

Effect of hot air drying on the protein content of *Nostoc Sphaericum*

Rodriguez Yupanqui, Christian¹, Castillo León, Luis¹, Peláez Alfaro Johan¹, Silva-Chuquipoma, Diego Honorato  and Boñón-Silva, Cesia Elizabeth¹

¹Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú.

N00319953@upn.pe, N00343116@upn.pe, N00319097@upn.pe, diego.silva@upn.pe, cesia.bonon@upn.edu.pe

Abstract— *This study aimed to evaluate the effects of hot air drying on the protein content of dehydrated Nostoc sphaericum. A population of 5 kg of Nostoc was used, divided into two treatments: Treatment 1 (T₁) with 2 kg dried at 70 °C for 8 hours, and Treatment 2 (T₂) with 3 kg dried at 90 °C for 5 hours. After the drying process, the dehydrated samples were analyzed to determine their protein content using the Kjeldahl method. The results showed that T₂ achieved a higher protein content (34.15%) compared to T₁ (30.75%). However, a t-student t-test with a 95% significance level revealed that these differences were not statistically significant (p-value of 0.328). In conclusion, hot air drying is an effective method for dehydrating Nostoc, maintaining protein integrity despite differences in drying conditions, suggesting its viability for future applications in the food and pharmaceutical industries.*

Keywords— *Nostoc, drying, proteins.*

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Efecto del secado por aire caliente en el contenido de proteína del *Nostoc Sphaericum*

Rodriguez Yupanqui, Christian¹, Castillo León, Luis¹, Peláez Alfaro Johan¹, Silva-Chuquipoma, Diego Honorato¹ and Boñón-Silva, Cesia Elizabeth¹

¹Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú.

N00319953@upn.pe, N00343116@upn.pe, N00319097@upn.pe, diego.silva@upn.pe, cesia.bonon@upn.edu.pe

Resumen— Este estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos del secado por aire caliente en el contenido de proteínas del *Nostoc sphaericum* deshidratado. Se trabajó con una población de 5 kg de *Nostoc*, dividida en dos tratamientos: Tratamiento 1 (T₁) con 2 kg secados a 70 °C durante 8 horas, y Tratamiento 2 (T₂) con 3 kg secados a 90 °C durante 5 horas. Después del proceso de secado, se analizaron las muestras deshidratadas para determinar el contenido de proteínas utilizando el método de Kjeldahl. Los resultados mostraron que el T₂ alcanzó un mayor contenido proteico (34.15%) en comparación con el T₁ (30.75%). Sin embargo, la prueba t de Student con un nivel de significancia del 95% reveló que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (p-valor de 0.328). En conclusión, el secado por aire caliente es un método eficaz para la deshidratación de *Nostoc*, manteniendo la integridad proteica a pesar de las diferencias en las condiciones de secado, lo que sugiere su viabilidad para aplicaciones futuras en la industria alimentaria y farmacéutica.

Palabras claves— *Nostoc*, secado, proteínas

I. INTRODUCCIÓN

En las regiones andinas de Perú, un alimento milenario y poco conocido por la mayoría de la población ha representado durante siglos una fuente nutricional invaluable. Se trata del *Nostoc*, una cianobacteria que, con su forma de esferas verdes azuladas, ha permanecido oculta a simple vista, emergiendo solo cuando las lluvias la hidrataban, lo que permitía que se manifestara en arroyos y lagunas de las zonas altoandinas [1]. Esta peculiar alga, conocida bajo diversas nomenclaturas como cushuro, murmunta o llullucha, ha sido un componente esencial de la dieta de los pueblos originarios desde tiempos precolombinos. Su presencia ha sido constante en los países andinos, donde durante siglos se ha aprovechado por sus propiedades benéficas: de 100 gramos de *Nostoc* deshidratado se pueden obtener hasta 25.4 gramos de proteínas, 1.076 miligramos de calcio y cantidades significativas de vitamina A [2]. Estas cifras reflejan su potencial como un superalimento, especialmente útil en regiones donde la desnutrición y la anemia son problemas prevalentes. La cianobacteria *Nostoc* sp. destaca por su riqueza en proteínas, hierro y calcio, nutrientes clave que podrían jugar un rol importante en la lucha contra la anemia y la desnutrición. En un estudio realizado en la región de Moquegua sobre *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet &

Flahault, se identificaron diferencias significativas en las características del agua entre los diferentes puntos de colecta. Las algas analizadas mostraron niveles elevados de proteína, hierro y calcio, superando a muchos de los alimentos comunes en la provisión de estos nutrientes esenciales. Esto sugiere que el *Nostoc* podría ser un alimento altamente nutritivo y beneficioso para abordar problemas de desnutrición y anemia en la población humana [3]. No obstante, a pesar de su vasto potencial nutricional y de sus múltiples beneficios, el *Nostoc* ha permanecido mayormente desconocido para el resto del mundo. Las investigaciones sobre este valioso recurso han sido limitadas, y su producción y distribución se han mantenido en gran medida de manera artesanal, restringidas a las comunidades locales que han preservado y transmitido sus conocimientos sobre este alimento a lo largo de generaciones. Este desconocimiento generalizado ha impedido que el *Nostoc* alcance una mayor notoriedad y que sus propiedades sean plenamente reconocidas y aprovechadas en mercados más amplios, tanto a nivel nacional como internacional.

La desnutrición y la anemia han sido históricamente problemas críticos de salud pública, particularmente en las regiones más vulnerables, donde los niños son los más afectados. Estas condiciones no solo limitan el desarrollo físico y cognitivo de los menores, sino que también perpetúan un ciclo de pobreza y enfermedad en las comunidades más desfavorecidas. En este contexto, el *Nostoc*, con su excepcional perfil nutricional, se presenta como una solución innovadora y accesible para combatir estas afecciones. Su elevado contenido de proteínas y hierro, junto con otros nutrientes esenciales, lo posicionan como un complemento alimenticio ideal, capaz de fortalecer la nutrición infantil y abordar de manera efectiva la anemia, que afecta a millones de niños en todo el mundo. Sin embargo, a pesar de su vasto potencial, el *Nostoc* sigue siendo un recurso subutilizado. La falta de investigación a nivel industrial ha limitado su aprovechamiento, ya que aún no se han desarrollado procesos estandarizados para su producción en masa, ni técnicas adecuadas para su procesamiento que permitan preservar sus valiosas propiedades nutricionales. Además, la exploración de nuevas formas de presentación y consumo, que podrían facilitar su aceptación en el mercado y su integración en programas de nutrición, sigue siendo un área poco explorada. Ante este panorama, surge la necesidad de crear alternativas que potencien el uso del *Nostoc*, concentrando un mayor porcentaje de proteínas y optimizando su valor nutricional, para que pueda ser una herramienta efectiva en la

lucha contra la desnutrición y la anemia, especialmente en las poblaciones más necesitadas.

En el estudio de [5] se utilizó un diseño experimental para optimizar el secado del alga *cushuro* (*Nostoc Sphaericum*) mediante un secador rotatorio discontinuo. Se logró reducir la humedad del alga al 1.913% en 90 minutos a 60 °C, identificando el tiempo y la temperatura como los factores más críticos. Los análisis revelaron que, después del secado, el alga mantenía un alto contenido nutricional con 30.02% de proteína, 145,340.8 ppm de calcio y 15,355.2 ppm de magnesio. Estos resultados fueron validados y visualizados a través de gráficos de contorno y un Diagrama de Pareto, demostrando la efectividad del proceso en la reducción de la humedad después de 80 minutos de tratamiento. [6] identificaron que la temperatura y el tiempo óptimos para obtener un mejor porcentaje de proteínas y conservación del color fueron 70°C y 5 horas, respectivamente. A esta temperatura y duración, se alcanzó un contenido proteico más alto y se mantuvo mejor el color, en comparación con otras temperaturas probadas. Esto reflejó un equilibrio efectivo entre la deshidratación y la preservación de cualidades nutricionales y estéticas del alga. [3] realizó un análisis fisicoquímico del *cushuro* mediante secado por bandejas, proveniente de la comunidad de Allpas del distrito de Acobamba. El contenido de proteína fue considerado una métrica fundamental para determinar el valor nutricional y funcional del producto final. El secado fue identificado como un método común para la preservación de alimentos, y en el caso del *Nostoc*, resultó crucial para su uso en diferentes productos.

El secado, es una operación unitaria importante en la industria alimentaria, que permitió la conservación de los alimentos al reducir su actividad de agua, disminuyendo así el riesgo de deterioro microbiano y las reacciones de degradación. Los diferentes métodos de secado tuvieron impactos variados en la calidad del *Nostoc*, no solo en la concentración de proteína, sino también en la textura, el sabor y la estabilidad del producto final. Los parámetros específicos de secado incluyeron la temperatura, el tiempo y el método de secado. Asimismo, la temperatura de secado influyó directamente en la preservación de las proteínas y otros nutrientes en el *Nostoc*. Altas temperaturas aceleraron el secado, pero también provocaron la desnaturalización de las proteínas, afectando su funcionalidad y valor nutritivo [4]. Por otro lado, secar a temperaturas más bajas preservó mejor las proteínas, aunque requirió más tiempo. La selección de la temperatura óptima fue esencial para equilibrar la eficiencia del secado con la calidad del producto final.

El tiempo de secado tiene que ser suficiente para eliminar la humedad sin comprometer la calidad nutricional del *Nostoc*. Un tiempo de secado inadecuado da como resultado un producto con humedad residual, susceptible a la degradación microbiana. Sin embargo, un secado prolongado, especialmente a altas temperaturas, lleva a la pérdida de proteínas valiosas.

Los diferentes métodos de secado tienen impactos variados en la calidad del *Nostoc*. La liofilización, por ejemplo, fue ideal

para preservar la estructura y funcionalidad de las proteínas debido a las bajas temperaturas utilizadas, aunque es un método más costoso y lento. Por otro lado, el secado por atomización es más rápido y eficiente, pero provoca pérdida de proteínas sensibles al calor [7]. La elección del método de secado se basó en una evaluación cuidadosa de los costos, la eficiencia y el impacto en la calidad nutricional del *Nostoc*.

A pesar de su alto contenido nutricional, no está siendo aprovechado adecuadamente, encontrándose desconsiderado y desaprovechado para futuros estudios y producción tecnificada. Sin embargo, existe una alta demanda de alimentos complementarios nutritivos, especialmente para combatir problemas como la anemia en niños, generando una oportunidad de desarrollo de productos y avalado por la ley n° 31825 que promueve el estudio, producción y consumo del *Nostoc* (*cushuro*) [8].

Finalmente, se planteó como objetivo general evaluar los procesos de secado por aire caliente y su efecto en el contenido de proteínas del *Nostoc* deshidratado; asimismo se planteó la siguiente hipótesis: existe un efecto significativo entre los procesos de secado en el contenido de proteínas.

II. METODOLOGIA

A. Población y muestra

La población estuvo conformada por 5 kg de *Nostoc* deshidratado en donde se realizaron dos tratamientos, para el Tratamiento 1 se usó 2 kg de *Nostoc* mientras que para el Tratamiento 2 se usó 3 kg. Se tomó toda la población como muestra para el análisis de proteínas.

B. Elaboración de *Nostoc* deshidratado

El procedimiento implicó la preparación de las muestras de *Nostoc* fresco, seguida de los ensayos de secado bajo dos condiciones diferentes de temperatura y tiempo. Después del secado, se analizaron las muestras deshidratadas para determinar su contenido de proteínas.

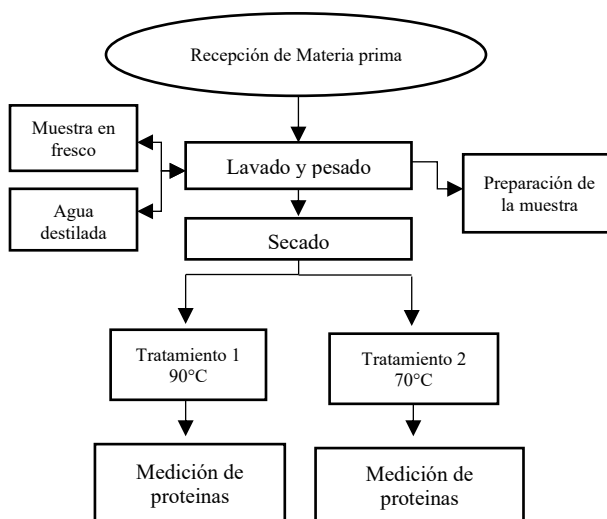


Fig.1. Diagrama de flujo para la elaboración de *Nostoc* deshidratado

C. Parámetros de secado por aire caliente

Para el tratamiento 1 se realizó a una temperatura de 70 °C por 8 horas. Esta temperatura fue seleccionada por su potencial para mantener la integridad nutricional del cushuro. Al final del proceso de secado, se obtuvo un peso de 25.89 g a partir de una muestra inicial de cushuro fresco de 2 kg. Para el tratamiento 2 se realizó a una temperatura de 90 °C por 5. Al finalizar el secado, se obtuvo un peso de 61.51 g a partir de una muestra inicial de cushuro fresco de 3 kg. Una vez deshidratado a las temperaturas mencionadas, se procedió a moler y tamizar para su posterior análisis.

D. Análisis fisicoquímicos y determinación de contenido de proteínas

Para evaluar adecuadamente la calidad de las muestras deshidratadas obtenidas en cada tratamiento, se llevaron a cabo una serie de análisis fisicoquímicos específicos. En primer lugar, se realizaron mediciones precisas del porcentaje de humedad residual en las muestras. La actividad de agua, que mide la disponibilidad de agua libre en las muestras y es un indicador clave del riesgo de crecimiento microbiano, también fue evaluada minuciosamente. Estas mediciones permitieron no solo caracterizar las condiciones físicas del *Nostoc* deshidratado, sino también entender mejor cómo los diferentes parámetros de secado impactan en la calidad del producto. Adicionalmente, para determinar el contenido de proteínas, uno de los principales objetivos de este estudio, se empleó el método de Kjeldahl, una técnica estándar en el análisis de alimentos que permite cuantificar de manera precisa el contenido total de nitrógeno y, por ende, calcular el contenido proteico. Este análisis es fundamental para verificar si los tratamientos aplicados lograron mantener la integridad nutricional del *Nostoc* y para comparar los resultados entre los diferentes métodos de secado utilizados.

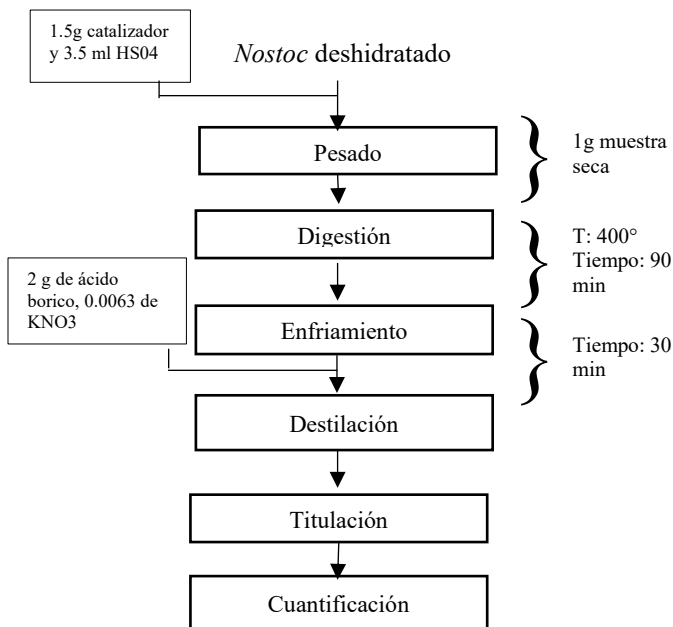


Fig. 2. Flujo para determinación de contenido de proteínas

E. Análisis Estadístico

Se realizó una prueba t de Student, previa validación de la normalidad de los datos, para evaluar el efecto de los tratamientos de secado en el contenido de proteínas. Para ello se utilizó el software estadístico R.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación, se presentan los resultados fisicoquímicos obtenidos.

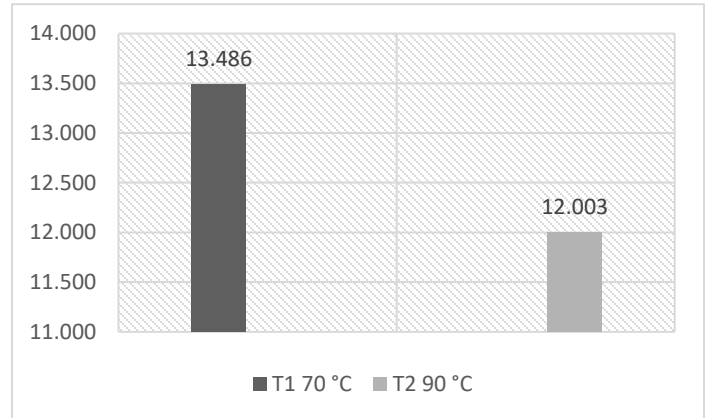


Fig. 3. Resultados del porcentaje de humedad promedio para ambos tratamientos

Se observó que para el T₁ resultó en un mayor contenido de humedad, con un promedio de 13.486% en comparación con el 12.003% obtenido en el T₂. Al comparar estos resultados con otros autores, se observa que los métodos alternativos de secado pueden influir significativamente en la eficiencia del proceso de eliminación de agua y en la retención de propiedades nutricionales. [9] logró controlar el contenido de humedad sin reducir significativamente la alta concentración de proteínas, manteniendo así las características deseadas del producto final. Adicionalmente, [10] encontró que el secado por aire caliente es eficiente en la reducción de humedad, pero puede ser complementado con técnicas como la impregnación ultrasónica para mejorar la calidad final del producto.

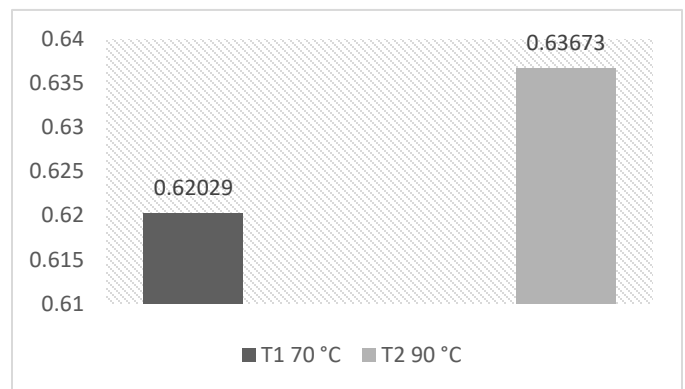


Fig. 4. Resultados de la actividad de agua promedio para ambos tratamientos

Se observó que la actividad de agua del T1 fue ligeramente menor (0.62029) a comparación del T2 (0.63673). En contraste a ello, [2] encontraron que el producto deshidratado presentaba bajos valores de actividad de agua, lo que es crucial para la estabilidad y conservación del producto en condiciones ambientales, subrayando la importancia de controlar la actividad de agua para mantener la estabilidad de los compuestos activos y evitar el crecimiento microbiano. [11] mostraron que diferentes métodos de secado, incluidos el liofilizado y el secado por aire caliente, pueden influir significativamente en la actividad de agua y en la retención de propiedades funcionales, con la liofilización mostrando menor actividad de agua comparado con el secado por aire caliente.

Finalmente, el contenido de proteína obtenido se muestra a continuación.

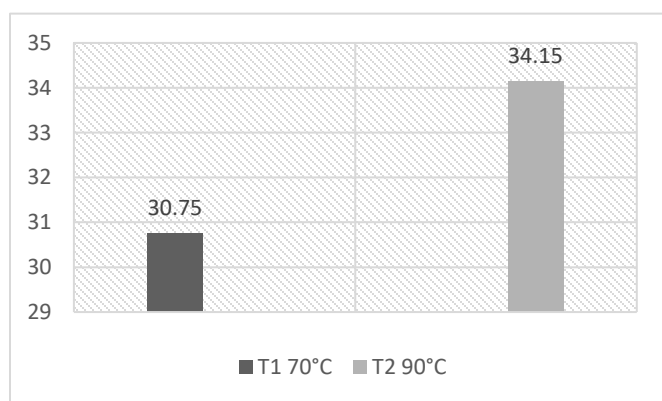


Fig. 5. Contenido de proteína obtenido para ambos tratamientos

Para el T₂ realizado a 90 °C durante 6 horas, se logró obtener un mayor porcentaje de proteínas, alcanzando un promedio de 34.15% frente al 30.75% registrado para el T₁. Al comparar los resultados de la presente investigación con los de [13], reportando un 34.03% de proteínas para el tratamiento a 70°C durante 8 horas, mientras que en este estudio se obtuvo un 30.75%. De manera similar, para el tratamiento a 90°C durante 6 horas, se reportó un 36.13% de proteínas, ligeramente superior al 34.15% obtenido. Estas diferencias podrían estar relacionadas con variaciones en el proceso de deshidratación, la homogeneidad de las muestras, o las técnicas de análisis utilizadas en cada estudio. Asimismo [1] lograron un contenido proteico significativo, con valores de 30.75% a 70°C durante 8 horas y 34.15% a 90°C durante 6 horas. En contraste, se describe un proceso de secado por pulverización que, aunque también registra un alto contenido de proteínas y carbohidratos, se centra más en la estabilidad y las propiedades tecno funcionales del *Nostoc* como hidrocoloide. Además, el secado por pulverización mencionado parece ser más efectivo en la conservación de minerales clave, como calcio, magnesio y hierro, posiblemente debido a una menor exposición al calor en comparación con el secado por aire caliente. Similar a lo reportado por [13] indicando que, aunque ambos procesos de

secado producen un contenido de proteínas significativo en *Nostoc sphaericum*, las temperaturas más altas no necesariamente resultan en una mayor concentración proteica. obteniendo un 30.48% de proteínas al secar a 100-102 °C durante 12-18 horas o a 125 °C durante 4 horas, mientras que este estudio muestra un 30.75% de proteínas al secar a 70°C durante 8 horas y un 34.15% al secar a 90°C durante 6 horas. Por otro lado, en los resultados presentados por [1] indicaron que el porcentaje de proteínas de *Nostoc* deshidratado fue de 26.68%, si bien realizaron un proceso de secado, no detallan los parámetros con los que trabajaron, lo cual podría indicar que trabajaron con temperaturas altas y poco tiempo y probablemente en la desnaturalización de proteínas. La elección que se realizó de usar como tratamiento el secado fue por las ventajas que se obtuvieron, mayor concentración de proteínas, alargar su vida útil y un más proceso rápido. En contraste, el estudio de [11] en *Nostoc commune* mostró que, aunque el secado por aire caliente mantuvo un contenido de proteínas del 26.68%, el liofilizado ofreció una retención aún mayor, lo que sugiere que la combinación de tecnologías puede ser necesaria para optimizar la conservación de nutrientes. Coherente con estos hallazgos, [10] encontraron que la impregnación ultrasónica antes del secado por aire caliente en *Nostoc sphaeroides* mejoró la retención de proteínas, alcanzando valores superiores al 30%, lo que respalda la eficacia del secado por aire caliente cuando se combina con otros tratamientos previos. De manera similar, [9] subrayó la importancia de controlar la temperatura y el tiempo de secado para evitar la degradación de proteínas en *Spirulina* y *Cushuro*, sugiriendo que temperaturas más altas pueden ser más eficientes en ciertos casos. Además, [14] destacaron que el secado por aire caliente, cuando se realiza a temperaturas óptimas, puede retener hasta un 95% del contenido de proteínas y aminoácidos en algas marrones, lo cual es consistente con tus hallazgos en *Nostoc sphaericum*. Asimismo, [15] observaron que el secado por aire caliente combinado con pasteurización por radiofrecuencia en *Nostoc sphaeroides* conservó la estabilidad de proteínas esenciales, manteniendo un contenido de proteínas de aproximadamente 32%. Además, un estudio en *Muriellopsis sp.* realizado por [16] mostró que el secado a 70 °C utilizando extracción supercrítica permitió recuperar un 2.5 veces más contenido de luteína comparado con otras técnicas, lo que subraya la eficiencia de técnicas de secado a altas temperaturas en la preservación de compuestos bioactivos. Finalmente, en estudios sobre secado de pescado ligeramente salado, [17] encontraron que el secado por aire caliente a 80 °C favoreció la retención de proteínas en un 31%, aunque con algunas variaciones en la textura y otras propiedades físicas, lo que resalta la complejidad de las interacciones entre temperatura y tiempo en la preservación de proteínas.

Se realizó una prueba t student con un nivel de significancia del 95%. Los resultados de esta prueba arrojaron un valor p-valor de 0.328, lo que llevo a la aceptación de la hipótesis nula, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de proteínas

entre ambos tratamientos. Este resultado es coherente con [12] donde se evaluaron las características nutricionales de *Nostoc sphaericum* recolectado en la región de Moquegua, se encontró que, aunque hubo variaciones en los contenidos de proteínas y minerales entre diferentes muestras, las pruebas estadísticas no mostraron diferencias significativas en el contenido de proteínas entre diferentes métodos de secado, con un valor p superior a 0.05, lo que es similar a lo que encontraste en tu estudio. De manera similar, [18] al analizar muestras de *Nostoc sphaericum* deshidratadas, utilizaron análisis de varianza y pruebas t para evaluar diferencias en la composición nutricional, concluyendo que no había diferencias significativas en el contenido de proteínas entre diferentes lotes, apoyando así la idea de que las variaciones en los métodos de secado no siempre resultan en diferencias significativas en el contenido proteico. Además, [1] encontraron que, a pesar de las diferencias observadas en los métodos de secado, las pruebas estadísticas no mostraron diferencias significativas en el contenido proteico, con valores p superiores a 0.05. Esto sugiere que los métodos de procesamiento pueden no tener un impacto estadísticamente significativo en la retención de proteínas, lo que coincide con tus hallazgos. En contraste, [10] encontraron que la impregnación ultrasónica seguida de secado por aire caliente en *Nostoc sphaeroides* resultó en diferencias significativas en la calidad final del producto, lo que indica que ciertos pretratamientos pueden influir significativamente en los resultados, esto no se observó en los resultados obtenidos.

V.CONCLUSIONES

Se concluye que el secado por aire caliente es un proceso efectivo para deshidratar *Nostoc sphaericum*, manteniendo un contenido significativo de proteínas en el producto final. Los resultados mostraron que el tratamiento a 90 °C durante 6 horas (T₂) logró un contenido de proteínas de 34.15%, comparado con el 30.75% registrado en el tratamiento a 70 °C (T₁). Sin embargo, los análisis estadísticos, mediante una prueba t de Student con un nivel de significancia del 95%, indicaron que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (p-valor de 0.328), lo que sugiere que, dentro del rango de temperaturas evaluado, el proceso de secado por aire caliente es consistente en la preservación del contenido proteico. Estos hallazgos indican que, aunque se observan variaciones en el contenido de proteínas dependiendo del método de secado, estas variaciones no siempre son significativas desde un punto de vista estadístico.

Por otro lado, se sugiere explorar la combinación de pretratamientos, como la impregnación ultrasónica, con el secado por aire caliente para evaluar si se pueden obtener mejores resultados en términos de retención de proteínas y otras propiedades nutricionales. Además, sería beneficioso ampliar el rango de temperaturas y tiempos de secado investigados, para identificar las condiciones óptimas que maximicen la retención de nutrientes en el *Nostoc sphaericum*. También se recomienda

investigar el impacto del secado por aire caliente en otros componentes nutricionales y bioactivos del *Nostoc*, como carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales, así como sus propiedades funcionales, incluyendo la capacidad antioxidante y la rehidratación. Finalmente, realizar estudios a largo plazo sobre la estabilidad del *Nostoc* deshidratado bajo diferentes condiciones de almacenamiento podría proporcionar información valiosa para su uso en la industria alimentaria y farmacéutica, asegurando la calidad del producto a lo largo del tiempo.

VI.REFERENCIAS

- [1] Choque-Quispe, D., Mojo-Quisani, A., Ligarda-Samanez, C. A., Calla-Florez, M., Ramos-Pacheco, B. S., Zamalloa-Puma, L. M., Peralta-Guevara, D. E., Solano-Reynoso, A. M., Choque-Quispe, Y., Zamalloa-Puma, A., & Palomino-Malpartida, Y. G. (2022). Preliminary characterization of a spray-dried hydrocolloid from a high Andean alga (*Nostoc sphaericum*). *Foods*, *11*, 1640. <https://doi.org/10.3390/foods11111640>
- [2] Cachique, D., Castro, R., Sánchez, R., & Rojas, R. (2014). Efecto del tamaño del fruto y su relación con el contenido de aceite en aceitunas cv. Arbequina, región de Tarapacá, Chile. *IDESIA (Chile)*, *32*(2), 107-112.
- [3] Muñoz Alejo, K. N. (2021). *Efecto de la temperatura y tiempo en la deshidratación del cushuro (Nostoc commune) mediante bandejas en las propiedades fisicoquímicas* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Huancavelica].
- [4] Ponce. (2014). Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. *Idesia (Arica)*, *32*(2), 115-118. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000200015>
- [5] Chuquiza, C.; Quispe, O. (2018). *Optimización del proceso de secado de alga cushuro (Nostoc Sphaericum) en un secador rotatorio discontinuo* (Tesis de Grado, Universidad Nacional del Callao). Repositorio institucional. [<https://hdl.handle.net/20.500.12952/7612>]
- [6] Capcha Orihuea, K. M., Naventa Villanueva, E. L., Ríos Velasquez, C., & Sisa Huaccha, N. Y. (2020). *Evaluación de tres niveles de temperatura de secado del cushuro (Nostoc sp) en el color y porcentaje de proteína*. [Trabajo de investigación para optar el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Agroindustrial y Agronegocios, Universidad Técnica Nacional de Costa Rica].
- [7] Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*, *49*(4), 311-319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)
- [8] Congreso de la República. (2023, 12 de julio). Ley que promueve el estudio, producción y consumo del Nostoc (cushuro) y modifica la ley 28477, ley que declara a los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufrutuadas patrimonio natural de la nación. El peruano.
- [9] Cáceres, D., Domínguez, M., Vínces, L., & Ronceros, J. (2021). Design of a parabolic solar collector for the drying of Spirulina and Cushuro microalgae. *2021 IEEE XXVIII International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/INTERCON52678.2021.9532981>
- [10] Shi, H., Zhang, M., & Yi, S. (2020). Effects of ultrasonic impregnation pretreatment on drying characteristics of *Nostoc sphaeroides* Kützing. *Drying Technology*, *38*(8), 1051-1061. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1611596>
- [11] Torres-Maza, A., Yupanqui-Bacilio, C., Castro, V., Aguirre, E., Villanueva, E., & Rodríguez, G. (2020). Comparison of the hydrocolloids *Nostoc commune* and *Nostoc sphaericum*: Drying, spectroscopy, rheology and application in nectar. *Scientia Agropecuaria*, *11*(4), 583-589. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.14>
- [12] Méndez-Ancca, S., Pepe-Victoriano, R., Gonzales, H. H. S., Zambrano-Cabanillas, A. W., Marín-Machuca, O., Rojas, J. C. Z., Maquera, M. M., Huanca, R. F., Aguilera, J. G., Zuffo, A. M., & Ratke, R. F. (2023). Physicochemical evaluation of Cushuro (*Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault) in the region of Moquegua for food purposes. *Foods*, *12*(10). <https://doi.org/10.3390/foods12101939>

- [13] Delgado-Oblitas, F., & Quiroz-Cornejo, K. V. (2024). Potencial proteico de la cianobacteria gelatinosa en polvo cushuro (*Nostoc sphaericum*): Un análisis de su calidad proteica. *Revista de Investigaciones ULCB*, 11(2), 46-57. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2024v11n2.005>
- [14] Obluchinskaya, E., & Daurtseva, A. (2020). Effects of air drying and freezing and long-term storage on phytochemical composition of brown seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 32(6), 4235-4249. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02225-x>
- [15] Xu, J., Zhu, S., Zhang, M., Cao, P., & Adhikari, B. (2021). Combined radio frequency and hot water pasteurization of *Nostoc sphaeroides*: Effect on temperature uniformity, nutrients content, and phycocyanin stability. *LWT - Food Science and Technology*, 141, 110880. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110880>
- [16] Ruiz-Domínguez, M., Marticorena, P., Sepulveda, C., Salinas, F., Cerezal, P., & Riquelme, C. (2020). Effect of Drying Methods on Lutein Content and Recovery by Supercritical Extraction from the Microalga *Muriellopsis* sp. (MCH35) Cultivated in the Arid North of Chile. *Marine Drugs*, 18(11), 528. <https://doi.org/10.3390/md18110528>
- [17] Yu, D., Tianyi, F., Jiang, Q., Yang, F., Gao, P., Xu, Y., & Xia, W. (2021). The change characteristics in moisture distribution, physical properties and protein denaturation of slightly salted silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during cold/hot air drying processing. *LWT - Food Science and Technology*, 137, 110466. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110466>
- [18] Alegre Coveñas, R. E., Ojeda Pereda, M. C., & Acuña Leiva, A. Y. (2020). Análisis proximal y contenido de hierro y calcio de *Nostoc sphaericum* “cushuro” deshidratado procedente de la laguna de Conococha, Catac – Huaraz. *UCV-Scientia*, 12(2), 137-149. <https://doi.org/10.18050/UCVS.V.12I2.2607>