

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



## **DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO CONVECTIVO DEL ALGA *Porphyra spp* SOBRE LA COMPOSICIÓN PROTEICA Y FUNCIONAL DE LA HARINA.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE ALIMENTOS

AUTOR:

NEREYDA FIORELLA SARMIENTO PEREZ

ASESOR:

ING. JOSÉ RAMÓN CÁCERES PAREDES

Callao, 2022

PERU

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO  
CONVECTIVO DEL ALGA *Porphyra spp* SOBRE LA  
COMPOSICIÓN PROTEICA Y FUNCIONAL DE LA HARINA.**

## INFORMACIÓN BÁSICA

**FACULTAD:**

FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:**

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

**TÍTULO:**

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO CONVECTIVO DEL ALGA *Porphyra spp* SOBRE LA COMPOSICIÓN PROTEICA Y FUNCIONAL DE LA HARINA.

**EJECUTOR:**

NEREYDA FIORELLA SARMIENTO PEREZ

**ASESOR:**

JOSÉ RAMÓN CÁCERES PAREDES

**CO-ASESOR:**

ERICK GEORGE ALVAREZ YANAMANGO

**LUGAR DE EJECUCIÓN:**

LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES PUCP

**TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

EXPERIMENTAL

**UNIDAD DE ANÁLISIS:**

LA HARINA DE ALGA *Porphyra spp*.

El presente trabajo de investigación titulado “DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO CONVECTIVO DEL ALGA *Porphyra spp* SOBRE LA COMPOSICIÓN PROTEICA Y FUNCIONAL DE LA HARINA, será realizado por Nereyda Fiorella Sarmiento Pérez, bajo la supervisión del asesor principal José Ramón Cáceres Paredes y del co-asesor Erick George Álvarez Yanamango.



---

José Ramón Cáceres Paredes

ASESOR



---

Erick George Álvarez Yanamango

CO-ASESOR



---

Nereyda Fiorella Sarmiento Perez

TESISTA

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	INFORME DE TESIS_FIPA (AUTOR NEREYDA FIORELLA SARMIENTO PEREZ)DETERMINACIÓN DEL EFE CTO DEL SECADO CONVECTIVO DEL ALGA Porphyra spp SOBRE LA COMPOSICIÓN PROTEICA Y FUN CIONAL DE LA HARINA.docx (D96899921)
<b>Submitted</b>	3/1/2021 5:52:00 PM
<b>Submitted by</b>	unidad de investigación FIPA
<b>Submitter email</b>	investigacion.fipa@unac.pe
<b>Similarity</b>	3%
<b>Analysis address</b>	investigacion.fipa.unac@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89395_informe_final.pdf">http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89395_informe_final.pdf</a> Fetched: 3/1/2021 10:53:00 PM		<b>3</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1530/TESIS%20CINETICA%20DE%20...">https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1530/TESIS%20CINETICA%20DE%20...</a> Fetched: 12/6/2020 8:37:43 PM		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/1959/Ponce%20Alvarado%20-%20Rodriguez%20...">http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/1959/Ponce%20Alvarado%20-%20Rodriguez%20...</a> Fetched: 2/23/2021 11:26:29 PM		<b>2</b>
<b>W</b>	URL: <a href="http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73022/Documento_completo.pdf-PDFA...">http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73022/Documento_completo.pdf-PDFA...</a> Fetched: 3/1/2021 10:53:00 PM		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55641/PALAS%C3%8D%20-%20Caracterizaci...">https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55641/PALAS%C3%8D%20-%20Caracterizaci...</a> Fetched: 7/14/2020 3:57:51 AM		<b>2</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/89119722-Universidad-tecnologica-equinoccial.html">https://docplayer.es/89119722-Universidad-tecnologica-equinoccial.html</a> Fetched: 12/12/2019 9:21:10 AM		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/234580361.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/234580361.pdf</a> Fetched: 7/21/2020 6:43:31 PM		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional del Callao / TESIS - OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE M ...</b> Document TESIS - OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE M ... (D44240974) Submitted by: mtoledo@unac.pe Receiver: maria.toledo.palomino.unac@analysis.orkund.com		<b>1</b>

(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)

**RESOLUCIÓN DE DECANO N° 038V-2022-DFIPA  
ACTA N° 002 DE EXPOSICIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS, PARA  
LA OBTENCIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE  
ALIMENTOS**

**LIBRO FOLIO No. ACTA N° 002 DE SUSTENTACIÓN DE  
TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO DE ALIMENTOS**

A los 19 días del mes de abril del año 2022, siendo las 18:00 horas, se reunieron, en la sala virtual <https://meet.google.com/fkg-ovud-qfw>, el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**, para la obtención del título profesional de **Ingeniero de Alimentos**, de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Ing. Rodolfo César Bailón Neira	: Presidente
Blga. Alicia Cecilia Decheco Egúsqiza	: Secretario
Ing. Víctor Alexis Higinio Rubio	: Vocal
Ing. José Ramón Cáceres Paredes	: Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de la Bachiller NEREYDA FIORELLA SARMIENTO PEREZ, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos sustenta la tesis titulada: "DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO CONVECTIVO DEL ALGA *Porphyra spp* SOBRE LA COMPOSICIÓN PROTEICA Y FUNCIONAL DE LA HARINA", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptado por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por APROBADO POR UNANIMIDAD con la escala de calificación cualitativa MUY BUENO y calificación cuantitativa 18 a la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU del 30 de octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 19:40 horas del día 19 del mes y año en curso.



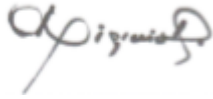
.....  
Ing. Rodolfo César Bailón Neira  
Egúsquiza

Presidente



.....  
Blga. Alicia Cecilia Decheco

Secretario



.....  
Ing. Víctor Alexis Higinio Rubio  
Vocal



.....  
Ing. José Ramón Cáceres Paredes  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A mis padres Silvia y Daniel por su apoyo y consejos. A mi hermana Yirka por su comprensión y compañía.

A mis abuelos Elsa, Ceferino, Josefina y Aquilino por tener siempre muestras de afecto hacia mí -



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirme cumplir mis objetivos de una u otra manera y por darme salud para seguir con mis nuevas metas.

Al Dr. José Ramón Cáceres Paredes, por el apoyo y confianza para el desarrollo de esta investigación, por su enseñanzas académicas y profesionales muestra de la calidad de ser humano que es.

Al Ing. Erick Álvarez Yanamango, por el apoyo incondicional en esta investigación, por enseñarme la importancia de superar las expectativas de un trabajo, por permitirme desarrollarme en el mundo de la investigación, con sus enseñanzas y consejos que ahora son parte de mis pilares de trabajo.

A mis compañeros del Laboratorio de Procesos Industriales por el apoyo y ayuda brindada durante todo este tiempo, me hicieron sentir como en casa. De manera especial a Gerald Chumpitaz y Luis Napan amigos y colegas, gracias a sus consejos y compañía tanto en el laboratorio como en los momentos de descanso, hicieron más amena esta travesía.

A mis padres, Silvia y Daniel, por creer en mí y su sacrificio constante para que pudiera crecer como persona y profesional.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivos Generales	3
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Limitantes de la investigación	4
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes del estudio	5
2.1.1. Internacionales	5
2.1.2. Nacionales	8
2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. <i>Porphyra spp</i> (Cochayuyo)	9
Descripción y distribución	9
2.2.2. Técnicas de secado	10
Técnica convencional (sun drying)	10
Secado convectivo	11
Secado por liofilización	13
2.2.3. Compuestos funcionales presentes en las algas	14
2.3. Conceptual	15
2.4. Definición de términos básicos	16
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	18
3.1. Hipótesis	18
3.1.1. Hipótesis general	18
3.1.2. Hipótesis específicas	18
3.2. Definición conceptual de variables	18
3.2.1. Operacionalización de variables	19

1.	Definición operacional de variables	19
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO	20
4.1.	Tipo y diseño de investigación	20
4.2.	Métodos de investigación	21
4.3.	Población y muestra	23
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	23
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	23
4.6.	Análisis y procesamiento estadístico de datos	26
V.	RESULTADOS	27
5.1.	Resultados Descriptivos	27
5.1.1.	De la evaluación del contenido proteico y funcional del alga <i>Porphyra spp</i> en estado fresco.	27
5.1.2.	De la determinación de las condiciones operativas para la estabilización del alga <i>Porphyra spp</i> mediante el estudio de la cinética de secado convectivo.	28
5.1.3.	De la caracterización de la harina de alga <i>Porphyra spp</i> obtenida en función a su composición químico proximal, funcional y perfil de aminoácidos.	30
5.2.	Resultados Inferenciales	32
5.2.1.	De la determinación de las condiciones operativas para la estabilización del alga <i>Porphyra spp</i> mediante el estudio de la cinética de secado convectivo	32
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
6.1.	Contrastación de hipótesis con los resultados.	40
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	43
	CONCLUSIONES	46
	RECOMENDACIONES	47
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
	ANEXOS	55
	ANEXO N°1	55
	ANEXO N° 2	58
	ANEXO N°3	59

ANEXO N°4	60
ANEXO N°5	61
ANEXO N°6	71

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Taxonomía de <i>Porphyra spp.</i>	9
TABLA 2: Operacionalización de variables.	19
TABLA 3: Diseño experimental	21
TABLA 4: Características fisicoquímicas de <i>Porphyra spp.</i> en estado fresco.	27
TABLA 5: Contenido proteico y funcional de <i>Porphyra spp.</i> en estado fresco.	27
TABLA 6: Contenido proteico y funcional de las muestras en los diferentes tratamientos.	29
TABLA 7: Características fisicoquímicas de harina de <i>Porphyra spp.</i>	30
TABLA 8: Contenido proteico y funcional de harina de <i>Porphyra spp.</i>	30
TABLA 9: Contenido de aminoácidos de harina de <i>Porphyra spp.</i>	31
TABLA 10: Análisis microbiológicos de harina de <i>Porphyra spp.</i>	32
TABLA 11: Contenido proteico de harinas comerciales	42

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Cinética de secado de <i>Porphyra spp.</i>	28
GRÁFICO 2: Efectos de las variables de proceso en la retención de proteínas	33
GRÁFICO 3: Efectos de las variables de proceso en la retención de cft	34
GRÁFICO 4: Gráfico de contorno de proteínas vs velocidad, temperatura	35
GRÁFICO 5: Gráfico de superficie de proteínas vs. Velocidad, temperatura	35
GRÁFICO 6: Gráfico de contorno de proteínas vs carga, temperatura	36
GRÁFICO 7: Gráfico de superficie de proteínas vs carga, temperatura	37
GRÁFICO 8: Gráfico de contorno de cft vs velocidad, temperatura	38
GRÁFICO 9: Gráfico de superficie de CFT vs velocidad, temperatura	38
GRÁFICO 10: Gráfico de contorno de CFT vs carga de equipo, temperatura	39
GRÁFICO 11: Gráfico de superficie de CFT vs carga, temperatura	39
GRÁFICO 12: Gráfico de optimización de respuesta	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Secador de bandeja.	12
FIGURA 2: Esquema de secador de bandejas.	12
FIGURA 3: Recepción de la materia prima	71
FIGURA 4: Determinación de humedad en balanza de humedad	71
FIGURA 5: Medidor de actividad de agua (aw)	71
FIGURA 6: Pesado de placa luego de humedad en mufla.	71
FIGURA 7: Alimentación del secador convectivo.	72
FIGURA 8: Pesado de materia prima.	72
FIGURA 9: Pesado del producto seco	72
FIGURA 10: Envasado de producto seco	72
FIGURA 11: Calibración de pipeta	72
FIGURA 12: Diluciones de extracto de <i>Porphyra</i> spp.	72
FIGURA 13: Inoculación de las diluciones en tubos de ensayo	72

FIGURA 14: Adición de reactivos	72
FIGURA 15: Muestras después de incubación análisis de Fenoles totales	72
FIGURA 16: Molienda de alga seca	72
FIGURA 17: Siembra de muestra en placa.	72
FIGURA 18: Pesado de muestra para análisis microbiológico.	72





## RESUMEN

La presente investigación tuvo como eje establecer los parámetros óptimos en el secado convectivo de la macroalga cochayuyo (*Porphyra spp.*), en función al contenido de fenoles totales (CFT) y de proteínas (PT). Se utilizó cochayuyo fresco recolectado de la bahía de San Andrés (Pisco, Perú), el cual fue sometido al secado convectivo a diferentes condiciones operativas establecidas por un diseño factorial completo  $2^3$ , que tuvo como factores de estudio a la temperatura de aire (40 – 60°C), la velocidad de aire (1.5 – 3 m/s) y la carga de alga en la bandeja (0.390 – 0.790 g/cm<sup>2</sup>). A las muestras obtenidas en cada tratamiento se le determinó el contenido de humedad, cenizas, actividad de agua, pH, acidez y contenido de proteínas siguiendo los métodos AOAC (2000); así como, el contenido de fenoles totales por el método espectrofotométrico Folin Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). Para estimar los parámetros óptimos del secado convectivo se realizó un ANVA de las respuestas del contenido fenólico y proteico, permitiendo estimar el modelo de regresión que presentó significancia ( $p < 0,05$ ) y un mejor ajuste ( $R^2 > 0,7$ ). A partir del cual se maximizó los valores de CFT (3513.06 mg GAE/g b.s) y PT (16.36% b.s), estableciendo como parámetros óptimos del secado del alga a una temperatura de 60 °C, una velocidad de aire de 3 m/s y una carga por bandeja de 0.390 g/cm<sup>2</sup>.

**Palabras claves:** *Porphyra spp.*, proteínas, compuestos fenólicos.

## ABSTRACT

The aim of this research was to establish the optimal parameters in the convective drying of the cochayuyo macroalgae (*Porphyra spp.*), based on the total phenolic compound (TPC) and protein content (PT). Fresh cochayuyo collected from San Andres Bay (Pisco, Peru) was convective dried under different operating conditions established by a complete factorial design  $2^3$ , its study factors were air temperature (40 - 60 ° C), airspeed (1.5 - 3 m / s) and algae load in the tray (0.390 – 0.790 g / cm<sup>2</sup>). The samples obtained in each treatment were determined the moisture content, ash, water activity, pH, acidity and protein content following the AOAC methods (2000); as well as the content of total phenols by the spectrophotometric method Folin Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965). To estimate the optimal parameters of convective drying, an ANOVA of the responses of the phenolic and protein content was performed, allowing to estimate the regression model that presented significance ( $p < 0.05$ ) and a better fit ( $R^2 > 0.7$ ). From that the values of CFT (3513.06 mg GAE / g b.s) and PT (16.36% b.s) were maximized, establishing as optimum drying parameters of the algae at a temperature of 60 ° C, an air velocity of 3 m / s and load per tray of 0.390 g / cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** *Porphyra spp.*, proteins, phenolic compounds.

## INTRODUCCIÓN

La alimentación de los peruanos es muy variada y muchos de los componentes -que forman parte de su dieta- han estado ligados a costumbres de varios años atrás. Uno de ellos es el cochayuyo, *Porphyra spp.*, el cuál era consumido -antes de la llegada de los españoles- por los indígenas desde el Perú hasta Chile, tal como lo señala Lacoste, et al. (2017). Es por ello que aún es común observar el consumo de esta alga, de gran valor nutricional en nuestro país, pero al ser un alga estacionaria existe la dificultad de que se garantice su consumo durante todo el año. Para asegurar su permanencia en el mercado y que la macroalga conserve la mayor parte de sus propiedades nutricionales es necesario estabilizar, lo que se logra mediante su secado.

El deshidratado del alimento puede deteriorar algunas propiedades antioxidantes de los mismos e incluso alterar su contenido proteico tal como lo indican Ibarz & Barbosa-Cánovas, (2005). Es por ello, que la presente investigación tiene como finalidad determinar los parámetros adecuados del secado convectivo, que es el más utilizado industrialmente, para obtener una harina del alga *Porphyra spp.*, cochayuyo, que pueda ser empleada como suplemento de productos de panadería, que además de garantizar su accesibilidad durante todo el año pueda también contribuir a la disminución de uno de los componentes de la problemática de salud pública: La desnutrición que afecta a las poblaciones más vulnerables en nuestro país.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

El alga *Porphyra spp*, conocida comúnmente como cochayuyo, habita preferentemente sobre substrato rocoso en la zona de mareas, en las costas peruanas se encuentra desde Talara hasta Mollendo. (Noriega cardó, 2016). Las algas son ricas en fibra, proteínas, minerales, vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos poliinsaturados, con bajo valor calórico (Suhaila, et al., 2012). En el caso del cochayuyo, gracias a estas propiedades lo convierte en una excelente fuente de nutrientes, y que podrían ayudar a mitigar algunos problemas de salud y nutrición vinculados al déficit proteico. De acuerdo al INEI en el Perú en el año 2017, la desnutrición crónica afectó al 12,9% de las niñas y niños menores de cinco años de edad; además, la prevalencia de desnutrición crónica -según el estándar de la Organización Mundial de la Salud- es mayor en el área rural (25,3%) que en el área urbana (8,2%). (INEI, 2018). No obstante, para que las algas como el cochayuyo puedan ser suministradas a las poblaciones vulnerables o que presenten un déficit proteico en su ingesta diaria de alimentos, se debería incluir esta alga como componente de alimentos industrializados de consumo masivo. Para ello, es necesario garantizar la estabilidad de esta fuente proteica.

Una de las formas de estabilizar al alga es mediante el secado o la deshidratación. Existen diversas técnicas de secado como el secado por exposición al sol, secado por convección y la liofilización. Una de las técnicas más usadas industrialmente es el secado por convección con aire caliente, el cual reduce el costo de estabilización. Asimismo, en los procesos de deshidratación el agua del alimento es eliminada, en mayor o menor grado, y se consigue con ello una mejor conservación microbiológica, además de retardar muchas reacciones indeseables. Por otro lado, el proceso de secado de alimentos no sólo disminuye su

contenido en agua disponible, sino que puede afectar otras características físicas y químicas de los mismos, tales como la destrucción de nutrientes, el desarrollo de reacciones enzimáticas y no enzimáticas, entre otras (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005); por lo cual es necesario evaluar las condiciones de secado para conservar dichos atributos que ayudan a fortificar los alimentos y de forma indirecta puedan contribuir a desarrollar alimentos que mejoran la salud pública.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿En qué medida los parámetros del secado convectivo temperatura del aire, velocidad del aire y la carga del equipo, afectan en el contenido proteico y compuestos fenólicos presentes en el alga *Porphyra spp*?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál será el contenido proteico y los compuestos fenólicos del alga *Porphyra spp* en estado fresco?
- ¿Cuáles serán las condiciones operativas para la estabilización del alga *Porphyra spp* establecidas mediante la cinética del secado convectivo?
- ¿Cuál será el contenido proteico, los compuestos fenólicos y el perfil de aminoácidos de la harina de alga *Porphyra spp*?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivos Generales**

Determinar el efecto del secado convectivo del alga *Porphyra spp* sobre el contenido proteico y compuestos fenólicos de la harina alga *Porphyra spp*

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el contenido proteico y los compuestos fenólicos del alga *Porphyra spp* en estado fresco.
- Establecer las condiciones operativas adecuadas para la estabilización del alga *Porphyra spp* mediante el estudio de la cinética de secado convectivo.
- Determinar el contenido proteico, los compuestos fenólicos y el perfil de aminoácidos de la harina de alga *Porphyra spp* obtenida.

### **1.4. Limitantes de la investigación**

El presente estudio sólo comprende la evaluación del contenido proteico, los compuestos funcionales y del perfil de aminoácidos de la harina obtenida de *Porphyra spp*; así mismo, sólo se realizará el estudio de su cinética de secado y la determinación de los parámetros adecuados de secado.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

#### 2.1.1. Internacionales

Existen múltiples investigaciones donde se ha tratado de estabilizar al alga por diferentes técnicas de secado buscando siempre reducir el efecto del tratamiento de secado sobre las propiedades funcionales. A continuación, se describen algunos reportes de estudios similares, de diferentes especies de algas que son de interés para el desarrollo del presente estudio.

**Xu, et al., 2020.** Evaluaron el efecto de cuatro diferentes tipos de secado como: liofilizado al vacío, secado por aire caliente, secado por microondas y secado bajo sombra; sobre las propiedades fisicoquímicas y la estructura fico biliproteína de *Porphyra haitanensis*. La técnica más eficiente fue la de secado por microondas, obteniendo una harina con 10% de humedad en 0.1 horas, siendo este el menor tiempo obtenido. En cuanto al porcentaje de proteínas las técnicas de secado bajo sombra y por microondas fueron las que obtuvieron el menor porcentaje con 34.56% y 30.19%, respectivamente. Siendo la técnica de liofilización al vacío la que obtuvo la mayor retención de proteínas con 35.44%. Los autores concluyen que la técnica de secado por liofilización al vacío es la más adecuada para obtener la mayor retención de proteínas.

**Regal, et al., 2020.** Estudiaron el efecto del secado por estufa y el liofilizada sobre los compuestos funcionales como fenoles y el contenido de proteínas en el alga *Asparagopsis taxiformis*. Los parámetros de secado por liofilizado fueron  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 48 horas a  $4 \times 10^{-4}$  m bar y para el secado por estufa  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas. En cuanto a proteínas se refiere no hubo una variación excesiva como en el caso de las cenizas,



con un porcentaje de 19.6 para ambas técnicas de secado. Para el contenido de componentes fenólicos no registraron diferencia significativa en ambas técnicas, los autores obtuvieron 93 mg GAE/ 100 g de muestra seca para los dos tipos de secado.

**Uribe, et al., 2019.** Determinaron el efecto de diferentes tipos de secado: al vacío, solar, convectivo, infrarrojo y liofilizado sobre los componentes bioactivos, nutricionales, antioxidantes y el potencial antidiabético del alga marrón *Durvillea antarctica*. Para el liofilizado con temperaturas de -50 a 20°C durante 72 horas, el secado convectivo 60°C con una velocidad de 1.5 m/s, el secado al vacío a 60°C y una presión de 15 kPa por 480 minutos y el secado solar de 31 a 49.9 °C po 500 minutos. Los autores encontraron que hubo una pérdida de 47% de componentes fenólicos en el secado convectivo, a su vez se observó el mismo comportamiento con el secado al secado solar y el liofilizado. En cuanto al valor de proteínas este no registró una variación significativa entre la materia prima fresca y los diferentes tipos de secado evaluados.

**Gupta, S., et al., 2011.** Estudiaron la cinética de secado del alga marrón *H. elongata* a un rango de temperatura entre 25 y 40°C para evaluar cómo influencia la temperatura en el contenido de sustancias fotoquímicas. Para lo cual se tomó como parámetros las temperaturas de 25, 30, 35 y 40°C a una velocidad de aire constante de  $2.0 \pm 0.1$  m/s, las muestras se secaron entre 8 y 24 horas. Se analizó el contenido de fenoles (TPC) y flavonoides totales (TFC) de la muestra seca con respecto a la fresca. Los autores reportaron que la reducción de TPC y TFC fue de 29% y 30%, respectivamente, cuando la temperatura de secado era 40°C; sin embargo, se observó un notable crecimiento de 41 % de TPC cuando el alga se secaba hasta el 50% del contenido de humedad, concluyendo que el alga semi seca contiene mayor cantidad de nutrientes que la misma en estado seco.

**Cian, et al., 2014.** Evaluaron la composición proximal, ácidos grasos y el perfil de aminoácidos, así como las propiedades antioxidantes del alga roja *Porphyra columbina*, secada al medio ambiente. Tomaron como parámetro de secado la temperatura de 22-25°C. Los autores reportaron que el contenido total de fibra fue de  $48.02 \pm 1.13$  g/100 g peso seco, el contenido de proteínas  $24.61 \pm 0.21$  g/100 g peso seco y fueron los más abundantes en el alga; los ácidos grasos saturados e insaturados más abundantes fueron C16:0 y C20:5 (n=3), respectivamente; el aminoácido limitante fue el triptófano con un porcentaje de 57%, el porcentaje de la proteína digestible fue de  $74.33 \pm 3.0\%$ . *Porphyra columbina* tuvo un alto contenido de minerales con buena relación de Na/K. La mayor propiedad antioxidante se obtuvo con el método de extracción acetona/agua.

**Komalavalli y Lalitha, 2015.** Determinaron la composición proximal y el perfil de aminoácidos de cinco algas verdes (*Caulerpa racemosa*, *Codium tomentosum* and *Caulerpa sertularioides*, *Ulva lactuca* and *Ulva reticulata*) de la costa de Madapam sureste de India, secadas a 37°C mediante el método de secado convectivo en horno. El análisis de aminoácidos fue realizado por cromatografía de intercambio iónico y el contenido total de fenoles (TPC) determinado mediante el ensayo de Folin- Ciocalteu. La cromatografía detectó 16 tipos de aminoácidos de los cuales el ácido glutámico y el ácido aspártico fueron los más abundantes. Por otro lado, el mayor contenido de fenoles se observó en la variedad *Caulerpa sertularioides* (32.6%), y el menor en *Caulerpa racemosa* (13.2%). Los resultados obtenidos pueden ser útiles para la selección de algas en la costa de la India; así como, para su uso en la industria farmacéutica y de alimentos.

**Novoa, et al., 2001.** Determinaron los ácidos fenólicos del extracto del alga marina *Bryothamnion triquetrum* -que pueden explicar la actividad

antioxidante- secada mediante la técnica de liofilización. Analizaron el contenido de polifenoles totales, tanto del extracto acuoso del alga como del liofilizado, realizaron un fraccionamiento con extracciones líquido-líquido, TLC y columna de Amberlite XAD-2, monitoreado por TLC y la actividad antioxidante según la técnica de Ohkawa et al. (1979). Los autores reportaron que el contenido de compuestos polifenólicos del extracto liofilizado fue de 8.05 mg de sustancias fenólicas/g de liofilizado. Concluyeron, que la actividad antioxidante del alga roja *Bryothamnion triquetrum* se debió, al menos en parte, a la presencia de los ácidos fenólicos: p-coumárico, trans - cinnámico y ferúlico).

**Wong & Cheung, 2001.** Investigaron la influencia de dos tratamientos de secado: convectivo y liofilización, en la composición proximal, perfil de aminoácidos y algunas propiedades fisicoquímicas de tres (03) especies de algas marrones subtropicales *Sargassum hemiphyllum*, *S. henslowianum* y *S. patens*. Un grupo de algas se secaron en horno a 60°C por 15 horas, el otro grupo se congeló a -70°C por 24 horas y luego fueron liofilizados por 5 días. El perfil de aminoácidos fue determinado por un analizador de aminoácidos automático. Se encontró que la cantidad total de aminoácidos en las muestras secadas en horno fue menor a las liofilizadas. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre el contenido de aminoácidos de una misma especie y los diferentes tipos de secado. Concluyen que el método más adecuado de secado de algas depende de los factores económicos y la forma en que las algas serán utilizadas.

### 2.1.2. Nacionales

Habiendo investigado estudios relevantes del alga en los diferentes portales académicos como Springer Linker, Redalyc y Scielo no se encontraron investigaciones nacionales que correspondan al interés del presente estudio.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. *Porphyra spp* (Cochayuyo)

#### Descripción y distribución

Pyropia o Porphyra es un género de alga roja comestible que tiene varias especies, perteneciente al orden Bangiales que se distribuye en Perú, Chile y Argentina, también se puede encontrar en otros lugares del mundo como en Australia, Nueva Zelanda, Japón, China, Canadá, es una especie cosmopolita (Guiry y Guiry 2018). Se conoce con el nombre común de “luche” y “nori” o “laver” en inglés. (Universidad Arturo Prat, 2014). En la tabla 1 se presenta su taxonomía.

Según (Noriega cardó, 2016) el ‘cochayuyo’ se encuentra en las costas peruanas desde Talara hasta Mollendo.

**TABLA 1: Taxonomía de *Porphyra spp*.**

Clasificación Taxonómica	
División	Rhodophyta
Subdivisión	Eurhodophytina
Clase	Bangiophyceae
Subclase	Bangiophycidae

Orden	Bangiales
Familia	Bangiaceae
Genero	<i>Porphyra spp (pyropia spp)</i>
Especie	<i>Porphyra spp (pyropia spp)</i>
Nombre vulgar	“Cochayuyo”, “Luche”

Fuente: (Guiry y Guiry, 2018)

Esta especie es de morfología muy variable, puede tener formas circulares, alargadas, ovaladas y en algunos casos puede tener los bordes lisos o lobulados. Las frondas de estas algas son de color café amarillento o verde amarillento, en sus bordes a veces presenta una coloración rojiza cuando las frondas se encuentran reproductivas y maduras. (Instituto de ciencia y tecnología Universidad Arturo Prat, 2015).

### 2.2.2. Técnicas de secado

El objetivo principal del secado o deshidratado de alimentos radica en eliminar su contenido de agua disponible para la estabilización del alimento. Debido a que existen variedad de alimentos con características, que en algunos casos son muy diferentes entre sí, se han desarrollado diversas técnicas de secado.

Según (Chan, et al., 1997) las técnicas de secado más estudiadas en algas es el secado solar, secado convectivo y la liofilización.

#### **Técnica convencional (sun drying)**

Este secado se realiza en dos o tres días, dependiendo de las condiciones climáticas. A su vez este método de secado provoca que el alga se contamine con la suciedad del aire exterior. (Suherman, et al., 2018)

Si bien es cierto, la FAO (1990) indica que la manera más simple de secar algas marinas cosechadas es extender las algas húmedas sobre una red, lona u hojas de coco en el suelo. Sin embargo, de esta manera solo las algas expuestas al sol se secarán eficientemente y la porción restante permanecerá húmeda.

Estas desventajas citadas anteriormente la hacen una técnica poco eficiente a nivel industrial.

### **Secado convectivo**

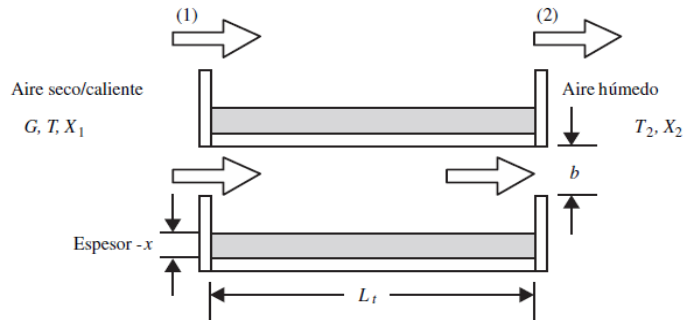
Las condiciones del aire no permanecen constantes en un compartimento o secadero de bandejas durante el proceso de secado. Los balances de calor y materia se utilizan para estimar las condiciones del aire que abandona el secadero.

Para un secadero de bandeja, como el mostrado en la figura 1, al realizar un balance de calor para una longitud diferencial  $dL_t$  y una sección de anchura  $z$ , se puede expresar como en la fórmula dada a continuación: (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005)

$$dq = G\hat{C}_s(zb)dT$$

Dónde:  $G$ , es la densidad de flujo másico del aire;  $b$ , la distancia entre bandejas;  $z$ , la anchura de las misma;  $q$ , la densidad de flujo de calor;  $T$ , la temperatura y  $C_s$  el calor específico húmedo de la mezcla aire-agua.

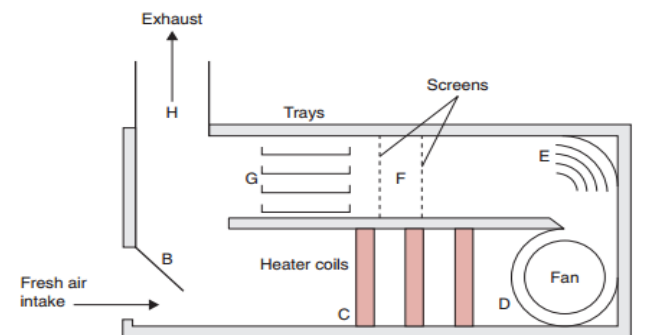
**FIGURA 1: Secador de bandeja.**



Fuente: (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005)

Los secadores de bandejas, figura 2, o gabinetes utilizan bandejas o soportes de productos similares para exponer el producto al aire caliente en un espacio cerrado. Las bandejas que sostienen el producto dentro de un gabinete están expuestas al aire caliente para que se produzca la deshidratación. El movimiento del aire sobre la superficie del producto es a velocidades relativamente altas para garantizar que la transferencia de calor y masa se realice de manera eficiente.

**FIGURA 2: Esquema de secador de bandejas.**



Fuente: (Singh & Heldman, 2009)

En la mayoría de los casos, los secadores de gabinetes funcionan como sistemas de lotes y tienen la desventaja de realizar un secado no uniforme de un producto en diferentes ubicaciones dentro del sistema. Normalmente, las bandejas del producto deben rotarse para mejorar la uniformidad del secado.

### **Secado por liofilización**

El secado por liofilización es una técnica relativamente reciente. Primero se congela el alimento y luego se elimina el agua por sublimación del hielo en condiciones de vacío. Este procedimiento evita el daño producido por el calor, pero produce daño por congelación. (Foundation, 1984)

La liofilización se ha mostrado como un método efectivo para ampliar la vida media de los alimentos, y tiene dos características importantes:

- 1) Ausencia de aire durante el procesado. La ausencia de aire y la baja temperatura previene el deterioro debido a la oxidación o a las modificaciones del producto.
- 2) Secado a una temperatura inferior al ambiente. Los productos que se descomponen o sufren cambios en su estructura, textura, apariencia, y/o aromas, como consecuencia de temperaturas altas, pueden secarse bajo vacío con un daño mínimo.

Los productos liofilizados que han sido adecuadamente empaquetados pueden ser almacenados durante tiempos ilimitados, reteniendo la mayoría de propiedades físicas, químicas, biológicas y sensoriales de su estado fresco; además, se reducen las pérdidas de calidad debidas a las reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático. (Okos, et al., 1992)



### **2.2.3. Compuestos funcionales presentes en las algas**

Los componentes funcionales son un grupo importante de metabolitos secundarios que presentan actividad antioxidante, entre otras funciones biológicas. (Ibáñez y Herrero, 2017).

Dentro de este grupo podemos encontrar a los compuestos fenólicos, los cuales son compuestos químicos que se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas. Los tres grupos más importantes son los flavonoides, los ácidos fenólicos y los polifenoles. (INTA, 2018).

Estos compuestos se encuentran presentes también en las algas, si bien es cierto, las algas han sido ampliamente estudiadas por su gran fuente de nutrientes; también contienen compuestos bioactivos de alta capacidad antioxidante, como carotenoides y polifenoles. (Ortiz, et al., 2006).

En el caso de las algas se pueden encontrar compuestos fenólicos simples (ácidos fenólicos simples, por ejemplo), así como otros más complejos, como florotaninos. Estos compuestos se encuentran en algas marrones; su actividad antioxidante es similar al de la vitamina E. (Ibáñez y Herrero, 2017). Si se quiere tener una visión con respecto a la comparación del contenido de dichos compuestos entre especies de algas se sabe que las algas pardas tienen concentraciones más altas de polifenoles que las algas rojas y verdes; así lo señalan Wijesinghe y Jeon (2012).

Los principales compuestos fenólicos determinados en distintos estudios de algas han sido el ácido gálico, el ácido protocatecuico y el ácido gentísico. De hecho, en algunas especies de algas rojas y pardas únicamente se encuentran estos tipos de ácidos fenólicos. En algunas especies de algas pardas se han encontrado también otros ácidos como el clorogénico, vanílico y cafeico, entre otros (Chandini, et al., 2008 y Sabeena Farvin; Jacobsen, 2013).

Otros tipos de compuestos fenólicos encontrados en algas verdes, rojas y pardas, han sido las catequinas, flavonoles y flavonoles glicósidos (Santoso, et al., 2002; Yoshie-Stark, et al., 2003; Palasi, 2015)

#### **2.2.4. Proteínas**

Las proteínas son biomoléculas complejas que se hallan en las células animales y vegetales. Sus unidades monómeras son los aminoácidos, las cuales participan dentro de diversas reacciones dentro del organismo de los seres vivos. Estos aminoácidos pueden agruparse entre sí y se denominan según el número de unidades monoméricas agrupadas, es decir, de 2 a 20 aminoácidos conocidos como oligopéptidos y de 20 a 50 aminoácidos como polipéptidos. (Prieto Villapún, 1999; Tejón Rivera, et al., 2001)

Las proteínas cumplen dos funciones dentro de las células vivas, la primera como función estructural formando parte del organismo y la otra como funcional. (Tejón Rivera, et al., 2001).

A su vez las proteínas pueden denominarse como proteínas alimentarias, lo cual hace referencia a que estas se encuentran presente en los alimentos, que pueden digerirse y no presentan consecuencias tóxicas. (Prieto Villapún, 1999)

### **2.3. Conceptual**

Por lo mencionado en los ítems 2.2.2 y 2.2.3 se puede inferir que la determinación de los parámetros adecuados del secado convectivo en algas podría contribuir no solo a obtener una harina de gran valor nutricional, sino que al aplicarla en fórmulas alimenticias de panadería se podría reducir los índices de desnutrición en poblaciones vulnerables.

## 2.4. Definición de términos básicos

- **Perfil de aminoácidos**

Según Maíz, A. (1990) citado por Mora, R. (2002) el perfil de aminoácidos se basa en la comparación en el patrón aminoacídico de la proteína por evaluar con el de una proteína denominada patrón, la que presenta una eficiencia de retención de nitrógeno de 100%. El aminoácido que está en menor proporción con relación al patrón se denomina aminoácido limitante y es el que define la calidad proteica. (Mora, 2002).

- **Secado convectivo**

En el secado convectivo el calor se transmite al sólido que se está secando mediante una corriente de aire caliente que además de transmitir calor necesario para la evaporación del agua es también el agente transportador del vapor de agua que elimina el sólido. (Maupoey, et al., 2016).

- **Cinética de Secado**

La cinética de secado muestra la variación de la humedad del material (intensidad de evaporación) con el tiempo. Las curvas de cinética de secado nos dan una idea del tiempo necesario de secado, del consumo de energía, del mecanismo de transferencia de agua, de las condiciones predominantes en la transferencia de calor y masa, y de la influencia que tienen en la velocidad de secado las variables de proceso tales como: la temperatura, humedad de entrada, velocidad del aire, etc. (García, et al., 2007)

- **Composición Proteica**

Un alimento se encuentra compuesto por nutrientes los cuales pueden ser definidos como orgánicos e inorgánicos. Dentro de los primeros encontramos a las proteínas, carbohidratos, grasas y vitaminas. Adicionalmente, el valor nutricional está ligado a la cantidad de

nutrientes que contiene. En ese sentido, se desprende el término de contenido proteico el cual hace referencia al contenido de proteínas, o composición proteica, presentes en un alimento ya sea expresado en gramos o en un porcentaje del total de nutrimentos. (Marín Rodríguez, 1998 ; Ramírez Lozano, 2012)

- **Composición funcional**

La definición de alimento funcional hace referencia a aquellos alimentos que contienen componentes biológicamente activos, además de su valor nutricional, que poseen un efecto beneficioso para la salud y/o reducen el riesgo de padecer una enfermedad. Los componentes funcionales pueden encontrarse de manera natural y/o ser adicionados a estos. En el primer caso, si se trata de una fuente vegetal son conocidos como fitoquímicos o fitonutrientes los cuales incluyen a los fenoles, flavonoides, antocianinas y carotenoides. Al ser consumidos estos componentes funcionales tienen funciones de antioxidantes, desintoxicantes y desinflamatorias. (Beltrán de Heredia, 2016; Silveira Rodríguez et al., 2003; Raymond y Morrow, 2021)

### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis general

Si se determinan las condiciones operativas óptimas durante el secado convectivo del alga *Porphyra spp*, se obtendrá una harina con un adecuado contenido proteico y de componentes fenólicos.

##### 3.1.2. Hipótesis específicas

- a. El alga *Porphyra spp* en estado fresco presentará un adecuado contenido proteico y fenólico.
- b. El estudio de la cinética de secado del alga *Porphyra spp* permitirá definir las condiciones de conocer operativas para su estabilización.
- c. La harina óptima de alga *Porphyra spp* tendrá un adecuado contenido proteico, compuestos fenólicos y perfil de aminoácidos.

#### 3.2. Definición conceptual de variables

- **Temperatura de aire:** se refiere a la intensidad de energía térmica en un sistema (Roller y Blum, 1986), es decir es la energía térmica suministrada por el aire.
- **Velocidad de aire:** Medida en m/s es la rapidez con que circula el calor para calentar el aire dentro del secador de bandejas.
- **Carga del equipo:** Cantidad de muestra en gramos a colocar en el secador por cm<sup>2</sup> de bandeja.
- **Contenido de Fenoles totales (TFC):** Contenido fenólico presente en la muestra de harina.
- **Contenido Proteico:** Contenido de proteínas presente en la muestra de harina.

### 3.2.1. Operacionalización de variables

#### 1. Definición operacional de variables

Causa: Control de los parámetros de secado.

Efecto: Mayor o menor contenido proteico y/o degradación de compuestos funcionales.

**TABLA 2: Operacionalización de variables.**

VARIABLE	TIPO	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALAS
<b>VI</b> Temperatura de aire	Cuantitativo	Calor suministrado a la muestra.	Variación de la temperatura del aire en el secador	40°C 60°C
<b>VI</b> Velocidad de aire	Cuantitativo	Rapidez del aire dentro el equipo	Variación de la velocidad del aire en el secador	1.5 m/s 3 m/s
<b>VI</b> Carga en el equipo	Cuantitativo	Cantidad de muestra con la que se alimenta al secador	Peso de muestra por centímetro cuadrado en el secador	0.039 g/cm <sup>2</sup> 0.079 g/cm <sup>2</sup>
<b>VD</b> Contenido de fenoles totales	Cuantitativo	Contenido de compuestos fenólicos en la muestra	Concentración de componentes fenólicos en la muestra	Mg GAE/g muestra bs
<b>VD</b> Contenido proteico	Cuantitativo	Contenido de proteínas en la muestra	Porcentaje de proteínas en la muestra	% en base seca

Fuente: Elaboración propia

## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Tipo y diseño de investigación

#### 4.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental ya que se manipularon los factores causales (Temperatura del aire, velocidad del aire y carga en el equipo) durante el secado convectivo del alga para determinar su efecto sobre las propiedades funcionales (contenido de fenoles). Por último, es aplicada ya que busca solucionar una problemática determinada, permitiendo desarrollar un proceso óptimo para la obtención de harina de *Porphyra spp* para su aplicación en fórmulas alimenticias.

Así mismo es cuantitativa ya que la manipulación de las variables brinda datos numéricos; de igual modo, es de tipo transversal ya que se evalúa y recopila datos en tiempo determinado.

#### 4.1.2. Diseño de investigación

La presente investigación tiene un diseño factorial completo de  $2^3$  cuyos factores son temperatura del aire, velocidad del aire y la carga por bandeja, mostrados en la tabla N°3.

**TABLA 3: Diseño experimental**

Experimento	Matriz de experimentación			Plan de experimentación		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Temperatura del aire (°C)	Velocidad de aire (m/s)	Carga por bandeja (g/cm <sup>2</sup> )
1	-	-	-	40	1.5	0.039
2	+	-	-	60	1.5	0.039
3	-	+	-	40	3	0.039
4	+	+	-	60	3	0.039
5	-	-	+	40	1.5	0.079
6	+	-	+	60	1.5	0.079
7	-	+	+	40	3	0.079
8	+	+	+	60	3	0.079

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Métodos de investigación

Para el secado de la materia prima se trabajó con un secador convectivo de bandejas a escala piloto. Las algas frescas se colocaron en las bandejas, se controló la pérdida de peso, durante los 30 primeros minutos el control fue cada 5 minutos, de los 30 a 60 minutos el control de peso fue cada 10 minutos y finalmente después de los 60 minutos el control se realizó cada 15 minutos hasta obtener peso constante. A su vez los parámetros controlados fueron la temperatura de secado (°C), velocidad



de aire (m/s) y carga por bandeja (g/cm<sup>2</sup>), todos ellos de acuerdo al diseño experimental. (ver tabla N°3)

Para la determinación de las variables, se utilizaron los siguientes métodos:

- b. Humedad y cenizas : Método AOAC 942.05; por AOAC (2000).
- c. Determinación del pH : Método AOAC 10.035, 1995,
- d. Acidez titulable : Método AOAC 942.15, 1998
- e. Actividad de agua : equipo Novasina Labswift.
- f. Contenido proteico : Método AOAC 984.13, 2005  
Laboratorio

de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

- g. Perfil de aminoácidos : Método de Tsuguita y Scheffler (1982) Torres, et al. (2009) La Unidad de Investigación de Productos Naturales-LID de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- h. Componentes fenólicos : Método de Singleton y Rossi (1965)

Para los análisis microbiológicos:

- a. Recuento de mohos y levaduras : Método pautado por ICSMF (2000);
- b. Recuento de enterobacterias : Método ISO (2004);
- c. Determinación de Salmonella : Laboratorio La Molina Calidad Total, siguiendo el método de la ICSMF (2000)

### **4.3. Población y muestra**

#### **4.3.1. Población**

En el estudio se utilizaron 50 kg de alga fresca *Porphyra spp.* procedente de San Andrés, Pisco.

#### **4.3.2. Muestra**

El muestreo realizado fue aleatorio tomando tres muestras de 200 g para cada tratamiento, para cada análisis y cada interacción.

### **4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado**

El estudio se llevó a cabo en laboratorio de procesos industriales de la Pontificia Universidad Católica del Perú durante el periodo de octubre del 2018 a Julio del 2019.

### **4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

#### **4.5.1. Materiales, reactivos y equipos**

##### **Materiales**

- Alga fresca *Porphyra spp.*
- Micropipetas de 100, 1000 y 5000  $\mu$ l.
- Pipeta de 10 ml.
- Pipeta Pasteur 5 ml.
- Bureta de 50 ml.
- Probeta de 50 y 100ml.
- Pissetas.
- Vasos de precipitación.
- Tubos de ensayo.
- Matraces de 125, 250 y 500 ml.
- Placas Petri.
- Fiolas de 10, 100 y 250 ml.

### **Reactivos**

- Methanol 99% JT Baker, U.S.A
- Ácido gálico (anhidro), Merck, Alemania
- Folin Ciocalteu (0.2 N), Merck, Alemania
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (7.5%).
- NaOH 0.1 y 0.01N
- ABTS™ Chromophore, Diammonium Salt, Merck, Alemania
- Fenolftaleína.
- Trolox, Merck, Alemania.
- Agua peptonada tamponada.

### **Equipos**

- Espectrofotómetro UV/vis.
- Ultra congeladora.
- Potenciómetro.
- Termómetro.
- Centrífuga.
- Secador de bandejas.
- Micropipetas de 100, 1000 y 5000 µl.
- Baño María.
- Autoclave.

#### **4.5.2. Procedimiento experimental**

##### **Evaluación del contenido proteico y funcional del alga *Porphyra spp.* en estado fresco.**

Las muestras de alga fresca que se usaron en los análisis fisicoquímicos fueron lavadas con agua desionizada y escurridas para eliminar posibles partículas indeseables, posteriormente fueron picadas de manera que el tamaño sea lo más homogéneo posible, para poder trabajar con un tamaño estándar de partículas.

Posteriormente, se determinaron las características fisicoquímicas del alga *Porphyra spp* mediante los siguientes métodos: determinación de humedad (AOAC, 2000), determinación de cenizas (AOAC 942.05), determinación de la actividad de agua, determinación de pH (AOAC 10.035, 1995) y determinación de acidez titulable (AOAC 942.15, 1998). El contenido proteico fue realizado en el laboratorio de evaluación nutricional de alimentos.

### **Determinación de las condiciones operativas para la estabilización del alga *Porphyra spp* mediante el estudio de la cinética de secado convectivo.**

Las muestras se acondicionaron de manera que se lavaron con agua desionizada y se escurrieron previamente a someterse a los diferentes tratamientos de secado convectivo, siguiendo el diseño experimental de la Tabla N° 3.

Para lo cual, las muestras se colocaron en las bandejas, previamente pesadas, y se dejaron secar hasta peso constante, registrándose la pérdida de peso cada 5 minutos en la primera media hora, cada 10 minutos la siguiente media hora y cada 15 el tiempo restante. Los datos se registraron y con ellos se elaboró la curva de secado.

Las muestras de alga seca se envasaron en bolsas de aluminio trilaminadas y fueron conservadas en desecadores hasta su análisis.

### **Caracterización de la harina de alga *Porphyra spp* obtenida, en función a su composición químico proximal, funcional y perfil de aminoácidos.**

En base al análisis del diseño experimental, teniendo como variables de respuesta (contenido fenólico y contenido proteico) se determinó las mejores condiciones de operación.

A las muestras de alga seca que resultaron del mejor tratamiento, cual presentaba un mayor contenido fenólico y proteico, se le realizaron la caracterización fisicoquímica, funcional, microbiológica y perfil de aminoácidos.

#### **4.6. Análisis y procesamiento estadístico de datos**

La estimación del mejor tratamiento que evidencie una mayor retención del contenido de Fenoles Totales y contenido proteico de cada tratamiento del DOE Factorial completo  $2^3$ , será obtenida mediante el programa estadístico Minitab 18<sup>®</sup>.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados Descriptivos

#### 5.1.1. De la evaluación del contenido proteico y funcional del alga *Porphyra spp* en estado fresco.

De acuerdo a lo previsto se realizó la caracterización fisicoquímica y funcional de *Porphyra spp.* en estado fresco, los resultados obtenidos se muestran en las tablas 4 y 5.

**TABLA 4: Características fisicoquímicas de *Porphyra spp.* en estado fresco.**

Muestra	Humedad (%)	Cenizas (%)	Actividad de agua (aw)	pH	Acidez (%)
Alga fresca	86 ± 0.04	0.720 ± 0.016	0.8705 ± 0.009	6.805 ± 0.7	0.184 ± 0.02

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 5: Contenido proteico y funcional de *Porphyra spp.* en estado fresco.**

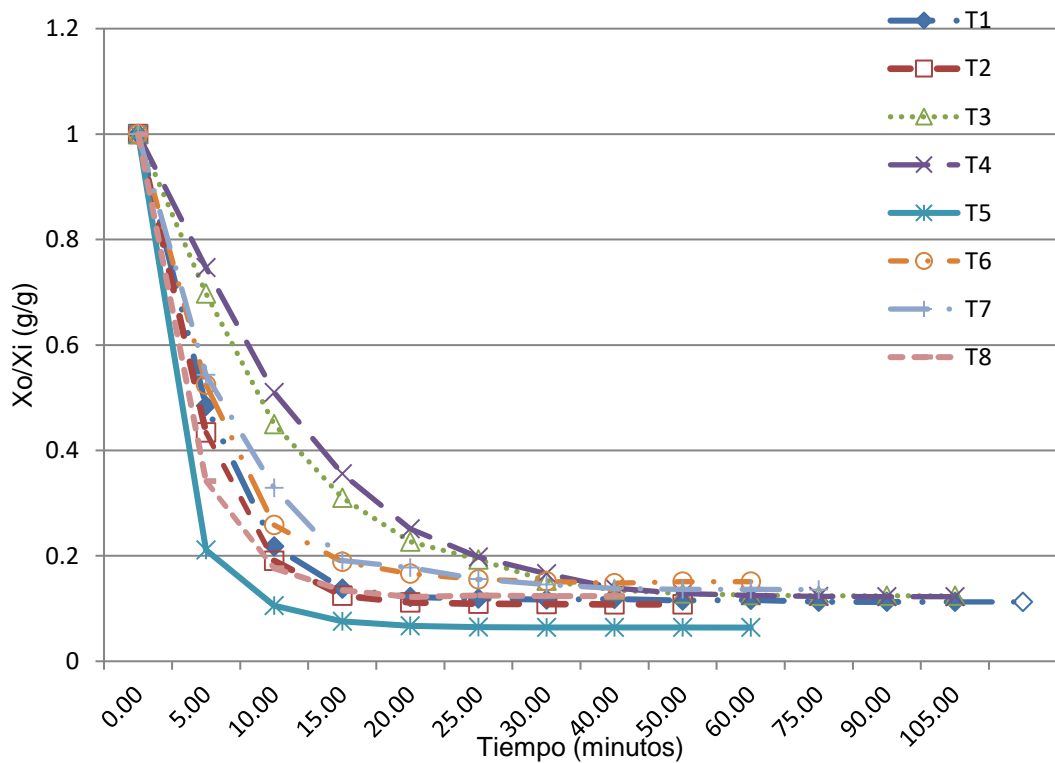
Muestra	Contenido Proteico (%)*	Contenido Fenólico (µg GAE/g bs)
Alga fresca	2.97 ± 0.03	3465.258 ± 125.35

\*Resultados obtenidos de acuerdo al informe de ensayo LENA N° 0438/2019 (Anexo N°5)

### 5.1.2. De la determinación de las condiciones operativas para la estabilización del alga *Porphyra spp.* mediante el estudio de la cinética de secado convectivo.

En base al diseño experimental, se ejecutaron las corridas por triplicado. Teniendo como variables independientes velocidad de aire (m/s), temperatura de secado (°C) y carga del equipo (g/cm<sup>2</sup>) y variables respuesta: contenido de fenoles y contenido proteico. De dicho diseño se obtuvieron las cinéticas de secado observándose un tiempo mínimo de secado en el cual se busca la estabilización y se evidencia la pérdida mínima de humedad. Por otro lado, el tiempo máximo de secado busca la reducción de la humedad hasta el 10% o incluso menos. Los resultados se muestran en el gráfico 1.

**GRÁFICO 1: Cinética de secado de *Porphyra spp.***



Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de establecer las mejores condiciones de secado convectivo de *Porphyra spp.* se realizaron análisis funcionales y proteicos a todos los tratamientos detallados en el diseño experimental, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6.

**TABLA 6: Contenido proteico y funcional de las muestras en los diferentes tratamientos.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Contenido Proteico (g/100g)*</b>	<b>Contenido Fenólico (µg GAE/g bs)</b>
T N°1	16.6417 ± 0.126 <sup>B</sup>	3243.5 ± 19.6 <sup>E</sup>
T N°2	16.300 ± 0.244 <sup>B</sup>	1503.8 ± 40.5 <sup>F</sup>
T N°3	17.248 ± 0.301 <sup>A</sup>	420.9 ± 62.0 <sup>G</sup>
T N°4	16.360 ± 0.084 <sup>B</sup>	3513.1 ± 150.6 <sup>E</sup>
T N°5	16.562 ± 0.148 <sup>B</sup>	1525.5 ± 33.4 <sup>F</sup>
T N°6	14.249 ± 0.092 <sup>C</sup>	5874 ± 270 <sup>D</sup>
T N°7	16.733 ± 0.232 <sup>AB</sup>	209.9 ± 94.7 <sup>G</sup>
T N°8	14.749 ± 0.142 <sup>C</sup>	5760 ± 263 <sup>D</sup>

Las medidas que no comparten una letra son significativamente diferentes.

\* Resultados obtenidos de acuerdo al informe de ensayo LENA N° 04381/2019 (Anexo N°5)



**5.1.3. De la caracterización de la harina de alga *Porphyra spp.* obtenida en función a su composición químico proximal, funcional y perfil de aminoácidos.**

La caracterización del producto final se realizó al mejor tratamiento, temperatura de 60°C, velocidad de aire 3 m/s y carga de equipo de 0.039 g/cm<sup>2</sup>. Siendo así los ensayos realizados los mismos a los que fueron sometidos los tratamientos de prueba, logrando obtener una harina con 10.67 ± 0.208 % de humedad, porcentaje de cenizas de 5.844 ± 0.236 %, actividad de agua de 0.3933 ± 0.050, pH de 7.347 ± 0.450 y porcentaje de acidez de 0.111 ± 0.0707% expresado en ácido sulfúrico. Así mismo con 29.05 ± 0.04% de proteínas en base seca y 3513.06 ± 15058 µg GAE/g db..tal como se muestra en las tabla 7 y 8

**TABLA 7: Características fisicoquímicas de harina de *Porphyra spp.***

Muestra	Humedad (%)	Cenizas (%)	Actividad de agua (Aw)	pH	Acidez (%)
Harina de <i>Porphyra spp</i>	10.67 ± 0.208	5.844 ± 0.236	0.3933 ± 0.050	7.347 ± 0.450	0.111 ± 0.0707

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 8: Contenido proteico y funcional de harina de *Porphyra spp.***

Muestra	Contenido Proteico (%)*	Contenido Fenólico (µg GAE/g bs)
Harina de <i>Porphyra spp.</i>	29.05 ± 0.04	3513.06 ± 15058

\* Resultados obtenidos de acuerdo al informe de ensayo LENA N° 0661/2019 (Anexo N°5)

Por otro lado, se realizó el análisis de perfil de aminoácidos a la muestra óptima, el cual indico la presencia mayoritaria de algunos aminoácidos en la harina de *Porphyra* los cuales son arginina con  $61.87 \pm 2.25$  mg/mg muestra y alanina con  $46.06 \pm 2.88$  mg/mg, tal como se muestra en la tabla 9.

**TABLA 9: Contenido de aminoácidos de harina de *Porphyra spp.***

<b>Aminoácido</b>	<b>Contenido (mg/g muestra)</b>
Ácido aspártico	$13.10 \pm 0.88$
Ácido glutámico	$7.71 \pm 0.07$
Glutamina	n.d*
Serina	$3.48 \pm 0.15$
Treonina	$9.67 \pm 0.70$
Arginina	$61.87 \pm 2.25$
Glicina	$2.13 \pm 0.02$
Alanina	$46.06 \pm 2.88$
Prolina	$5.03 \pm 0.09$
Valina	$9.35 \pm 0.00$
Asparagina	$0.36 \pm 0.00$
Metionina	$1.37 \pm 0.06$
Isoleucina	$10.28 \pm 0.46$
Leucina	$5.77 \pm 0.58$
Triptófano	$3.52 \pm 0.01$
Fenilalanina	$6.97 \pm 0.04$
Cisteína	$1.24 \pm 0.05$
Lisina	$19.62 \pm 1.44$
Histidina	$6.35 \pm 0.27$
Tirosina	$19.14 \pm 0.90$

\*n.d.: no determinado.

Resultados obtenidos de acuerdo al informe de resultados (Anexo N°5)

Los análisis microbiológicos fueron realizados de acuerdo a los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano NTS N° 071 - MINSA /DIGESA - V.01, estos mostraron que no existe evidencia de peligro microbiológico en la harina de *Porphyra spp* obtenida y se muestran en la tabla 10

**TABLA 10: Análisis microbiológicos de harina de *Porphyra spp*.**

<b>Agente microbiano</b>	<b>Conteo</b>
Mohos	< 10 <sup>2</sup>
Levaduras	< 10 <sup>2</sup>
Enterobacteriaceae	< 10
Salmonella spp.	Ausencia /25g

**Fuente:** Elaboración propia.

## **5.2. Resultados Inferenciales**

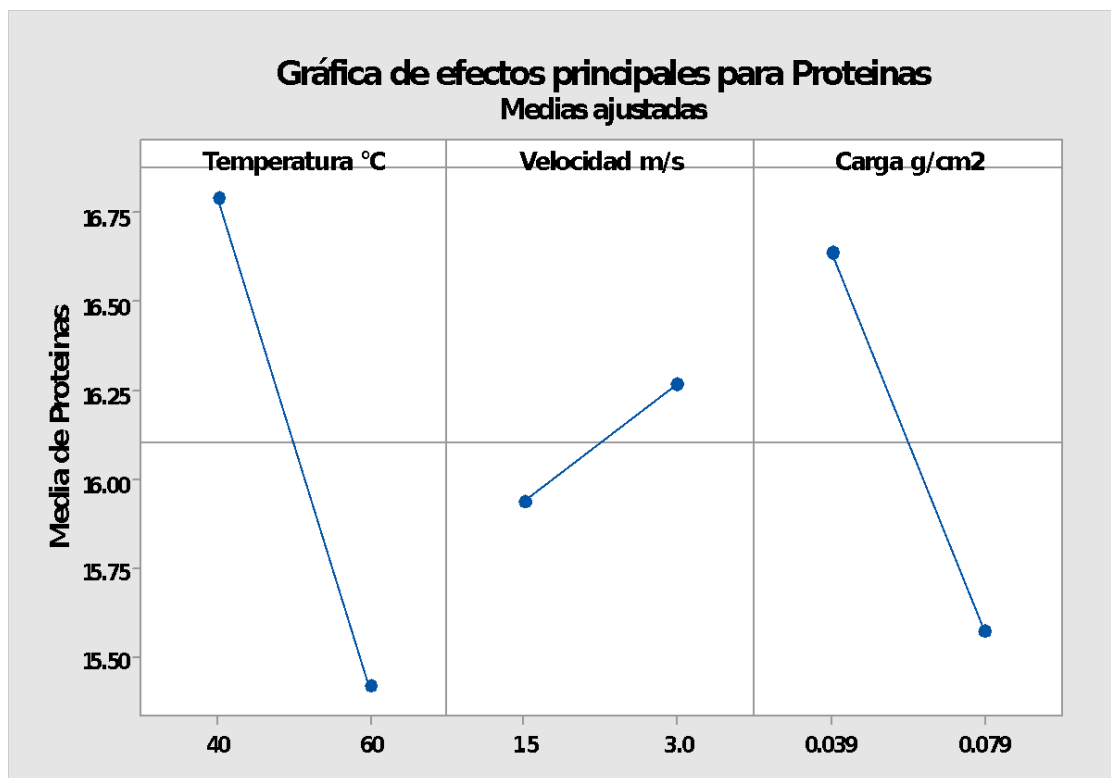
### **5.2.1. De la determinación de las condiciones operativas para la estabilización del alga *Porphyra spp* mediante el estudio de la cinética de secado convectivo**

De los datos obtenidos se evidencia que el tratamiento (T N°3) obtuvo mayor respuesta de contenido proteico así mismo el de mayor contenido fenólico fue el tratamiento (T N°6); sin embargo, para poder determinar de manera precisa cual es el tratamiento de secado en el que se obtenga a la vez alto contenido proteico y funcional, fue

necesario evaluar la interacción entre los factores y la influencia de estos en la respuesta mediante el software Minitab 18®.

Mediante la gráfica de efectos se puede observar si existe un efecto principal presente. Es así que se aprecia que tanto la temperatura como la carga del equipo ejercen mayor influencia en las respuestas de la investigación en el caso de proteínas, se observa en el gráfico 2.

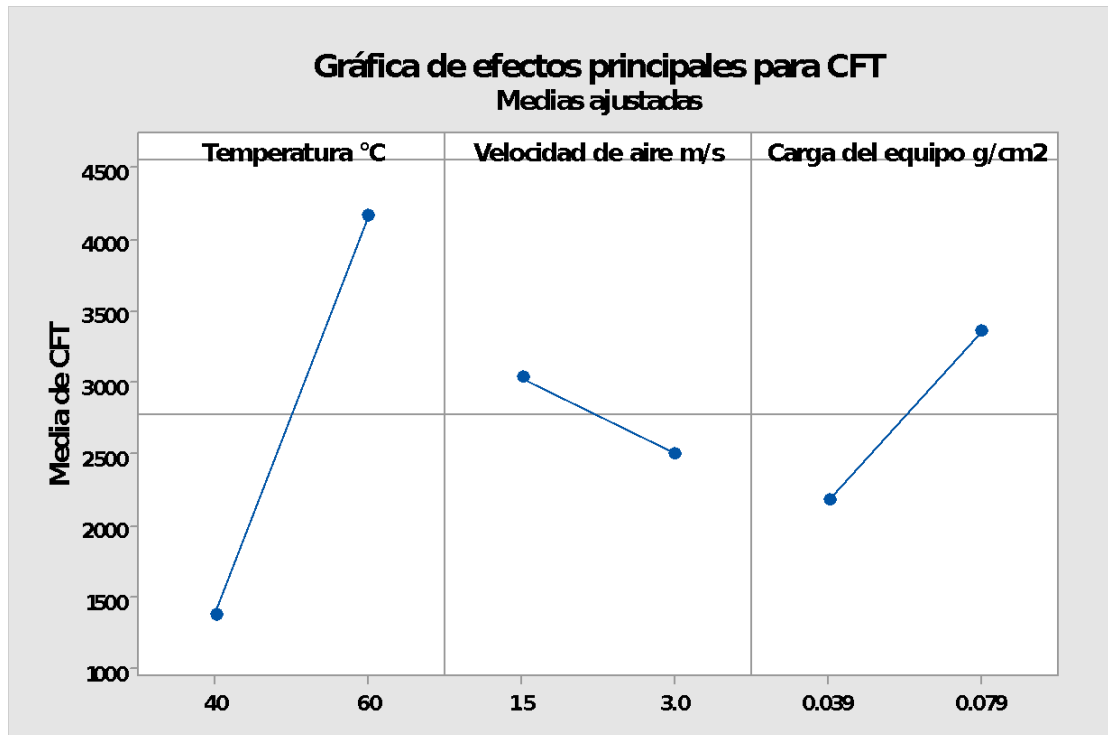
**GRÁFICO 2: Efectos de las variables de proceso en la retención de proteínas**



Fuente: Minitab 18.

En lo que al porcentaje de proteínas se refiere los factores de mayor influencia para la mayor retención de este son la temperatura y carga del equipo que se indica en el gráfico 3.

**GRÁFICO 3: Efectos de las variables de proceso en la retención de cft**

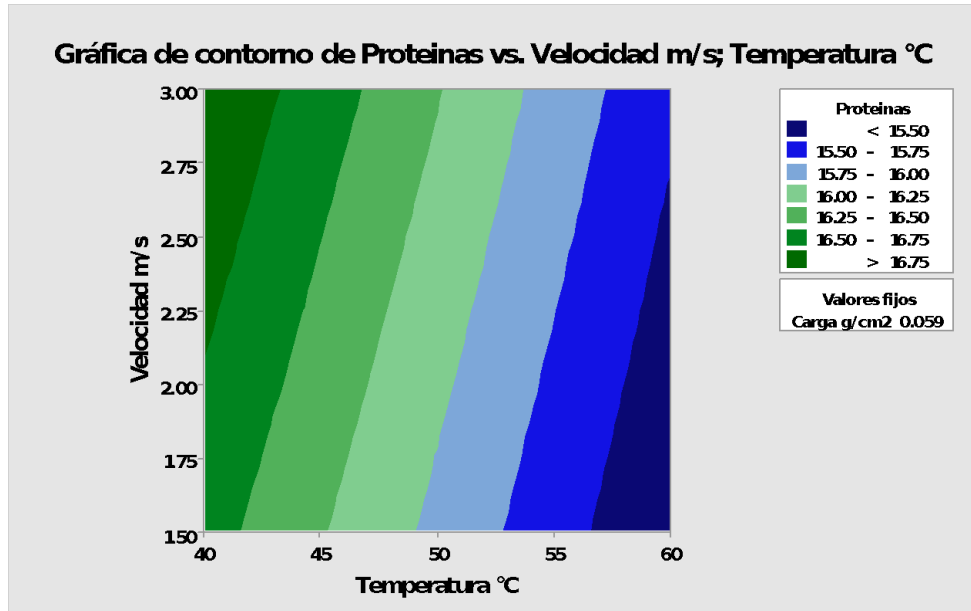


Fuente: Minitab 18.

Siguiendo el lineamiento observado en los gráficos de efectos principales se puede establecer que la temperatura es un factor influyente en la retención de proteínas y CFT, por tanto, se procedió a evaluar el efecto de la interacción de la misma con los otros factores sobre el contenido proteico y fenólico, mediante el uso de gráficas de contorno y superficie respuesta.

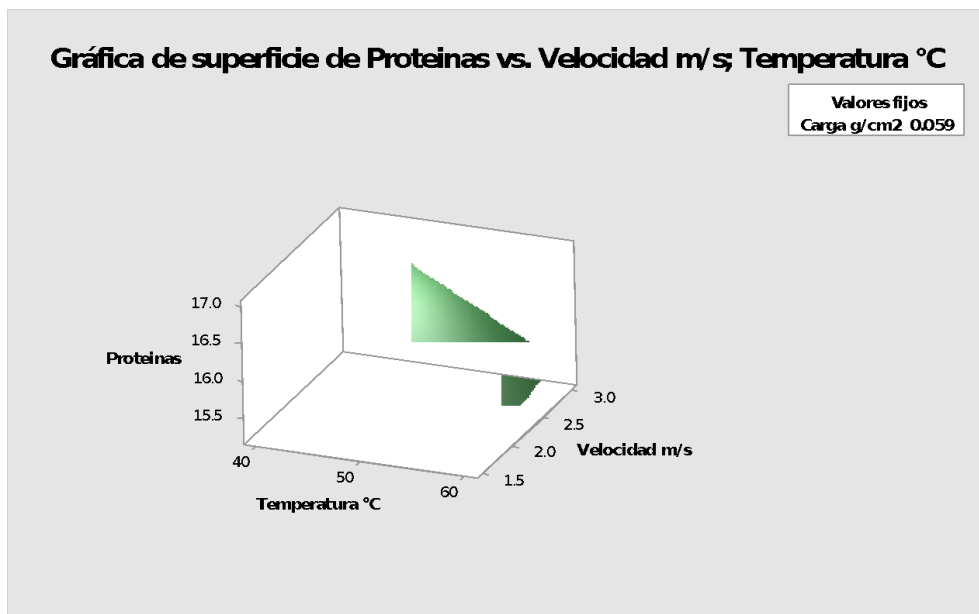
Para las proteínas se observa mayor retención al emplear alta velocidad de aire y baja temperatura en el secado. Por otro lado, al evaluar la temperatura y la carga del equipo se establece que la mayor retención se obtiene al trabajar en condiciones de baja temperatura y carga.

**GRÁFICO 4: Gráfico de contorno de proteínas vs velocidad, temperatura**



Fuente: Minitab 18.

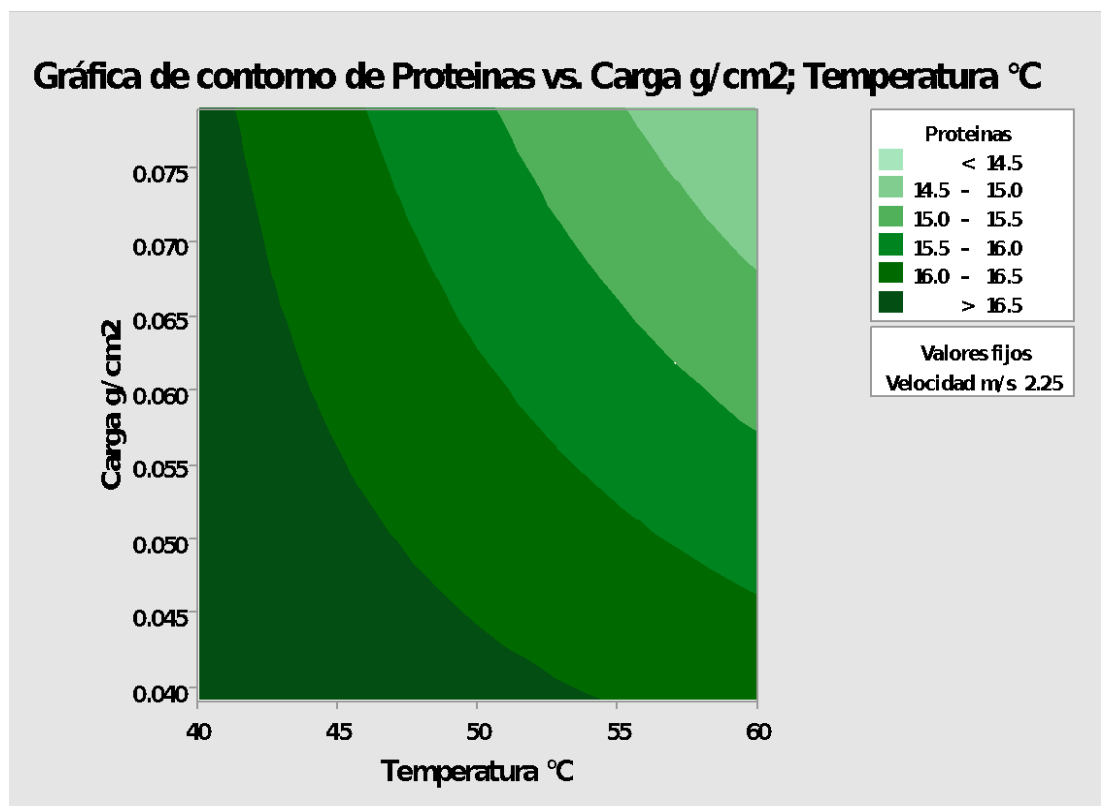
**GRÁFICO 5: Gráfico de superficie de proteínas vs. Velocidad, temperatura**



Fuente: Minitab 18.

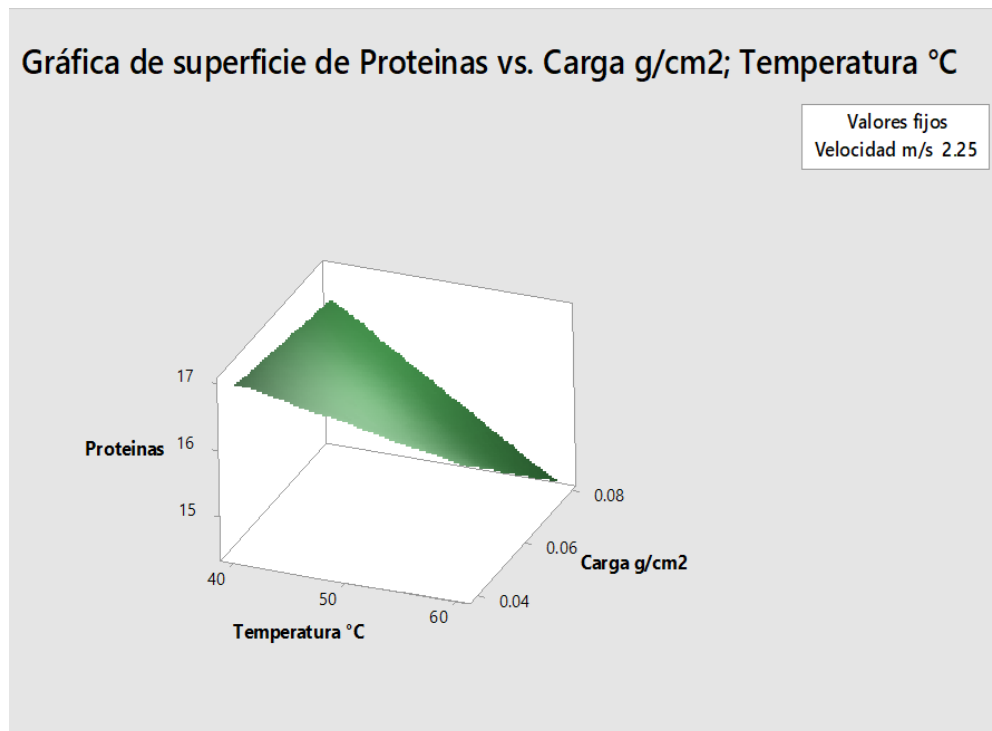
Como se aprecia en los gráficos 4 y 5, la maximización de proteínas se logra al someter a la materia prima a la mínima temperatura de trabajo (40°C) y a alta velocidad (3 m/s) obteniéndose porcentajes superiores a 16.75%. Sin embargo, porcentajes aceptables como 16.5% pueden obtenerse trabajando entre 40-45 °C y 2 m/s.

**GRÁFICO 6: Gráfico de contorno de proteínas vs carga, temperatura**



Fuente: Minitab 18.

## GRÁFICO 7: Gráfico de superficie de proteínas vs carga, temperatura



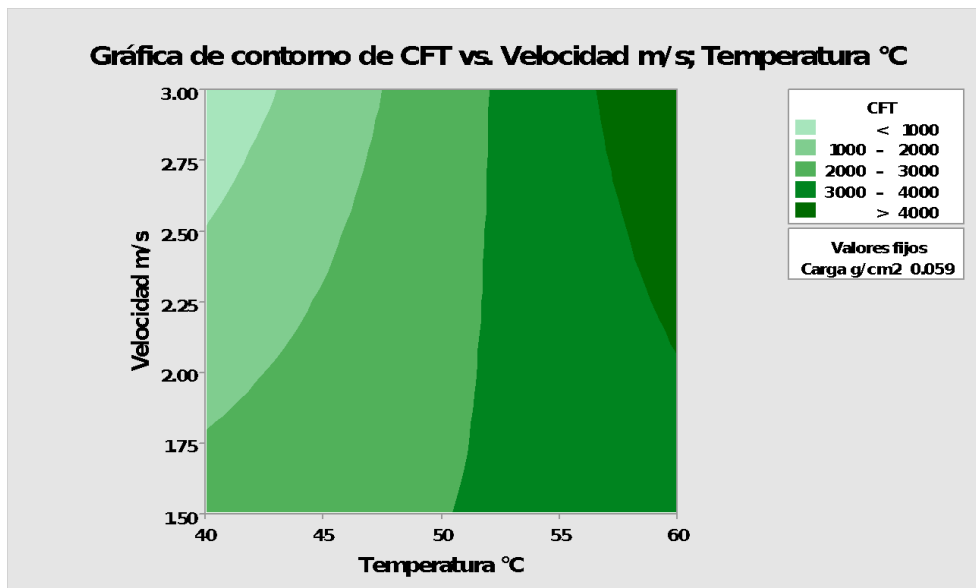
Fuente: Minitab 18.

Si se evalúa solo la interacción temperatura vs carga, tal como se observa en los gráficos 6 y 7; la maximización de proteínas se logra al trabajar temperaturas entre 40 y 55 °C indistintamente de la cantidad de carga en el equipo.

El mayor contenido fenólico se evidencia trabajando con temperaturas elevadas (50-60°C), a su vez con velocidades de secado altas (2-3 m/s) lográndose retenciones superiores a 3000 µg GAE/g b.s, ello evaluando la interacción temperatura y velocidad, tal como indica en los gráficos 8 y 9.

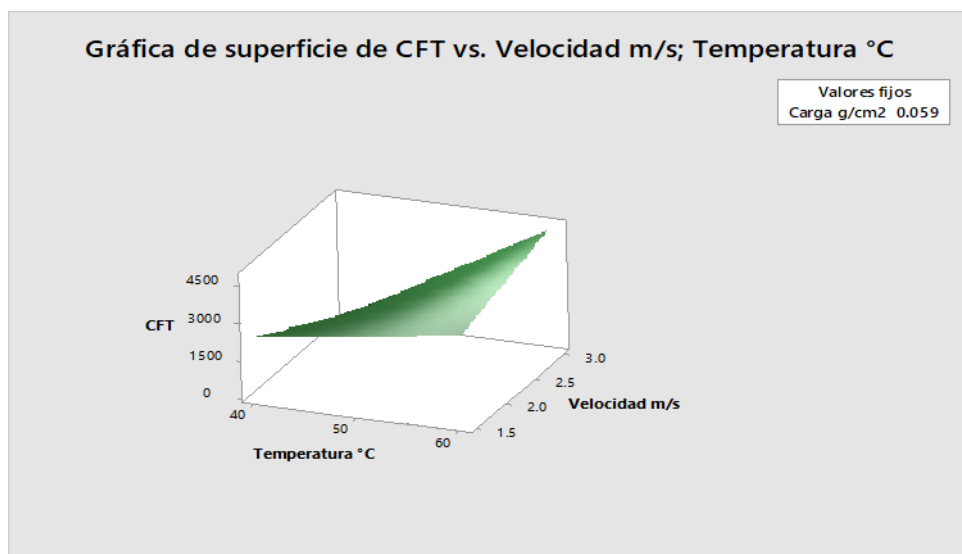


**GRÁFICO 8: Gráfico de contorno de CFT vs velocidad, temperatura**



Fuente: Minitab 18.

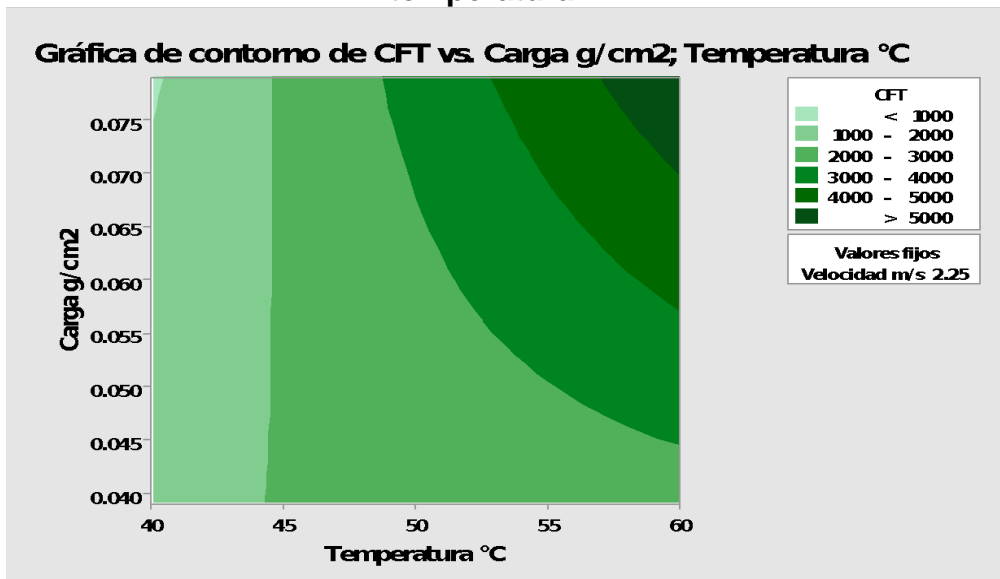
**GRÁFICO 9: Gráfico de superficie de CFT vs velocidad, temperatura**



Fuente: Minitab 18.

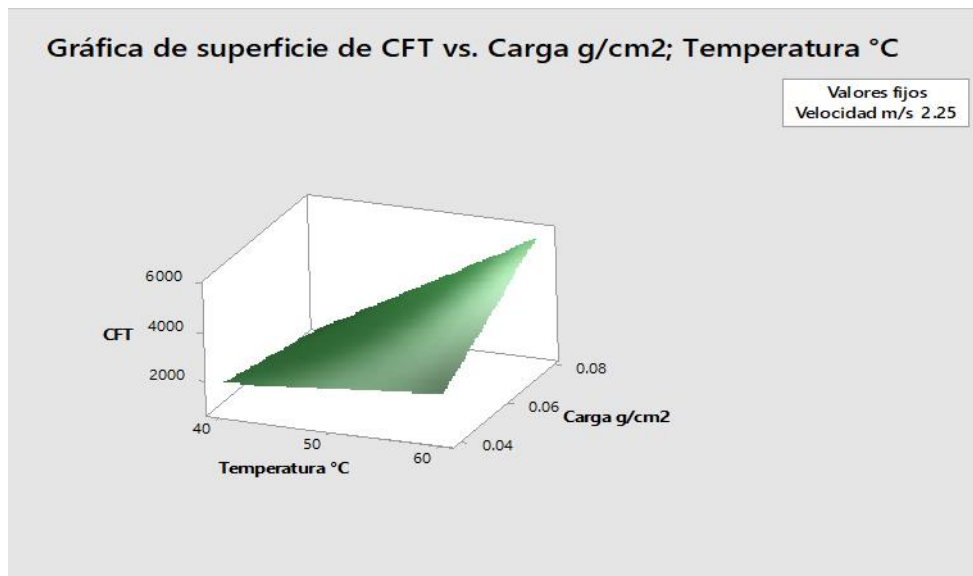
Finalmente, para la interacción temperatura y carga las condiciones de trabajo para el secado convectivo que permitan la mayor retención posible de componentes fenólicos (superior a 4000  $\mu\text{g}$  GAE/g b.s) será empleando temperaturas iguales a 60°C y carga entre 0.060 y 0.079 g/cm<sup>2</sup>, tal como se observa en los gráficos 10 y 11.

**GRÁFICO 10: Gráfico de contorno de CFT vs carga de equipo, temperatura**



Fuente: Minitab 18.

**GRÁFICO 11: Gráfico de superficie de CFT vs carga, temperatura**

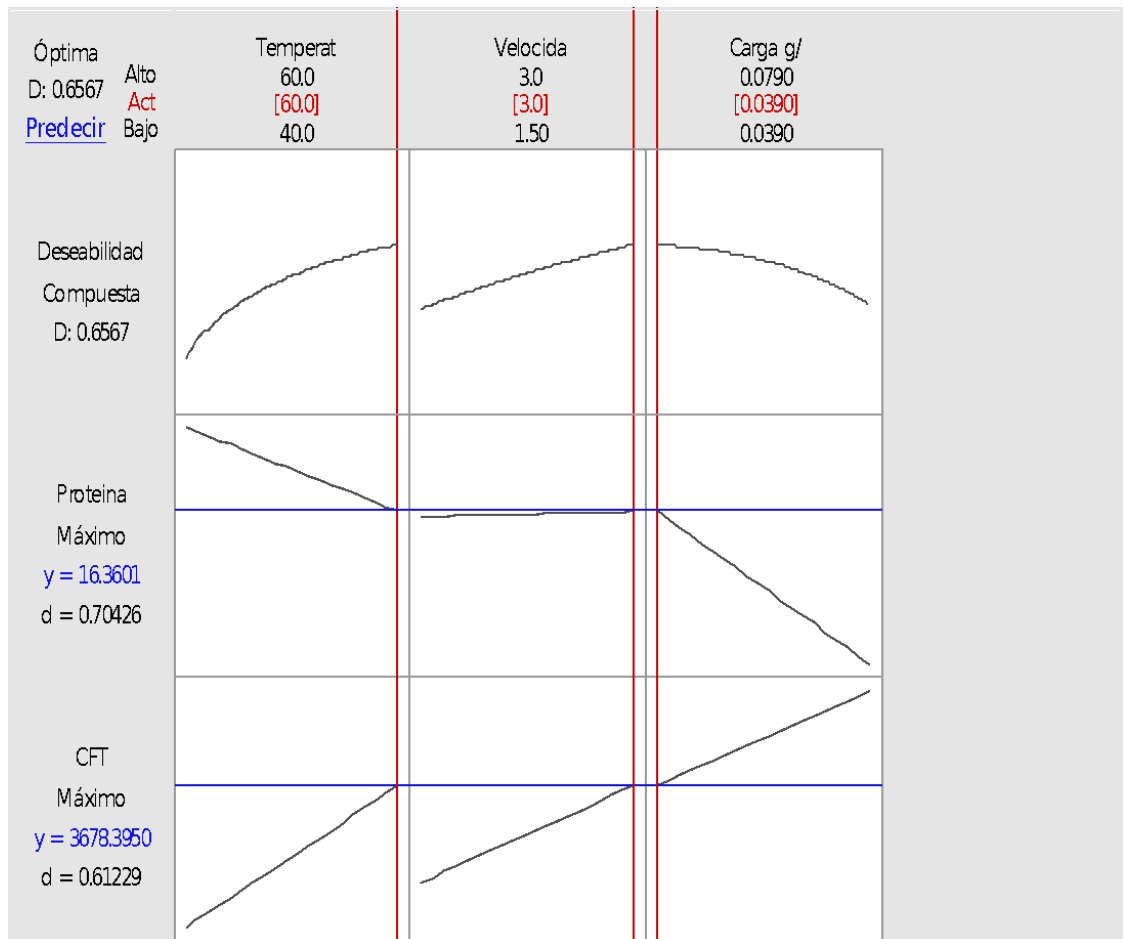


Fuente: Minitab 18.

Habiéndose evaluado por separado la interacción entre los factores y sus efectos sobre las respuestas, se realizó la elección del tratamiento óptimo de secado, para lo cual se empleó la gráfica de optimización. De tal forma se determinó que el mejor tratamiento fue en el cual las condiciones operativas fueron: Temperatura 60°C, velocidad de aire 3 m/s y carga del

equipo de 0.039 g/cm<sup>2</sup>, la deseabilidad alcanzada fue de 0.6567, lo cual se observa en el gráfico 12.

**GRÁFICO 12: Gráfico de optimización de respuesta**



Fuente: Minitab 18.

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados.

Mediante los datos obtenidos experimentalmente se valida la hipótesis, determinando así las condiciones operativas óptimas durante el secado convectivo, se obtuvo una harina de contenido proteico y de componentes funcionales, que permiten su utilización en la alimentación

humana. Teniendo el tratamiento óptimo  $29.05 \pm 0.04\%$  de contenido proteico y  $3513.06 \pm 15058 \mu\text{g GAE/g}$  bs de contenido fenólico.

El contenido proteico (2.97%) y los compuestos funcionales del alga *Porphyra spp* en estado fresco cubren en 5.94% los requisitos mínimos para la alimentación humana, VRN de proteínas 50 g por 100 g recomendado por la FAO (FAO, 1985) Si bien es cierto no existe un valor recomendado de consumo de fenoles (Navarro González, et al., 2017) señalan que la ingesta por día de fenoles en españoles es de 1365.1 mg de los cuales *Porphyra spp* en estado fresco cubre un 0.25% de dicho valor.

Mediante la estabilización del alga *Porphyra spp*. se pudo conocer la cinética de secado, obteniéndose un tiempo promedio de 0.67 horas de secado para el mejor tratamiento.

Al realizar la comparación de los componentes proteicos entre las diversas harinas comerciales y la harina del tratamiento óptimo se corrobora la hipótesis que esta última posee mayor contenido proteico que las que se encuentran en el mercado, como la de maca, Cañihua y kiwicha negra, que se indica en la tabla 11.

**TABLA 11: Contenido proteico de harinas comerciales**

Harina	Proteína /100g	% VRN
Maca*	14.1	28.2
Cañihua*	17.6	35.2
Kiwicha*	12	24
Maca Negra*	14.1	28.2
Harina <i>Porphyra spp.</i> **	29.05	58.1

**Fuente:** Elaboración propia.

\*La casa Marimiel

\*\* En el estudio.

Se presumía que para la maximización en la retención tanto de componentes funcionales como de proteínas se lograría manteniendo los factores en su máxima expresión, sin embargo, dicha premisa no contemplaba las interacciones existentes entre los factores y su efecto en las respuestas. Como se ha mencionado en el capítulo V en el caso de proteínas la interacción de la baja temperatura (40°C) y alta velocidad de aire (1.75 - 3.0 m/s) maximizan la retención de estas (>16.8%), si se consideraba entonces solo los factores temperatura y carga de equipo, estos maximizan la retención, valores mayores a 16.8%, al mantenerse en valores bajos, 40 - 47 °C y 0.039 – 0.060 g/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Siguiendo la misma línea, la retención de contenido de componentes fenólicos se maximiza para la interacción temperatura-carga, al elevar la temperatura, 60°C; y reducir la carga, valores entre 0.045-0.075

g/cm<sup>2</sup>, los cuales brindan una retención mayor a 3000 µg GAE/g db. En el caso de la interacción temperatura - velocidad de aire se obtiene la mayor retención, valores superiores a 4000 µg GAE/g db, manteniendo la temperatura a 60°C y la velocidad de aire entre 2 – 3 m/s.

## 6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

La composición fisicoquímica de *Porphyra spp* fresca se muestra en la tabla N° 2. Los resultados obtenidos de humedad son similares a otros estudios realizados que indican valores entre 77-86 % (Marsham, et al., 2007; Guiry y Blunden, 1991) para la misma especie, y valores entre 72-81 % para algas de la división Rhodophyta (Romeo y Gupta, 2011; Tabacchi B. y García A., 1994). Respecto a las demás características fisicoquímicas para cenizas Bhatia, et al. 2015 obtuvieron 0.551% para la variedad de *Porphyra spp*. siendo así el porcentaje de cenizas obtenido en el estudio concordante con el mencionado. Sin embargo, si se realiza un análisis entre especies con *U. lactuca*, *H. valentia* y *S.ilicifolium*, estas presentan 12.4 %, 21.8% y 29.9% de cenizas respectivamente (Rohani-Ghadikolaei, et al., 2012). Lo cual indica que *Porphyra spp* posee menor cantidad de cenizas que las algas mencionadas. En cuanto al pH (Bhatia, Nagpal, et al., 2015) reportaron valores de 6.26 el cual concuerda con el recabado en la presente investigación.

El contenido de componentes funcionales obtenidos en la investigación fue de 3.4 mg GAE/g b.s el cual es evidentemente superior si se compara con los 0.3 mg GAE/g b.s de *Porphyra columbina* obtenidos por (Cian R., et al., 2014); sin embargo, si se compara con *S. fusiforme* y *S. kjellmanianum*, las cuales poseen 9 y 16.27 mg GAE/g b.s respectivamente, el contenido de *Porphyra spp*. es menor (Luo, Wang, et al., 2010). La diferencia de contenido fenólico puede deberse al uso de diferentes solventes de

extracción debido a su polaridad o no con los componentes bioactivos presentes en las algas. Adicionalmente se puede deber a los factores climáticos a los cuales las especies hayan sido expuestas. (Ahmad, et al., 2012). Así como la temperatura de secado a la que es sometida, tal como lo señalan (Rajauria, Jaiswal, et al., 2010) para las algas marrones el contenido fenólico puede incrementarse de 64 a 89.9 % a temperaturas de secado entre 95 y 121 °C, sin embargo, la mayor retención se logra a temperaturas entre 40°C y 90°C. Para el caso particular de *Sargassum sp.* La mayor retención se observó a los 90 °C. (Norra, Aminah, et al., 2017).

Evaluando el contenido proteico el porcentaje alcanzado para el mejor tratamiento fue de 29.05% en el presente estudio, porcentaje alto si se realiza un contraste con el porcentaje obtenido en otras especies como *C. fragile*, *G. chilensis* y *M. pyrifera* con 10.8; 13.7 y 13.2 % respectivamente . (Ortiz J. U., 2009). Esta diferencia puede responder a la especie a la que pertenezcan, es así que las algas poseen menor porcentaje proteico por peso seco con 3 a 15 % a diferencia de las algas verdes y rojas con 10 a 47% por peso seco. (Gutiérrez Cuesta, et al., 2017; Cian R., et al., 2014; Xiao-Ling, et al., 2003; Khairy y El-Shafay, 2013; Abdel-Khaliq, et al., 2014)

El perfil amínico realizado al mejor tratamiento muestra cantidades predominantes de arginina, alanina y lisina con 61.87, 46.06, y 19.62 mg/ g muestra respectivamente. Se ha reportado presencia de taurina, la laminina, los kainoides o ácidos kaínico y domoico en *Porphyra spp* (Pereira, 2011) citado por (Gutiérrez Cuesta, et al., 2017).

Dependiendo de la variedad de algas se puede encontrar deficiencias de algunos aminoácidos, para *Ulva spp.* se tienen bajos valores de ácido aspártico, ácido glutámico e isoleucina (Uribe, 2018). Para *S. hemiphyllum* estudios reportan bajos valores en histidina y serina. (Chan, et al., 1997) Si bien es cierto los porcentajes individuales de aminoácidos pueden variar de una variedad a otra, investigaciones previas indican que los valores de

aminoácidos esenciales totales no se ven afectados significativamente, independientemente del tratamiento de secado a la cual haya sido sometida la muestra, (liofilización, secado convectivo, secado por estufa, etc.) Sin embargo, este sí puede verse afectado dependiendo a la especie a la que pertenece, en el caso de algas pardas entre 22 a 44 %, algas verdes 26 a 32% y las rojas entre 14 y 19%. (Chan, et al., 1997; Fleurence, 1999; Uribe, 2018; Wong y Cheung, 2001)



## CONCLUSIONES

Se evaluó el comportamiento de los componentes funcionales y proteicos de *Porphyra spp* en el secado sometido a dos niveles de temperatura de secado (40°C y 60°C), dos velocidades (1.5 m/s y 3 m/s) y dos niveles de carga. (0.039 g/cm<sup>2</sup> y 0.079 g/cm<sup>2</sup>). La mayor retención de proteínas se observó a la temperatura mínima de trabajo de 40 °C y a la velocidad más alta 3 m/s. Para los componentes fenólicos la mayor retención se manifiesta a temperaturas de 60°C y una velocidad de aire de 3 m/s. Por otro lado, la mayor retención de proteínas y fenoles totales se logró a las condiciones de 60°C y 3 m/s, cuyo valor fue de 29.05 ± 0.04 % para proteínas y 3513.06 ± 15058 µg GAE/g muestra en base seca para fenoles

## RECOMENDACIONES

- Evaluar las propiedades funcionales y proteicas de la harina de *Porphyra spp* por medio de sustitución de la misma en fórmulas alimenticias.
- Evaluar el efecto de otros tratamientos térmicos sobre las propiedades funcionales y proteicas de *Porphyra spp*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Khaliq, A., Hassan, H. M., Rateb, M. E., & Hammouda, O. (2014). Antimicrobial Activity of Three Ulva Species Collected from Some Egyptian Mediterranean Seashores . *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2(5), 648-699.

Ahmad, F., Sulaiman, M., Saimon, W., Yee, C., & Matanjun, P. (2012). Proximate Compositions and Total Phenolic Contents of Selected Edible Seaweed from Semporna, Sabah, Malaysia. *Borneo Science* , 85-96.

AOAC. (1995). Official method of analysis. Em AOAC, *Methods of analysis of AOAC* (16 edition ed.). Maryland, U.S.A: Association of official analytical chemests.

AOAC. (1998). Official method of analysis. Em AOAC, *Methods of analysis of AOAC*. Maryland: Association of official analytical chemests.

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of A.O.A.C International* (Décimo séptima ed.). Maryland: A.O.A.C.

Bello, A. (1989). *Culturas de Chile* (Vol. 2). Santiago de Chile, Chile: Andrés Bello.

Beltrán de Heredia, M. d. R. (2016, mayo). Alimentos funcionales. *Farmacia profesional*, 3(3), 12-14. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-pdf-X0213932416546681>

Bhatia, S., Nagpal, K., Bera, T., Sharma, A., & Sharma, K. (2015). Evaluation of pharmacognostical, phytochemical and anti-microbial properties of *Porphyra vietnamensis*. *International Journal of Green Pharmacy*, 131-137.

Chan, J., Cheung, P., & Ang, P. (1997). Comparative Studies on the Effect of Three Drying Methods on the Nutritional Composition of Seaweed *Sargassum hemiphyllum* (Turn.) C. Ag. *J. Agric. Food Chem*, 45(8), 3056-3059.

Chandini, S., Ganesan, P., & Bhaskar, N. (2008). In vitro antioxidant activities of three. *Food Chemistry*, 107, 707-713.

Cian, R., Fajardo, M., Alaiz, M., Vioque, J., González, R., & Drago, S. (2014). Chemical composition, nutritional and antioxidant properties of the

red edible seaweed *Porphyra columbina*. *International Journal of food science and nutrition*, 65(3), 299-305.

DIGESA. (2008). *NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01*. Lima.

FAO. (1985). *Directrices sobre el etiquetado nutricional*. Acesso em 25 de Octubre de 2019, disponível em <http://www.fao.org/ag/humannutrition/33311-065a023f960ba72b7291fb0bc07f36a3a.pdf>

FAO. (1990). *Handbook on Eucheuma Seaweed*. Suva: MINISTRY OF PRIMARY INDUSTRIES, FISHERIES DIVISION and FAO.

Fleurence, J. (1999). Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Science & Technology*, 25-28.

Foundation, N. (1984). *Ciencia de la alimentación*. Barcelona: Reverté.

García, S., Schmalko, M., & Tanzariello, A. (Abril de 2007). Isotermas de adsorción y cinética de secado de ciertas hortalizas y aromáticas cultivadas en misiones. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 36(1), 115-129. Acesso em 29 de Noviembre de 2018, disponível em <http://www.redalyc.org/pdf/864/86436107.pdf>

Guiry, M. D., & Blunden, G. (1991). Seaweed resources in Europe: Uses and potential. Em M. Indergaard, J. Minsaas, & M. D. Blunden (Ed.), *Animal and human nutrition* (pp. 21–64). California.

Guiry, G., & Guiry, W. (2018). *AlgaeBase*. (N. U. Ireland, Editor) Acesso em Noviembre de 08 de 2018, disponível em World-wide electronic publication: <http://www.algaebase.org>

Gupta, S., Cox, S., & Abu- Ghannam, N. (2011). Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible Irish brown seaweed. *Food Science and Technology*, 1-7.

Gupta, S., Rajauria, G., & Abu-Ghannam, N. (2010). Study of the Microbial Diversity and Antimicrobial Properties of Irish Edible brown Seaweeds. *International Journal of Food Science and Technology*(45), 482-489.

Gutiérrez Cuesta, R., González García, K., Hernández Rivera, Y., Acosta Suárez, Y., & Marrero Delange, D. (2017). Algas marinas, fuente potencial de macronutrientes. *Revista Investigaciones Marinas*, 16-28.

Ibáñez, E., & Herrero, M. (2017). *Las algas que comemos*. Madrid: Los libros de la catarata.

Ibarz, A., & Barbosa-Cánovas, G. (2005). *Operaciones Unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid, España: Mundi- Prensa.

ICSMF. (2000). *ICSMF* (Segunda ed., Vol. I). Acribia.

INEI. (01 de Junio de 2018). *Desnutrición crónica afectó al 12,9% de la población menor de cinco años de edad en el año 2017*. Acceso em 22 de Septiembre de 2018, disponible em <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/>

Instituto de ciencia y tecnología Universidad Arturo Prat. (2015). *Macroalgas del sur*. Acceso em 07 de Noviembre de 2018, disponible em <http://www.macroalgasdelsur.cl/germoplasma/luche.html>

INTA. (16 de Marzo de 2018). *Universidad de Chile*. Acceso em 21 de Octubre de 2018, disponible em <https://inta.cl/uFAQs/que-son-los-compuestos-fenolicos/>

ISO. (2004). *ISO 21528-2*. International Organization for Standardization.

Khairy, H., & El-Shafay, S. (2013). Seasonal variations in the biochemical composition of some common seaweed species from the coast of Abu Qir Bay, Alexandria, Egypt. *OCEANOLOGIA*, 55(2), 435–452.

Komalavalli, N., & Lalitha, N. (2015). Proximate Composition and Amino Acid Profile of Five Green Algal Seaweeds from Mandapam Coastal Regions, Tamil Nadu, India. *International Journal of Advances in Interdisciplinary Research*, 2, 37-40.

Lacoste, P., Castro, A., Mujica, F., & Lacoste, M. (2017). *Patrimonio y desarrollo territorial: Productos típicos alimentarios y artesanales de la región de O'Higgins. Identidad, historia y potencial de desarrollo*. (P. Lacoste, Ed.) Santiago de Chile.

Luo, H.-Y., Wang, B., Yu, C.-G., Qu, Y.-I., & Su, C.-I. (2010). Evaluation of antioxidant activities of five selected brown seaweeds from China. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2557-2565.

Maíz, A. (1990). Metabolismo energético. *Apuntes docentes*. Universidad Católica de Chile.

Marín Rodríguez, Z. R. (1998). Alimentos, calorías y nutrimentos. Em Z. R. Marín Rodríguez, *Elementos de nutrición humana* (pp. 39-82). Universidad Estatal a distancia.

Marsham, S., Scott, G. W., & Tobin, M. L. (2007). Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. *Food Chemistry*(100), 1331–1336.

Maupoey, F., Barat, J., Albors, A., & Andrés, G. (2016). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.

Mora, R. (2002). Requerimientos nutricionales en un individuo normal. En R. Mora, *SopORTE Nutricional especial* (Tercera ed., p. 64). Colombia: Ed. Médica Panamericana.

Navarro González, I., Periago, M., & García Alonso, F. (2017). Estimación de la ingesta diaria de compuestos fenólicos en la población española. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 320-326.

Noriega cardó, C. (2016). Algas Marinas para la alimentación de los peruanos. *Turismo y patrimonio*(10), 55-68.

Norra, I., Aminah, A., Suri, R., & Zaidi, A. (2017). Effect of drying temperature on the content of fucoxanthin, phenolic and antioxidant activity of Malaysian brown seaweed, *Sargassum* sp. *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.*, 25 – 36.

Novoa, A., Motidome, M., Mancini-Filho, J., Linares, A., Tanae, M., Torres, L., & Lapa, J. (2001). Actividad antioxidante y ácidos fenólicos del alga marina *Bryothamnion triquetrum* (S.G.Gmelin) Howe. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 37, 375-382.

Okos, M., Narsimhan, G., Singh, R., & Weitnauer, A. (1992). Food dehydration. Em E. D. R. Heldman y D. B. Lund, *Handbook of Food Engineering*. New York: Marcel Dekker.

Ortiz, J. U. (2009). Functional and nutritional value of the Chilean seaweeds *Codium fragile*, *Gracilaria chilensis* and *Macrocystis pyrifera*. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(4), 320-327. doi: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200800140>

Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C., Rios, A. (2006). Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antártica*. *Food Chemistry*, 99, 98-104.

Palasi, J. (2015). *Caracterización físico-química y nutricional de algas en polvo empleadas como ingrediente alimentario*. Valencia.

Pereira, L. (2011). A review of the nutrient composition of selected edible seaweeds. Em L. Pereira, & V. H. Pomin (Ed.), *Seaweed: Ecology, Nutrient Composition and Medicinal Uses* (pp. 15-44). New York: Nova Science Publishers, Inc.

Prieto Villapún, J. C. (1999). Proteínas. Em M. Hernández Rodríguez, & A. Sastre Gallego, *Tratado de nutrición* (pp. 101-114). Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Rajauria, G., Jaiswal, A., Abu-Ghannam, N., & Gupta, S. (2010). Effect of hydrothermal processing on colour, antioxidant and free radical scavenging capacities of edible Irish brown seaweeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 2485–2493.

Ramírez Lozano, R. (2012). Forrajes nativos. En R. Ramírez Lozano, *Alimentación del venado cola blanca: Biología y ecología nutricional* (pp. 71-74). Nuevo León: Universidad autónoma de nuevo León.

Raymond, J., & Morrow, K. (2021). Krause. Mahan. *Dietoterapia* (15th Ed.). Elsevier España.

Rohani-Ghadikolaei, K., Abdulalian, E., & Wing-Keong, N. (2012). 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*, 774-780.

Roller, D., & Blum, R. (1986). Temperatura. Em D. Roller, & R. Blum, *Física, volmen2* (pp. 617-618). Madrid: Reverte.

Romeo, M., & Gupta, A. (2011). Nutrient content in fresh water red algae (Lemaneaceae, Rhodophyta) from rivers of Manipur, north-east India. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 10(5), 2262-2271.

Sabeena Farvin, H., & Jacobsen, C. (2013). Phenolic compounds and antioxidant activities of selected species of seaweeds from Danish coast. *Food Chemistry*, 138, 1670-1681.

Santoso, Y., Yoshie, Y., & Suzuki, T. (2002). The distribution and profile of nutrients and catechins of some Indonesian seaweeds. *Fisheries Science*, 68, 1647-1648.

Silveira Rodríguez, M., Monereo Megías, S., & Molina Baena, B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima ¿Cerca o lejos? *Revista española de salud pública*, 77(3), 317-331. <https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v77n3/colabora.pdf>

Singh, P., & Heldman, D. (2009). *Introduction to food engineering*. San Diego, U.S.A, California: ELSEVIER.

Singleton, V., & Rossi, J. (1965). Colorimetry of Total Phenolic Compounds with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.

Suhaila, M., Siti, N., & Hafeedza, A. (2012). Seaweeds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy. *Trends in Food Sci Technol*, 23, 83-96.

Suherman, M., Djaeni, A., Kumoro, R., Prabowo, S., & Sufrotun, K. (2018). Comparison Drying Behavior of Seaweed in Solar, Sun and Oven Tray Dryers. *MATEC Web of Conferences*, 156.

Tabacchi B., P., & García A., F. (1994). Caracterización Bioquímica del alga *Gigartina chamissoi* (Bahía de Ancón). *Revista de Química*, VIII(1), 21-28.

Tejón Rivera, J., Blanco Gaitán, D., Agrasal Aragón, C., & Olmo López, R. (2001). Bioquímica estructural. Tébar.

Universidad Arturo Prat . (2014). *Incorporación de la Industria Alimentaria de Consumo Humano Directo como Fuente de Agregación de Valor para Las Macroalgas Nacionales*. Puerto Montt: Instituto de Ciencia y Tecnología (ICYT).

Uribe, E. V.-G. (2018). An edible red seaweed (*Pyropia orbicularis*): influence of vacuum drying on physicochemical composition, bioactive compounds, antioxidant capacity, and pigments. *J Appl Phycol*, 30, 673–683. doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1240-1>



Wijesinghe, A., & Jeon, Y.-J. (2012). Enzyme-assistant extraction (EAE) of bioactive components: A useful approach for recovery of industrially important metabolites from seaweeds: A review. *Fitoterapia*, 83, 6-12.

Wong, K., & Cheung, P. (2001). Influence of drying treatment on three Sargassum species 2. Protein extractability, in vitro protein digestibility and amino acid profile of protein concentrates. *Journal of Applied Phycology*, 51-58.

Wong, K., & Cheung, P. (2001). Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds: Part I — proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Journal of Applied Phycology*, 13, 43-50.

Xiao-Ling, L., Rong, C., & Zaryong, Y. (2003). Elementary study on the nutritional compositions of the green alga *Ulva lactuca* in the South China sea. *Journal of Hainan Normal University (Natural Science)*, 16(2), 79–83.

Yoshie-Stark, Y., Hsieh, Y., & Suzuki, T. (2003). Distribution of flavonoids and related compounds from seaweeds in Japan. *Journal of Tokyo University of Fisheries*, 89, 1-6.

ANEXOS

ANEXO N°1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO CONVECTIVO DEL ALGA *Porphyra spp* SOBRE LA COMPOSICIÓN PROTEICA Y FUNCIONAL DE LA HARINA.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿En qué medida los parámetros del secado conectivo temperatura del aire, velocidad del aire y la carga del equipo, afectan en el contenido proteico y compuestos funcionales</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar el efecto del secado convectivo del alga <i>Porphyra spp</i> sobre la composición proteica y funcional de la harina.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Si se determinan las condiciones operativas óptimas durante el secado convectivo del alga <i>Porphyra spp</i>, se obtendrá una harina con un adecuado contenido proteico y de componentes fenólicos.</p>	<p><b>Variables Independientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de aire.</li> <li>• Velocidad de aire.</li> <li>• Carga del equipo.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>1.</b></p> <p><b>Variables dependientes</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40°C y 60°C</li> <li>• 1.5 m/s y 3 m/s</li> <li>• 65.60g y 32.8g</li> </ul>	<p><b>Experimental</b> ya que se manipularán los factores causales (Temperatura del aire, velocidad del aire y carga en el equipo) durante el secado convectivo del alga para determinar su efecto sobre las propiedades funcionales</p>	<p><b>Población</b></p> <p>Se trabajará con 20 kg de <i>Porphyra spp</i> extraída por los pescadores de Pisco, empaquetado en bolsas ziploc y transportadas en un cooler.</p> <p><b>Muestra</b></p>

<p>presentes en el alga <i>Porphyra spp</i>?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál será el contenido proteico y los compuestos fenólicos del alga <i>Porphyra spp</i> en estado fresco?</li> <li>• ¿Cuáles serán las condiciones operativas para la estabilización del alga <i>Porphyra spp</i>?</li> </ul>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el contenido proteico y los compuestos fenólicos del alga <i>Porphyra spp</i> en estado fresco.</li> <li>• Establecer las condiciones operativas adecuadas para la estabilización del alga</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El alga <i>Porphyra spp</i> en estado fresco presentará un adecuado contenido proteico y fenólico.</li> <li>• El estudio de la cinética de secado del alga <i>Porphyra spp</i> permitirá definir las condiciones de conocer operativas para su estabilización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de fenoles totales</li> <li>• Contenido proteico</li> </ul>		<p>(contenido de fenoles).</p> <p><b>Aplicada</b> ya que busca solucionar una problemática determinada, permitiendo desarrollar un proceso óptimo para la obtención de harina de <i>Porphyra spp</i> para su aplicación en formulas alimenticias.</p>	<p>El muestreo será aleatorizado tomando tres muestras de 132g para cada tratamiento, para cada análisis y cada interacción.</p> <p>La presente investigación tendrá el diseño experimental de 2<sup>3</sup> donde se evaluarán dos niveles de cada factor para tener una respuesta en cuanto al</p>
--	---	--	--	--	---	--

<p>establecidas mediante la cinética del secado convectivo?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál será el contenido proteico, los compuestos fenólicos y el perfil de aminoácidos de la harina de alga <i>Porphyra spp</i>?</li> </ul>	<p><i>Porphyra spp</i> mediante el estudio de la cinética de secado convectivo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el contenido proteico, los compuestos fenólicos y el perfil de aminoácidos de la harina de alga <i>Porphyra spp</i> obtenida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La harina óptima de alga <i>Porphyra spp</i> tendrá un adecuado contenido proteico, compuestos fenólicos y perfil de aminoácidos.</li> </ul>				<p>contenido de propiedades funcionales que pueda contener la harina de <i>Porphyra spp</i>.</p>
---	---	---	--	--	--	--

## ANEXO N° 2

### Instrumento para el registro de análisis fisicoquímicos.

Tratamiento	%Humedad			Cenizas			aw			pH			Acidez		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°

Fuente: Elaboración propia.

### ANEXO N°3

#### Instrumento de recolección de datos de la determinación de fenoles totales.

Tratamiento	Fenoles		
	1°	2°	3°

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO N°4**

**NTS N° 071 - MINSA /DIGESA - V.01**

**NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERÍOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO**

XI.9 Productos hidrobiológicos deshidratados (concentrados proteicos y otros de consumo humano).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Levaduras	2	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<i>Enterobacteriaceas</i>	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia /25g	-----

Fuente: DIGESA, 2008

**ANEXO N°5**

**BASE DE DATOS**

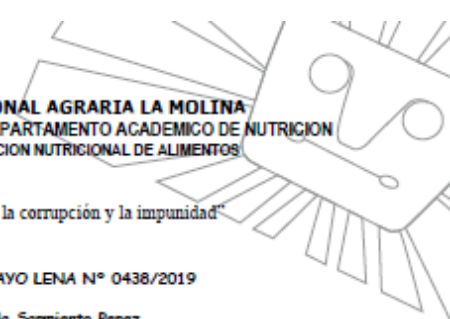
Tratamiento	Humedad (%)			Cenizas			aw			pH			Acidez (%)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>Muestra Fresca</b>	80	80	80	0.72	0.74	0.71	0.88	0.86	0.87	6.31	7.3	6.8	0.20	0.17	0.19
<b>T N°1</b>	11	14	12	5.89	5.22	5.27	0.40	0.39	0.42	6.99	7.72	7.73	0.15	0.16	0.08
<b>T N°2</b>	10	10	10	5.56	5.31	4.94	0.44	0.45	0.46	6.68	7.47	7.40	0.13	0.06	0.08
<b>T N°3</b>	15	13	13	5.59	5.18	5.38	0.46	0.50	0.50	6.97	6.43	6.43	0.12	0.11	0.11
<b>T N°4</b>	10	13	9	6.12	5.68	5.74	0.45	0.36	0.36	6.84	7.50	7.70	0.71	0.70	0.70
<b>T N°5</b>	11	12	14	5.81	5.55	5.50	0.43	0.42	0.44	7.04	7.20	7.08	0.09	0.09	0.09
<b>T N°6</b>	9	10	11	7.33	7.32	7.33	0.43	0.51	0.52	7.15	6.95	6.98	0.07	0.71	0.70
<b>T N°7</b>	14	14	12	5.72	5.38	5.37	0.45	0.41	0.42	6.72	6.74	6.87	0.89	0.89	0.89
<b>T N°8</b>	7	10	9	7.58	5.51	5.49	0.37	0.30	0.39	7.12	7.10	7.08	0.07	0.07	0.07



Tratamiento	Fenoles ( $\mu\text{g GAE/g muestra bs}$ )		
	R1	R2	R3
<b>Muestra fresca</b>	5070.778	3542.965	3387.965
<b>T N°1</b>	3266.137	3231.908	3232.423
<b>T N°2</b>	1466.415	1546.762	1498.274
<b>T N°3</b>	424.566	480.566	357.135
<b>T N°4</b>	2578.395	3470.976	3383.797
<b>T N°5</b>	1555.15	1532.019	1489.228
<b>T N°6</b>	5603.773	6144.053	5875.592
<b>T N°7</b>	234.199	289.987	105.401
<b>T N°8</b>	5859.329	5958.537	5461.456



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN  
LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

**INFORME DE ENSAYO LENA N° 0438/2019**

CLIENTE : Nereyda Fionella Sarmiento Perez  
NOMBRE DEL PRODUCTO : 17 muestras  
MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
FECHA DE RECEPCIÓN : 29-04-2019  
FECHA DE ANÁLISIS : Del 29/04/19 al 17/06/19  
CANTIDAD DE MUESTRA : Indicados en tabla  
PRESENTACION : Muestras en bolsas plásticas  
IDENTIFICACION : AQ19-0438/01-17

**Métodos utilizados:**

a- AOAC (2005), 984.13

Atentamente,

La Molina, 20 de Mayo del 2019

Dr. Carlos Gómez Bravo  
Jefe del Laboratorio de Evaluación  
Nutricional de Alimentos



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION**  
**LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS**

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0438/2019

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ19-0438/01	AQ19-0438/02	AQ19-0438/03	AQ19-0438/04	AQ19-0438/05
MUESTRA	B042	A057	B056	B054	B052
Peso (gramos)	1	11	8	7	7
a.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	14.34	12.28	14.69	14.29	14.63

CÓDIGO	AQ19-0438/06	AQ19-0438/07	AQ19-0438/08	AQ19-0438/09	AQ19-0438/10
MUESTRA	B050	B048	B046	B044	A041
Peso (gramos)	6	7	7	7	7
a.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	14.89	14.65	14.48	14.89	12.74

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe  
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION  
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0438/2019

CÓDIGO	AQ19-0438/11	AQ19-0438/12	AQ19-0438/13	AQ19-0438/14	AQ19-0438/15
MUESTRA	A053	A051	A049	A047	A045
Peso (gramos)	7	7	7	7	7
α.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	14.69	15.15	14.45	14.39	14.70

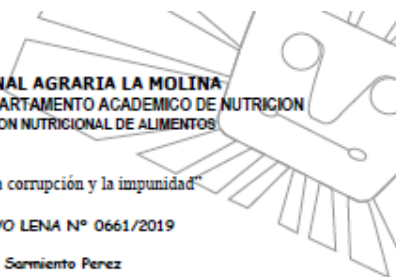
CÓDIGO	AQ19-0438/16	AQ19-0438/17
MUESTRA	A043	A055
Peso (gramos)	7	6
α.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	13.34	14.54

---

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe  
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN  
LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0661/2019

CLIENTE : Nereyda Fionella Sarmiento Perez  
NOMBRE DEL PRODUCTO : 01 muestra de alga  
(Denominación responsabilidad del cliente)  
MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
FECHA DE RECEPCIÓN : 28-06-2019  
FECHA DE ANÁLISIS : Del 28/06/19 al 03/07/19  
CANTIDAD DE MUESTRA : 8 gramos  
PRESENTACION : Muestra en bolsa plástica  
IDENTIFICACION : AQ19-0661

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

CODIGO	AQ19-0661
MUESTRA	ALGA
a.- PROTEÍNA TOTAL (N x 6.25), %	25.73

Métodos utilizados:

a.- AOAC (2005), 984.13

Atentamente,

La Molina, 03 de Julio del 2019

Dr. Carlos Gómez Bravo  
Jefe del Laboratorio de Evaluación  
Nutricional de Alimentos



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCTOS NATURALES

Informe de resultados

**Solicitante:** Nereyda Fiorella Sarmiento Perez  
**Muestra:** 1 muestra de Porphyra spp.  
deshidratada y pulverizada.  
**Análisis:** Perfil de aminoácidos por cromatografía HPLC.  
**Fecha de entrega de Resultados:** 20 agosto 2019

---

**RESULTADOS**

En las páginas 2 a 4 del presente informe.

Atentamente,

-----  
**Dra. Rosario Rojas Durán**

Unidad de Investigación en Productos  
Naturales LID-Laboratorio 209

e-mail:

[rosario.rojas@upch.pe](mailto:rosario.rojas@upch.pe)

página web: [www.uipn-  
upch.pe](http://www.uipn-upch.pe)

Teléfono: 51-1-3190000 Anexo 233227

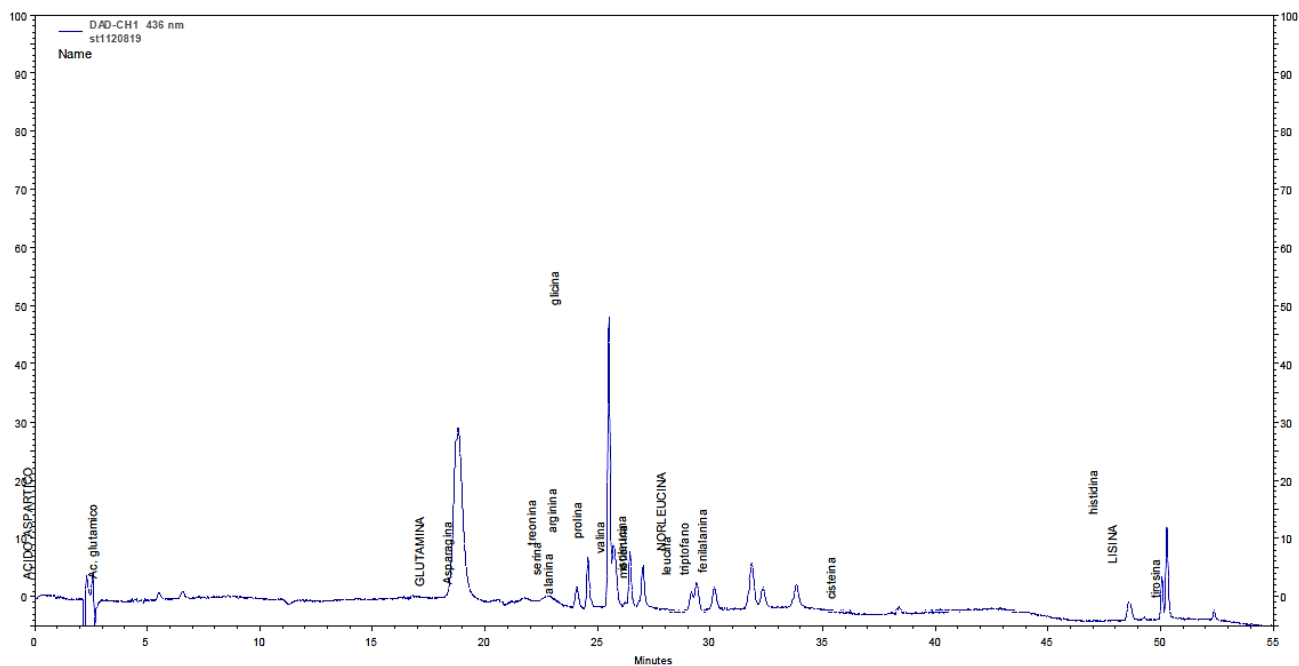
Av. Honorio Delgado 430, Lima 31 / Apartado Postal  
4314 Central Telefónica: (511) 319-0000 2402 Secretaria  
Académica de Facultad de Ciencias y Filosofía Alberto  
Cazorla Talleri

## RESULTADOS

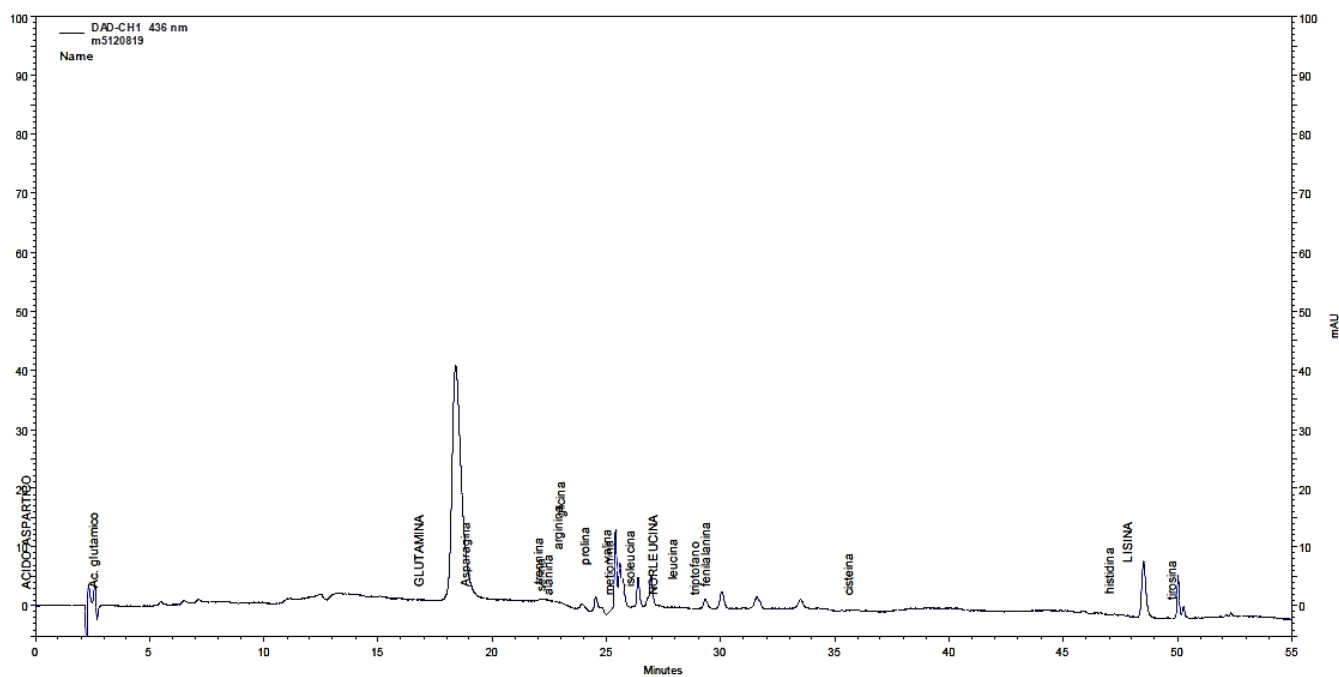
<b>AMINOÁCIDO</b>	<b><i>Porphyra</i> spp. deshidratada y pulverizada (mg/g muestra)</b>
Ácido aspártico	13.10 ± 0.88
Ácido glutámico	7.71 ± 0.07
Glutamina	n.d.
Serina	3.48 ± 0.15
Treonina	9.67 ± 0.70
Arginina	61.87 ± 2.25
Glicina	2.13 ± 0.02
Alanina	46.06 ± 2.88
Prolina	5.03 ± 0.09
Valina	9.35 ± 0.00
Asparagina	0.36 ± 0.00
Metionina	1.37 ± 0.06
Isoleucina	10.28 ± 0.46
Leucina	5.77 ± 0.58
Triptofano	3.52 ± 0.01
Fenilalanina	6.97 ± 0.04
Cisteina	1.24 ± 0.05
Lisina	19.62 ± 1.44
Histidina	6.35 ± 0.27
Tirosina	19.14 ± 0.90

n.d.: no determinado

## Cromatograma HPLC de Estándares de 20 aminoácidos



## Cromatograma HPLC de la muestra de "Porphyra spp deshidratada y pulverizada"





**Referencia del Método de Análisis:**

- Tsugita A, Scheffler JJ. A rapid method for acid hydrolysis of protein with a mixture of trifluoroacetic acid and hydrochloric acid. *Eur. J. Biochem.* 1982, 124, 585-588.
- Torres JC, Vargas M, Acereto P. Estandarización de una metodología para la determinación de aminoácidos por HPLC en concentrados proteicos. *Memorias Congreso Internacional de Química Industrial, México, 2009. Pág. 104.*

**ANEXO N°6**  
**EVIDENCIAS**

**FIGURA 3: Recepción de la materia prima**



Fuente: Propia.

**FIGURA 4: Determinación de humedad en balanza de humedad**



Fuente: Propia.

**FIGURA 5: Medidor de actividad de agua (aw)**



Fuente: Propia.

**FIGURA 6: Pesado de placa luego de humedad en mufla.**



Fuente: Propia.

**FIGURA 8: Pesado de materia prima.**



Fuente: Propia.

**FIGURA 7: Alimentación del secador convectivo.**



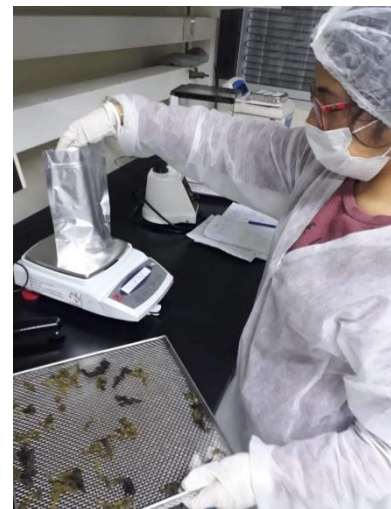
Fuente: Propia.

**FIGURA 9: Pesado del producto seco**



Fuente: Propia.

**FIGURA 10: Envasado de producto seco**



Fuente: Propia.

**FIGURA 12: Diluciones de extracto de Porphyra spp.**



Fuente: Propia

**FIGURA 11: Calibración de pipeta**



Fuente: Propia.

**FIGURA 13: Inoculación de las diluciones en tubos de ensayo**



Fuente: Propia.

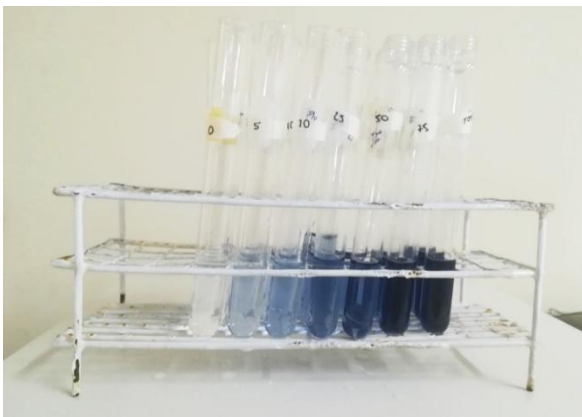
**FIGURA 14: Adición de reactivos**



Fuente: Propia.



**FIGURA 15: Muestras después de incubación análisis de Fenoles**



Fuente: Propia.

**FIGURA 16: Molienda de alga seca**



Fuente: Propia.

**FIGURA 18: Pesado de muestra para análisis microbiológico.**



Fuente: Propia.

**FIGURA 17: Siembra de muestra en placa.**



Fuente: Propia.