

Diseño de una crema cosmética con *Salvia Hispánica* L. (Chía) y quitosano

Ivonne Estefanía Estrella-Amaya¹; Viviana Garcia-Mir^{2*}

Resumen

El desarrollo de formulaciones a partir de ingredientes naturales es un desafío actual de industria cosmética. La *Salvia hispanica* (chía) es una planta herbácea que se consume hace miles de años debido a su alto valor nutritivo y sus amplias propiedades promotoras de la salud. El quitosano, es un biopolímero conocido por sus grandes aplicaciones en la cosmética debido a sus propiedades biológicas y tecnológicas. El objetivo del trabajo fue diseñar una crema cosmética a partir del aceite de la semilla de *Salvia Hispánica* L. (Chía) y quitosano a través del diseño de experimentos. Se determinaron algunos parámetros de calidad del aceite chía mostrando resultados satisfactorios. Se diseñó una crema (o/w) con empleo del diseño de mezcla D-optimal de tres componentes con restricciones: ácido esteárico, alcohol cetílico y agua. Las variables respuesta fueron pH y extensibilidad. Los datos se ajustaron a modelos lineales obteniendo una significación $p < 0,05$, pérdida de ajuste $p > 0,05$ y R^2 ajustado próximo a 1. Además, se realizaron pruebas de ciclo stress congelación – descongelación y centrifugación. La evaluación sensorial preliminar realizada a las formulaciones seleccionadas mostró buen grado de aceptación. No se evidenció crecimiento bacteriano, ni fúngico en el análisis microbiológico de las preparaciones.

Palabras clave: Crema cosmética; chía; *Salvia Hispánica*; quitosano; diseño experimental.

Design of a cosmetic cream with *Salvia Hispánica* L. (Chia) and chitosan

Abstract

Development of cosmetic formulations based on natural ingredients is a current challenge for the cosmetic industry. *Salvia hispanica* (chia) is a herbaceous plant that has been consumed for thousands of years due to its high nutritional value and extensive health-promoting properties. Chitosan is a biopolymer well known for its great applications in cosmetics due to its biological and technological properties. The objective of the work was to design a cosmetic cream from the seed oil of *Salvia Hispánica* L. (Chia) and chitosan through the design of experiments. Some quality parameters of chia oil were determined, showing satisfactory results. An (o/w) cream was designed using the constrained three-component D-optimal mixture design: stearic acid, cetyl alcohol, and water. The response variables were pH and extensibility. Data were fitted to linear models, obtaining significance $p < 0.05$, loss of fit $p > 0.05$ and adjusted R^2 close to 1. In addition, freeze-thaw stress cycle tests and centrifugation were performed. The preliminary sensory evaluation carried out on the selected formulations showed the degree of acceptance. The microbiological analysis performed did not show bacterial or fungal growth.

Keywords: Cosmetic cream; chia; *Salvia Hispánica*; chitosan; Design of Experiments..

Recibido: 21 de marzo de 2022

Aceptado: 5 de agosto de 2022

¹ Ingeniero civil, maestro en ecología y gestión ambiental. Universidad Nacional de Barranca, Perú, sdelacruz@unab.edu.pe <https://orcid.org/0000-0003-0254-301X>

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, es muy frecuente el desarrollo de formulaciones cosméticas con ingredientes naturales, debido fundamentalmente a la preocupación de los consumidores por el uso de ingredientes sintéticos. Esto potenciado por el incremento de los estudios sobre la caracterización química y farmacológica de las drogas vegetales y sus diversas aplicaciones. La presencia de una gran variedad de metabolitos beneficiosos para la salud, incluido mejorar la apariencia y cuidado de la piel, aportan efectos nutritivos, hidratantes o permiten el tratamiento de cierto problema dermatológico. (Dini & Laneri, 2021; Ribeiro et al., 2015).

La *Salvia hispánica* L. (chía) es una especie vegetal usada desde tres mil quinientos años antes de Cristo, por sus grandes beneficios para la salud. En la cultura azteca es reconocida como “nahua chían o chien (plural) náhuatl”, traducido al castellano significa que es una semilla que proporciona aceites (Carrillo-Gómez et al., 2017). Es una planta herbácea anual originaria del sur de México y norte de Guatemala. Pertenece al orden Lamiales, familia Labiate, subfamilia Nepetoideae (Pellegrini et al., 2018; Shen et al., 2018; Tavares et al., 2018). Se cultiva y comercializa a gran escala en países de América del Sur, Europa, Sudeste Asiático y Australia (Shen et al., 2018).

En la época pre-colonial fue valorada como una de las semillas imprescindibles dentro de la alimentación y más consumida que otros tipos de cereales, por el aporte de energía que les brindaba al realizar los trabajos y su gran contenido nutritivo. Actualmente, se ingiere en semillas enteras, harina y aceite (Pellegrini et al., 2018; Segura-Campos et al., 2014; Tavares et al., 2018),

Las semillas de chía contienen 16-26 % de proteína, 31-34 % de grasa, 37-45 % de carbohidratos en total y de fibra dietética total 23-35 %. Son fuente de minerales donde se incluye calcio, potasio fósforo y magnesio, además vitaminas como vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico, ácido ascórbico y compuestos antioxidantes (Knez Hrnčič et al., 2019; Kulczyński et al., 2019; Marcinek & Krejpcio, 2017). No obstante, la composición depende de factores genéticos y del efecto de los diversos ecosistemas donde se cultivaron las plantas (Felemban et al., 2021). El perfil de ácidos grasos

del aceite de la semilla de chía es de particular interés por el alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, principalmente ácido α -linolénico (omega ω -3) aproximadamente el 60% y en menor cantidad ácidos linoleico (ω -6), oleico y palmítico. Igualmente se ha reportado un moderado contenido de compuestos bioactivos, tales como tocoferoles, polifenoles, carotenoides y fosfolípidos (Dąbrowski et al., 2018; Lisbel et al., 2018; Marcinek & Krejpcio, 2017).

Por otra parte, el quitosano es uno de los polisacáridos naturales más abundantes del mundo. Se obtiene a partir de la quitina mediante un proceso de desacetilación. Estos polímeros pueden encontrarse en grandes cantidades en la biosfera como componente importante del exoesqueleto de muchos organismos y como desechos de las empresas pesqueras de todo el mundo. También están presente en las algas y hongos (Bakshi et al., 2020; Wang, Xue, et al., 2020).

En la actualidad, políticos, ecologistas e industriales fomentan el uso de estos polisacáridos marinos como fuente renovable en procesos ecológicos alternativos, especialmente en la producción de cosméticos (Casadidio et al., 2019). En publicaciones recientes la quitina y el quitosano han sido considerados como polímeros del futuro, gracias a sus innumerables propiedades, donde se destacan las biomédicas (anticolesterolemiante, cicatrizantes, anticanceroso, antimicrobiana, hemostático, analgésico, antiácido, antiulceroso, inmunoadyuvante), fisicoquímicas, la biodegradabilidad, biocompatibilidad, no toxicidad, renovabilidad y disponibilidad inmediata (Li et al., 2020; Santos et al., 2020; Wang, Meng, et al., 2020; Wang, Xue, et al., 2020).

En la ciencia cosmética, han sido investigados como potenciales excipientes y como ingredientes activos. Se utilizan especialmente porque ejercen funciones antioxidantes, limpiadoras, protectoras y humectantes (Aranaz et al., 2018). Por esta razón, es importante el uso combinado del aceite de Chía (*Salvia Hispánica*) y quitosano, en la elaboración de cremas cosméticas, para mejorar la apariencia de la piel, brindar los nutrientes y las vitaminas necesarias.

La aplicación del diseño de experimentos con mezclas contribuye a optimizar el desarrollo de las formulaciones en la cosmética natural mediante el análisis estadístico, cuantificando la influencia

que tienen los diferentes componentes sobre la variable respuesta, tanto individual como en su acción conjunta con otros componentes. Permite modelar esta respuesta para predecirla y encontrar la composición de la mezcla con mejores resultados (optimizar). Por tanto, los costos y el número de experimentos se reducen en la fase de desarrollo del producto (Costa et al., 2019).

En este contexto, el objetivo de este estudio fue diseñar una crema cosmética a partir del aceite de la semilla de *Salvia Hispánica* L. (Chía) y quitosano a través del diseño de experimentos (DOE).

MATERIALES Y MÉTODOS

Control de calidad del aceite de chía

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el aceite de chía proveniente de la empresa ecuatoriana Chakra seed Akasha food Rachel salt Cose, Cotacachi –Ecuador con registro sanitario 20078-ALN-0618. Se partió del análisis de las características organolépticas: color, olor, aspecto, igualmente la densidad relativa por picnometría, el pH con el pHmetro Oakton pH 700 (Vernon Hills, USA), el índice de refracción mediante un refractómetro Anton Paar-Abbemat 200 (Malmö, Suecia). Los parámetros se obtuvieron por triplicado siguiendo la metodología establecida por USP, (2015) y WHO, (2011).

Diseño de la crema de aceite/agua (o/w) a partir del aceite de chía y quitosano

Los ingredientes activos de la crema cosmética fueron el aceite de Chía (*Salvia Hispánica*) al 4% y quitosano al 0,4 % (producto de la empresa SIGMA –ALDRICH con número del producto: 448877; MDL: MFCD00161512).

Para obtener una formulación ideal se utilizó un diseño experimental de mezclas con restricciones con tres componentes: ácido esteárico 4-8% (QUIMPAC S.A. Ecuador), alcohol cetílico 1-5% (Laboratorios Duque, Ecuador) y agua desionizada del 50,3-57,6%. El resto de los excipientes se seleccionaron de acuerdo con los más frecuentes en este tipo de preparación y todos de calidad farmacéutica: petrolato líquido (SHELL S.A., Ecuador), propilenglicol, trietanolamina (ambos de Laboratorios Duque, Ecuador), ácido ascórbico (CoproQuim, Ecuador), metil y propil parabeno, como preservos (VENO Fine Chemical).

La tabla 1 presenta los 15 experimentos desarrollados, de las cuales seis se utilizaron para estimar el modelo, cinco la para la pérdida de ajuste, tres de réplicas y un punto central. Las variables respuesta del diseño fueron pH y extensibilidad, como medidas de consistencia y calidad del producto final.

Tabla 1. Matriz experimental y resultados de las variables respuestas del diseño D-Optimal de la crema de chia y quitosano.

	A: Acido esteárico %	B: Alcohol Cetílico %	C: Agua %	PH	Extensibilidad
1	6	3	54	6,5	85,5
2	8	1	54	6,5	83,6
3	6	3	54	6,6	85,7
4	4	3,60	55,39	6,8	86,6
5	6,55	1	55,44	6,8	87,6
6	5,02	2,08	55,89	6,8	87,3
7	5,26	5	52,73	6,3	83,6
8	4,40	1	57,59	6,9	87,6
9	8	4,68	50,31	6,1	80,2
10	8	2,94	52,05	6,3	82,3
11	4	5	54	6,5	87,6
12	6,56	5	51,43	6,2	81,5
13	6	3	54	6,5	85,7
14	6,43	2,70	53,85	6,4	81,7
15	4,40	1	57,59	6,9	87,6

El desarrollo del diseño se apoyó en el programa estadístico Design Expert versión 11 (DX-11) del 2017 (Stat-Ease. Inc., Minneapolis, USA). Los modelos matemáticos de mejor ajuste para cada variable respuesta, se seleccionaron en base a las comparaciones de la significación, la pérdida de ajuste, precisión adeq. los coeficientes de determinación R² ajustado y predicho (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012).

Se elaboraron 150 g de cada formulación de manera aleatoria (según orden de corrida propuesto por el DX – 11) por el método de fusión, en la planta piloto de tecnología farmacéutica de la Universidad Técnica de Machala. Se partió de fundir el ácido esteárico con el alcohol cetílico a una temperatura de 70°C. Luego, se adicionó el aceite de chia y el petrolato líquido a 25°C. Primero se agita rápido de forma continua y luego lento de las orillas hacia el centro. Aparte se mezclaron los parabenos, el propilenglicol con el agua (70°C) y luego de disminuir la temperatura se incorpora el quitosano, ácido ascórbico y la trietanolamina con ayuda de parte del propilenglicol. Finalmente, se adiciona poco a poco la fase oleosa a la fase acuosa. Las diferentes cremas fueron envasadas en frascos ámbar con capacidad para 25 g, los cuales eran aptos para el uso de productos químicos.

Evaluación de los parámetros físico-químicos y tecnológicos de la crema

Se partió de evaluar las características organolépticas de las cremas teniendo en cuenta el color, olor, consistencia y apariencia. Se determinó el pH utilizando un pH-metro digital (BANTE 920, Colombia) y la extensibilidad de todas las formulaciones, (variables respuestas del modelo). El área de extensibilidad se calculó colocando como base un papel milimetrado, trazado con las coordenadas, como guía para determinar el área de extensibilidad. Encima de la hoja milimetrada una placa de vidrio, en el centro se colocaron 2 g de cada formulación. Finalmente, se colocó cuidadosamente otra placa de vidrio de aproximadamente 380 g de peso. A los 5 minutos se midió con el calibrador de Vernier los diámetros de la elipse formada, siguiendo las coordenadas (4 direcciones). Los ensayos se realizaron por triplicado a una temperatura de 30°C ± 2 °C y humedad relativa de 70 % ± 5 % (Basurto

Jimbo et al., 2021).

Además, se realizó pruebas de pre estabilidad acelerada a las 15 formulaciones, como son las de centrifugación y test de ciclo stress congelación – descongelación (Athikomkulchai et al., 2020; Smaoui et al., 2017).

Centrifugación. Se realizó a tiempo cero y los tres días de su elaboración. La centrífuga que se utilizó fue DYNAC, a 3000 rpm durante 30 minutos a 25°C, colocando 10 g de cada muestra en los tubos de la centrífuga.

Test de ciclo stress congelación – descongelación. En este test las formulaciones fueron sometidas a un cambio de temperatura por 24 horas, las cuales su temperatura del primer día fue de -5°C y el segundo día hasta 25°C cada uno por un día completo, Este ciclo se repitió dos veces más.

En ambas pruebas se evaluaron los parámetros organolépticos (color, olor, aspecto, extensión/textura y consistencia) y fisicoquímicos (separación de fases).

Optimización del diseño D-Optimal

La optimización de estos componentes en la formulación se realizó mediante el programa DX - 11,0 empleando la función de deseabilidad con el procedimiento numérico. A todas las variables se les asignó un máximo de importancia y los criterios fueron pH (6 a 7), extensibilidad (80-85).

Evaluación sensorial preliminar

Se realizó la evaluación sensorial con las formulaciones previamente seleccionadas que fueron 3 y 14. Para realizar las encuestas se tomó en consideración a 50 estudiantes de los últimos semestre y titulación de la Universidad Técnica de Machala de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, donde evaluaron diferentes criterios y atributos del producto elaborado. Se aplicó una cantidad estándar de las cremas seleccionadas en la región anterior del antebrazo de los participantes. Las características para la evaluación fueron: Olor, Color, Apariencia (criterios: Me gusta mucho, Me gusta, Ni me gusta ni me disgusta, Me disgusta, Me disgusta mucho), Brillo, Aspecto homogéneo (Sí, No) y Extensibilidad (criterios Buena, Regular y Mala). También se consideró la preferencia final hacia las formulaciones. Los resultados fueron expresados en

frecuencias absolutas y comparados estadísticamente mediante las pruebas χ^2 cuadrado y test exacto de Fisher con un nivel de significación del $\alpha=0,05$.

Análisis complementarios a las formulaciones seleccionadas

Stress térmico. Se coloca 10 g de la muestra en estufa de marca Memmert, durante 48 horas a una temperatura de 40 ± 2 °C, luego se observaron las muestras para determinar si existe una separación de fases. Se volvió a pesar en balanza analítica OHAUS para detectar si existía pérdida de peso del contenido de las muestras.

Viscosidad, Se midió la viscosidad utilizando un viscosímetro Fungilab a 25 °C, utilizando un husillo (spindle) L2 a una velocidad de 6,0 rpm. La muestra fue de 250 ml, se esperó que completará su proceso para tomar la información. La viscosidad se determinó 24 horas después de elaborar la crema y posteriormente, durante el tiempo que duró el estudio de estabilidad, este proceso se lo realizó 3 veces de las muestras seleccionadas con anterioridad (Costa et al., 2019; Patricia et al., 2013).

Control microbiológico. Este análisis se lo realizó

en las 2 muestras seleccionadas. Según la norma INEN 2867 del 2015 para productos cosméticos, se evaluó en un periodo de 24, 48, y 72 horas para verificar la no presencia de microorganismos mesófilos aerobios totales máximo, hongos y levaduras menor, Pseudomona aeruginosa, Staphylococcus aureus, Escherichia coli.

RESULTADOS

Características físicas del aceite de chía (Salvia hispánica)

La Tabla 2 muestra las características físicas del aceite de chía, donde se incluye las características organolépticas, la densidad, índice de refracción, pH y solubilidad. El color del aceite fue amarillo translucido, olor no desagradable característico de aceites que contienen omegas, aspecto homogéneo sin partículas en dispersión. La densidad obtenida fue 0,935 g/ml a 25°C, índice de refracción de 1,4829 nD y pH de 6,5. Según la literatura los valores deben aproximarse a una densidad de 0,9241 g/ml a 25°C, índice de refracción 1,4761 nD y pH (Segura-Campos et al., 2014),

Tabla 2. Caracterización física del aceite de Chía (*Salvia Hispánica*)

Parámetros físicos	Resultados (media/DS; n=3)
Características organolépticas	
• Color	Amarillo translucido
• Olor	Característico
• Aspecto	Homogéneo translucido
Densidad relativa 25°C (g/ml)	0,93 ± 0,00
Índice de refracción 40°C (nD)	1,48 ± 0,00
pH	6,5 ± 0,03

Diseño experimental de la crema cosmética de chia y quitosano

El diseño experimental de mezcla fue de tres componentes: ácido esteárico, alcohol cetílico y agua, en proporciones diferentes de acuerdo a las 15 formulaciones que aparecen en la Tabla 1, Todas las preparaciones mostraron diferencias en cuanto

a la consistencia y el pH (Tabla 1). Igualmente presentaron aspecto homogéneo, sin arenosidad, ausencia de grumos y no mostraron signos observables de inestabilidad física o química.

La Tabla 3 resume las ecuaciones y los parámetros de evaluación de los modelos de las dos variables respuesta (pH y extensibilidad).

Tabla 3. Modelos ajustados del pH y extensibilidad del diseño D-Optimal de la crema de chía y quitosano

Modelo ajustado	Significación valor (p)	Pérdida de Ajuste (p)	R ² Ajustado	Precisión Adeq
pH=+0,0617779*Ácido esteárico-0,131069*Alcohol cetílico+7,60077*Agua	< 0,0001	0,2470	0,9286	28,8286
Extensibilidad=7,7467429*Ácido esteárico+44,3813660*Alcohol cetílico+95,5623232*Agua	< 0,0001	0,4000	0,7498	13,8555

Ambas variables respuestas se ajustaron a modelos lineales con probabilidad inferior a 0,05 ($p < 0.05$) en el ANOVA (Tabla 3). El análisis de pérdida de ajuste fue 0,2470 para el pH y 0,4000 para la extensibilidad, valores superiores a 0,05 lo que demuestra que el error de los residuos es estadísticamente similar al error puro de las réplicas. El R² Pronosticado del pH fue 0,9087 está convenientemente de acuerdo con el R² Ajustado de 0,9286. La extensibilidad el R² Pronosticado fue de 0,6770 cercano al R² Ajustado de 0,7498. Estos valores son menores que los del pH lo cual es razonable por las características de este tipo de determinación. No obstante, la diferencia entre R² Pronosticado y el R² Ajustado de las dos variables respuesta es inferior a 0,2. La relación señal/ruido se mide por los valores de Precision Adeq, siendo deseable una relación superior a 4. Los valores de 28,8286 (pH) y 13,855 (extensibilidad) indican una señal adecuada y que los modelos se pueden utilizar para navegar por el espacio de diseño. El análisis de los residuos no detectó violación en los supuestos de normalidad, varianza constante e independencia

verificados principalmente por los métodos gráficos. La prueba de normalidad Shapiro Wilk de los residuos mostró valores de p de 0,467 (pH) y $p=0,257$ (extensibilidad) (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012).

Los gráficos de traza y de contorno de la variable pH (Figura 1 A) muestra como en la medida que se incrementa la proporción de agua en la mezcla y disminuye proporcionalmente el contenido del ácido esteárico (A) y el alcohol cetílico (B), el pH aumenta significativamente. Los valores oscilan entre 6,1 a 6,9. Comportamiento similar se observa en el grafico de contorno correspondiente a la variable respuesta extensibilidad donde en la medida que se disminuye la proporción de agua y aumenta la de los dos componentes restantes disminuye la extensibilidad de la crema desde valores aproximados de 80 hasta 88 cm². El efecto de la reducción de la extensibilidad es ligeramente más marcado cuando aumenta el contenido de ácido esteárico que el alcohol cetílico (Figura 1 B).

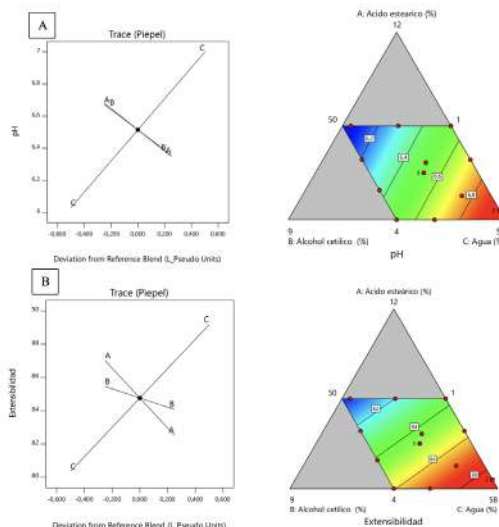


Figura 1. Gráficos de trazas y de contornos de los modelos ajustados de las variables respuestas pH (A) y extensibilidad (B)

El ensayo de centrifugación a los tres días mostró que las formulaciones 2, 4, 8 y 15 sufrieron cambios en algunas propiedades organolépticas como la textura y separación de fases. En el test de ciclo de stress congelación y descongelación estas formulaciones a las 24 horas de congelación tomaron una textura rígida y la formulación 15 se solidificó. Durante el proceso de descongelación, las formulaciones 2 y 8 recuperaron su consistencia mientras que la 15 y 4 mostraron una ligera separación de las fases.

La optimización de los componentes de la formulación realizada con ayuda del programa DX-11 y los resultados de los estudios de pre estabilidad, se obtuvo dos formulaciones con un 100% deseabilidad

la 3 (Acido esteárico 6 %, Alcohol Cetílico 3% y Agua 54%) y la 14 (Acido esteárico 6,43 %, Alcohol Cetílico 2,70% y Agua 53,85 %).

Evaluación sensorial preliminar

La evaluación sensorial de las formulaciones 3 y 14 se muestran en la figura 2. En las comparaciones estadísticas no se encontraron diferencias significativas entre las formulaciones en cuanto el olor (p=0,929), apariencia (p=0,433), brillo (p=0,298), aspecto homogéneo (p=0,779), realizadas mediante la prueba chi cuadrado. El color (p=0,560) y la extensibilidad (p=0,786) fue comparada por el Test exacto de Fisher.

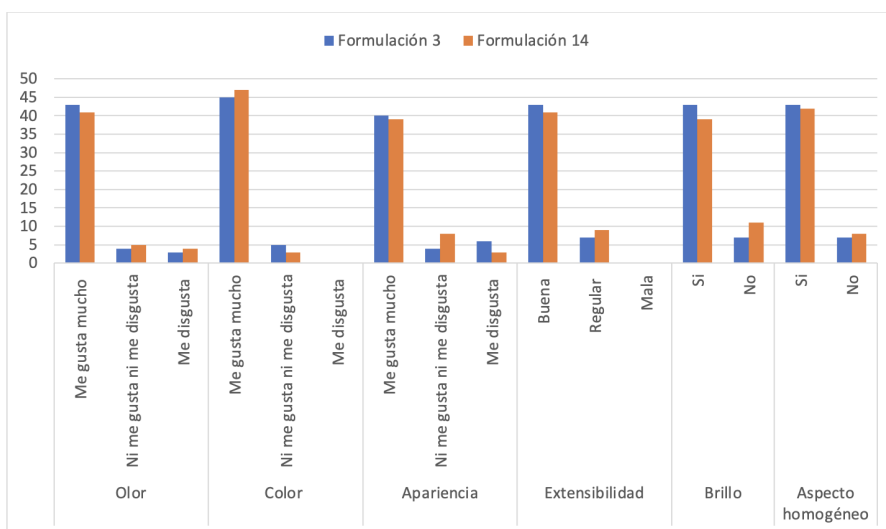


Figura 2. Análisis sensorial de formulaciones 3 y 14 frente a las evaluaciones de olor, color, apariencia, extensibilidad, brillo y aspecto homogéneo (n=50).

Análisis complementarios a las formulaciones 3 y 14

Stress térmico: Las cremas 3 y 14 luego de 48 horas en la estufa mantuvieron sus características organolépticas, no se observó separación de fases. Tampoco se detectó diferencias en los pesos de las muestras.

La viscosidad de las muestras resultó 2735,200

mPa.s en formulación 3 y 2468,700 mPa.s en la 14. La diferencia se debe a la propia composición de la formulación 14 tiene mayor contenido de agua.

Control microbiológico

En el análisis microbiológico realizado a las cremas 3 y 14 por 24, 48, y 72 horas, no evidenció crecimiento bacteriano, ni fúngico (Tabla 4).

Tabla 4. Control microbiológico de las cremas cosméticas de Chía y quitosano

Análisis microbiológico	Resultados	Datos referenciales
Presencia Microorganismos mesófilos aerobios totales	Ausencia	≤5x10 ³ UFC/g O ml
Hongos y levaduras	Ausencia	<10 ufc /g o ml
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia

DISCUSIÓN

Este trabajo se centró en el diseño de una crema cosmética a partir del aceite de la semilla de chía y quitosano a través del diseño de experimentos (DOE). El punto de partida fue el control de calidad del aceite chía mostrando resultados que garantizan que la materia prima empleada en este estudio estaba en óptimas condiciones.

La crema desarrollada fue una emulsión aceite en agua (o/w) lo cual permite crear una superficie líquida que brinda a la piel un aspecto menos graso. En la fase interna se encuentra el aceite de chía el cual proporciona proteínas en la piel, así como ácidos grasos que brindan beneficios excelentes (Marcinek & Krejpcio, 2017). El quitosano mejora la apariencia de la piel de las líneas de expresión y la cicatrización de secuelas por acné (Casadidio et al., 2019).

Los modelos matemáticos obtenidos en el DOE permitieron la caracterización de la superficie de respuesta estudiada. El pH en las 15 formulaciones, fue cercano a la neutralidad con valores entre 6,1 y 6,9 lo que se considera como óptimo, porque se aproximan al pH ligeramente ácido de la piel (Basurto Jimbo et al., 2021; Guzmán Heras, 2018). La otra variable respuesta fue la extensibilidad como criterio de consistencia de las formulaciones donde el incremento de las proporciones de los emulgentes mejora el perfil de textura de la preparación. La mayoría de los emolientes a base de alcoholes grasos como el alcohol cetílico se utilizan en la cosmética por de sus propiedades emolientes, absorbentes de agua, mejoran la estabilidad, la textura y aumenta la consistencia. Sus propiedades se deben a la absorción y retención del alcohol cetílico en la epidermis, donde lubrica y suaviza la piel al tiempo que imparte una textura "aterciopelada" característica (Rowe et al., 2009).

La estadística es una herramienta muy valiosa para llegar a conclusiones en una investigación científica. Sin embargo, no siempre se puede interpretar de manera absoluta sin realizar un análisis integral y lógico de todos los factores involucrados en el proceso. Por esta razón en el esta investigación se incluyó el estudio de algunos aspectos de estabilidad física preliminar que permitieron abundar el criterio de selección de la formulación optima donde se excluyeron corridas que mostraron separación de fases en los procesos de centrifugación y ciclos de

stress congelación y descongelación.

La evaluación sensorial preliminar realizada a las formulaciones seleccionadas permitió tener una valoración inicial del grado de aceptación de las preparaciones. Más del 83 % de las respuestas registradas fueron favorables para los atributos de las formulaciones (olor, color, apariencia, brillo, extensibilidad y aspecto homogéneo). No obstante, para lograr detectar diferencias estadísticamente significativas entre la 3 y la 14 es necesario incrementar el tamaño de la muestra en estudios posteriores.

CONCLUSIONES

Con el estudio realizado se demostró la factibilidad de diseñar un nuevo producto cosmético de uso tópico a partir del aceite de la semilla de Salvia Hispánica L. (Chía) y quitosano, empleando herramientas estadísticas de diseño experimental que permitieron optimizar los componentes en las formulaciones.

REFERENCIAS

- Aranaz, I., Acosta, N., Civera, C., Elorza, B., Mingo, J., Castro, C., Gandía, M., y Heras Caballero, A. (2018). Cosmetics and Cosmeceutical Applications of Chitin, Chitosan and Their Derivatives. *Polymers*, 10(2), 213. <https://doi.org/10.3390/polym10020213>
- Athikomkulchai, S., Tunit, P., Tadtong, S., Jantrawut, P., Sommano, S. R., y Chittasupho, C. (2020). Moringa oleifera Seed Oil Formulation Physical Stability and Chemical Constituents for Enhancing Skin Hydration and Antioxidant Activity. *Cosmetics*, 8(1), 2. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8010002>
- Bakshi, P. S., Selvakumar, D., Kadirvelu, K., y Kumar, N. S. (2020). Chitosan as an environment friendly biomaterial – a review on recent modifications and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 1072–1083. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.113>
- Basurto Jimbo, E., García Mir, V., Rueda Rodríguez, E., y Noles Ramón, K. (2021). Elaboración de una crema cosmética a partir de extractos de *Coriandrum sativum* preparation of a cosmetic cream from extracts of *Coriandrum sativum* L. (culantro). *Bases de la*

- Ciencia*, 6(2). 153-166. Recuperado de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/3481/3821>
- Carrillo-Gómez, C. S., Gutiérrez-Cueva, M., Muro-Valverde, M., Martínez-Horner, R., y Torres-Bugarín, O. (2017). La Chía como super alimento y sus beneficios en la salud de la piel. *El Residente*, 12(1), 18–24. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2017/rr171c.pdf>
- Casadidio, C., Peregrina, D. V., Gliobianco, M. R., Deng, S., Censi, R., y di Martino, P. (2019). Chitin and Chitosans: Characteristics, Eco-Friendly Processes, and Applications in Cosmetic Science. *Marine Drugs*, 17(6), 369. <https://doi.org/10.3390/md17060369>
- Costa, G. M. D., Alves, G. de A. D., y Maia Campos, P. M. B. G. (2019). Application of design of experiments in the development of cosmetic formulation based on natural ingredients. *International Journal of Phyto-cosmetics and Natural Ingredients*, 6(1), 4–4. <https://doi.org/10.15171/ijpni.2019.04>
- Dąbrowski, G., Konopka, I., y Czaplicki, S. (2018). Variation in oil quality and content of low molecular lipophilic compounds in chia seed oils. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2016–2029. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1501699>
- Dini, I., y Laneri, S. (2021). The New Challenge of Green Cosmetics: Natural Food Ingredients for Cosmetic Formulations. *Molecules*, 26(13), 3921. <https://doi.org/10.3390/molecules26133921>
- Felemban, L. F., Attar, A. M. A., y Zeid, I. M. A. (2021). Medicinal and Nutraceutical Benefits of Chia Seed (*Salvia hispanica*). *Journal of Pharmaceutical Research International*, 32(41), 15–26. <https://doi.org/10.9734/jpri/2020/v32i4131040>
- Gutiérrez Pulido, H., y de la Vara Salazar, R. (2012). Análisis y diseño de experimentos (Tercera edición), México DF, México: McGraw Hill.
- Guzmán Heras, E., García Mir, V., Ramírez Sarmiento, J., Ramón Japón, G., y Jaramillo Jaramillo, C. (2018). Diseño de un gel antiinflamatorio a partir de las partes aéreas de *Portulaca oleracea* (verdolaga). *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 49(2):12 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57963598001>
- Knez Hrnčič, M., Ivanovski, M., Cör, D., y Knez, Ž. (2019). Chia Seeds (*Salvia Hispanica* L.): An Overview—Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application. *Molecules*, 25(1), 11. <https://doi.org/10.3390/molecules25010011>
- Kulczyński, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D., y Gramza-Michałowska, A. (2019). The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds—Current State of Knowledge. *Nutrients*, 11(6), 1242. <https://doi.org/10.3390/nu11061242>
- Li, Q., Dunn, E. T., Grandmaison, E. W., y Goosen, M. F. (2020). Applications and properties of chitosan. En M. F. A. Goosen, (Ed.) Applications of chitin and chitosan. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003072812>
- Lisbel, R., Guerra, L., y Jácome, R. A. (2018). *Salvia hispanica* L. (chía): alimento funcional con propiedades medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 23(3), 1-13. www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/rt/prin-terFriendly/633/320www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/rt/prin-terFriendly/633/3202/12
- Marcinek, K., y Krejpcio, Z. (2017). Chia seeds (*Salvia hispanica*): health promoting properties and therapeutic applications – a review. *Rocz Panstw Zakl Hig.* 68(2):123-129. PMID: 28646829.
- Pérez, P., Nieto, O.M, N., Reboredo, O., López, A., y González, L. (2013). Diseño de una crema regeneradora con quitina para después del bronceado. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 47(2), 239-251.
- Pellegrini, M., Lucas-Gonzalez, R., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., y Viuda-Martos, M. (2018). Bioaccessibility of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73(1), 47–53. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0649-7>

- Ribeiro, A., Estanqueiro, M., Oliveira, M., y Sousa Lobo, J. (2015). Main Benefits and Applicability of Plant Extracts in Skin Care Products. *Cosmetics*, 2(2), 48–65. <https://doi.org/10.3390/cosmetics2020048>
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., y Quinn, M. E. (2009). *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Washington, DC., USA: Pharmaceutical Press.
- Santos, V. P., Marques, N. S. S., Maia, P. C. S. v., Lima, M. A. B. de, Franco, L. de O., y Campos-Takaki, G. M. de. (2020). Seafood Waste as Attractive Source of Chitin and Chitosan Production and Their Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(12), 4290. <https://doi.org/10.3390/ijms21124290>
- Segura-Campos, M. R., Ciau-Solís, N., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L., y Betancur-Ancona, D. (2014). Physicochemical characterization of chia. *Agricultural Sciences*, 5(03), 220–226. <https://doi.org/10.4236/as.2014.53025>
- Shen, Y., Zheng, L., Jin, J., Li, X., Fu, J., Wang, M., Guan, Y., y Song, X. (2018). Phytochemical and Biological Characteristics of Mexican Chia Seed Oil. *Molecules*, 23(12), 3219. <https://doi.org/10.3390/molecules23123219>
- Smaoui, S., ben Hlima, H., ben Chobba, I., & y Kadri, A. (2017). Development and stability studies of sunscreen cream formulations containing three photo-protective filters. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, 1216–1222. <https://doi.org/10.1016/j.arab-jc.2013.02.020>
- Tavares, L. S., Junqueira, L. A., de Oliveira Guimarães, Í. C., y de Resende, J. V. (2018). Cold extraction method of chia seed mucilage (*Salvia hispanica* L.): effect on yield and rheological behavior. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 457–466. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2954-4>
- United States Pharmacopeial Convention. (2015). *USP 38 NF-33* (Vol. 1). Washington, DC., USA.
- Wang, W., Meng, Q., Li, Q., Liu, J., Zhou, M., Jin, Z., y Zhao, K. (2020). Chitosan Derivatives and Their Application in Biomedicine. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(2), 487. <https://doi.org/10.3390/ijms21020487>
- Wang, W., Xue, C., y Mao, X. (2020). Chitosan: Structural modification, biological activity and application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 4532–4546. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.042>
- World Health Organization. (2011). *Quality control methods for herbal materials*.