

Drying Kinetics of Yuyo Macroalgae (*Chondracanthus Chamissoi*) and Evaluation of the Nutritional Characteristics of its Flour

José Cáceres-Paredes, Doctor¹, Carlos Alfaro-Rodriguez, Master¹, Silvia Rua-Pomahuacre, Graduate¹, Vanessa Mancha-Alvarez, Doctor¹, Dennis Huaman-Yrigoin, Master¹, Wilmer Chavez-Sanchez, Master¹, Fernando Hoyos-Rivas, Master¹

¹Universidad Nacional del Callao, Perú, jrcaceresp@unac.edu.pe, chalfaror@unac.edu.pe, spruap@unac.edu.pe, vmanchaa@unac.edu.pe, dhuamany@unac.edu.pe, wpchavez@unac.edu.pe, fahoyosr@unac.edu.pe

Abstract– Seaweeds are a rich source of components such as fiber, protein, minerals, vitamins, antioxidants and polyunsaturated fatty acids. They are low in calories and can help alleviate some of the nutritional and health problems associated with protein deficiency. The bioavailability of the Peruvian "yuyo" Chondracanthus chamissoi provided the necessary support for this study to gain a better understanding of the nutritional value of the macroalga "yuyo" in its dehydrated state and its transformation into edible flour. The study was carried out using 20 kg of fresh macroalgae, packed in bags of 2 kg each, randomly taking samples of 150 and 90 g, which were vacuum-packed and stored frozen for later study. The analysis of the protein content of the dehydrated macroalgae Chondracanthus chamissoi showed that the higher the drying process, the higher the protein content in the same period of time, so that the protein content was inversely proportional to the dehydration temperature. In our study, the following results were obtained: at 40°C the protein content was 17.70% and at 60°C it was 18.20%. The protein content of dried Chondracanthus chamissoi at different temperatures was not the same as when fresh. The drying kinetics of the tests developed showed a direct relationship between temperature and dehydration rate.

Keywords-- Chondracanthus chamissoi, drying kinetics, protein content, phenols

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Cinética de Secado de la Macroalga Yuyo (*Chondracanthus Chamissoi*) y Evaluación de las Características Nutricionales de su Harina

José Cáceres-Paredes, Doctor¹, Carlos Alfaro-Rodriguez, Master¹, Silvia Rua-Pomahuacre, Graduate¹, Vanessa Mancha-Alvarez, Doctor¹, Dennis Huaman-Yrigoin, Master¹, Wilmer Chavez-Sanchez, Master¹, Fernando Hoyos-Rivas, Master¹

¹Universidad Nacional del Callao, Perú, jrcaceresp@unac.edu.pe, chalfaror@unac.edu.pe, spruap@unac.edu.pe, vmanchaa@unac.edu.pe, dhuamany@unac.edu.pe, wpchavez@unac.edu.pe, fahoyosr@unac.edu.pe

Abstract– Las algas marinas son una fuente rica en componentes como fibra, proteínas, minerales, vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos poliinsaturados. Son bajos en calorías y pueden ayudar a aliviar algunos de los problemas nutricionales y de salud asociados con la deficiencia de proteínas. La biodisponibilidad del yuyo peruano *Chondracanthus chamissoi* brindó el sustento necesario a este estudio para lograr una mejor comprensión del valor nutricional de la macroalga "yuyo" en estado deshidratado y su transformación en harina comestible. El estudio se realizó utilizando 20 kg de macroalgas frescas, empacadas en bolsas de 2 Kg cada una, tomando aleatoriamente muestras de 150 y 90 g, las cuales fueron envasadas al vacío y almacenadas en congelación para su posterior estudio. El análisis del contenido de proteína de la macroalga deshidratada *Chondracanthus chamissoi* mostró que el mayor proceso de secado tenía mayor contenido de proteína en el mismo período de tiempo, por lo que el contenido de proteína fue inversamente proporcional a la temperatura de deshidratación. En nuestro estudio se obtuvieron los siguientes resultados: a 40°C el contenido de proteína fue de 17,70% y a 60°C de 18,20%. El contenido de proteína de *Chondracanthus chamissoi* seco a diferentes temperaturas no fue el mismo que cuando estaba fresco. La cinética de secado de las pruebas desarrolladas mostró una relación directa entre la temperatura y la velocidad de deshidratado.

Keywords– *Chondracanthus chamissoi*, cinética de secado, contenido proteico, fenoles

I. INTRODUCCIÓN

En Perú, en el año 2017, el 12,9% de las niñas y niños menores de cinco años padecieron de desnutrición crónica, siendo mayor en las zonas rurales (25,3%) que en las urbanas (8,2%) según el estándar de la Organización Mundial de la Salud [1]. Perú es un país privilegiado porque toda su frontera occidental está rodeada el Océano Pacífico [2], [3], que se caracteriza por su gran productividad y diversidad de algas.

Entre estas algas se encuentra la denominada "yuyo" o "mococho", la cual solo se utiliza en la alimentación como ingrediente en ceviches y algunas sopas o guisos.

Las algas marinas son una rica fuente de fibra, proteínas, minerales, vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos poliinsaturados [4], [5]. Tienen un bajo valor calórico [6] y pueden ayudar a mitigar algunos problemas de salud y

nutrición relacionados con la deficiencia de proteínas.

También son una gran fuente de nutrientes para las personas que no obtienen suficientes en sus dietas, y pueden ser un componente valioso de los alimentos producidos en masa. Sin embargo, es importante asegurarse de que el suministro de algas marinas sea estable para que pueda usarse para ayudar a las personas vulnerables.

El contenido de lípidos en las algas marinas ronda alrededor del 1.3%, esto lo convierte en una buena opción para controlar el peso, además por el aporte energético por los carbohidratos y proteínas que posee [7].

La biodisponibilidad del yuyo en el Perú brinda el sustento necesario para desarrollar esta investigación, que permita conocer más a fondo las características nutricionales de la macroalga "yuyo" en estado deshidratado y su conversión en harina [8], para uso humano.

Información bibliográfica reciente sugiere que la *Chondracanthus chamissoi* es una fuente importante de proteínas, aminoácidos y sales para el desarrollo industrial de alimentos enriquecidos con hierro, calcio y otros [9], [10]. Por ello este estudio se enfoca también a validar si el proceso de deshidratación del "yuyo" afecta su composición y si esto afecta, cómo se podría utilizar para hacer productos más elaborados [11].

Las algas pueden ser una valiosa fuente de alimento para las poblaciones vulnerables, pero para hacerlo, es necesario estabilizarlas para que no se echen a perder. Hay varias maneras de hacer esto, pero un método común es secarlo o deshidratarlo [12].

La deshidratación es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para conservar los alimentos. Es un proceso que ha sido mejorado por humanos y es más efectivo que cualquier otro método de conservación de alimentos [13].

El secado industrial por convección es una de las técnicas más utilizadas para la conservación de alimentos, ya que es relativamente económico y eficiente. Sin embargo, también puede destruir nutrientes y producir reacciones indeseables [14].

Los procesos de deshidratación, por otro lado, permiten eliminar el contenido de agua, lo que reduce la disponibilidad de los componentes de los alimentos y mejora la conservación microbiológica. Sin embargo, estos procesos también pueden destruir nutrientes y producir reacciones indeseables [14].

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

Por ello, es necesario evaluar las condiciones de secado de la macroalga para validar dichas características, con el fin de poder ser utilizados posteriormente para la fortificación de alimentos [15] de forma proteica y funcional.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es del tipo aplicada, experimental cuantitativa. En este estudio se utiliza el método inductivo. Este comienza con un estudio individual de los hechos y concluye con la formulación de conclusiones generales que se señalan como leyes o principios específicos para la muestra utilizada como centro del estudio y bajo las condiciones experimentales empleadas.

Las macroalgas se secaron en un secador de bandejas de convección a escala piloto como muestra la Fig. 1, monitoreando la pérdida de peso cada cinco minutos. Después de 30 minutos, el intervalo de tiempo se amplió a 10 minutos para tener una menor pérdida de agua.



Fig. 1 Prototipo de secador experimental de aire convectivo.

Para la determinación de las variables respuesta, se usaron los siguientes métodos especificados en la Tabla I:

TABLA I
MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE VARIABLES DE RESPUESTA

Variable de respuesta	Método
Humedad y cenizas	Método AOAC 942.05
Determinación del pH	Método AOAC 10.035, 1995
Acidez titulable	Método AOAC 942.15, 1998
Contenido proteico	Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)
Componentes fenólicos	Método de Singleton & Rossi (1965)

A. Población y muestra

La población estuvo constituida por veinte (20) Kg de macroalga fresca, empacadas en bolsas de dos (02) Kg cada una.

La clasificación taxonómica o filogenética del alga se muestra en la Tabla II:

TABLA II
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ALGA [16]

División	Rhodophyta
Clase	Florideophyceae
Orden	Gigartinales
Familia	Gigartinaceae
Género	Chondracanthus
Especie	Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kutzing
Nombre común	"mococho", "yuyo"

La plántula de "yuyo" se muestra en la Fig. 2, esta puede alcanzar hasta los 60 cm.

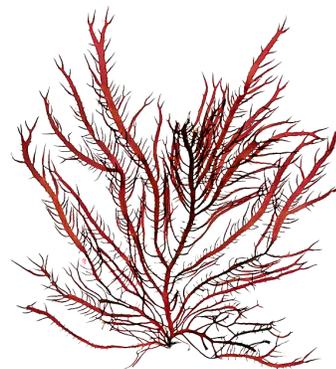


Fig. 2 Plántula de "yuyo" Chondracanthus chamissoi [17]

Se tomaron al azar y deshidrataron tres muestras de 150 y 90 gramos cada una. Luego se evaluó el contenido proteico y funcional. Las muestras de macroalgas frescas se envasaron al vacío y almacenaron congeladas para evitar su degradación. El producto deshidratado se embolsó en bolsas ziploc para su posterior análisis.

B. Materiales

Los materiales y reactivos utilizados en la presente investigación, se muestran en la siguiente Tabla III.

TABLA III
MATERIALES E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Materiales	Reactivos	Equipos
Alga fresca Chondracanthus chamissoi (20 Kg)	Methanol 99% JT Baker, U.S.A.	Espectrofotómetro UV/vis
Vaso precipitado	Acido gálico (anhidro), Merck, Alemania	Ultra congeladora
Micro pipetas de 100, 1000 y 5000 µL	Folin Ciocalteu (0.2N), Merck, Alemania	Potenciómetro
Pipetas de 10 mL	Na ₂ CO ₃ (7.5%)	Termómetro
Pipeta Pasteur 5 mL	NaOH (0.1 y 0.01N)	Centrifuga
Bureta 50 mL	ABTS™ Chromophore, Diammonium Salt, Merck, Alemania	Secador de bandejas
Probeta de 50 y 100 mL	Fenolftaleína	Autoclave
Pizetas		
Tubos de ensayo		
Matraces de 125, 250 y 500 mL		
Fiolas de 10, 100 y 250 mL		

C. Determinación de las condiciones operativas

Las muestras de macroalga utilizadas para las pruebas experimentales se envasaron en bolsas ziploc y se congelaron.

El material fue descongelado y lavado con agua desionizada, previo drenaje para eliminar el exceso de humedad. Luego se dividió en un tamaño pequeño y estándar.

Las muestras de macroalgas se acondicionaron en las charolas y luego se colocaron en el secador experimental. El peso se controló inicialmente cada 5 minutos y luego cada 10 minutos hasta que el peso se mantuvo constante.

El producto seco se envasó en bolsas de aluminio trilaminado, el producto se analizó en busca de contaminantes y se almacenó en desecadores hasta su análisis posterior.

D. Análisis estadístico y procesamiento de datos

La evaluación estadística, de acuerdo a lo que establece Levin R. y Montgomery D., será usando el análisis de varianza ANOVA, con $\alpha = 0.05$.

III. RESULTADOS

A. Características físico-químicas del alga deshidratada

En la Tabla IV se muestra la acidez titulable del alga deshidratada a 40 °C y 60 °C.

TABLA IV
ACIDEZ TITULABLE DEL ALGA CHONDRACANTHUS CHAMISSOI

Muestra	Temperatura (°C)	% Acidez	Promedio	D.S.
M1	60	0.392	0.44%	0.069%
M2		0.490		
M1		0.490		
M2	40	0.490	0.49%	0.00%

De los resultados experimentales y algunos de los análisis físico-químicos realizados, se observa que la acidez titulable en las muestras de Chondracanthus chamissoi deshidratadas a 40 °C y 60 °C no muestran una diferencia significativa entre ellas con valores promedio de 0,49% y 0,44% respectivamente. Sin embargo, se puede indicar que la acidez titulable es inversamente proporcional a la temperatura de secado.

En la Tabla V se presenta los valores de pH de la macroalga deshidratada a 40 °C y 60°C.

TABLA V
PH DEL ALGA CHONDRACANTHUS CHAMISSOI DESHIDRATADA

Temperatura (°C)	pH	pH Promedio
60	7.33	7.34
	7.39	
	7.31	
40	6.90	6.93
	6.92	
	6.96	

Similar comportamiento se observa en las lecturas del pH cuyos valores en las muestras deshidratadas a 40 y 60 °C se encuentran cercanas a la neutralidad, con valores de 6.93 y 7.34 respectivamente. Lo cual es coherente con los valores de

acidez encontrados, pues a mayor acidez el pH de la muestra disminuye.

En la Tabla VI se aprecia la humedad de la macroalga deshidratada a 60 °C y 40 °C.

TABLA VI
HUMEDAD DEL ALGA CHONDRACANTHUS CHAMISSOI DESHIDRATADA

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Humedad Promedio
60	7.25	6.979 ± 0.28%
	6.70	
	6.95	
40	10.06	10.14 ± 0.08%
	10.22	
	10.14	

De los resultados del porcentaje de humedad de las muestras se aprecia una relación directa entre la temperatura de deshidratado, y el porcentaje de pérdida de agua, en el mismo periodo de tiempo. Lo indicado, se refleja en la humedad residual final de la macroalga deshidratada, donde se observa que, a mayor temperatura de proceso de secado, la humedad residual es menor; así para temperaturas de 60 °C y 40 °C la humedad del producto seco es de 6.97 y 10.14%.

En la Tabla VII se muestra el porcentaje de ceniza de la macroalga deshidratada a 60 °C y 40 °C

TABLA VII
CONTENIDO DE CENIZA DEL ALGA CHONDRACANTHUS CHAMISSOI DESHIDRATADA

Temperatura (°C)	Cenizas	Cenizas Promedio
60	20.64	20.69 ± 0.00 %
	20.71	
	20.73	
40	19.63	19.31 ± 0.00%
	19.15	
	19.16	

Los porcentajes de ceniza de la macroalga deshidratada complementa lo observado con los resultados de humedad, pues a mayor temperatura de secado, mayor cantidad de agua se elimina; por lo tanto, existirá mayor cantidad de cenizas. El contenido de ceniza de la macroalga deshidratada a 60 °C y 40 °C fue de 20.69 y 19.31 % respectivamente.

B. Cinética de deshidratado de la macroalga

Se tuvo como variables independientes la temperatura de secado (°C) en dos niveles: 40 y 60 °C, la velocidad del aire de secado se mantuvo constante a 2 m/s.

Las variables de respuesta fueron: la cinética de secado, caracterizada por la curva de deshidratación, el contenido proteico y el contenido funcional.

Como resultado de la primera variable de respuesta, se determinaron las cinéticas de secado de la macroalga Chondracanthus chamissoi, los cuales se muestran en la Fig. 3 y 4.

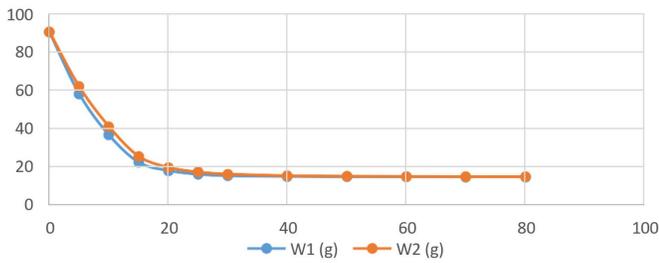


Fig. 3 Cinética de secado de Chondracanthus Chamissoi a 40 °C

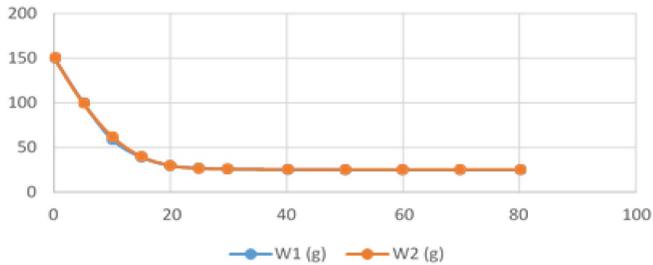


Fig. 4 Cinética de secado de Chondracanthus Chamissoi a 60 °C

Las pendientes y perfiles de las curvas de deshidratado de las muestras de macroalga Chondracanthus chamissoi a una temperatura de 40°C son similares, observándose que no existe diferencia significativa entre una y otra muestra. Lo mismo se visualiza en las muestras procesadas a 60 °C.

Lo indicado, es concordante con la gráfica de la Fig. 5 que muestra la relación de humedad entre la relación (X_i/X_o).

El cálculo de la relación de humedad (X_i/X_o) es un factor que permite medir el proceso de secado de un determinado producto a una determinada temperatura, y se obtiene del cociente entre la humedad del producto en un momento determinado (X_i) y su humedad inicial (X_o). En dicha gráfica se observa que la tendencia entre el deshidratado de la macroalga a 40 °C y 60 °C son similares y tienen una tendencia negativa de -0.0070, -0.0065 y -0.0066.

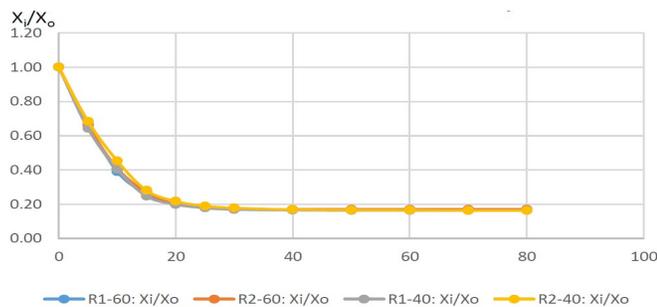


Fig. 5 Curva comparativa de Relación de humedad de secado de alga Chondracanthus chamissoi deshidratada a 40 °C y 60 °C.

En la Fig. 6, se presenta comparativamente las curvas de deshidratado de la macroalga a temperaturas de 40 °C y 60 °C.

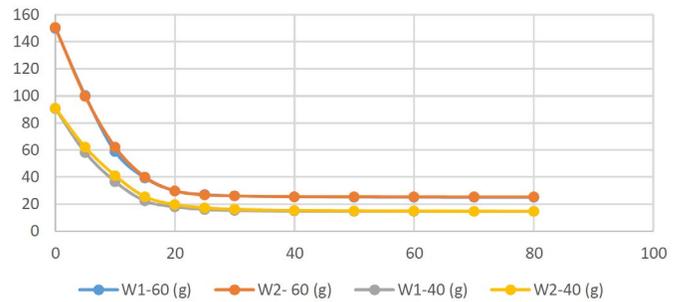


Fig. 6 Curva comparativa de secado de alga Chondracanthus Chamissoi a 40 °C y 60 °C.

C. Contenido proteico de la macroalga deshidratada

En la Tabla VIII, se muestra el porcentaje de proteína total en Chondracanthus Chamissoi deshidratado a 40 °C y 60 °C. Las pruebas fueron realizadas en el Laboratorio Nutricional de Alimentos de la UNALM.

TABLA VIII
CONTENIDO PROTEICO DEL ALGA CHONDRA-CANTHUS CHAMISSOI
DESHIDRATADA A 40 °C Y 60 °C

Temperatura (°C)	Proteína Total (N x 6.25) %
40	17.70
60	18.20

Los resultados de análisis en el contenido proteico de la macroalga Chondracanthus chamissoi deshidratada muestra que, a la mayor temperatura de proceso de secado, en el mismo periodo de tiempo, el contenido de proteína fue mayor; por tanto, existe una relación inversa entre el contenido proteico y la temperatura de deshidratado. En nuestro se obtuvieron los siguientes datos: a 40 °C el contenido proteico fue de 17.70 % y a 60 °C fue de 18.20%.

D. Contenido funcional de la macroalga deshidratada

El análisis funcional de las macroalgas deshidratadas se realizó a 40 °C y 60 °C, y los resultados muestran que el contenido total de fenoles es más alto a estas temperaturas, tal como muestra la Tabla IX.

El contenido funcional de Chondracanthus chamissoi deshidratado, medido como fenoles totales, muestra que a mayor temperatura el contenido de fenoles totales es menor. Así tenemos que, para una temperatura de deshidratado de 40 °C y 60 °C, el contenido de fenoles totales fue de 1359.066 µg GAE/g y 1243.925 µg GAE/g de muestra seca. Por ende, se podría indicar que existe una relación inversa entre la temperatura de deshidratado y el contenido de fenoles totales.

TABLA IX
CONTENIDO DE FENOLES TOTALES EN MACROALGA DESHIDRATADA

Temperatura (°C)	Muestra	Fenoles (µg GAE/g db)	Fenoles (µg GAE/g db) X + DE	Fenoles (µg GAE/g db)		
60	R1	1266.78	1263.579 ± 3.45	µg GAE/g (muestra) DM	1243.925	15.21
		1259.93				
		1264.02				
	R2	1235.32	1231.762 ± 4.07			
		1227.32				
		1232.65				
	R3	1240.00	1236.434 ± 3.37			
		1233.31				
		1235.99				
40	R1	1371.02	1371.502 ± 1.02	µg GAE/g (muestra) DM	1359.066	9.57
		1372.67				
		1370.81				
	R2	1353.07	1354.460 ± 1.51			
		1356.07				
		1354.23				
	R3	1348.24	1352.236 ± 2.56			
		1353.31				
		1352.16				

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se observó que las pendientes en los tratamientos a 40 °C mostraron una pendiente negativa de -0.596 y -0.635; mientras tanto, para los tratamientos realizados a 60 °C las pendientes negativas fueron de -0.991 y -0.997; por lo tanto, entre tratamientos a las temperaturas mencionadas no se observaron una diferencia significativa entre un tratamiento y otro. Pero los tratamientos a las dos temperaturas diferentes se observaron que la pendiente de 60 °C es más pronunciada que la pendiente de 40 °C en un 38% aproximadamente tal como se muestra en la Fig. 7. Es importante destacar que estos resultados solo se refieren a las temperaturas utilizadas en el estudio y no se puede extrapolar a otras temperaturas sin realizar más investigaciones.

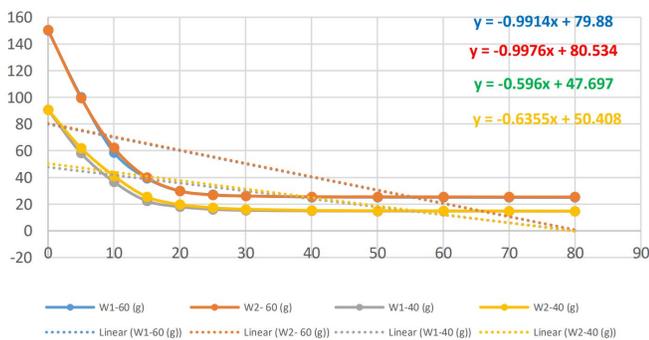


Fig. 7 Curva comparativa de Secado de Chondracanthus chamissoi a 40 °C y 60 °C

Sin embargo, la relación de humedad (X_i/X_o) muestra la misma pendiente en las muestras tratadas a 40 °C y 60 °C, tal como se muestra en la Fig. 8.

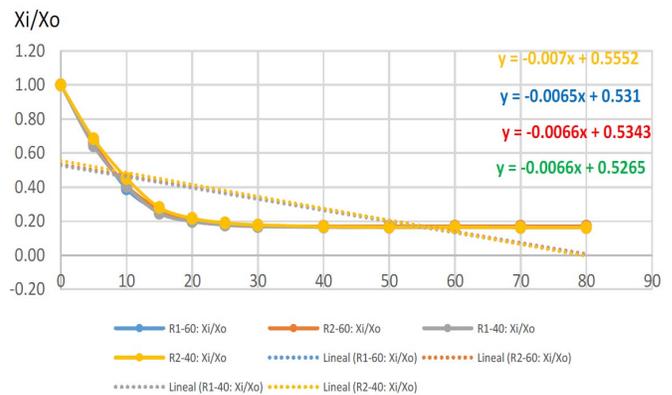


Fig. 8 Curva comparativa de Relación de humedad de Chondracanthus chamissoi secado a 60 y 40 °C

El contenido de proteína de las macroalgas deshidratadas fue de 17.7 % cuando se secó a 40 °C y de 18.2% cuando se secó a 60 °C. Por otra parte, el contenido de proteínas en estado fresco fue de 10.6%.

El contenido de proteína de Chondracanthus chamissoi secado a diferentes temperaturas no fue similar al contenido cuando estaba fresco. Sin embargo, esto no significa que el contenido de proteína de la Chondracanthus chamissoi seca no sea importante, ya que puede compararse con el contenido de proteína de otras macroalgas.

El contenido promedio de fenoles totales en la macroalga Chondracanthus chamissoi deshidratada a 60 °C fue de 1243.925 µg GAE/g seca, mientras que cuando se deshidrató a 40 °C fue de 1358.066 µg GAE/g.

Los ensayos mostraron que a mayor temperatura (60°C) se obtenía una harina deshidratada con mayor contenido de proteína (18,20%), aunque el peso de algas deshidratadas era 2/5 mayor; en comparación con la muestra tratada a 40°C, que obtuvo un contenido de proteína del 17,70% pero con una carga 2/5 menor.

La cinética de secado mostró que el proceso de eliminación de la humedad sigue un patrón específico a medida que se expone al calor o al ambiente seco. El presente estudio puede ayudar a optimizar los métodos de secado y preservación del alga para su uso comercial debido a su alto poder nutricional, el cual es rica en proteínas, vitaminas, minerales y fibra dietética.

La harina de yuyo puede ser una alternativa interesante en la industria alimentaria, ya que puede utilizarse como ingredientes en diferentes productos, como panes, galletas o suplementos alimenticios aumentando su contenido nutricional.

VI. RECOMENDACIONES

Se deben tomar en cuenta los siguientes apartados:

- Al analizar las proteínas y los fenoles en macroalgas frescas, compárelo con los resultados después de la deshidratación. Luego verificar si los cambios causados por la deshidratación han afectado las proteínas y los fenoles de las algas.
- Realizar estudios de determinación de contenido de hierro, yodo, sodio, potasio, etc.
- Desarrollar pruebas experimentales con las algas deshidratadas para determinar su utilización en la preparación de alimentos direccionados a una población de consumidores específica.
- Es importante elegir yuyo de alta calidad, libre de impurezas y contaminantes para evitar la presencia de sabores y olores desagradables en la harina.

REFERENCIAS

- [1] “Desnutrición crónica afectó al 12,9% de la población menor de cinco años de edad en el año 2017,” *INEI*. <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/desnutricion-cronica-afecto-al-129-de-la-poblacion-menor-de-cinco-anos-de-edad-en-el-ano-2017-10773/> (accessed Feb. 12, 2023).
- [2] J. Avila-Peltroche and J. Padilla-Vallejos, “The seaweed resources of Peru,” *Botanica Marina*, vol. 63, no. 4, pp. 381–394, Aug. 2020, doi: 10.1515/bot-2020-0026.
- [3] L. Hayashi, C. Bulboa, P. Kradolfer, G. Soriano, and D. Robledo, “Cultivation of red seaweeds: a Latin American perspective,” *J Appl Phycol*, vol. 26, no. 2, pp. 719–727, Apr. 2014, doi: 10.1007/s10811-013-0143-z.
- [4] V. Vásquez, R. Martínez, and C. Bernal, “Enzyme-assisted extraction of proteins from the seaweeds *Macrocystis pyrifera* and *Chondracanthus chamissoi*: characterization of the extracts and their bioactive potential,” *J Appl Phycol*, vol. 31, no. 3, pp. 1999–2010, Jun. 2019, doi: 10.1007/s10811-018-1712-y.
- [5] A. Mzibra *et al.*, “Polysaccharides extracted from Moroccan seaweed: a promising source of tomato plant growth promoters,” *J Appl Phycol*, vol. 30, no. 5, pp. 2953–2962, Oct. 2018, doi: 10.1007/s10811-018-1421-6.
- [6] S. Mohamed, S. N. Hashim, and H. A. Rahman, “Seaweeds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy,” *Trends in Food Science & Technology*, vol. 23, no. 2, pp. 83–96, Feb. 2012, doi: 10.1016/j.tifs.2011.09.001.
- [7] J. Ortiz Viedma, “Composición nutricional y funcional de las algas rodoíceas chilenas,” Universidad de Chile, 2011. Accessed: Feb. 27, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121460>
- [8] “ITP: Alto valor proteico convierte al yuyo y algas marinas en un alimento del futuro,” *Instituto Tecnológico de la Producción*. <https://www.gob.pe/institucion/itp/noticias/497657-itp-alto-valor-proteico-convierte-al-yuyo-y-algas-marinas-en-un-alimento-del-futuro> (accessed Feb. 27, 2023).
- [9] S. Méndez Ancca, D. H. Castro Arata, E. Llamoca Domínguez, R. M. Condori Apaza, and H. P. Maron Llanos, “Aceptabilidad de galletas enriquecidas con hierro en diferentes concentraciones de harina de macroalga (*Chondracanthus chamissoi* - Yuyo),” *R. Innov. Transf. Product.*, vol. 1, no. 2, p. e004, Oct. 2021, doi: 10.54353/ritp.v1i2.e004.
- [10] M. Reyes García and I. Gómez-Sánchez Prieto, “Tablas peruanas de composición de alimentos,” Ministerio de Salud: Instituto Nacional del Salud, Lima, Perú, 2017. [Online]. Available: <https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- [11] E. Vázquez-Delfin, Y. Freile-Pelegrín, H. Pliego-Cortés, and D. Robledo, “Seaweed resources of Mexico: current knowledge and future perspectives,” *Botanica Marina*, vol. 62, no. 3, pp. 275–289, Jun. 2019, doi: 10.1515/bot-2018-0070.
- [12] V. Quitral R, C. Morales G, M. Sepúlveda L, and M. Schwartz M, “Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional,” *Rev. chil. nutr.*, vol. 39, no. 4, pp. 196–202, Dec. 2012, doi: 10.4067/S0717-75182012000400014.
- [13] N. W. Desrosier, *Conservacion de Alimentos*, 2nd ed. México: Grupo Editorial Patria, 2007.
- [14] A. Ibarz and G. V. Barbosa-Cánovas, *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid: Mundi Prensa, 2005.
- [15] C. P. Rocha, D. Pacheco, J. Cotas, J. C. Marques, L. Pereira, and A. M. M. Gonçalves, “Seaweeds as Valuable Sources of Essential Fatty Acids for Human Nutrition,” *IJERPH*, vol. 18, no. 9, p. 4968, May 2021, doi: 10.3390/ijerph18094968.
- [16] O. L. Riofrío Vargas, “Efecto de la variabilidad térmica sobre la biología vegetativa y reproductiva de *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützting (Rhodophyta) en la Bahía de Ancón, Perú,” Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 2003. [Online]. Available: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/Basic/Riofrío_VO/riofrío_vo.htm