

ARTÍCULO ORIGINAL

**Teñido de hilado de alpaca
utilizando pigmento extraído
de la col morada (*Brassica
oleracea* var. *capitata* f.
rubra)**

Alpaca yarn dyeing using
pigment extracted from
purple cabbage (*Brassica
oleracea* var. *capitata* f.
rubra)

Alexander Sucasaca Quispe ^{1*} y Eusebio Disederio Guevara Garnica ¹

¹Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Textil Camélidos Puno (CITetextil Puno), Instituto Tecnológico de la Producción (ITP), Puno, Perú. Email: citetexcam_puno@itp.gob.pe

* Autor de correspondencia

Resumen

El teñido de fibras proteicas como la fibra de alpaca, hoy en día es realizado mediante el uso de colorantes sintéticos. Sin embargo, la constitución química de la fibra también posibilita la tintura con pigmentos naturales con el uso de mordientes. El propósito de la presente investigación fue realizar el proceso de teñido de hilado de alpaca con pigmento extraído de la col morada, con la finalidad de obtener hilados teñidos de diferentes tonalidades cromáticas con buenas solidez de color. Para ello, se desarrolló la extracción del pigmento mediante el método tradicional de la infusión con solvente agua y con el pigmento extraído se realizó el teñido de hilado de alpaca utilizando mordientes: ácido cítrico, sulfato de hierro, alumbre y sulfato de aluminio, evaluándose la solidez de color a la luz solar. Los resultados de la evaluación de solidez de las madejas mostraron valores de 3 a 4.5 utilizando los mordientes mencionados, aunque con el sulfato de aluminio hubo menor pérdida de color al momento de realizar los enjuagues. Se concluye que, con el sulfato de aluminio se obtiene mejor afinidad al pigmento de la col morada para la obtención de tonalidades azules. Además, este estudio de teñido de hilado de alpaca indica que el pigmento extraído de la col morada puede lograr tinturas de tonalidades dentro de los colores: azules, rosados, verdes y beige.

Palabras claves: col morada, extracción de colorante, fibra de alpaca, teñido natural, solidez de color

Abstract

The dyeing of protein fibers such as alpaca fiber, today is carried out by using synthetic dyes. However, the chemical constitution of the fiber also makes it possible to dye with natural pigments with the use of mordants. The purpose of this research was to carry out the process of dyeing alpaca yarn with pigment extracted from purple cabbage, in order to obtain dyed yarns of different color tones with good color fastnesses. For this, the extraction of the pigment was developed by means of the traditional method of infusion with solvent water and with the extracted pigment the dyeing of alpaca yarn was carried out using mordants: citric acid, iron sulfate, alum and aluminum sulfate, evaluating the color fastness to sunlight. The results of the skein fastness evaluation show values from 3 to 4.5 using the mentioned mordants, although with aluminum sulfate there was less loss of color at the time of rinsing. It is concluded that, with aluminum sulfate, a better affinity to the purple cabbage pigment is obtained to obtain blue tones. In addition, this alpaca yarn dyeing study indicates that the pigment extracted from purple cabbage can achieve tints of shades within the colors: blue, pink, green and beige.

Keywords: purple cabbage, dye extraction, alpaca fiber, natural dyeing, color fastness

Introducción

La industria textil utiliza considerables cantidades de colorantes sintéticos y auxiliares para el proceso de teñido de fibra de alpaca, lana y otras fibras proteicas, con el fin de obtener gran cantidad de gamas de colores desde los más limpios hasta los oscuros intensos con muy buenas solidez, que exigen las normativas de los mercados nacionales e internacionales (Adeel et al., 2019). Sin embargo, los residuos sólidos y líquidos son vertidos en los ríos, laderas y contribuyen a la contaminación, los mismos que presentan gran persistencia en el medio ambiente de las aguas residuales y al ser sometidos a medios de tratamientos físicos, químicos y biológicos, estas no son eficientes en su remoción de la coloración (Ramos, 2020).

Así mismo, (Laura, 2018) menciona que las existencias del cuidado ambiental como medidas de prevención para la salud, recaen en la necesidad de buscar nuevas tecnologías limpias sobre todo que no alteren el medio ambiente, hoy en día la industria textil es una de las más contaminantes a nivel mundial, es por ello que los estudios de las propiedades de los colorantes naturales se hace muy importantes.

Los pigmentos extraídos de fuentes naturales, es una opción para el teñido sustratos textiles; puesto que, existe una amplia gama de tonalidades para su aplicación en el proceso de teñido, obteniendo buenas solidez de color y logrando productos con etiqueta verde; con ello se está ayudando a reducir la contaminación ambiental porque pueden degradarse fácilmente al momento de realizar el desagüe de los baños utilizados en la tintura (Obando, 2013).

Brassica oleracea var. *capitata* f. *rubra* o comúnmente denominado col morada (del latín *morum*, mora, fruto de la moral), perteneciente a la familia (*Brassica oleceace*), es originario del Mediterráneo (Moreu, 2015), y es un vegetal que contiene muchas antocianinas las cuales se convierte en una alternativa como colorante natural (Castillo, 2006). Diferentes estudios atribuyen a los extractos de la col morada con propiedades tintóreas (Játiva, 2013), propiedades curativas (Ibadango, 2014), entre otras actividades. Los extractos obtenidos a partir de la col morada presentarán poder tintóreo y capacidad antioxidante, por lo que podría denominarse como pigmentos bioactivos (Pichardo, 2019).

Como aplicación de tintura existen estudios de Sánchez (2020) donde indica que la extracción del pigmento de la col morada lo realizó a punto ebullición por un tiempo de 60 minutos, a una relación de 300% en relación de vegetal y fibra textil, posterior a ello realizó 4 tratamiento de teñido de fibra alpaca y lana de ovino con diferentes parámetros, obteniendo mejores resultados con 300% de col morada, temperatura de teñido 80°C, mordiente alumbre 0.2 g, modificador de pH (bicarbonato de sodio) 4 g, cantidad de fibra 2g y pH básico de 9.0 en la solución tintórea.

Asimismo, Quinde y Ponce (2019) mencionan que obtuvieron pigmento azul a partir de la col morada para el teñido de fibra de algodón, la extracción lo realizaron con solvente agua acidificada al 0.01% de HCl. El proceso de teñido se realizó con una relación de baño 1/60 a 90 °C por una hora, se realizó dos procesos de teñido distintos donde: en el primer proceso se utilizó mordiente alumbre y en el segundo utilizo como mordiente el alumbre más bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$), siendo este último con la que se encontró mejores resultados en el teñido de fibra de algodón.

Entre algunos métodos de extracción de pigmentos de plantas, se encuentra la extracción por tamizaje que consiste en realizar una extracción por maceración a temperatura ambiente con uno a tres solventes con diferentes polaridades, generalmente se usa diclorometano o hexano, éter o alcohol o agua, la extracción por elucidación estructural consiste en una maceración o extracción con soxhlet usando inicialmente un solvente de amplio espectro (metanol y etanol) y luego fraccionamiento con diferentes disolventes o mezclas de disolventes que permiten separar las diferentes fracciones por partición y finalmente la extracción de preparación popular, esta última es un tipo de extracción muy utilizada por las unidades productivas de la región de Puno, la cual consiste en una extracción en agua de la planta fresca o seca con ayuda del calor (infusión o decocción) o en alcohol (tintura vino) (Calderón, 2007). Sin embargo, no se cuenta con estudios de investigación del teñido de hilado de alpaca col morada como fuente de pigmento, con la finalidad de obtener diversas tonalidades.

En ese sentido, el objetivo del presente trabajo es realizar el teñido de hilado de alpaca con pigmento extraído de la col morada (*Brassica oleracea* var. *Capitata* f. *rubra*) para el teñido de fibras de alpaca, con la finalidad de obtener una gama cromática de tonos azules, que por un lado permita preservar esta técnica sustentable y por otro lado ofrezca innovación en los procesos productivos de la cadena textil camélidos.

Material y métodos

Materia prima

Las hojas de la col morada (*Brassica oleracea* var. *Capitata f. rubra*) fueron adquiridas del centro de la ciudad de Juliaca, San Román ubicado en la región Puno - Perú en el mes de agosto del 2021.

La muestra fue enviada en estado fresco al laboratorio del CITE Textil Camélidos Puno del Instituto Tecnológico de la Producción (ITP), donde se realizaron las pruebas de extracción del pigmento a partir de la col morada fresca.

Extracción del colorante

En el CITE Textil Camélidos Puno se pesaron 2 kg de col morada (*Brassica oleracea* var. *Capitata f. rubra*) y se sumergió en 8L de agua blanda, teniendo en consideración la relación de baño $\frac{1}{4}$ (1g de material para 4 ml de agua) utilizando el método tradicional, la cual consiste en efectuar la extracción en agua del vegetal con apoyo del calor (infusión), el proceso se realizó en una olla industrial a temperatura de ebullición por un lapso de tiempo de 1 h, el pigmento extraído se filtró a través de una gasa de doble filtrado y posterior a ello, se recolectó en frascos y fue almacenado en ausencia de luz hasta su posterior uso. Los parámetros establecidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Parámetros de extracción de colorante

N°	Muestra	Peso	Temperatura	Tiempo	Relación de baño
1	Hojas de col morada fresca	2 kg	89° C	1 h	1/4

Asimismo, se determinó el pH de los pigmentos con el potenciómetro, el cual tiene un potencial de hidrógeno de 6.5, la cual se encuentra en un medio ácido. Finalmente, se almacenó en refrigeración a temperaturas de 5 °C hasta su uso en el proceso de tintorería.

Figura 1

Colorante extraído de la col morada



Procedimiento de teñido

Las pruebas de tintorería fueron realizadas en el CITE Textil Camélidos Puno del Instituto Tecnológico de la Producción.

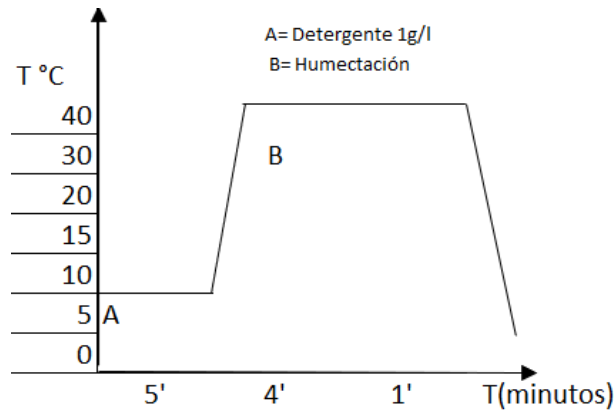
El sustrato textil que se utilizó fue hilado de alpaca 100%, calidad FS con un diámetro de fibra de 23.86 micrones, título de hilado 3/16 confeccionándose madejas de 5.5 g.

Pretratamiento

Este procedimiento se realiza con la finalidad de remover impurezas del hilado, así misma mejora la humectabilidad de la fibra para la impregnación del pigmento en las estructuras de la fibra, se realizó el pretratamiento con detergente / Humectante (Invadina LUN) en agua destilada a temperatura de 40 °C por un tiempo de 10 minutos. La curva del pretratamiento se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Curva de pretratamiento de hilado de alpaca

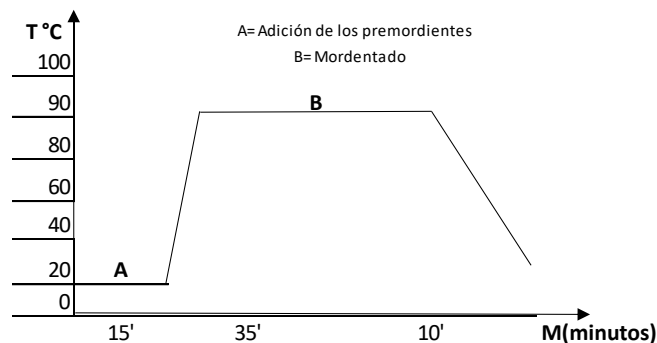


Premordentado

Se utilizó el premordentado con 21% de alumbre y 12% de Bitartrato de potasio en una relación de baño 1/10. Según la curva de pretratamientos que se presenta en la Figura 3, en el Punto A se adiciona la solución con las madejas de hilado de 5.5 g, en el punto B se eleva la temperatura a ebullición por un tiempo de 60 minutos, después se realiza el enjuague, escurrido y secado en lugares de cerrados de preferencia. Este proceso prepara el hilado de alpaca para que el pigmento se adhiera de mejor manera en la estructura de la fibra.

Figura 3

Curva de premordentado de hilado de alpaca.



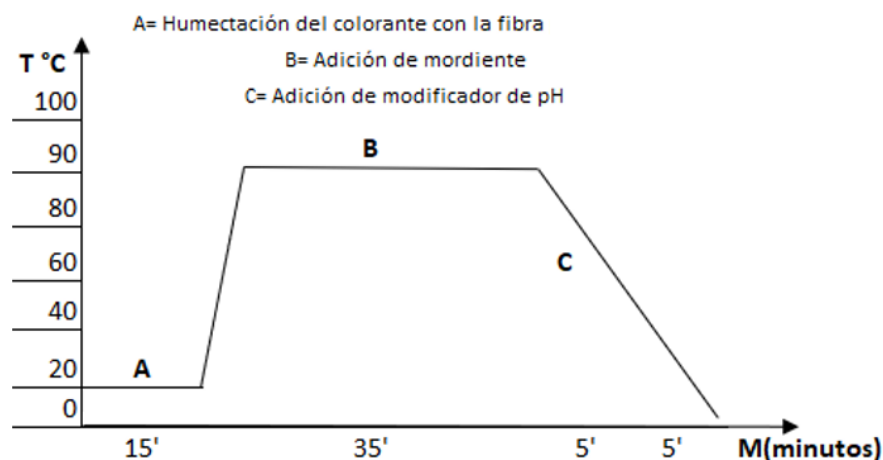
Proceso de tintura

El teñido empieza agregando los mordientes y los pigmentos extraídos de la col morada, según la curva de teñido en la Figura 4, se indica que en el punto “A” empieza la humectación de las madejas de hilado de alpaca previamente premordentadas, la proporción de mordientes y pigmento fue de 5 g/l, a una relación tintórea de 1/20, con la finalidad de lograr una mejor adsorción y fijación del pigmento en la fibra, en el punto “B” de la curva se muestra la elevación de la temperatura a 89 °C por un tiempo de 60 minutos. Posterior a ello se saca el hilado teñido, y en el Punto C, la solución tintórea tiene que enfriar a una temperatura de 45 °C y es en ese punto donde se adiciona el modificador de pH (bicarbonato de sodio), se remueve la solución y se adiciona el hilado de alpaca y se debe realizar una mezcla íntima por un tiempo de 15 minutos y posterior a ello enjuagar, hasta que todo el pigmento excedente salga de la fibra y por último el sustrato es enjugado y secado.

Cabe precisar que, en este estudio se utilizó el bicarbonato de sodio como modificador de pH para llegar a niveles básicos ($\text{pH} > 7$), puesto que las tonalidades frías están dentro de los niveles alcalinos.

Figura 4

Curva de teñido de fibra de alpaca



Experimentación de tintura

Prueba 1: se realizó 6 ensayos variando la cantidad de modificador de pH, se agregó diferentes mordientes y concentraciones, se enrazó con el colorante hasta completar 110 ml y se colocó 5.5 g de hilado de alpaca previamente mordentados. En los ensayos se

emplearon como mordientes sulfato de aluminio, sulfato de hierro, alumbre y ácido cítrico respectivamente, el proceso de tintura se programó según la curva de teñido que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Parámetros establecidos de la prueba 1

Nro.	A: Concentración de Mordiente	B = Tiempo (min)	C= Temperatura (° C)	E= Modificador de pH
1	0.55 g Sulfato de aluminio	30	89 °C	0.51 g
2	0.55 g Sulfato de aluminio	30	89 °C	0.25 g
3	0.55 g Sulfato de aluminio	30	89 °C	0.05 g
4	0.55 g de sulfato de hierro	30	89 °C	0.51 g
5	5 g/l de Ácido cítrico	30	89 °C	0.05 g
6	5 g/l Ácido cítrico más 5 g/l Alumbre	30	89 °C	0.05 g

Nota. En la tabla se muestra los diferentes parámetros considerados para obtener distintas tonalidades en el teñido de hilado de alpaca.

Prueba 2. se realizó 16 ensayos de tintura variando las concentraciones de mordiente, tiempo y modificador de pH, se enrazó con colorante hasta completar 110 ml y se colocó 5.5 g de hilado de alpaca previamente mordentado. En los ensayos del 1 al 16 se utilizó como mordiente sulfato de aluminio respectivamente, el proceso de teñido se programó según la Tabla 3.

Tabla 3

Parámetros establecidos para la experimentación – Prueba 2

N°	Tratamiento	REPLICA N° 1			REPLICA N° 2		
		A: Mordiente	B: Tiempo (minutos)	C: Modificador de pH	A: Mordiente	B: Tiempo (minutos)	C: Modificador de pH
1	(1)	3 g/l	30 min.	1.5 gr	3 g/l	30 min.	1.5 gr
2	a	6 g/l	60 min.	3.0 gr	6 g/l	60 min.	3.0 gr
3	b	3 g/l	60 min.	1.5 gr	3 g/l	60 min.	1.5 gr
4	ab	6 g/l	30 min.	3.0 gr	6 g/l	30 min.	3.0 gr
5	c	3 g/l	30 min.	1.5 gr	3 g/l	30 min.	1.5 gr
6	ac	6 g/l	30 min.	3.0 gr	6 g/l	30 min.	3.0 gr
7	bc	3 g/l	60 min.	1.5 gr	3 g/l	60 min.	1.5 gr
8	abc	6 g/l	60 min.	3.0 gr	6 g/l	60 min.	3.0 gr




Nota. En la tabla se muestra el diseño experimental con los factores controlables y sus niveles.

Resultados y discusiones

Resultados de los teñidos realizados en la prueba 1

Tabla 4

Muestras de los teñidos realizados en la prueba 1

Extractos	Mordiente	Fibras de alpacas teñidas			
Col morada	Diferentes	A1	A2	A3	A4
		(Sulfato de aluminio)	(sulfato de aluminio)	(sulfato de aluminio)	(Sulfato de hierro)
					
		A5	A6		
		(Ácido cítrico)	(Ácido cítrico + alumbre)		
					




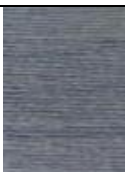
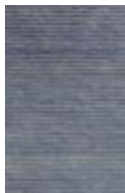



Nota. En la tabla se muestra los sustratos de hilado de alpaca teñidos con pigmento extraído de la col morada. Donde A1, A2, A3, A4, A5 y A6 se refiere al número de tratamientos.

En la prueba 1, realizando 6 pruebas de tincura trabajando a diferentes parámetros controlables, se obtuvo las siguientes tonalidades: (3) azules, (1) verde jade, (1) rosado y (1) beige.

Resultados de los teñidos de realizados en la prueba 2

En la prueba 2, realizando aleatoriamente los 8 tratamientos con dos repeticiones en total 16 pruebas de tincura, se obtuvo tonos azules, se evaluaron la solidez de color a la luz solar, basada según la NTP 231.183:1986. Método para determinar la solidez del color a la luz solar en tejidos artesanales y AATCC Test Method 16 Colorfastness to Light, usando la escala de grises para cambio de color como indica la Norma Técnica Peruana NTP 231.005:2014. Escala de grises para cambio de color muestra. Los resultados de los teñidos se muestran en la Tabla 5 y los resultados de solidez se muestran en la Tabla 6.

Tabla 5*Resultado de los teñidos realizados en la prueba 2*

Extractos	Mordiente	Fibras de alpacas teñidas			
Col morada	Sulfato de aluminio	A1	A2	A3	A4
					
		A5	A6	A7	A8
					

Nota. En la tabla se muestra las madejas teñidas con pigmento extraído de la col morada. Donde A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 se refiere al número de tratamientos

Tabla 6*Solidez de color*

Nro. Tratamiento	Repetición N°1	Repetición N°2
1	2.5	3.0
2	4.0	4.0
3	3.0	3.0
4	4.5	4.5
5	3.0	3.5
6	4.0	4.0
7	3.5	3.5
8	3.5	3.0

Nota. La solidez se pueden valorar dentro de los rangos de 1 al 5

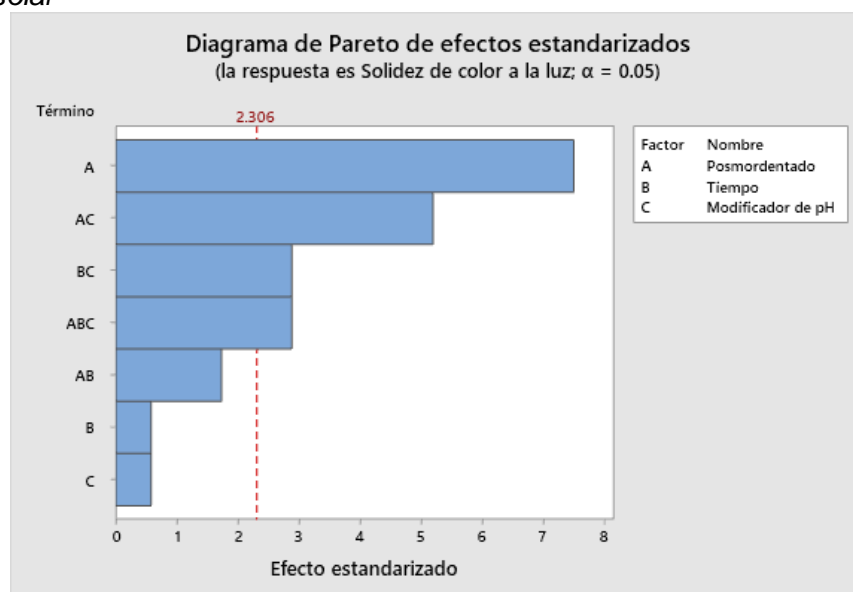
Tabla 7
Análisis de varianza para la evaluación de solidez de color a la luz de la prueba 2

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	4.85938	0.69420	14.81	0.001
Lineal	3	2.67188	0.89063	19.00	0.001
Mordentado	1	2.64063	2.64063	56.33	0.000
Tiempo	1	0.01563	0.01563	0.33	0.580
Modificador de pH	1	0.01562	0.01562	0.33	0.580
Interacciones de 2 términos	3	1.79688	0.59896	12.78	0.002
Mordentado*Tiempo	1	0.14062	0.14062	3.00	0.122
Mordentado*Modificador de pH	1	1.26562	1.26562	27.00	0.001
Tiempo*Modificador de pH	1	0.39063	0.39063	8.33	0.020
Interacciones de 3 términos	1	0.39063	0.39063	8.33	0.020
Mordentado*Tiempo*Modificador de pH	1	0.39063	0.39063	8.33	0.020
Error	8	0.37500	0.04687		
Total	15	5.23438			

De acuerdo a un análisis de regresión factorial general, encontramos un *p-valor* de 0.001, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, es posible concluir que el colorante extraído de la col morada tiene efectos significativos en la solidez de color a la luz solar de teñido de fibras de alpaca.

Figura 5

Diagrama de Pareto de los efectos del colorante extraído de la col morada en la solidez de color a la luz solar



El efecto principal A (mordiente), las interacciones AC (mordiente y Modificador del pH), las interacciones BC (tiempo y modificador de pH) y ABC (mordiente, Modificador del pH y Tiempo) dominan el proceso, explicando el 94.66 % de la variabilidad total.

Medición de la solidez de color a la luz y apariencia de color

En las pruebas de solidez de color a la luz de las madejas de hilado de alpaca teñidas pigmento extraído de la col morada, se obtuvo valores de 3.0 “aceptables” a 4.5 “muy bueno” en la escala de grises al cambio de color. Debido a la alta afinidad del licor (pigmento natural más mordientes) con la estructura de la fibra de alpaca se alcanzó buenos resultados en solidez y apariencia de color. Sánchez (2020) en su estudio de teñido de lana y fibra de alpaca, logró obtener teñidos de tonalidades azules y celestes con pigmento extraído de la col morada. Así mismo, Quinde y Ponce (2019) en el teñido de algodón, obtuvo valores de solidez y tonalidades similares a los encontrados en este estudio. Por otro lado Farfán et al., (2019) en su investigación del teñido de lana de ovino con colorante extraído de la col morada y mordientes ácido cítrico y sal industrial, obtuvo diferentes tonalidades con buenas solidez al frote.

Conclusiones

Los teñidos de hilado de alpaca con el pigmento extraído de la col morada adicionando diferentes mordientes, lograron resultados aceptables en la solidez de color a la luz y en apariencia de color para todos los tratamientos, es decir que la fijación del color fue eficaz. Sin, embargo cabe precisar que el mordiente que brinda las tonalidades dentro del rango de los azules fue el sulfato de aluminio y con mordientes ácido cítrico, sulfato de hierro y alumbre más ácido cítrico se lograron tonalidades rosadas, verdes y beige.

Agradecimiento

Al ITP por las facilidades en el uso de las instalaciones, equipos y el apoyo en la ejecución de este estudio.

Contribución de autoría

Alexander Sucasaca Quispe, participó en la ejecución del proyecto en el CITE textil camélidos Puno, interpretación, redacción y revisión final del manuscrito.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflictos de intereses.

<https://doi.org/10.54353/ritp.v2i1.e004>

Referencias bibliográficas

- Adeel, S., Rehman, F. U., Rafi, S., Zia, K. M., & Zuber, M. (2019). Environmentally Friendly Plant-Based Natural Dyes: Extraction Methodology and Applications. In Plant and Human Health (Vol. 2). https://doi.org/10.1007/978-3-030-03344-6_17.
- Castillo, G. G. (2006). Extracción de colorante de col morada (*Brassica oleaceae*). [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3331>
- Calderón M. (2007). Extracción y caracterización fisicoquímica del extracto colorante de la corteza de Aliso común (*Alnus jorullensis humboldt, Bonpland kunth*), proveniente de san Lucas Sacatepéquez, Guatemala”, [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4989/1/16100351.pdf>
- Farfán–Flores. J.A., Tito- Calderón, J., Quispe-Mamani, S., Laura Huanca, J.C. & Humpiri – Flores, M.E. (2019). Extracción del colorante natural a partir de col morado y su efectividad en el teñido. ÑAWPARISUN – Revista de investigación científica, 2(1), 49-52.
- Ibadango Aconda, C. A. (2015). Diseño y elaboración de muestras testigo en tela de algodón 100%, utilizando la col morada en el proceso de lavado para medir el PH en las prendas de bebé causantes de las alergias [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3738>
- Játiva Yandun, V. L. (2013). Elaboración de vendas curativas utilizadas como indicadores de las infecciones aplicando el extracto de la col morada (*Brassica oleracea* var. capitata) [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1064>
- Laura, G. J. (2018). Extracción y caracterización de flavonoides a partir de las flores de *misig'ó*(*Bidens andicola*). [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Puno, Puno]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8534>.
- Moreu, M. (2018). Col lombarda. Puleva. <https://www.lechepuleva.es/aprende-a-cuidarte/tu-alimentacion-de-la-a-z/c./col-lombarda>.
- NTP 231.005. (2014). INACAL. TEXTILES. Escala de grises para el cambio de color.
- Obando, R. E. (2013). Tintura alternativa en Hilos de lana con colorantes naturales. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2300>.

- Pichardo, F.F. (2019). Obtención de pigmentos bioactivos a partir de col morada (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) y evaluación de su aplicación en un producto alimenticio [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del estado de México, México]. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/104607>.
- Quinde, B. A., & Ponce, V. N. (2019). Síntesis de colorantes biodegradables a partir de la cochinilla roja (*Dactylopius Coccus*), col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) y de la flor de retama (*retama sphaerocarpa* L.) para el teñido de fibra de algodón. [Tesis de ingeniero, Universidad de Guayaquil, Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40045>.
- Ramos, B. (2020). Obtención de colorante natural a partir de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris* var *crassa*) para el teñido de fibra de ovino. Tesis de ingeniero, Universidad Nacional del Altiplano, Puno]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13309>.
- Sánchez, M. (2020). Obtención de tonalidades azules a partir de la experimentación en el tinturado natural de lana de oveja y fibra de alpaca. [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay, Cuenca]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/>.