

# Porphyra spp flour: an alternative for the sustainable supply of functional and nutritional components for the human diet

Nereyda Fiorella Sarmiento, Bs<sup>1</sup>, Erick Alvarez-Yanamango, Eng<sup>1,2</sup>, Fredy Huayta, Msc<sup>2</sup>, y José Cáceres, PhD<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>Universidad Nacional del Callao, Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IIEA), Perú.  
<sup>2</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Grupo de Investigación en Tecnología y Procesos Agroindustriales (ITEPA), Perú. nfsarmientop@gmail.com, erick.alvarez@pucp.pe, fhuayta@pucp.edu.pe, jcaceres@unac.pe

*Abstract -- The use of seaweeds had been focusing on direct consumption as a culinary preparations; however, seaweeds like Porphyra spp., which grows favourably in Peruvians coasts, could contribute to supply of proteins, functional components and antioxidants on human diet, although, in order to preserve their properties and facilitate their incorporation on food formulas, it is necessary its stabilization. For this reason, the study intends to determine the best temperature and velocity of air in the dehydration of Porphyra sp. for obtaining flour with suitable nutritional and functional properties, taking as a response variables total phenolic compound and antioxidant capacity measured by spectrophotometric methods. Of the experimental runs obtained that dried Porphyra sp. at 60°C and at 3m/s air velocity gets a flour with  $5.859 \pm 0.190$  mg GAE/g total phenolic compound and  $0.0325 \pm 6.29 \times 10^{-4}$  mg TEAC/g of antioxidant capacity. The results obtained confirm the presence of functional compounds and/or antioxidants properties in the seaweed after its dehydration, and it would allow using in the fortification of foods, mainly on bakery product.*

*Keywords-- Porphyra spp., proteins, phenolic compounds, antioxidant activity.*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.195>  
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

# Harina de *Porphyra* spp: una alternativa para el suministro sostenible de componentes funcionales y nutricionales para la dieta humana.

Nereyda Fiorella Sarmiento, Bs<sup>1</sup>, Erick Alvarez-Yanamango, Eng<sup>1,2</sup>, Fredy Huayta, Msc<sup>2</sup>, y José Cáceres, PhD<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Callao, Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IIEA), Perú.

<sup>2</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Grupo de Investigación en Tecnología y Procesos Agroindustriales (ITEPA), Perú.

nfsarmientop@gmail.com, erick.alvarez@pucp.pe, fhuayta@pucp.edu.pe, jcaceres@unac.pe

**Abstract**— *The use of seaweeds had been focusing on direct consumption as a culinary preparations; however, seaweeds like Porphyra spp., which grows favourably in Peruvians coasts, could contribute to supply of proteins, functional components and antioxidants on human diet, although, in order to preserve their properties and facilitate their incorporation on food formulas, it is necessary its stabilization. For this reason, the study intends to determine the best temperature and velocity of air in the dehydration of Porphyra sp. for obtaining flour with suitable nutritional and functional properties, taking as a response variables total phenolic compound and antioxidant capacity measured by spectrophotometric methods. Of the experimental runs obtained that dried Porphyra sp. at 60°C and at 3m/s air velocity gets a flour with 5.859 ± 0.190 mg GAE/g total phenolic compound and 0.0325± 6.29x10<sup>-4</sup> mg TEAC/g of antioxidant capacity. The results obtained confirm the presence of functional compounds and/or antioxidants properties in the seaweed after its dehydration, and it would allow using in the fortification of foods, mainly on bakery product.*

**Keywords**—*Porphyra spp., proteins, phenolic compounds, antioxidant activity.*

**Resumen**— *El empleo de algas marinas se ha centrado en su consumo directo en preparaciones culinarias; sin embargo, algas como el Porphyra spp. que crece favorablemente en las costas del Perú, podrían contribuir al suministro de proteínas, componentes funcionales y antioxidantes a la dieta humana, aunque para ello se hace necesario su estabilización para conservar sus propiedades y facilitar su incorporación en formulas alimenticias. Por esta razón, en el estudio se pretendió establecer la mejor temperatura y velocidad de aire en el deshidratado de Porphyra spp. para obtener una harina con adecuadas propiedades nutricionales y funcionales, tomando como variable respuesta al contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante medido por métodos espectrofotométricos. De las corridas experimentales se obtuvo que al secar al Porphyra spp. a una temperatura de 60 °C y una velocidad de aire de 3 m/s, se consigue una harina con un contenido de fenoles totales de 5.859 ± 0.190 mg GAE/g y una capacidad antioxidante de 0.0325± 6.29x10<sup>-4</sup> mg TEAC/g. Los resultados obtenidos confirman la presencia de componentes funcionales y/o antioxidantes en el alga después de su deshidratación, y permitiría ser utilizados en la fortificación de alimentos, principalmente en productos de panificación.*

**Palabras claves** —*Porphyra spp., proteínas, compuestos fenólicos, actividad antioxidante.*

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.195>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el consumo de productos funcionales ha ido creciendo, trayendo consigo el aumento de la demanda de algas marinas por su alto contenido de componentes funcionales: proteínas y compuestos fenólicos (0.29 a 328.7 mg GAE/100g muestra b.s) [1]. En efecto, desde hace muchos años atrás, las algas marinas han sido consumidas en buena parte del mundo, principalmente en Japón y China en siglo IV y VI, respectivamente [2], y en la última década el cultivo de algas marinas ha evidenciado un crecimiento de alrededor del 50% [3]. Dentro de este crecimiento, las tres algas marinas más importantes utilizadas como alimento humano son varias especies de *Porphyra* (cuyo nombre vulgar en el Japón es nori), *Laminaria* (kombu) y *Undaria* (wakame). Recientemente, *Porphyra* ha figurado en las estadísticas japonesas sobre pesca como la tercera captura en orden de importancia. En el Perú, al igual que Japón, se han consumido algas desde tiempos remotos, siendo así una de las tres más consumidas las de dicha especie [4].

La *Porphyra* spp., comúnmente conocida como cochayuyo, es un alga roja que habita preferentemente sobre sustrato rocoso en la zona de mareas, y en las costas peruanas se encuentra desde Talara hasta Mollendo [5]; presenta una forma variable y una coloración entre café amarillento a rojiza dependiendo si se encuentra o no en etapa reproductiva [6].

En mercados orientales es muy común encontrar a las algas marinas en su forma deshidratada, ya que se ha comprobado que conserva gran cantidad de proteínas, minerales, vitaminas y carbohidratos [7]; no obstante, a pesar del aumento de su demanda y explotación, aún existen diferencias entre el desarrollo industrial en los occidentales como el Perú. En países orientales como Japón, en gran medida el consumo de algas marinas se basa en la elaboración de productos derivados o como sustituto parcial de insumos en la industria cárnica o de panificación; tal es el caso del estudio desarrollado por Choi, y otros (2012), en el cual evaluaron el efecto de la sustitución de grasa de cerdo por *Laminaria japonica* en las propiedades fisicoquímicas y las características sensoriales en hamburguesas, donde se comprobó que al sustituir entre el 1 y 3% la carne con dicha alga se obtenía mejor elasticidad e incluso una mejor aceptabilidad que la muestra control con 20% de carne.

En el caso de productos a base de harinas, Prabhasankar, et al.(2010) sustituyeron el 1.0%, 2.5% y 5.0% de harina de trigo por *Sargassum marginatum*, en la elaboración de pastas, observándose que el incremento de las propiedades antioxidantes no fue significativo pero la calidad de la pasta mejoro con la sustitución mayor a 2.5%. En este mismo tipo de productos, Keyimu, X. G (2013) determino que al incrementar el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de alga *Glacilaria* del 1 al 7% en fideos chinos, la dureza de estos se incrementaba considerablemente. En general, la adición de harina de alga puede influir en las propiedades reológicas como la adhesividad, pegajosidad y textura tanto en masa de productos de panificación, como es el caso de su influencia en la formación de la miga en panes. [8]

Todas estas investigaciones citadas sugieren la posibilidad del desarrollo de productos a base de algas marinas, es por ello que en el presente artículo se pretende dar a conocer algunas de las propiedades nutricionales y funcionales del *Porphyra spp*, y a su vez, establecer experimentalmente algunas condiciones tecnológicas para obtener una harina de *Porphyra spp*, que permita su incorporación dentro de fórmulas alimentarias. Considerando que en los países occidentales, la industria se encuentra abocada a la obtención de productos no destinados al consumo humano directo, como agares, carragenina y alginatos [1].

## II. MACRONUTRIENTES DEL ALGA *PORPHYRA SPP*: REVIEW.

Las algas marinas han sido gran fuente de nutrientes además del bajo contenido calórico; dentro de esta lista de nutrientes se encuentran los carbohidratos. En el caso de las algas rojas el componente mayoritario es el almidón florido así como el floridosido y isofloridosido, siendo que las cantidades varían entre especies entre 0.8-6.1% y 2.5-10.8%, respectivamente [9]. Asimismo, contienen entre un 25 a 75% de fibra, de los cuales el 51 al 85% son fibras solubles en agua [10] [11] [12], pudiendo contribuir a la ingesta recomendada en adultos (25 gramos de fibra al día). En una dieta regular con frutas, esta cantidad no podría ser cubierto por frutas como la manzana con 3.2% de fibra total [13]; por lo que las algas terminan siendo una alternativa por su contenido de fibra dietética total. Si se habla de manera en particular de la *Porphyra spp*. el contenido de fibra no soluble es de 8% en base seca (b.s) [7], que puede ser considerado alto si se compara con otro especie del genero *porphyra* como es el caso de *Porphyra tenera* (nori) que contiene el 6.8% de fibra no soluble [14].

Por otro lado, en cuanto al contenido de lípidos presentes en algas marinas es muy bajo (1-5% b.s) comparado con otros alimentos como como la palta que posee entre 14-15%, dependiendo de la variedad [15]. La *Porphyra spp*. posee entre el 1 al 2.1% [7] [16], cuyo contenido de ácidos grasos lo convierte en una excelente opción de consumo, ya que

posee 1.17% de ácido linoleico (C18:2 $\omega$ 6), 0.07% de ácido alfa linoléico (ALA), 6.8% de ácido arquidónico (C20:4 $\omega$ 6), 16% de PUFAs, entre otros que forman parte del complejo de  $\omega$ 3 y  $\omega$ 6. [16]. Asimismo, si se tratase de comparar al *Porphyra spp* y otras macroalgas, se puede observar que *Hilmanthalia elongata* contiene 32 % de ácido palmítico, casi la mitad lo observado en *Porphyra spp*, pero 4.39% de C18:2  $\omega$ 6 casi cuatro veces más que la *Porphyra spp*. Estas variaciones en el contenido de ácidos grasos puede deberse a condiciones a las que esten sometidas estas algas y al tipo de algas [16]. D. Sánchez-Machado, et al. (2004) ,menciona que el gran común de algas como *Hilmanthalia elongata*, *Laminaria ochroleuca*, *Undaria pinnatifida*, *Palmaria sp.* y *Porphyra spp.*, es que todas poseen C18:2 $\omega$ 6 (ácido linoleico), C18:3 $\omega$ 3 , C20:4 $\omega$ 6 (ácido araquidónico) y C20:5 $\omega$ 3 (ácido eicosapentaenoico), pero queda claro que las algas rojas presentan un mayor contenido de ácidos grasos.

Al ser consideradas las macroalgas como vegetales marinos, se podría presumir que estas no aportan cantidades considerables de proteínas a la dieta, como lo aportan las carnes o incluso vegetales como las semillas de chíá que puede alcanzar un 23% de proteínas [17]. No obstante, se han reportado que las macroalgas son poseedoras de proteínas que pueden considerarse de alto valor biológico, debido a su composición en aminoácidos esenciales [14] [18] [16], cuyo contenido depende de factores como su ubicación geográfica y a la vez se encuentra estrechamente ligado al pigmento predominante que posean. Es así que las algas marrones pueden estar compuestas por un 5 al 10% de proteínas [14], las algas rojas pueden presentar un mayor contenido de proteínas (33-44%) [18] [19], y las algas verdes como la *Porphyra spp*. pueden alcanzar el 25% de proteínas en b.s. (Tabla I).

TABLA I  
PROTEÍNAS EN DIVERSAS ESPECIES DE ALGAS MARINAS

Especies	Proteína (% b.s)	Referencia
Alga verde	<i>U.lactuca</i>	17.1 $\pm$ 1.59
	<i>E. intestinalis</i>	10.5 $\pm$ 1.02
	<i>Porphyra spp.</i>	25.80 $\pm$ 0.23
	<i>Porphyra columbina</i>	24.61 $\pm$ 0.21
Alga marrón	<i>S. ilicifolium</i>	8.9 $\pm$ 0.94
	<i>C. sinuosa</i>	9.2 $\pm$ 1.78
	<i>Sargassum hemiphyllum</i>	10.1 $\pm$ 0.91
Alga roja	<i>H. valentiae</i>	16.5 $\pm$ 2.78
	<i>G. corticata</i>	19.3 $\pm$ 2.19

Dentro de los nutrientes cabe mencionar algunos minerales como el calcio, magnesio y sodio pues al ser el mar un medio rico de minerales y siendo este el lugar de desarrollo

de las algas marinas se puede observar que estas poseen gran cantidad de minerales [20], tales como potasio, sodio y magnesio. Tanto el calcio como el magnesio son indispensables en la dieta por sus propiedades ya conocidas, como formar parte esencial de los huesos en el caso del primero, o importancia del segundo en la actividad muscular. Funciones poco mencionadas es la de su participación como cofactor en reacciones enzimáticas, en el caso del magnesio. [21]

TABLA II  
MINERALES EN DIVERSAS ESPECIES DE ALGAS MARINAS

Especie	Calcio (mg/100g b.s)	Potasio (mg/100g b.s)	Magnesio (mg/100g b.s)	Referencia
<i>U. pertusa</i>	669.4±76.2	1,224.1 ± 349.2	3,670.0 ± 533.0	(Benjama y Masniyom 2013)
<i>U. intestinalis</i>	1,047.8± 352.6	2,538.6 ± 320.3	3,098.1 ± 1,157.2	(Benjama y Masniyom 2013)
<i>Porphyra vietnamensis</i>	1.40± 0.75 6.12± 2.14	1.76±1.0 3.19±0.57	4.00 ±0.50 5.90±1.20	(Subba Rao , et al. 2007)
<i>Fucus vesiculosus</i>	938 ± 7	4322±46	994±13	
<i>Laminaria digitata</i>	1005 ± 5	11,579±128	659±6	
<i>Undaria pinnatifida</i>	931 ± 38	8699±144	1181±34	(Rupérez 2002)
<i>Chondrus crispus</i>	420 ± 22	3184±0	732±6	
<i>Porphyra tenera</i>	390 ± 17	3500±71	565±11	

En algunos casos la cantidad de los minerales presentes en las algas marinas pueden ser mayor o igual al de los demás alimentos. Si se compara alimentos de consumo diario como el pan, huevos, leche entera y carnes con algunas algas marinas como *Porphyra tenera*, *Laminaria digitata*, *Fucus vesiculosus* y *Ulva intestinalis*, se observará que la cantidad de calcio en las algas supera ampliamente a los alimentos de consumo diario previamente mencionados (Tabla III).

TABLA III  
MINERALES EN DIVERSAS ESPECIES DE ALGAS MARINAS Y ALGUNOS ALIMENTOS DE CONSUMO DIARIO

Alimento	Calcio (mg/100g b.s)	Referencia
Pan	30	(Lorenzo Fernández 2015)
Huevo	40	
Leche entera	128	
Carne	5-10	
<i>Porphyra tenera</i>	390 ± 17	
<i>Laminaria digitata</i>	1005 ± 5	(Rupérez 2002)
<i>Fucus vesiculosus</i>	938 ± 7	
<i>Ulva intestinalis</i>	1,047.8 ± 352.6	(Benjama y Masniyom 2013)

### III. MATERIALES Y METODOS

#### A. Procesamiento de harina de *Porphyra spp.* en planta piloto.

Para el procesamiento de *Porphyra spp.* se usaron muestras que fueron recolectadas de la bahía de San Andrés (Pisco, Perú) en los meses de septiembre - diciembre. Se transportaron en un cooler hermético hasta la planta piloto, donde fueron lavadas con agua destilada con el fin de eliminar las impurezas presentes en las mismas. Las muestras fueron envasadas en bolsas trilaminadas selladas al vacío y ultracongeladas a -90 °C para conservar todas sus propiedades funcionales y nutricionales.

Para establecer las mejores condiciones de secado del *Porphyra spp.*, se experimentó un diseño factorial completo de 2<sup>2</sup> (Tabla IV), teniendo como variables de estudio a la temperatura de aire (40 – 60 °C) y la velocidad de flujo de aire (1.5-3 m/s). Como variables de respuesta se tuvo la concentración de componentes fenólicos (mg GAE/g<sup>-1</sup> de muestra seca) y la capacidad antioxidante (mg Eq. Trolox/g muestra seca).

Posterior al secado de las algas, se utilizó un molino de cuchillas Bosch (MKM6003, Eslovenia) para obtener la harina de *Porphyra spp.*, el cual previo a los análisis se sometió a un tamizado vibratorio usando una malla Retsch N° 40 (ASTM E11, Alemania).

TABLA IV  
DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL DESHIDRATADO DE *Porphyra spp.*

Tratamiento	Velocidad de aire (m/s)	Temperatura (°C)
1	1.5	60
2	3	60
3	1.5	40
4	3	40

Fuente: propia

#### B. Evaluación funcional de la harina de *Porphyra spp.*

Los compuestos fenólicos son moléculas que tienen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático, estos juegan una serie de funciones metabólicas en las plantas, en el crecimiento y reproducción, y en la protección contra patógenos externos y el estrés, como la radiación UV y los depredadores. [19]. Debido a la exposición de las algas marinas a condiciones extremas de temperatura, pH y radiación y la no evidencia de daños considerables en las algas, hacen suponer que éstas poseen mecanismos que contrarrestan posibles efectos adversos. [20]. Los cuales pueden ser determinados mediante métodos como de

antocianinas totales (AT), Determinación de fenoles totales (TFC) entre otros. [21].

Para determinar el contenido de compuestos fenólicos totales (TFC) en la harina se obtuvo previamente un extracto metanólico (MeOH:Agua [1:1]) a partir de 0.5 g de muestra. Los extractos metanólicos fueron obtenidos por agotamiento en un baño maría con ultrasonido Branson (1800, EEUU) a una frecuencia de 40Khz, a 60°C y por 30 minutos. Los sobrenadantes fueron recolectados luego de la centrifugación a 3500 RPM por 10 minutos, siendo almacenados en frascos ámbar y en refrigeración hasta el análisis. Para el análisis de los TFC se utilizó el método espectrométrico Folin ciocalteu

reportado por [22], con ligeras modificaciones. En el método, las absorbancias finales de las muestras se contrastaron con una curva de ácido gálico y los resultados se expresaron en mg GAE/g-1 de alga seca. Por otro lado, para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el método ABTS+ reportado por [23] con algunas modificaciones. El método consiste en medir la disminución de la absorbancia a diferentes concentraciones de extracto lo cual indica el porcentaje de inhibición de radicales libres. Los resultados se contrastaron con una curva de Trolox y se expresaron en porcentajes de inhibición de mg Eq. Trolox/g muestra seca.

TABLA V  
COMPONENTES FENOLICOS, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN ALGAS MARINAS

Especie	Tratamiento	TFC mg GAE/g(muestra) DM	ABTS IC 50 (mg/mL)	Método de extracción	Referencia
<i>Eucheuma cottonii</i>	Liofilizado	22.50 ± 2.78	ND	ND	(Matanjun, 2008)
<i>Eucheuma spinosum</i>		15.82 ± 1.24	ND	ND	
<i>Halymenia durvillaei</i>		18.90 ± 1.03	ND	ND	
<i>Caulerpa lentillifera</i>		42.85 ± 1.22	ND	ND	
<i>Caulerpa racemosa</i>		40.36 ± 1.05	ND	ND	
<i>Dictyota dichotoma</i>		35.23 ± 5.65	ND	ND	
<i>Sargassum polycystum</i>		45.16 ± 3.01	ND	ND	
<i>Padina spp.</i>		33.11 ± 3.96	ND	ND	
<i>Halimeda macroloba</i>	Secado estufa 55°C	0.369 ± 0.007	17.554 ± 1.479	Etanol a 25°C	(Boonchum, y otros, 2011)
<i>Sargassum binderi</i>		0.063 ± 0.004	36.627 ± 3.754		
<i>Turbinaria conoides</i>		0.192 ± 0.001	96.242 ± 1.643		
<i>Porphyra spp</i>	Tratamiento 1	5.604 ± 0.258 <sup>a</sup>	20.151 ± 3.22 <sup>a</sup>	Metanol: Agua (1:1)	En el estudio
	Tratamiento 2	5.859 ± 0.190 <sup>a</sup>	21.547 ± 2.56 <sup>a</sup>		
	Tratamiento 3	1.555 ± 0.896 <sup>b</sup>	38.241 ± 0.054 <sup>a</sup>		
	Tratamiento 4	0.234 ± 0.018 <sup>c</sup>	113.8593 ± 50.67 <sup>a</sup>		

ND: No determinado en el estudio

\*Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Existen amplios estudios que vinculan la presencia de compuestos bioactivos en la dieta y la generación de reacciones positivas en el organismo; estos compuestos con comúnmente conocidos como compuestos fenólicos, los cuales poseen una actividad antioxidante que puede neutralizar el exceso de radicales libres durante la actividad oxidativa propia del organismo, como el daño celular, procesos de envejecimiento y sobre las enfermedades humanas. [21]; [22]; [23].

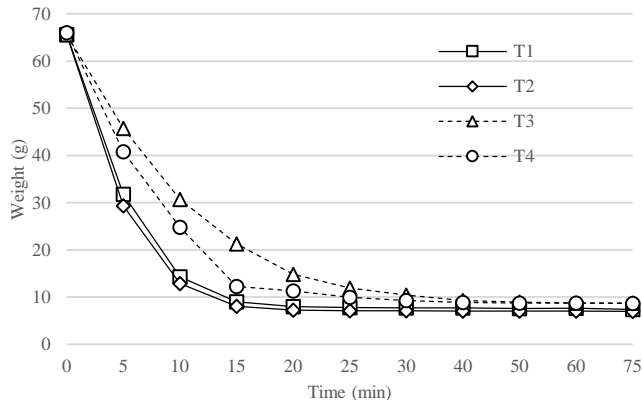
Es así, que dentro de la biodiversidad marina existen compuestos bioactivos que poseen un alto poder antioxidante, el cual actúa sobre los radicales libres [24] [25]. Siendo los más conocidos los ácidos fenólicos, las cumarinas, los taninos, las ligninas, lignanos, stilbenos, flavonoides, y otras clases. [26]

Algunos estudios realizados al género *Porphyra* han demostrado una adecuada composición funcional y actividad antioxidante. En un estudio sobre la actividad funcional en algas del golfo de Tailandia reportando valores de contenido

fenólico de 0.369 ± 0.007, 0.063 ± 0.004 y 0.192 ± 0.001 mgGAE/g b.s para las variedades *Halimeda macroloba*, *Sargassum binderi* y *Turbinaria*, respectivamente [27]. En cuanto a los resultados observados en la presente investigación (Tabla V), se encuentran un contenido de compuestos fenólicos totales que fluctúan entre 0.23 y 5.6 mg GAE/g b.s, el cual se asemeja a los resultados reportados. La misma tendencia se refleja al evaluar la capacidad antioxidante en un estudio realizado para la estabilización de compuestos bioactivos presentes en el género *Porphyra* mediante secado convectivo [27], reportaron valores entre 17.554 ± 1.479 y 96.242 ± 1.643 IC50 mg/mL, el cual independientemente de la variedad, guardan una correlación normal en comparación a las cantidades ensayadas en el presente estudio, resultados que fluctúan entre 48.34 y 112.64 IC50 mg/mL, sujeto a condiciones de operación controlada durante el deshidratado del *Porphyra spp*. Por lo que se desprende de los resultados que las diferencias entre los valores reportados pueden deberse a la

variabilidad entre especies, a los tratamientos térmicos al cual ha sido sometido y a su vez, a los diferentes ambientes a los que han estados expuestos antes y después de su deshidratación (pH, radiación UV, temperatura de almacenamiento, entre otros) [28][5]. Debido a ello, en el análisis de la cinética de secado del *Porphyra spp del estudio*. (Fig.1), era de esperarse que la temperatura y la velocidad del aire de secado se relacionaran directamente con el tiempo de residencia en la cámara de secado influya sobre los compuestos bioactivos, así como la forma de acondicionamiento previo al secado convectivo [29]. Es así que del análisis de la Fig. 1 y del contenido de compuestos funcionales de cada tratamiento, se pudo determinar que las mejores condiciones para el secado del *Porphyra spp*. fue a una temperatura de 40 °C y una velocidad del aire de 3 m/s, pudiendo obtener una harina funcional con un contenido de fenoles totales de  $0.234 \pm 0.018$  mg GAE/g b.s y una capacidad antioxidante de  $113.8593 \pm 50.67$  IC 50 mg/mL, en un tiempo de 0.5 horas.

FIGURA 1  
CINETICA DE SECADO DEL *Porphyra spp*.



Otro factor de importancia en las algas como el *Porphyra* es su contenido proteico, ya que se ha reportado un rango amplio del contenido proteico, pero en promedio se puede encontrar algas con un contenido de proteínas entre el 5 y 15% del peso seco para las algas oscuras y el 10 y 30 % del peso en algas rojas [13]; por lo tanto, el contenido proteico no deja de ser variable entre cada especie y el medio donde se reproduce.

En el estudio, un resultado preliminar de la cuantificación del contenido proteico de la *Porphyra spp* deshidratada a las mejores condiciones, arrojó un 13 a 14% de proteínas; resultado similar al de Rasyid (2017) quien reportó un 13% de contenido proteico en la evaluación nutricional del alga seca *Ulva lactuca*., siendo este valor superior a lo reportado por [30] y [23], los cuales alcanzaron 10.89% y 12.9% de contenido proteico, respectivamente.

Asimismo, hay registros de valores más altos que los estudios antes mencionados, cuyos resultados fluctúan en un rango entre 15.50% y 17.88 [31], [32], [33]. Inclusive en algunos casos particulares como por ejemplo *Palmaria palmata* (dulce) y *Porphyra tenera* (nori), llegan a alcanzar hasta 35 y

47% del peso seco, respectivamente. Siendo estos niveles comparables con vegetales que contienen un alto valor proteico, como por ejemplo la soya, el cual contiene un 35 % de la masa seca [34] [14]. Parte de esta variabilidad podría deberse a que los estudios descritos fueron realizados en distintas épocas del año, denotándose que no solo hay variabilidad del contenido proteico entre las variedades [35], sino también entre las estaciones del año en la cual son recolectadas [36]

#### IV. CONCLUSIONES

Los componentes nutricionales de las algas marinas como el contenido de ácidos grasos y proteínas reportado en diferentes estudios citados, y los resultados obtenidos de las pruebas funcionales realizadas al *Porphyra spp* en nuestro estudio, le otorgan un enorme potencial para ser utilizado como sucedáneo en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales o en la fortificación de los alimentos tradicionales.

#### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad del Ministerio de la Producción – INNOVATE PERU por el financiamiento al Proyecto de investigación con N° Contrato 137-INNOVATEPERU-IAPIP-2017.

#### REFERENCIAS

- [1] V. Quítral R. y e. al., «Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional,» *Revista Chilena de Nutrición*, vol. 39, n° 4, pp. 196-202, Diciembre 2012.
- [2] FAO, «Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo,» FAO, Roma, 2002.
- [3] S. Nayar y K. Bott, «Current status of global cultivated seaweed production and markets,» *World Agriculture*, vol. 45, n° 2, pp. 32-27, June 2014.
- [4] L. Sumarriva, «Evaluación química y nutricional de algas de mayor consumo en el Perú.,» Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, 1985.
- [5] C. Noriega cardó, «Algas Marinas para la alimentación de los peruanos,» *Turismo y patrimonio*, n° 10, pp. 55-68, 2016.
- [6] Instituto de ciencia y tecnología Universidad Arturo Prat, «Macroalgas del sur,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.macroalgasdelosur.cl/germoplasma/luche.html>. [Último acceso: 07 Noviembre 2018].
- [7] H. Noda, «Health benefits and nutritional properties of nori.,» *Journal of applied Phycology*, vol. 5, pp. 255-258, 1993.

- [8] M. Hasmadi, P. Matanjun, S. Ibrahim, S. F. M. Amin, M. Abdul Hamid y A. S. Rameli, «The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread,» *J Appl Phycol*, vol. 26, p. 1057–1062, 2014.
- [9] H. Kusumo, Chemical composition of *Porphyra* spp in British Columbia, Canada, Columbia: Simon Fraser University, 1993.
- [10] A. Jiménez-Escrig y F. Sanchéz-Munis, «Dietary fibre from Edible Seaweeds: Chemical structure, Physicochemical properties and Effects on Cholesterol Metabolism,» *Nutrition Research*, vol. 20, n° 4, pp. 585-598, 2000.
- [11] S. Mabeu y J. Fleurence, «Seaweeds in food products: biochemical and nutritional aspects,» *Trends Food Sci Tech*, vol. 6, pp. 103-107, 1995.
- [12] T. Nishimune, T. Sumimoto, T. Yakusiji, N. Kunita, T. Ichikawa, M. Dogochi y S. Nakahara, «Determination of total dietary fibre in Japanese Foods,» *J Am Anal Chem*, vol. 74, pp. 350-359, 1991.
- [13] USDA, «USDA Branded Food Products Database,» July 2018. [En línea]. Available: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>. [Último acceso: 29 01 2019].
- [14] P. Burtin, «Nutritional value of seaweeds,» *Electron J Environ*, vol. 2, p. 498–503, 2003.
- [15] M. Villar-Cisternas, Composición nutricional y componentes bioactivos de cuatro variedades de paltas (*Persea americana*) comerciales chilenas. Comparación de componentes bioactivos, cosechas 2011-2012, Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2016.
- [16] D. Sánchez-Machado, J. López-Cervantes, J. López-Hernández y P. Paseiro-Losada, «Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds,» *Food Chemistry*, vol. 85, n° 3, pp. 439-444, 2004.
- [17] O. Di Sapio, M. Bueno y H. Busilacchi, «Chía: Importante antioxidante vegetal,» *Agro mensajes*, vol. 56, pp. 11-13.
- [18] S. Holdt y S. Kraan, «Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation,» *Journal Applied Phycology*, vol. 23, pp. 543-597, 2011.
- [19] A. E. N. W. Rohani-Ghadikolaleh K, «Evaluation of the proximate, fatty acid and mineral composition of representative green, brown and red seaweeds from the Persian Gulf of Iran as potential food and feed resources,» *Journal of Food Science and Technology*, vol. 49, n° 6, pp. 774-780, 2012.
- [20] E. Gómez Ordóñez, «Evaluación nutricional y propiedades biológicas de algas marinas comestibles, estudios in vitro e in vivo,» Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 2012.
- [21] M. Riba, Pautas prácticas para una dieta sana, Barcelona: Erasmus Ediciones, 2012.
- [22] J. Borowska, A. Giczewska y R. Zadernowski, «Nutritional value of broad bean seeds. Part 2: Selected biologically active components,» *Nahrung/Food*, vol. 47, n° 2, p. 98 – 101, 2003.
- [23] A. Horubala, «Antioxidant capacity and their changes,» *Przemysl Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, vol. 3, pp. 30-31, 1999.
- [24] R. Abirami y S. Kowsalya, «Nutrient and nutraceutical potentials of seaweed biomass *Ulva lactuca* and *Kappaphycus alvarezii*,» *Journal of Agricultural Science and Technology*, vol. 5, n° 1, p. 1939–1250, 2011.
- [25] R. K. T. a. L. N. Croteau, «Natural Products (Secondary Metabolites),» *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, vol. 24, pp. 1250-1319., 2000.
- [26] F. Tomás-Barberán, F. Ferreres y M. I. Gil, «Antioxidant phenolic metabolites from fruit and vegetables and changes during postharvest storage and processing,» *Studies in Natural Products Chemistry*, vol. 23, pp. 739-795, 2000.
- [27] A. Khoddami, M. Wilkes y R. T.H., «Techniques for analysis of plant phenolic compounds,» *Molecules*, vol. 18, pp. 2328-2375, 2013.
- [28] W. Y. Boonchum, P. Peerapornpisal, J. Vacharapiyasophon, C. Pekkoh, U. Pumas, D. Jamjai, T. Amornlerdpison, Noiraksar y D. Kanjanapothi, «Antioxidant Activity of some Seaweed from the Gulf of Thailand,» *International Journal of Agriculture & Biology*, vol. 13, n° 1, pp. 95-99, 2011.
- [29] J. Peñarrieta, L. Tejada, P. Mollinedo, J. Vila y J. Bravo, «Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos,» *Revista Boliviana de Química*, vol. 31, n° 2, pp. 68-81, 2014.
- [30] A. Mei-Ling, S. Yasir, P. Matanjun y M. Abu-Bakar, «Effect of different drying techniques on the phytochemical content and antioxidant activity of *Kappaphycus alvarezii*,» *Journal Applied of Phycology*, vol. 27, p. 1717–1723, 2015.
- [31] M. Mehdi-Tabarsa, Z. Ramezanpour, J. Robert Waaland y R. Rabiei, «Fatty acids, amino acids, mineral contents and proximate composition of some brown seaweeds,» *J. Phycol*, vol. 48, p. 285–292, 2012.
- [32] L. Xiao-Ling, C. Rong y Y. Zaryong, «Elementary study on the nutritional compositions of the green alga *Ulva lactuca* in the South China sea,» *Journal of Hainan Normal University (Natural Science)*, vol. 16, n° 2, p. 79–83., 2003.
- [33] H. Khairy y S. El-Shafay, «Seasonal variations in the biochemical composition of some common seaweed species from the coast of Abu Qir Bay, Alexandria, Egypt,» *OCEANOLOGIA*, vol. 55, n° 2, p. 435–452, 2013.

- [34] A. Abdel-Khaliq, H. M. Hassan, M. E. Rateb y O. Hammouda, «Antimicrobial Activity of Three Ulva Species Collected from Some Egyptian Mediterranean Seashores,» *International Journal of Engineering Research and General Science*, vol. 2, n° 5, pp. 648-699, 2014.
- [35] J. Ortiz, N. Romero, P. Robert, J. Araya, J. Lopez-Hernández, C. Bozzo, C. Navarrete, A. Osorio y A. Rios, «Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*,» *Food Chemistry*, vol. 99, n° 1, pp. 98-104, 2006.
- [36] J. Fleurence, «Seaweed Proteins: Biochemical, Nutritional Aspects and Potential Uses,» *Trends in Food Science & Technology*, vol. 10, pp. 25-28, 1999.
- [37] V. K. Mishra, R. Temelli, B. Ooraiku, P. F. Shacklock y J. S. Craigie, «Lipids of the Red Alga, *Palmaria palmata*,» *Botanica Marina*, vol. 36, pp. 169-174, 1993.
- [38] J. Chan, P. Cheung y P. Ang, «Comparative Studies on the Effect of Three Drying Methods on the Nutritional Composition of Seaweed *Sargassum hemiphyllum* (Turn.) C. Ag,» *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 45, n° 8, pp. 3056-3059, 1997.
- [39] P. Sampath-Wiley, C. Neefus y L. Jahnke, «Seasonal effects of sun exposure and emersion on intertidal seaweed physiology: Fluctuations in antioxidant contents, photosynthetic pigments and photosynthetic efficiency in the red alga *Porphyra umbilicalis* Kützinger (Rhodophyta, Bangiales),» *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 361, pp. 83-91, 2008.
- [40] M. Kuskoshi, A. Asuero, A. Troncoso, J. Mancini-Filho y R. Fett, «Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos,» *Cienc. Tecnol. Aliment.*, vol. 25, n° 4, pp. 726-732, 2005.
- [41] E. Hwang y N. Do Thi, «Effects of extraction and processing method on antioxidant compounds contents and radical scavenging activities of laver (*Porphyra tenera*),» *Nutricional food Science*, pp. 40-48, 2014.
- [42] E. Shalaby y S. Shanab, «Comparison of DPPH and ABTS assays for determining antioxidant potential of water and methanol extracts of *Spirulina platensis*,» *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, vol. 42, n° 5, pp. 556-564, 2013.
- [43] M. García-Casal, J. Ramírez, I. Leets, C. Pereira y M. Quiroga, «Antioxidant capacity, polyphenol content and iron bioavailability from algae (*Ulva* sp., *Sargassum* sp. and *Porphyra* sp.) in human subjects,» *British journal of nutrition*, vol. 101, pp. 79-85, 2009.
- [44] P. M. S. M. N. e. a. Matanjun, «Antioxidant activities and phenolics content of eight species of seaweeds from north Borneo,» *Journal applied of phycology*, vol. 20, p. 367-373, 2008.
- [45] E. S. Hwang y N. Do Thi, «Effects of Extraction and Processing Methods on Antioxidant compounds contents and radical scavenging activities of Laver (*Porphyra tenera*),» *Nutricional food Science*, pp. 40-48, 2014.
- [46] R. Ferreira Patarra, L. Paiva y A. Neto, «Nutritional value of selected macroalgae,» *Journal of applied phycology*, vol. 23, n° 2, pp. 205-208, 2011.
- [47] R. Cian, M. Fajardo, M. Alaiz, J. Vioque, R. González y S. Drago, «Chemical composition, nutritional and antioxidant properties of the red edible seaweed *Porphyra columbina*,» *Food sciences and nutrition*, vol. 65, n° 3, p. 299-305, 2014.
- [48] S. Lovstad Holdt y S. Kraan, «Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation,» *Journal of Applied Phycology*, vol. 23, n° 3, pp. 543-597, 2011.
- [49] Y. Choi, J. Choi, D. Han, H. Kim, H. Kim, M. Lee, Chung, H.J., Kim y C.J., «Effects of *Laminaria japonica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduce-fat pork patties,» *Meat Science*, vol. 91, pp. 1-7, 2012.
- [50] P. Prabhasankar, P. Ganesan y N. Bhaskar, «Influence of Indian brown seaweed (*Sargassum marginatum*) as an ingredient on quality, biofunctional, and microstructure characteristics of pasta,» *Food Science and Technology International*, vol. 15, n° 5, pp. 471-479, 2010.
- [51] A. Rasyid, «Evaluation of Nutritional Composition of The Dried Seaweed *Ulva lactuca* from Pameungpeuk Waters, Indonesia,» *Tropical Life Sciences Research*, vol. 28, n° 2, pp. 119-125, 2017.
- [52] H. Wang, G. Cao y R. Prior, «Total Antioxidant Capacity of Fruits,» *J. Agric. Food Chem*, vol. 44, p. 701-705, 1996.
- [53] O. Benjama y P. Masniyom, «Nutritional composition and physicochemical properties of two green seaweeds (*Ulva pertusa* and *U. intestinalis*) from the Pattani Bay in Southern Thailand,» *Songklanakarin J. Sci. Technol*, vol. 33, n° 5, pp. 575-583, 2013.
- [54] P. V. Subba Rao, Vaibhav A. Mantri y K. Ganesan, «Mineral composition of edible seaweed *Porphyra vietnamensis*,» *Food Chemistry*, n° 102, p. 215-218, 2007.
- [55] P. Rupérez, «Mineral content of edible marine seaweeds,» *Food Chemistry*, vol. 79, n° 1, pp. 23-26, 2002.