIR | 133.931,28 |
| VAN | 197.337,87 |
| Costo – beneficio | 1,4734 |

Fuente: (Arévalo, D. & Andrade, M., 2013)

Para concluir que la inversión en el proyecto es rentable y viable, el valor costo beneficio indica una rentabilidad de \$1.3308 por cada dólar invertido, lo que equivale a un beneficio aproximado del 39 %.

Tabla 6
Indicadores financieros de la factibilidad del proyecto

| Conclusión | Resultado | Factible / No Factible |
|---|-------------------------|------------------------|
| TIR (Tasa interna de retorno) es mayor a la tasa de descuento | 39% > 10% | FACTIBLE |
| VAN (Valor actual neto) es mayor que la inversión inicial | 197.337,87 > 133.931,28 | FACTIBLE |
| Recuperación de inversión es menor a 10 años | 2 años > 10 años | FACTIBLE |
| Costo – beneficio mayor a 1 | 1,4734 > 1 | FACTIBLE |

Fuente: (Arévalo, D. & Andrade, M., 2013)

El proyecto es viable y factible para la producción de shampoo biodegradable a partir de la saponina de penco, ya que tiene un coeficiente de costo – beneficio de 1,4734 \$ y los valores de VAN y TIR son superiores a la inversión inicial y a la tasa de descuento, respectivamente, por lo tanto, se llega a la conclusión que el proyecto técnico es viable para su ejecución.

Resultados de diseño de equipos

Los resultados obtenidos de cada equipo diseñado fueron:

Tabla 7
Resumen de resultados

| Equipo | Característica | Valor | Unidad |
|----------------------------|------------------------------------|---------|---------------------|
| Mesa de recepción y lavado | Volumen de la mesa | 582,552 | L |
| | Largo de la mesa | 1620 | Mm |
| | Ancho de la mesa | 1240 | Mm |
| | Altura de los pliegues | 290 | Mm |
| | Espesor de la bandeja | 5 | Mm |
| | Altura de la estructura de la mesa | 453 | Mm |
| | Densidad del producto | 1,07 | gr/ cm ³ |
| | Masa del producto | 802,34 | Kg |
| Cortadora | Capacidad | 1000 | kg/h |
| | Potencia | 1,85 | Kw |
| | Largo de la cortadora | 1685 | Mm |
| | Ancho de la cortado | 645 | Mm |

Fuente: (Arévalo, D. & Andrade, M., 2013)

Tabla 7
Resumen de resultados (continuación)

| Equipo | Característica | Valor | Unidad |
|----------------------|-----------------------------|-----------|--------|
| Licuadora Industrial | Alto de la cortadora | 1440 | Mm |
| | Altura | 85 | Cm |
| | Ancho | 45 | Cm |
| | Profundidad | 55 | Cm |
| | Volumen de producto | 40 | L |
| | Potencia | 2,5 | Kw |
| Tanque macerador | Presión hidrostática | 16672,74 | Pa |
| | Presión máxima | 117997,74 | Pa |
| | Espesor del tanque | 12,1647 | Mm |
| | Material | AISI 316L | U |
| | Nº de placas | 15 | U |
| | Nº de cámaras | 14 | U |
| Filtro prensa | Longitud | 1455 | Mm |
| | Anchura | 1167 | Mm |
| | Altura | 1396 | Mm |
| | Volumen de la torta | 21 | L |
| | Caudal de la bomba | 6,8 | l/m |
| | Volumen del depósito | 30 | L |
| Destilador | Potencia | 3 | kW |
| | Volumen inferior | 9,708 | L |
| | Volumen de la cámara | 72,813 | L |
| | Volumen de alimentación | 592,258 | L |
| | Volumen concentrado | 82,521 | L |
| | Volumen evaporado | 509,737 | L |
| Dosificador | Volumen del producto | 500 | L |
| | Diámetro del tanque | 0,79 | Mm |
| | Altura del tanque | 1 | Mm |
| | Longitud del brazo agitador | 0,49 | Mm |
| | Diámetro del rodete | 0,59 | Mm |
| | Velocidad angular | 40,463 | Rpm |
| | Potencia del agitador | 0,0791 | Hp |

Fuente: (Arévalo, D. & Andrade, M., 2013)

Área de proceso de producción

El área de producción es un departamento cuya tarea principal es fabricar los productos de la empresa, transformando insumos o recursos (energía, mano de obra materias

primas, capital, conocimiento) en productos terminados (bienes o servicios). El proyecto requiere, por lo tanto, una superficie de 190,62 metros cuadrados que la empresa posee y que sea factible llevar a cabo.

Discusión

Se utilizó el rotavapor para concentrar las saponinas para extraer la saponina biodegradable de la raíz de penco, donde se empleó alcohol etílico al 96 % de pureza como solvente orgánico. Mientras para la elaboración de shampoo se utilizaron los siguientes componentes En 60 g se incluyen los 100 g de comperlan y 250 g de saponina del Agave americano, mezclada con texapon. La glicerina contiene unos 20 g, con aproximadamente 10 g de vitamina E y aroma, y los conservantes y nacarante tienen el mismo valor.

Con respecto a la descripción final del shampoo biodegradable elaborado según la Norma NTE INEN 851: Agentes tensoactivos. Champú requisitos para shampoo líquido de uso doméstico, se establece que los resultados obtenidos son de utilidad para la validación del diseño del proceso de elaboración de este producto, por tanto que se obtienen los siguientes valores: materia grasa total 25,10 %; tensoactivos aniónicos 10,29 %; alcalinidad libre (NaOH) 0 %; acidez libre 0,23 % y pH 7,50. Estos hallazgos demuestran que el champú cumple con las especificaciones de la norma y que ningún parámetro está fuera de rango; por lo tanto, se valida el proceso, lo que indica que se ha obtenido un producto de alta calidad con características biodegradables.

Se llevó a cabo un análisis de costo beneficio para producir cada mes 500 litros de shampoo en lotes de 1000 unidades; el costo de producción es de \$4,15 por unidad y, teniendo en cuenta un margen de utilidad del 35 %, puede ser vendido a \$6,38. Los costos necesarios para calcular TIR, VAN y PNR incluyen los costos de materias primas, equipos y materiales, recursos humanos, infraestructura, servicios básicos y montaje de planta. El proyecto técnico es factible para su ejecución, y el período de recuperación para la inversión comenzará a partir del segundo año, según los hallazgos de este análisis.

Según (Tuitise y Valverde ,2017, p.56), en la elaboración del Shampoo “TZAWARSHAMPOO”, indica que, por 500 ml, el costo de producción es de 9,09\$, presentado un pH de 4,58, donde el coeficiente de variación de los análisis sensoriales como el color, olor, textura y aceptabilidad, generaron resultados entre 15,41 – 17,98 de coeficiente de variación. Según (Machado 2013), las saponinas de Agave Americano tienen un efecto Antisponge en un shampoo de personas para cabello esponjado; el pH es de 6,22 y la viscosidad es de 830.5cP, lo que resulta en un costo de 6,90 \$. Por lo que en el estudio propio, indica que por 500 ml, el costo de producción, sería de 6,38\$, presentadas en un 7.5 de pH, observando, que permite la disminución del costo de producción con el primer proyecto en un valor del 29,81 %, en tanto que en comparación

con la segunda investigación permite disminuir el 7,53%, notándose que tiene un costo razonable, además considerando que el producto elaborado tiene características propias del agave como crecimiento y suavidad, así mismo generando un pH aceptable de acuerdo a la norma INEN 851 la cual garantiza que el shampoo es apto para su uso correspondiente.

Conclusiones

- Las variables de operaciones de diseño, que afectan la creación del shampoo a base de la saponina extraída de la raíz de penco, se determinaron mediante el análisis de la saponina extraída y su poder tensoactivo. Estos parámetros incluyen la temperatura, el tiempo de extracción, la concentración del alcohol, la filtración, la destilación, la trituración y la maceración.
- Se utilizaron cálculos de ingeniería para medir el proceso productivo. Se encontró una cortadora con una capacidad de hasta 1000 kg/h y una potencia de hasta 1,85 kW; además, se creó un tanque macerador con una presión máxima de 117997,74 Pa, hecho de acero inoxidable de tipo AISI 316L; se obtuvo un filtro de presa de 15 placas y 14 cámaras con un volumen de depósito de hasta 30 L; y, por último, se proporcionó un agita
- Se realizó un análisis fisicoquímico del shampoo líquido biodegradable creado en laboratorio, según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 851: Agentes tensoactivos. Shampoo. Requisitos, norma que establece los estándares mínimos de calidad del producto terminado que es adecuado para el uso doméstico después de lavado de cabello. Por último, se determinó la validación económica del proyecto; es viable y factible porque la tasa interna de retorno (TIR) del 39 % es mayor que la tasa de descuento del 10 %, el valor actual neto (VAN) es de 203.768,50 más que la inversión inicial de 138.295,66, la recuperación de la inversión es menor a 10 años y el costo beneficio es de 1,3308 \$, lo que significa que es mayor a 1.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

Referencias Bibliográficas

Aigaje, & Y Moposita, G., 2021. Evaluación del poder inhibitorio de las saponinas de dos variedades de agave en la fermentación del aguamiel [en línea]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8174>.

- Arcos, A. & Vivar, A., 2015. Evaluación de la actividad de las saponinas extraídas de *Agave americana* como agentes precipitantes y coadyuvantes para la remediación de aguas contaminadas con cromo hexavalente y arsénico. [en línea]. Quito: [consulta: 31 julio 2023].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9405>.
- Arévalo, D. & Andrade, M., 2013. Diseño del proceso industrial para la elaboración de shampoo a partir de la saponina de la raíz de penco (*agave americano*) en la fábrica “infusiones y cosméticos naturales” [en línea]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [consulta: 31 julio 2024].
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/20340>.
- Castellano, V. & Yugsi, L., 2014. Evaluación de la extracción de saponinas de dos variedades de *agave* (*Sisalana Perrine*, *Americana L.*) con el método de soxhlet utilizando tres solventes (metanol, etanol y butanol) para la elaboración de jabón líquido en los Laboratorios Académicos de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el período 2014-2015. [en línea]. Latacunga: [consulta: 31 julio 2023].
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2647>.
- García, A., 2007. Los agaves de México. [en línea]. México <http://redalyc.uaemex.mx>. Ahumada
- Kadam, P., Deoda, R., Narappanawar, N., Shivatare, R. & Patil, M., 2012. Pharmacognostic and phytochemical studies on roots of *agave americana* (*Agavaceae*). Article in *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* [en línea], ISSN 0975-4873.
<https://www.researchgate.net/publication/289621082>.
- Nicho, M. & Peña, H., 2019. Uso del shampoo de Saqta como alternativa de disminución de surfactantes químicos en aguas grises [en línea]. Lima: Universidad César Vallejo. [consulta: 31 julio 2023].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/60545>.
- Ortega, M., 2010. Comportamiento reológico de disoluciones acuosas de surfactantes comerciales no iónicos [en línea]. S.l.: Editorial de la Universidad de Granada. [consulta: 31 julio 2023]. ISBN 9788469283721.
<https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/3489/18526536.pdf?sequence=1>.
- Quezada, T., 2021. Plan de negocio para la producción y comercialización de productos de limpieza biodegradables en la Ciudad de Quito. [en línea]. Quito: [consulta: 31 julio 2023]. <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2232>.

- Sampedro Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D. & Benítez, R., 2016. Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, vol. 45, no. 3, ISSN 0034-7418. DOI 10.15446/rcciquifa.v45n3.62043.
- Sampedro, A. & Sánchez, I., 2019. Elaboración de un shampoo a base de extractos de plantas: ortiga (*Urtica*), romero (*Rosmarinus officinalis*), limonero (*Citrus aurantifolia*) analizando la factibilidad técnica y financiera, aplicado en la ciudad de Ambato [en línea]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. [consulta: 19 septiembre 2023].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29419/1/BQ%20181.pdf>.
- Tuitise, J. & Valverde, M., 2017. Industrialización del Agave; Tzawarshampoo [en línea]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). [consulta: 31 julio 2023]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5576>.
- Ulloa, C., 2018. Evaluación in vitro de la capacidad inhibitoria de saponinas presentes en el penco (*Agave americano*) frente a *Fusarium* sp. [en línea]. Cuenca: [consulta: 31 julio 2023].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15743/1/UPS-CT007727.pdf>.
García

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Indexaciones

