

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“LA DESHIDRATACIÓN DE LA MACROALGA YUYO (*Chondracanthus chamissoi*) Y SU EFECTO EN LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA HARINA”

AUTOR: José Ramón Cáceres Paredes

DOCENTE COLABORADOR

ESTUDIANTES DE APOYO

(PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 01 de marzo de 2020 al 28 de febrero de 2021.)

(Resolución de aprobación N° 267-2020-R)

Callao, 2021

Handwritten signature or mark.

DEDICATORIA:

A mi familia por el tiempo que deje de brindarle, para dedicarme
a mis actividad académica y administrativa en la
Universidad Nacional del Callao.

A small, handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name, possibly "Gloria".

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la salud y fortaleza necesaria en estos momentos difíciles de pandemia.

Al Laboratorio de Procesos Industriales de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en la persona del Ing. Erick Álvarez Yanamango, por el apoyo incondicional en el desarrollo de las diferentes pruebas experimentales que motivaron la presente investigación y que inicialmente se planificaron desarrollar en el Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustrias (IIEA) de la UNAC, pero debido a la situación especial de aislamiento social de pandemia por el COVID 19 no permitió movilizarme hasta dichas instalaciones en el Callao.

A la responsabilidad personal para desarrollar la presente investigación, que ratifico en mi la necesidad e importancia de asumir retos y desarrollar acciones para superarlas.

A small, handwritten signature in blue ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be the name of the author.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE.....	1
TABLAS DE CONTENIDO.....	3
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.1 Descripción de la realidad problemática	8
1.2 Formulación del problema	9
1.3 Objetivos	10
1.4 Limitantes de la investigación.....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Antecedentes.....	11
2.2 Marco.....	13
2.2.1 Teórico.....	13
2.2.2 Conceptual.....	16
2.3 Definición de términos básicos.....	17
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	20
3.1 Hipótesis.....	20
3.2 Definición conceptual de las variables.....	20
3.3 Operacionalización de las variables.....	21
CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	22
4.1 Tipo y diseño de la investigación.....	22
4.2 Método de investigación.....	22
4.3 Población y muestra.....	23
4.4 Lugar del estudio y período desarrollado.....	24



4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	24
4.6 Análisis y procedimientos de datos.....	25
CAPÍTULO V: RESULTADOS	26
5.1 Resultados descriptivos	26
5.2 Resultados inferenciales	30
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	33
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados. ..	33
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	33
6.3 Responsabilidad ética.....	35
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS.....	42
Matriz de consistencia.....	42

TABLAS DE CONTENIDO

Relación de tablas:	Pág.
1. Tabla 1 : Composición proximal del alga "yuyo"	13
2. Tabla 2 : Concentración de Aminoácidos en alga seca	14
3. Tabla 3 : Composición proximal del alga	15
4. Tabla 4 : Acide titulable de alga Chondracanthus chamissoi	26
5. Tabla 5 : pH de alga Chondracanthus chamissoi	27
6. Tabla 6 : Humedad de alga Chondracanthus chamissoi	27
7. Tabla 7 : Contenido de cenizas de Chondracanthus chamissoi	27
8. Tabla 8 : Contenido de proteínas en alga Chondracanthus chamissoi deshidratada a 40 °C y 60 °C	29
9. Tabla 9 : Contenido de fenoles totales en macroalga Chondracanthus chamissoi deshidratada	30



Relación de figuras:	Pág.
1. Figura 1 : Punto crítico en la curva de secado	18
2. Figura 2 : Plántula de “yuyo” Chondracanthus chamissoi	23
3. Figura 3 : Curva de secado de alga Chondracanthus chamissoi a 40 °C	28
4. Figura 4 : Curva de secado de alga Chondracanthus chamissoi a 60 °C	28
5. Figura 5 : Curva comparativa de secado de alga Chondracanthus chamissoi a 40 °C y 60 °C	29
6. Figura 6 : Curva comparativa de la Relación de Humedad (X_i/X_o) de alga Chondracanthus chamissoi a 40 °C y 60 °C.	32



Relación de anexos	Pág.
1. Anexo A : Matriz de consistencia	42
2. Anexo B : Informe de ensayo: Determinación de proteínas en Chondracanthus chamissoi	44
3. Anexo C : Data: Valores de disminución de peso a 40 °C y 60 °C	45
4. Anexo D : Curva comparativa de la cinética de secas a 40 y 60 °C	45
5. Anexo E : Data: Valores de Relación de Humedad (X_i/X_o) a 40 °C y 60 °C	46
6. Anexo F : Curva comparativa de Relación de Humedad (X_i/X_o) a 40 °C y 60 °C	46
7. Anexo G : Macroalga Chondracanthus chamissoi fresca	47
8. Anexo H : Macroalga Chondracanthus chamissoi deshidratada	47
9. Anexo I : Secador experimental de aire convectivo	48



RESUMEN

Se deshidrató la macroalga *Chondracanthus chamissoi* en un secador convectivo experimental a temperaturas de 40 °C y 60 °C a velocidad de aire de 2 m/s, con una carga de 90 g y 150 g respectivamente. El objetivo fue determinar el efecto de la temperatura de secado en la cinética, contenido proteico y de fenoles totales. La cinética de secado mostró que no existió diferencia entre los tratamientos de las muestras y la pendiente de secado a la misma temperatura fue similar, con una mayor pendiente, en las muestras tratadas a 60 °C, respecto a la de 40 °C. El contenido proteico del alga deshidratada a 40 y 60 °C fue de 17,70% y 18,20% respectivamente. Los contenidos de fenoles totales fueron de 1,243.926 y 1,359.066 µg GAE/g de muestra seca del alga tratada a 60 °C y 40 °C respectivamente.

Palabras clave: *Chondracanthus chamissoi*, cinética de secado, contenido de proteínas, contenido de fenoles.

ABSTRACT

Chondracanthus chamissoi macroalgae was dehydrated in an experimental convective dryer at 40 and 60 degree Celsius, air speed of 2 m/s with a load of 90 and 150 g respectively. The objective was determined the effects of the drying temperature in the kinetics, protein content and total phenols.

The drying kinetics showed that there wasn't difference between the samples treatments and the drying slope at the same temperature was similar, with a greater slope in the sample treated at 60 degrees, compared to 40 degrees. Celsius. The protein content of the dehydrated algae at 40 and 60 degrees Celsius was 17,70 % and 18,20% respectively.

The contents of total phenols were 1,243.926 and 1,359.066 µg GAE/g of dry material to 60 °C and 40 °C, respectively.

Keywords: *Chondracanthus chamissoi*, drying kinetics, protein content, phenol content.



INTRODUCCIÓN

El Perú es un país privilegiado, pues todo el perfil occidental de su territorio esta bañado por las aguas del Mar de Grau (Océano Pacífico) que tiene como características su gran productividad y diversidad biológica de algas y entre ellas la denominada “yuyo” o “mococho” que solo se utiliza en la alimentación como un ingrediente del ceviche y algunas sopas o guisos.

Las algas son ricas en fibra, proteínas, minerales, vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos poliinsaturados, con bajo valor calórico (Suhaila. M., 2012)

En el caso específico del “yuyo”, es una excelente fuente de nutrientes, y que podrían ayudar a mitigar algunos problemas de salud y nutrición vinculados al déficit proteico.

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).

Las algas como el “cochayuyo” deberían ser suministradas a las poblaciones vulnerables o que presenten un déficit nutricional en su ingesta diaria de alimentos, como un componente de los alimentos industrializados de consumo masivo. Sin embargo, para ello es necesario garantizar la estabilidad de este recurso.

Desde el punto de vista alimenticio, el aporte energético de las algas está dado por los carbohidratos y proteínas, pues el contenido de lípidos es mínimo y no supera el 1,3%. Esta característica fortalece a los otros factores nutricionales, haciendo que las algas sean un alimento ideal para las de control de peso (Ortiz, 2011).

El “yuyo”, se utiliza en el mercado interno por su contenido en carrageninas y se exporta a los países asiáticos para su consumo directo. La especie *Chondracanthus chamissoi* habita en la zona intermareal y submareal, es una especie que tiene resistencia por la forma de fijación que tiene al sustrato, la planta



presenta flexibilidad y firmeza. Las fases gametofíticas y tetrasporofíticas están presente al mismo tiempo (Riofrio Vargas, 2003).

La biodisponibilidad del yuyo en el Perú proporciona el sustento necesario para desarrollar la presente investigación que permitirá obtener información respecto a las características nutricionales de la macroalga “yuyo” en estado deshidratado y de su conversión en harina, para ser utilizada en la alimentación humana, directa o indirectamente.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La información bibliográfica existente indica que el *Chondracanthus chamissoi* es una importante fuente de proteínas, aminoácidos, y de sales para el desarrollo industrial de alimentos enriquecidos con hierro, calcio y otros.

Por ello en el presente trabajo se pretende observar si el proceso de deshidratación del “yuyo” afecta dicha composición y con ello su posterior utilización en la elaboración de productos más elaborados.

Las algas marinas tienen un contenido importante en sales minerales, destacándose entre ellos los micronutrientes: Sodio, potasio, fósforo, magnesio entre otros que son de singular importancia para el normal funcionamiento del organismo (Vidal, 2015)

Para que las algas sean suministradas como alimento a las poblaciones vulnerables, como parte de su ingesta diaria, es necesario que sean estabilizadas. El secado o deshidratación, es una de las técnicas existentes para estabilizar los componentes nutricionales de un alimento.

El deshidratado o secado es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de los alimentos. Es un proceso copiado de la naturaleza, al que nosotros hemos mejorado ciertas características de la operación. Mas frutas son preservadas por secado que por cualquier otro método de preservación de alimentos (Desrosier, 2004).



El secado convectivo con aire caliente es una de las técnicas que más se utiliza industrialmente debido a los bajos costes; por otro lado, los procesos de deshidratación permiten eliminar el contenido de agua del alimento, reduciendo la disponibilidad de dicho componente y obteniendo como resultado una mejor conservación microbiológica y un retardo en otras reacciones indeseables; pero paralelamente, puede ocasionar la destrucción de nutrientes y la presencia de reacciones enzimáticas y no enzimáticas no deseables (Ibarz, 2005).

1.2 Formulación del problema

Por lo indicado, es necesario evaluar las condiciones del secado de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) para determinar la conservación de dichas características o atributos en el indicado recurso seco, con la finalidad de ser aplicados posteriormente en la fortificación o complementación de alimentos. Lo indicado nos permite formular el siguiente problema de investigación:

Problema general:

¿En qué medida la deshidratación de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) por aire caliente influirá en su contenido proteico y funcional?

A partir del problema general indicado, podemos desagregar algunos problemas específicos.

Problemas específicos

- a. ¿La deshidratación de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) por aire caliente permitirá conocer su cinética de secado a dichas condiciones?
- b. ¿La deshidratación de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) por aire caliente afectará en el contenido proteico del alga deshidratada obtenida?
- c. ¿La deshidratación de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) por aire caliente afectará en el contenido funcional del alga deshidratada obtenida en comparación con otras variedades de alga?



1.3 Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto del deshidratado de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) por aire caliente en su contenido proteico y funcional.

Objetivos Específicos

- a. Determinar la cinética de secado de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratada por flujo aire caliente.
- b. Evaluar si la deshidratación de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) por flujo de aire caliente afecta en el contenido proteico del producto deshidratado.
- c. Evaluar si la deshidratación de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) por flujo de aire caliente afecta en el contenido funcional del producto deshidratado.

1.4 Limitantes de la investigación

El sector beneficiado con los resultados de la presente investigación serán las asociaciones de pescadores artesanales y sus familias que actualmente laboran como recolectores de la macroalga, pues tendrán la información necesaria para mejorar la calidad de sus productos, o implementar micro o pequeñas empresas con la finalidad de procesar el “yuyo” y comercializarlo como producto ya elaborado con los controles que requiere la calidad física, química y nutricional de los mismos, en beneficio de los consumidores y de ellos mismos.

Así mismo, los resultados e información obtenida están a disposición del sector académico, profesional y técnico dedicado a estudiar los procesos de deshidratado.

Pese a las bondades indicadas, el estudio de la determinación la influencia del deshidratado del “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) con aire caliente en un deshidratador estático en las características nutricionales de su harina, tiene como limitantes:



- a) **Teóricos**, pues tecnológicamente nos ha permitido solo obtener y evaluar las curvas de deshidratación de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) y en cuanto a condiciones nutricionales solo se evaluó las proteínas y no el perfil de aminoácidos y fenoles totales en un deshidratador de flujo convectivo, sin poder compararlo con los posibles efectos de otro tipo de deshidratador.
- b) **Temporal**, pues el estudio se realizó en un periodo corto. el cual se vio influenciado por la limitación en el traslado de recursos y de ejecución de pruebas experimentales, pero nos permitió alcanzar los objetivos fundamentales del estudio.
- c) **Espacial**, El estudio se realizó solo utilizando la macroalga “yuyo” procedente de la Región del Callao, no pudiéndose comparar si existe resultados diferentes con algas procedentes de otras zonas geográficas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1. Internacionales:

El alga marrón *Himanthalia elongata* deshidratada a temperaturas de 25, 30, 35 y 40 °C con una velocidad del aire de $2,0 \pm 0,1$ m/s a periodos de 8 y 24 horas presento una reducción del 29% de contenido de fenoles totales (TPC) y 30% de flavonoides totales (TFC), con respecto al alga fresca, cuando la temperatura de secado fue de 40°C. Sin embargo, observaron un incremento del 41,0% del TPC, cuando el alga se secó hasta un contenido de humedad del 50%, concluyendo que el alga semi seca tiene mayor contenido de nutrientes que la misma al estado fresco (Gupta, 2011).

En la evaluación del alga roja *Porphyra columbina*, secada al medio ambiente a temperaturas de 22 – 25 °C reportó un contenido de fibra total de 48.02 ± 1.13 g/100 g peso seco, el contenido de proteínas 24.61 ± 0.21 g/100 g peso seco; el aminoácido limitante fue el triptófano con un contenido de 57%, el porcentaje de la proteína digestible fue de $74.33 \pm 3.0\%$. El contenido de minerales fue alto, con una buena relación de Na/K



La mayor propiedad antioxidante se obtuvo con el método de extracción acetona/agua (Cian, 2014)

La evaluación de cinco algas verdes (*Caulerpa racemosa*, *Codium tomentosum*, *Caulerpa sertularioides*, *Ulva lactuca* and *Ulva reticulata*) deshidratadas a 37°C en horno convectivo, del perfil de aminoácidos por cromatografía de intercambio iónico y el contenido total de fenoles (TPC) por Folin-Ciocalteu, detecto 16 tipos diferentes de aminoácidos de los cuales al ácido glutámico y el ácido aspártico fueron los más abundantes. El mayor contenido de fenoles se fenoles del 32,6% se observó en *Caulerpa sertularioides* y el menor de 13,2% fue en *Caulerpa racemosa* (Komalavalli, 2015)

La influencia de de dos diferentes tipos de secado:convectivo y liofilización, en la composición proximal, perfil de aminoácidos se evaluaron en tres especies de algas marrones: *Sargassum hemiphyllum*, *S. henslowianum* y *S. patens*. Las algas se secaron en horno a 60°C por 15 horas y otro grupo se congeló a – 70°C y se liofilizaron por 5 días. El perfil de aminoácidos en las algas secadas en horno fue inferior a las algas liofilizadas. En el contenido de aminoácidos de una misma variedad de alga y los diferentes tipos de secado no presentaron diferencia significativa (Wong, 2001)

2.1.2. Nacionales:

La empresa Acuisur de Perú desarrolla el proceso de extracción del “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) de praderas naturales al que se ha complementado en los últimos años con cultivos de repoblamiento, trabajando con asociaciones de pescadores artesanales, y viene desarrollando un proyecto de aplicación de estas técnicas con los pescadores de Paracas. (Vidal, 2015).

El contenido de compuestos fenólicos totales de la macroalga *Chondracanthus chamissoi* reportadas por (Córdova Inga, 2018) fueron de



2,16 ± 0,19 mg AG/100 g de producto y 7,40 ± 0,14 mg AG/100 g de producto para el alga cruda y cocida respectivamente.

Estudio desarrollado por (Melo Saco, 2019) determino que el contenido fenoles totales de las algas: *Codium* sp, *Ulva* sp, *Ahnfeltia* sp, *Gracilariopsis* sp, *Lessonia* sp y *Macrocystis* sp, fueron de: 153,28 ± 0,94; 160,64 ± 1,37; 150,83 ± 1,75; 122,08 ± 0,32; 114,28 ± 0,63; 78,28 ± 0,94 mg AGE/100 g de muestra.

2.2 Marco

2.2.1 Teórico

En la tabla 1 se observa la composición química del “yuyo” y se constituye en un recurso que proporciona una importante fuente de proteínas. Así mismo, en la tabla 2 se observa que es una potencial fuente de aminoácidos, (Ortiz, 2011).

Tabla 1
Composición proximal de alga “Yuyo”

Componente	Cantidad (%)
Proteínas (N*6,25)	10,6 ± 0,0
Lípidos	0,5 ± 0,1
Cenizas	12,5 ± 0,6
ENN	76,4 ± 0.5
Calorías (Kcal/100 g)	352,5

Fuente: Ortiz, 2011.

Las algas marinas pueden tener innumerables aplicaciones industriales, pero son poco utilizadas como fuente de nutrientes de alta y elevada calidad (Miranda, 2015).

Las algas deberían de ser valoradas como una fuente alternativa de proteínas, cuyo contenido varía de una especie a otra. Las algas pardas suelen ser las de menor contenido proteico por peso seco (3-15%) mientras



que las algas verdes y rojas contienen entre 10 y 47% por peso seco (Lordan, 2011).

Uno de los factores determinantes en la calidad de las proteínas es la proporción relativa y la biodisponibilidad de aminoácidos esenciales y no esenciales (FAO., 2007).

En la tabla 2 se muestra la concentración de aminoácidos en mg/100 de alga seca.

Tabla 2
Concentración de aminoácidos (mg/100 g de alga seca)

Aminoácido	<i>Chondracanthus chamissoi</i>
Ac. Aspártico	872.7 ± 7.5
Ac. Glutámico	1232.6 ± 11.3
Serina	508.6 ± 6.1
Histidina	878.9 ± 9.0
Glicina	258.5 ± 5.6
Treonina	298.7 ± 3.8
Arginina	388.8 ± 4.3
Alanina	522.7 ± 6.5
Prolina	0.4 ± 0.0
Tirosina	208.6 ± 2.9
Valina	542.1 ± 7.6
Metionina	1071.0 ± 9.9
Cistina	5.0 ± 0.8
Isoleucina	409.9 ± 7.5
Leucina	706.7 ± 9.1
Fenilalanina	438.6 ± 6.4
Lisina	593.9 ± 8.2
Total aminoácidos esenciales	4944.8 ± 62.3

Fuente: Ortiz, 2011

En la tabla 3 se presenta la composición proximal de las algas chilenas comestibles en donde se visualiza que el “yuyo” -también denominado “chicoria de mar”- *Chondracanthus chamissoi* además de proteínas es una fuente importante de sodio, calcio, hierro y magnesio.

Tabla 3
Composición proximal de algas (mg/100 g de alga seca)

Componente	Condracanthus chamissoi (chicoria)	Callophyllis variegata (carola)	Durvillaea antarctica (cochayuyo)	Pyropia sp. (Luche)
Humedad (g)	15.6	16.8	20.6	17.4
Cenizas (g)	24.7	18.0	16.2	7.7
Proteinase (g)	12.6	20.2	6.6	27.6
Grasa (g)	0.1	0.1	0.1	0.1
Fibra dietetica total (g)	46.9	41.1	50.8	47.1
Hidratos de carbono disponibles (g)	0.1	3.8	5.7	0.1
Energía (Kcal)	52.0	97.0	50.0	112.0
Sodio (mg)	6243.0	4576.0	4690.0	1106.0
Calcio (mg)	362.0	504.0	850.0	219.0
Hierro (mg)	34.0	28.0	2.3	11.0
Zinc (mg)	1.7	1.1	< 0.01	0.5
Magnesio (mg)	818.0	840.0	857.0	417.0
Fósforo (mg)	8.3	< 0.1	130.0	362.0
Vitamina A (mg)	0.2	0.4	0.3	2.0
Vitamina C (mg)	< 0.1	< 0.1	< 0.2	0.6
Vitamina E (mg)	1.9	2	0.2	1.4

Fuente: Universidad Arturo Pratt

El deshidratado de alimentos

La deshidratación de alimentos consiste en eliminar toda el agua disponible de un alimento con la finalidad de controlar las fuerzas biológicas, pues reduciendo el contenido de agua libre aumentando con ello las presiones osmóticas (Desrosier N. , 2004)

La deshidratación, es la operación básica por la que el agua que contiene un sólido o una disolución -concentrada- se transfiere a la fase fluida que lo rodea debido a los gradientes de actividad de agua (A_w) entre ambas fases (Maupoey, 2016).

La velocidad de secado en el periodo a velocidad decreciente, depende del gradiente de contenido de agua en el alimento. El movimiento interno de la humedad es el resultado de numerosos mecanismos; entre ellos, la difusión del líquido, el flujo capilar, el flujo debido a la concentración y gradiente de presión (Nguyen & Price, 2007)

Las técnicas de secado más estudiadas y utilizadas en algas son el secado solar, el secado convectivo y la liofilización (Chan, Cheung, & Ang, 1997)

El secado solar se realiza en dos o tres días, dependiendo de las condiciones climáticas; pero este método ocasiona que el alga se contamine con la suciedad del medio exterior (Suherman M. D., 2018)

La manera más simple de secar algas marinas es extenderlas sobre una red, lona u hojas de coco en el suelo. Sin embargo, de esta manera, sólo las algas expuestas al sol se secarán eficientemente y la porción restante permanece húmeda (FAO, 1990).´



2.2.2 Conceptual

La deshidratación tiene como objetivo conservar la calidad de los alimentos mediante la disminución del contenido de humedad lo que evita la contaminación microbiológica de los productos durante el almacenamiento y alarga su tiempo de vida útil (Aguilar J. , 2012).

Los secadores directos o convectivos, se caracterizan por utilizar gases calientes que entran en contacto directo con el sólido húmedo al que transmiten calor por convección -fundamentalmente- y que arrastran fuera del secador los vapores producidos. Los gases calientes pueden ser: aire calentado por vapor de agua, productos de la combustión, gases inertes, vapor recalentado, o aire calentado por radiación solar (Maupoey, 2016).

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

Dentro de los compuestos funcionales 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).

En las algas se pueden encontrar compuestos fenólicos simples (ácidos fenólicos simples); así como otros más complejos, como florotaninos. Estos compuestos se encuentran en las algas marrones; su actividad antioxidante es similar al de la vitamina E. (Ibáñez E., 2017) .

Comparativamente, el contenido de los compuestos fenólicos entre especies de algas, las algas pardas tienen concentraciones más altas de polifenoles que las algas rojas y verdes (Wijensinghe, 2012).

Los principales compuestos fenólicos extraídos de las algas han sido el ácido gálico, el ácido protocatecuico y el ácido gentísico. En algunas especies de algas rojas y pardas únicamente se encuentran estos ácidos fenólicos. En otras especies de algas pardas se han encontrado también el ácido clorogénico, vanílico y cafeico, entre otros (Sabeena Farvin, 2013)

Otros compuestos fenólicos encontrados en algas verdes, rojas y pardas, han sido las catequinas, flavonoles y flavonoles glicósidos (Santoso, 2002) (Yoshie-Stark, 2003)

Los requisitos mínimos para la alimentación humana (VRN) en cuanto a proteínas es del 50 g por 100 g (FAO, 1985).

No existe un valor recomendado de consumo de fenoles, pero se indica que la ingesta diaria de fenoles en la población española es de 1365,100 (Navarro González, 2017).



2.3 Definición de términos básicos

- a) **La deshidratación.** - Es el proceso que comprende la eliminación de agua disponible de un alimento, mediante el tratamiento del producto por calor artificial o aire previamente calentado con la finalidad de controlar las fuerzas biológicas y retardar la acción de microorganismos. La reducción en el contenido de humedad -del producto- previene el crecimiento de

microorganismos y disminuye o minimizan las demás reacciones que lo deterioran (Desrosier N. , 2004)

b) La cinética de secado. - Es el proceso mediante el cual se relaciona la variación del contenido de agua de un producto en función con el tiempo. Existen diversos factores que influyen en este proceso: La humedad del aire, el contenido de agua del material a deshidratar, la velocidad del aire de secado (Velásquez, 2007).

La cinética de secado muestra la variación de la humedad del material en función 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, 2007)

c) Punto Crítico de secado.- Es el punto, dela gráfica de secado, donde termina la recta del periodo de velocidad constante y se inicia el periodo a velocidad decreciente (Cuvetino, 2004).

En la figura 1, se muestra la ubicación del punto crítico en una curva de secado.

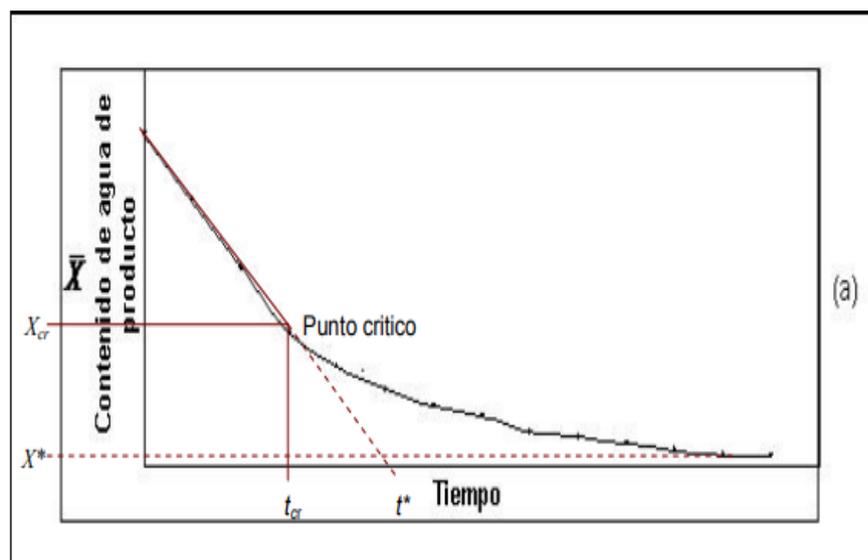


Figura 1. Punto crítico en la curva de secado.

Fuente: Velásquez, 2007.

d) Secado convectivo. – Proceso de transmisión de calor 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, 2016)

e) Secador Convectivo. - Es el equipo de deshidratado que se caracteriza por utilizar gases calientes que entran en contacto directo con el sólido húmedo al que transmiten calor fundamentalmente y que arrastran fuera del equipo los vapores producidos.

Los gases calientes pueden ser:

- a. Aire caliente por vapor de agua.
- b. Productos de combustión.
- c. Gases inertes.
- d. Vapor recalentado.
- e. Aire calentado por radiación solar.

En éste tipo de secadores el consumo de combustible es mayor cuanto más bajo es el contenido de agua residual del producto final (Maupoey, 2016).

f) Contenido funcional.- El contenido funcional es un grupo importante de metabolitos secundarios que presentan actividad antioxidante, entre otras funciones biológicas. (Ibáñez, 2017).

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 J., 2006).

g) Perfil de aminoácidos. - 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).



CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Hipótesis General

Si se deshidrata a la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) con aire caliente a una temperatura de 40°C y 60°C y a velocidad del aire de 2 m/s se obtendrá un producto deshidratado con un contenido proteico y funcional similar a su estado fresco y a otras algas

Hipótesis específicas

- a. Si se deshidrata a la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) a temperatura de 40 °C y 60°C velocidad del aire de 2 m/s esta afectará directamente en el modelamiento de su curva de deshidratado.
- b. Si se deshidrata a la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) a temperatura de 40 °C y 60°C y a velocidad del aire de 2 m/s se obtendrá un producto deshidratado con un contenido proteico similar a su estado fresco.
- c. Si se deshidrata a la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) a temperatura de 40 °C y 60°C y a velocidad de 2 m/s se obtendrá un producto deshidratado con un contenido funcional similar a otras algas.

3.2 Definición conceptual de las variables

VARIABLES INDEPENDIENTES	La temperatura de secado y la velocidad del flujo de aire.
VARIABLES DEPENDIENTES	La curva de deshidratado, el contenido proteico y contenido funcional.

Temperatura de secado:

El indicador es la temperatura es 40 °C y 60°C.

Se refiere a la intensidad de energía térmica suministrada por al aire al sistema (Roller & Blum, 1986)



Velocidad de flujo de aire:

El indicador de la velocidad es 2 m/s.

La curva de deshidratación, es la representación gráfica de la relación entre el contenido de humedad o pérdida de peso de un alimento en función con el tiempo, a una determinada temperatura (García, 2007).

El contenido proteico: Resume los gramos de proteínas que contienen 100 gramos de un alimento.

El contenido funcional: El contenido funcional es un grupo importante de metabolitos secundarios que presentan actividad antioxidante, entre otras funciones biológicas. (Ibáñez, 2017).

3.3 Operacionalización de las variables

3.3.1 Definición operacional de las variables

INDICADOR	TIPO	INSTRUMENTO	INDICADOR	ESCALA
a. Variable independiente * Temperatura	Cuantitativo	Sensor de temperatura	Disminución de contenido de agua	40°C 60°C
* Velocidad de flujo de aire	Cuantitativo	Anemómetro	Variación de tiempo de secado	2 m/s
b. Variable dependiente * Curva de deshidratado	Cuantitativo	Gráfica de secado	Pendiente de la curva de secado	Ecuación
* Contenido proteico	Cuantitativo	Análisis proximal	Porcentaje de proteína	Porcentaje
* Contenido funcional	Cuantitativo	Análisis proximal	Contenido de fenoles totales	µg GAE/g Muestra bs.

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación

El presente estudio de acuerdo a lo indicado por Campbell y Stanley es una investigación aplicada. Explicativa, cuantitativa y experimental (Campbell, 1995).

- Aplicada, porque tiene como propósito resolver un problema de naturaleza práctica y porque aplicara sus resultados.
- Explicativa, porque además de medir cuantitativamente las variables, pretende estudiar las relaciones existentes entre ellas.
- Cuantitativa, porque su estudio realiza la cuantificación del problema, y
- Experimental, porque estudia observaciones dirigidas y resultados provocados, manipulados, pero no totalmente controlados.

4.2 Método de investigación

En el presente trabajo se utilizará el método inductivo, pues se inicia con un estudio individual de los hechos y concluye con la formulación de conclusiones generales que se indican como leyes o principios específicos para la muestra utilizada como centro del estudio y bajo las condiciones experimentales utilizadas.

El deshidratado de la macroalga se realizó en un secador convectivo de bandejas a escala piloto. El control la pérdida de peso, se realizó cada cinco minutos durante los primeros 30 minutos, posteriormente dicho rango se amplió a 10 minutos, pues la perdida de agua era cada vez menor.

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

- | | |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a. Humedad y cenizas | : Método AOAC 942.05 |
| b. Determinación del pH | : Método AOAC 10.035, 1995, |
| c. Acidez titulable | : Método AOAC 942.15, 1998 |
| d. Contenido proteico | : Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria la Molina. |
| e. Componentes fenólicos | : Método de Singleton & Rossi (1965).  |

4.3 Población y muestra

La Población.- La población de estudio lo constituyen veinte (20) Kg de macroalga fresca, empacadas en bolsas de 02 kg cada una.

La macroalga “yuyo” o “mococho” pertenece a la especie *Chondracanthus chamissoi*.

La clasificación taxonómica o filogenética del alga es:

División	: Rhodophyta
Clase	: Florideophyceae
Orden	: Gigartinales
Familia	: Gigartinaceae
Género	: Chondracanthus
Especie	: Chondracanthus chamissoi (C.Agardh) Kützing.
Nombre común	: “mococho”, “yuyo”.

La figura 2 muestra una plántula de “yuyo” que puede alcanzar una talla de hasta 60 cm.



Figura 2: Plántula de yuyo (*Chondracanthus chamissoi*)

Fuente: IMARPE

La muestra:

Se tomó aleatoriamente tres muestras de 150 y 90 gramos cada una y se deshidrataron. Luego se evaluó el contenido proteico y funcional.

Las muestras de macroalga fresca fueron envasadas al vacío y almacenadas en congelación para evitar su deterioro. El producto deshidratado fue envasado en bolsas ziploc, hasta su análisis.

4.4 Lugar del estudio

Las pruebas experimentales, inicialmente estuvieron programadas para ser desarrolladas en el Instituto de Investigación de especialización en Agroindustria (IIEA) de la UNAC y en el Laboratorio de Investigación de Tecnología de Procesos Industriales de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP); sin embargo, debido a problema de inmovilidad social por el COVID 19 solo se desarrollaron en el Laboratorio de Investigación de Tecnología y Procesos Agroindustriales de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

El periodo de desarrollo de las pruebas fue entre el mes de junio a noviembre de 2020.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

a. Materiales

- Alga fresca *Chondracanthus chamissoi*.
- Vaso de precipitado
- Micro pipetas de 100, 1000 y 5000 μ l.
- Pipetas de 10 ml.
- Pipeta Pasteur 5 ml.
- Bureta de 50 ml.
- Probeta de 50 y 100ml.
- Pizetas.
- Tubos de ensayo.
- Matraces de 125, 250 y 500 ml.
- Fiolas de 10, 100 y 250 ml.



b. Reactivos

- Methanol 99% JT Baker, U.S.A
- Ácido gálico (anhidro), Merck, Alemania
- Folin Ciocalteu (0.2 N), Merck, Alemania
- Na₂CO₃ (7.5%).
- NaOH 0.1 y 0.01N
- ABTS™ Chromophore, Diammonium Salt, Merck, Alemania
- Fenolftaleína.

c. Equipos

- Espectrofotómetro UV/vis.
- Ultra congeladora.
- Potenciómetro.
- Termómetro.
- Centrifuga.
- Secador de bandejas.
- Micro pipetas de 100, 1000 y 5000 µl.
- Baño maría.
- Autoclave.

4.6 Análisis y procesamiento de datos

a. Determinación de las condiciones operativas

Las muestras de la macroalga fresca que se utilizó para las pruebas experimentales, estuvieron empacadas en bolsas ziploc y congeladas. El material fue descongelado y sometido a lavado con agua desionizada, luego de escurrirlas para eliminar el exceso de humedad, fueron fraccionadas para obtenerlo de un tamaño pequeño y estándar.

Las muestras de la macroalga, previamente pesadas, se acondicionaron en las bandejas y colocadas en el secador experimental. El pesado se realizó inicialmente cada 5 minutos y después de 30 minutos el control de peso fue cada 10 minutos hasta que peso se mantenga constante. 

El producto seco se envaso en bolsas de aluminio trilaminado y se conservaron en desecadores hasta el momento de su análisis.

Los métodos para determinar la humedad y ceniza fue el de la AOAC 942.05, 2000; para determinar el pH fue el AOAC 10.035, 2995; para la acidez titulable fue el AOAC 942.15, 1998 y para los compuestos fenólicos, se empleó el método de Singleton & Rossi (1965).

b. Análisis y procesamiento de datos

La evaluación estadística, de acuerdo a lo que establece Levin, R. y Montgomery, D. será utilizando un análisis de varianza ANOVA, con $\alpha=0,05$.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

5.1.1 De las Características físico químicas del alga deshidratada

En la tabla 4 se muestra se muestra la acidez titulable del alga deshidratada a 40 y 60 °C.

Tabla 4
Acidez titulable del alga Chondracanthus chamissoi

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

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se presenta los valores de pH de la macroalga deshidratada a 40 y 60°C.



Tabla 5
pH del alga Chondracanthus chamissoi deshidratada

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

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se presenta la humedad de la macroalga deshidratada a 60°C y 40°C

Tabla 6
Humedad del alga Chondracanthus chamissoi deshidratada

Temperatura (°C)	Humedad (%)	Humedad Promedio
60	7.25	6.97 ± 0.28 %
	6.70	
	6.95	
40	10.06	10.14 ± 0.08 %
	10.22	
	10.14	
	10.14	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se presenta el porcentaje de ceniza de la macroalga deshidratada a 60°C y 40°C

Tabla 7
Contenido de ceniza del alga Chondracanthus chamissoi deshidratada

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

Fuente: Elaboración propia



5.1.2 De la Cinética de deshidratado de la macroalga

Las corridas de las pruebas experimentales, teniendo como variables independientes temperatura de secado ($^{\circ}\text{C}$) en dos niveles 40 y 60 $^{\circ}\text{C}$, la velocidad del aire de secado se mantuvo constante a 2 m/s.

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

Como resultado de la primera variable respuesta se obtuvo la cinética de secado de la macroalga *Chondracanthus chamissoi*, las cuales se muestran en las figuras 3 y 4.

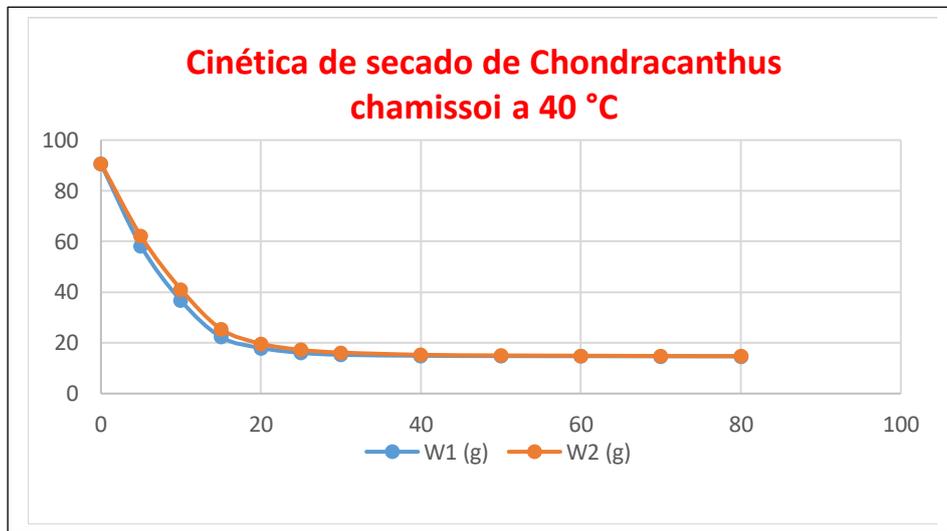


Figura 3: Curva de secado de alga *Chondracanthus chamissoi* a 40 $^{\circ}\text{C}$
Fuente; Elaboración propia

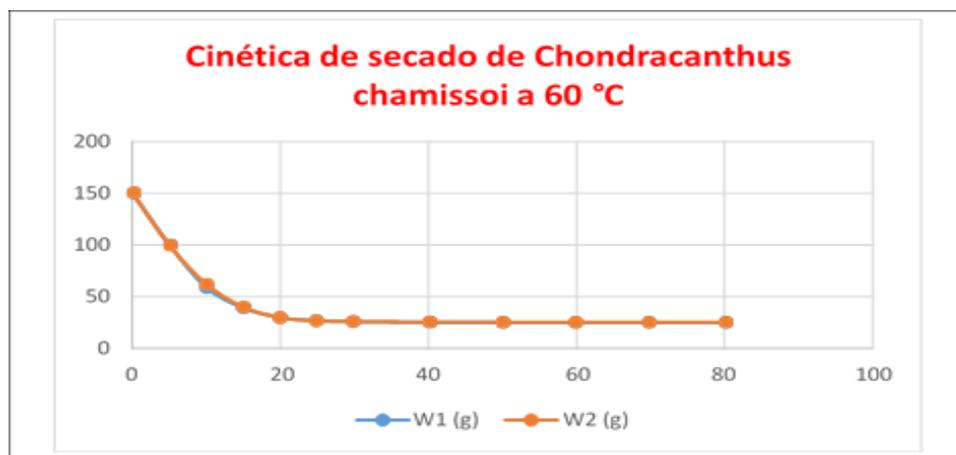


Figura 4: Curva de secado de alga *Chondracanthus chamissoi* a 60 $^{\circ}\text{C}$
Fuente; Elaboración propia

En la figura 5, se muestra comparativamente las curvas de deshidratado de la macroalga a temperatura de 40°C y 60°C.

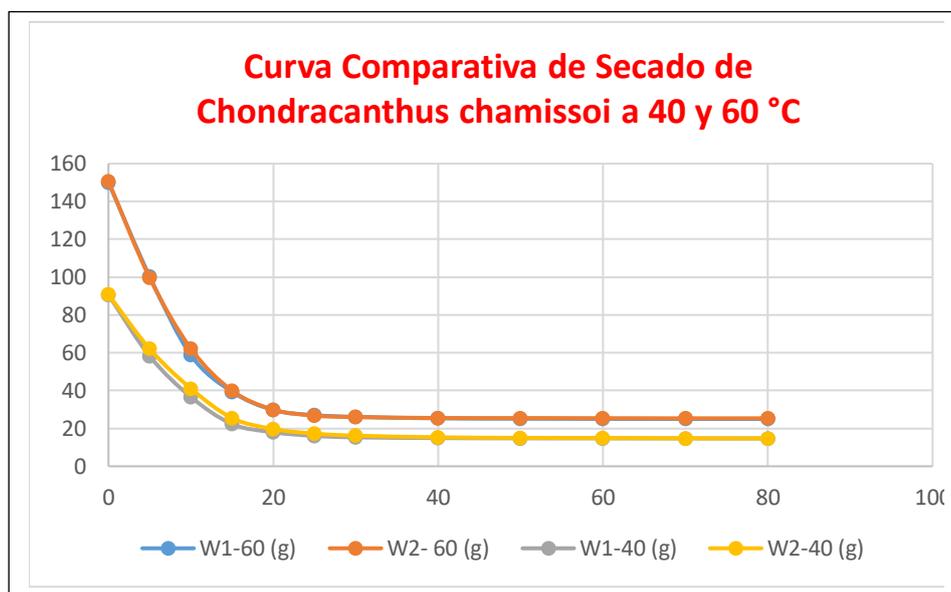


Figura 5: Curva comparativa de secado de alga *Chondracanthus chamissoi* a 40°C y 60°C.
Fuente; Elaboración propia

5.1.3 Del contenido proteico de la macroalga deshidratado

En la tabla 8 se presenta el porcentaje de proteína total en la *Chondracanthus chamissoi* deshidratada a 40°C y 60°C. Las pruebas fueron realizadas en el Laboratorio Nutricional de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria de La Molina, tal como se indica en el Informe de Ensayo LENA N° 1016/2020 que se indica en el anexo B.

Tabla 8
Contenido de proteínas del alga Chondracanthus chamissoi deshidratada a 40°C y 60°C

Temperatura (°C)	Proteína Total (N x 6,25) %
40	17,70
60	18,20

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Del contenido funcional de la macroalga deshidratado

Se realizaron los análisis funcionales de la macroalga deshidratada a 40°C y 60°C, y los resultados obtenidos del contenido de fenoles totales, se muestran en la tabla 9.

Tabla 9
Contenido de fenoles totales en macroalga deshidratada

TEMP. (°C)	MUESTRA	FENOLES (µg GAE/g db)	FENOLES (µg GAE/g db) X ± DE						
60	R1	1,266.78	1263.579	±	3.45	µg GAE/g(muestra) DM	1243.925	15.21	
		1,259.93							
		1,264.02							
	R2	1,235.32	1231.762	±	4.07				
		1,227.32							
		1,232.65							
	R3°	1,240.00	1236.434	±	3.37				
		1,233.31							
		1,235.99							
40	R1	1,371.02	1371.502	±	1.02				
		1,372.67							
		1,370.81							
	R2	1,353.07	1354.460	±	1.51				
		1,356.07							
		1,354.23							
	R3°	1,348.24	1352.236	±	2,56				
		1,353.31							
		1,352.16							

Fuente: Elaboración propia

5.2 Resultados inferenciales

5.2.1 De las Características físico químicas del alga deshidratada

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

Sin embargo, se puede indicar que la acidez titulable es inversamente proporcional a la temperatura de secado

Similar comportamiento se observa en las lecturas del pH cuyos valores en las muestras deshidratadas a 40 y 60 °C se encuentran cercanas a la neutralidad, con valores de 6,93 y 7,34 respectivamente. Lo cual es coherente con los valores de acidez encontrados, pues a mayor acidez el pH de la muestra disminuye.

Los resultados del porcentaje de humedad de las muestras muestran una relación directa entre la temperatura de deshidratado y el porcentaje de pérdida de agua, en el mismo periodo de tiempo. Lo indicado, se refleja en la humedad residual final de la macroalga deshidratada, donde se observa que a mayor temperatura de proceso de secado, la humedad residual es menor; así para temperaturas de 60 °C y 40 °C la humedad del producto seco es de 6,97 y 10,14%.

Los porcentajes de ceniza de la macroalga deshidratada complementa lo observado con los resultados de humedad, pues a mayor temperatura de secado, mayor cantidad de agua se elimina; por lo tanto, existirá mayor cantidad de cenizas. El contenido de ceniza de la macroalga deshidratada a 60 °C y 40 °C fue de 20,69 y 19,31 % respectivamente.

5.2.2 De la Cinética de deshidratado de la macroalga



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

Cuando se comparan las curvas de secado, de las muestras procesadas a 40 y 60 °C, se observa el mismo comportamiento en las figuras 3 y 4

Lo indicado, es concordante con la gráfica de la figura 6 que muestra la relación de humedad entre la relación (X_i/X_o).

El cálculo de la relación de humedad (X_i/X_o) es un factor que permite medir el proceso de secado de un determinado producto a una determinada temperatura, y se obtiene del cociente entre la humedad del producto en un momento determinado (X_i) y su humedad inicial (X_o). En dicha gráfica se

observa que la tendencia entre el deshidratado de la macroalga a 40 °C y 60 °C son similares y tienen una tendencia negativa de -0,0070, -0,0065 y -0,0066 que se muestran en el anexo F.

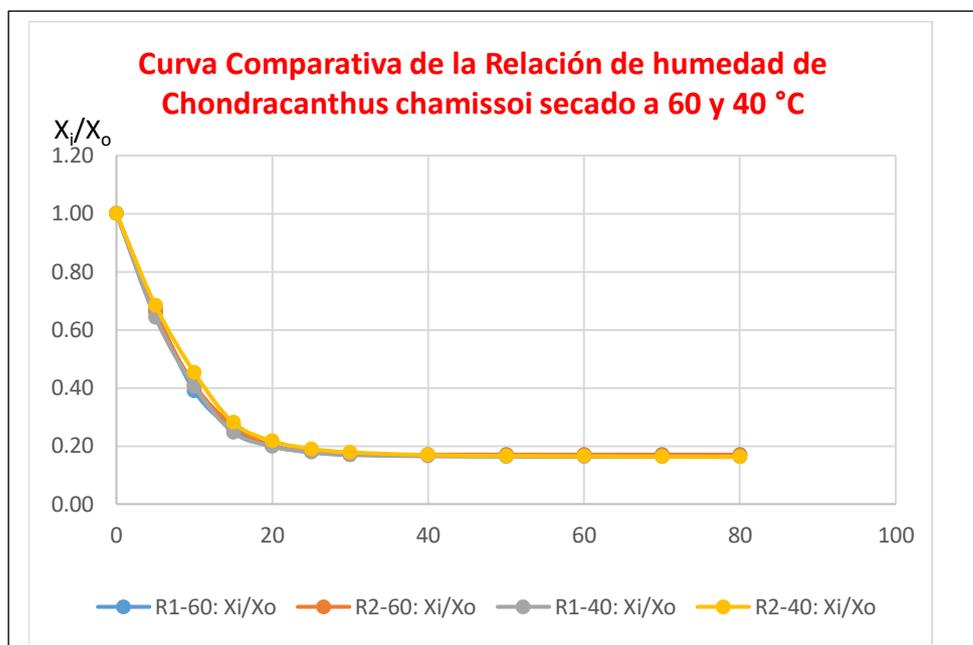


Figura 6: Curva comparativa de la Relación de Humedad de secado de alga *Chondracanthus chamissoi* deshidratada a 40°C y 60°C.

Fuente; Elaboración propia

5.2.3 Del contenido proteico de la macroalga deshidratado

Los resultados de análisis en el contenido proteico de la macroalga *Chondracanthus chamissoi* deshidratada muestra que a la mayor temperatura de proceso de secado, en el mismo periodo de tiempo, el contenido de proteína fue mayor; por tanto, existe una relación inversa entre el contenido proteico y la temperatura de deshidratado, tal se muestra en la tabla 8.

En nuestro se obtuvieron los siguientes datos: a 40 °C el contenido proteico fue de 17,70 % y a 60 °C fue de 18,20%.

5.2.4 Del contenido funcional de la macroalga deshidratado

El contenido funcional de *Chondracanthus chamissoi* deshidratado, medido como fenoles totales, muestra que a mayor temperatura el contenido de fenoles totales es menor. Así tenemos, en la tabla 9 se muestra que para una

temperatura de deshidratado de 40 °C y 60 °C, el contenido de fenoles totales fue de 1 359,066 µg GAE/g y 1 243,925 µg GAE/g de muestra seca.

Por ende, se podría indicar que existe una relación inversa entre la temperatura de deshidratado y el contenido de fenoles totales.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados

La Hipótesis específica 1 establece que la temperatura de deshidratado influye directamente en el modelamiento de las curvas de secado de la macroalga *Chondracanthus chamissoi* se observa que las pendientes en los tratamientos a 40 °C muestran una pendiente negativa de -0,596 y -0,635; en tanto, que para los tratamientos a 60 °C la pendientes negativas son de -0,991 y -0,997; es decir entre los tratamientos a la misma temperatura no se observa una diferencia significativa entre un tratamiento y otro. Pero los tratamientos a las dos temperaturas diferentes si se observa que la pendiente a 60 °C es más pronunciada que en un 38%. Tal como se muestra en el anexo 4.

Sin embargo, la relación de humedad (X_i/X_o) muestra la misma pendiente en las muestras tratadas a 40 y 60 °C , tal como se muestra en el anexo 6.

El contenido proteico de la macroalga deshidratada fue de 17,70% Cuando fue sometida a una temperatura de secado de 40 °C y de 18,20% cuando la temperatura fue de 60 °C, tal como se muestra en la tabla 8.

Por otro lado el contenido de proteínas de la macroalga al estado fresco es de 10,6 %.

En este caso el contenido proteico de la macroalga *Chondracanthus chamissoi* al estado deshidratado no se mantuvo con un contenido similar al estado fresco; sin embargo, esta aseveración no se podría generalizar pues lo ideal hubiera sido evaluar el contenido proteico de la misma macroalga que posteriormente fue deshidratada. Sin embargo, si podremos realizar una comparación entre el contenido proteico de *Chondracanthus chamissoi* deshidratada con el contenido proteico de otras macroalgas.



El contenido promedio de fenoles totales en la macroalga *Chondracanthus chamissoi* deshidratada a 60 °C fue de 1 243,925 µg GAE/g de muestra seca,

en tanto que cuando se deshidrato a una temperatura de 40 °C el contenido fue de 1 358,066 µg GAE/g de muestra seca.

No se pudo realizar la evaluación de la macroalga al estado fresco debido a problemas de inmovilidad,

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

La cinética de secado a 40 y 60°C de las pruebas desarrolladas muestran una relación directa entre temperatura y la velocidad de deshidratado, que se manifiesta con la eliminación de agua en el producto, lo cual es concordante con lo que manifiesta (García, 2007) quién indica que la cinética de secado depende de la temperatura, la humedad entre otros factores.

Lo observado es importante resaltar pues, manteniendo la velocidad de aire de secado constante a 2 m/s, normalmente los autores indican que a mayor temperatura existe mayor pérdida de los constituyentes nutricionales –entre ellos la proteína- del producto; sin embargo, las pruebas realizadas muestran que a mayor temperatura (60°C) se obtuvo una harina deshidratada con un mayor contenido de proteína (18.20 %), aunque la carga (peso de alga deshidratada) fue 2/5 mayor; en comparación con la muestra tratada a 40 °C que obtuvo un contenido de proteínas de 17.70 % pero con una carga 2/5 menor. Sin embargo, no podríamos generalizar este resultado, aún, hasta poder realizar mayor número de pruebas y controlando otras variables como la carga.

El indicado contenido de proteínas indicado es superior al porcentaje reportado para *Condracanthus chamissoi* de 12,6% reportado por (Universidad Arturo Prat, 2014).

Así mismo, si lo comparamos con el porcentaje de proteínas reportado por las algas: *C. fragile* de 10,8%; *G. chilensis* de 13,7% y *M. pyrifera* de 13,2%, reportado por (Ortiz J., 2006) .

Una explicación a lo indicado se puede deber a la diferencia que existe en las composiciones que presentan las algas verdes y rojas que es reportado por (Cian, 2014), (Xiao-Ling. L., 2003)



Chondracanthus chamissoi deshidrata a 40 y 60 °C reportó una humedad final de $10,14 \pm 0,08$ % y $6,97 \pm 0,28$ %, respectivamente, que inferior al 15,6% reportado por (Universidad Arturo Prat, 2014); por lo tanto, se presume que nuestro producto sería más estable. Del mismo modo, el contenido de cenizas obtenido, a las mismas temperaturas fue de 21 y 19 % que es inferior al 24,7 reportado por la (Universidad Arturo Prat, 2014).

El contenido de fenoles totales, promedio a 40 °C de 1 358,066 µg GAE/g y a 60 °C de 1 243,925 µg GAE/g es totalmente diferente y mucho mayor a los contenidos de fenoles totales de las variedades *Undaria sp* de 15,50 mg AG/g harina, *Porphyra sp* 1,15 mg AG/g harina y *Ulva sp* de 3.19 mg AG/g harina reportadas por (Nagai, 2018)

Lo cual es concordante con autores que indican que las algas rojas y verdes tienen menores niveles de compuestos fenólicos que las algas pardas (Kumar, 2015).

Los fenoles totales de *Chondracanthus chamissoi* obtenidos son mayores que *Macrocystis pyrifera* de 96,46 mg AG/100 gramos de alga seca pero menor que los 198,57 y 273,68 mg AG/100 gramos de alga seca reportados por (Ortiz, 2011) para *Durvillaea antarctica* (cochayuyo) y *Durvillaea antarctica* (Halte).

6-3 Responsabilidad ética

El presente estudio se ha desarrollado en cumplimiento a la reglamentación y acuerdos implícitos y explícitos existentes que regulan a las sociedades, en general, y a las organizaciones académicas, en específico.

Pero lo más importante, es nuestra personal forma de actuar lo cual nos identifica con los valores que como ciudadanos, docentes universitarios y profesionales debemos de tener etiquetados y es lo que nos identifica con nosotros mismos y con la sociedad a la pertenecemos.

El trabajo de investigación desarrollado ha sido de manera voluntaria, utilizando los recursos tangibles e intangibles que se disponía, cuidando la data obtenida considerando que se ha manipulado recursos naturales a ser utilizados para la alimentación humana.

La Organización de las Naciones Unidas para los alimentos y la Agricultura (FAO), indica que actualmente alrededor de 781 millones de personas en el mundo sufren de desnutrición o de malnutrición crónica, ello significará que ¿no podemos evitar que miles de ellos mueran de hambre, o es que en realidad no queremos evitarlo?



Los países, y organizaciones nacionales e internacionales y las personas que las conformamos podemos producir suficiente alimento, en el mundo, para que nadie sufra de este flagelo que nosotros mismos ocasionamos, para ello debemos concientizarnos en que los alimentos son bienes generales y comunes para todos sin distinción de raza, sexo, nacionalidad, credo ni condición social.

Por lo indicado, nuestra responsabilidad ética es precisamente, buscar nuevas alternativas a las que ya tenemos para diseñar, elaborar y enseñar a elaborar a la población alimentos utilizando los propios recursos naturales que cada región o país dispone. Por ello, mi responsabilidad y nuestra responsabilidad ética es enmarcar nuestras actividades, dentro de los valores que eviten sigamos deshumanizándonos.



CONCLUSIONES

1. La pendiente de curva de secado a:

a. La ecuación de secado 40 °C, en promedio, es: $y = -0,6155x + 49,05$

b. La ecuación de secado 60 °C, en promedio, es: $y = -0,0045x + 80,21$

c. La ecuación de la relación de humedad (X_i/X_o) para 40 °C y 60 °C es:

$$y = -0,00675x + 0,5368$$

2. El contenido de proteínas a:

a. 40 °C : 17,70 %

b. 60 °C : 18,20

3. El contenido de fenoles a:

a. 40 °C: 1358,066 μg GAE/g.

b. 60 °C: 1243,925 μg GAE/g.

4- Como resultados complementarios el alga deshidratada de *Chondracanthus chamissoi* a 40 y 60 °C, se obtuvieron valores, respectivamente, para el porcentaje de ácidos titulables de 0,490 y 0,441; para pH de 6,93 y 7,34; para humedad $10,14 \pm 0,08$ y $6,97 \pm 0,28$ y para las cenizas de $19,0 \pm 0,00\%$ y $21,0 \pm 0,00\%$.

RECOMENDACIONES

Debido a las condiciones excepcionales no normales en que se trabajó se recomienda:

1. Realizar los análisis de proteínas y contenido de fenoles de la macroalga al estado fresco para compararlo con los correspondientes análisis después de deshidratado y verificar los cambios que ocasiona el proceso en dichos componentes.
2. Realizar estudios de determinación de contenido de hierro, yodo, sodio potasio etc.
3. Desarrollar pruebas experimentales con las algas deshidratadas para determinar su utilización en la preparación de alimentos preparados dirigidos a una determinada población de consumidores.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, J. (2012). *Métodos de conservación de alimentos* (1era Edic. ed.). España: Eugenia Buendía López. Ed. Red Tercer Milenio.
2. Campbell, D. S. (1995). *Diseños Experimentales y Cuasi Experimentales en la Investigación Social*. Buenos Aires. Argentina: Amarrotu, editores. ISBN: 950-518-042-X.
3. 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.
4. Cian, R. F., Fajardo, M., Alai, M., Vioque, J., Gonales, 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.
5. Córdova Inga, D. (2018). *Contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antimicrobial in vitro en extractos hidroalcohólicos de Chondracanthus chamissoi*. Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo.
6. Cuvelino, V. (2004). *Comportamiento de secado de pulpa de Murta (Ugni molinae Turcz) y estimación del consumo energético en la deshidratación de una lámina de fruta*. Valdivia, Chile.: Universidad Austral de Chile.
7. Desrosier, N. W. (2004). *Conservación de Alimentos*. México: Compañía Editorial Continental. Trigésima reimpresión.
8. FAO. (1985). *Directrices sobre el etiquetado nutricional*. Recuperado el 25 de enero de 2020, de <http://www.fao.org/ag/humannutrition/33311-065a023f960ba72b7291fb0bc07f36a3a.pdf>
9. FAO. (1990). *Handbook on Eucheuma Seaweed SUva*. Ministry of Primary Industries, Fisheries Division and FAO .
10. FAO. (2007). *Evaluación de la situación de la seguridad alimentaria mundial*. CFS-2007/2, Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Roma: FAO.
11. García, S. Schamalcko, M., & Tanariello, A. (2007). Isotermas de adsorción y cinética de secado de ciertas hortalizas y aromáticas cultivadas en misiones. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*, 36(1), 115-129. Recuperado el 29 de Noviembre de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/864/86436107.pdf> 

12. Gupta, S. y Abu-Ghannam, N.(2011). recent development in the application of seaweeds seaweed extracts as a mens for enhancing the safety and quality attributes of foods. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.*, 12, 600-609.
13. IBAÑEZ, E., & HERRERO, M. (2017). *Las algas que comemos*. Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
14. Ibarz, A., & Barbosa-Cánovas, G. (2005). *Operaciones Unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid, España: Mundi- Prensa.
15. IMARPE. (2013). Instituto del mar del Perú. Lima.
16. 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*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2018, de <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/>
17. INTA. (16 de Marzo de 2018). *Universidad de Chile*. Recuperado el 21 de Octubre de 2018, de <https://inta.cl/uFAQs/que-son-los-compuestos-fenolicos/>
18. Komalavalli, 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.
19. Kumar, S. S. (2015). Assessment of nutritional value in a brown seaweed *Sargassum wightii* and their seasonal variations. *Algal Research*(9), 117-125.
20. Lordan, S. Ross, P. & Stanton, C. (2011). Marine bioactives as functional food ingredients potencial to reduce the incidence of chronic disease. *Mar drugs*, 9, 1056-1100.
21. Maupoey, F. B. (2016). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. España: Universitat Politècnica de València. Recuperado el 29 de noviembre de 2018, de https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true 
22. Melo Saco, M. (2019). *Marcha fitoquímica, contenido de fenoles totales y propiedades antioxidantes, anti-elastasa y anti colagenasa de extractos*

etanólicos de macroalgas del litoral peruano. Lima: Universidad Nacional Agraria de La Molina.

23. Miranda, A. Ta. (2015). Lipid production in association of filamentous fungi with genetically modified cyanobacterial cells. *Biotechnology for biofuels*, 8(1), 179.
24. Mora, R. (2002). Requerimientos nutricionales en un individuo normal. En R. Mora, *Soporte Nutricional Especial* (pág. 64). Colombia: Medica Panamericana. Recuperado el 29 de noviembre de 2018, de https://books.google.com.pe/books?id=9xcMDqeWCAMC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
25. Nagai, N. (2018). *Estudio de harinas de algas marinas comestibles y su incorporación en productos cárnicos*. Buenos Aires, Argentina: Centro de Investigaciones y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) Universidad Nacional de La Plata .
26. Navarro González, I. P. (2017). Estimación de la ingesta diaria de compuestos fenólicos en la población española. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 320-326.
27. Nguyen, M., & Price, W. (2007). *Air-drying of banana: Influence of experimental parameters, slab thickness, banana maturity and harvesting season*.
28. Okos, M. N. (1992). Food dehydration. En E. D. R. Heldman y D. B. Lund, *Handbook of Food Engineering*. New York: Marcel Dekker.
29. Ortiz J., R. N.-H. (2006). Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chemistry*(99), 98-104.
30. Ortiz, J. (2011). *Composición nutricional y funcional de algas Rodofíceas Chilenas*. Santiago de Chile: Laboratorio de Química y Análisis de Alimentos, Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile.
31. Riofrio Vargas, O. (2003). *Efecto de la variabilidad térmica sobre la biología vegetativa y reproductiva de Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kützinger (rhodophyta) en la Bahía de Ancón, Perú*. Lima, Perú.: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
32. Roller, D., & Blum, R. (1986). Temperatura. En D. Roller, & R. Blum, *Física* (Vol. 2, págs. 617-618). Madrid: Reverte.
33. Sabeena Farvin, H. &. (2013). Phenolic compounds and antioxidant activities of selected species of seaweeds from Danish Coast. *Food Chemistry*(138), 1670 - 1681.



34. Santoso, Y. Y. (2002). The distribution and profile of nutrients and catechins of some Indonesian seaweeds. *Fisheries Science*(68), 1647-1648.
35. Suhaila. M., S. &. (2012). Seawweds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy. *Trends in Food Sci Technology*, 23, 83-96.
36. Suherman, M. D. (2018). Comparision drying behavoir of seaweed in solar sun and oven tray dryers. . *MATEC Web of Conferences*, (pag 156).
37. Universidad Arturo Prat. (2014). *Incorporación de la industria alimentaria de consumo humano directo como fuente de agregación de valor para las macroalgas nacionales*. FIP-2014-37. Puerto Montt: Instituto de Ciencia y Tecnología (ICYT).
38. Velásquez, V. d. (2007). *Estandarización del proceso de secado de carragenina en la empresa Esxtractos Naturales Gelymar S.A*. Valdivia. Chile: Universidad Austral de Chile.
39. Vidal, L. y. (2015). *Chicorea de mar (Chondracanthus chamissoi): Situación y perspectivas*. Arica- Chile: Centro de Investigaciones del Hombre en el Desierto (CIHDE). Programa de Innova Chile de CORFO.
40. Wijensinghe, A. &. (2012). Enzime-assistant extraction (EAE) of bioactive components: A useful approach for recovery of industrially important metabolites from seaweeds. *Fitoterapia*, 6-12.
41. Wong, K. &. (2001). Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds : Part 1 proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Journal of Applied Phycology*(13), 43 - 50.
42. Xiao-Ling. L., R. C. (2003). Elementary study on the nutritional compositions of the green alga *Ulva lactuca* in the South Cina Sea. *Journal of Hainan Normal University (Nature Science)*, 16(2), 79-83.
43. Yoshie-Stark, Y. H. (2003). Distribution of flavonoides and related compounds from seaweeds in Japan. *Journal of Tokyo University of Fisheries*(89), 1-6.



ANEXOS

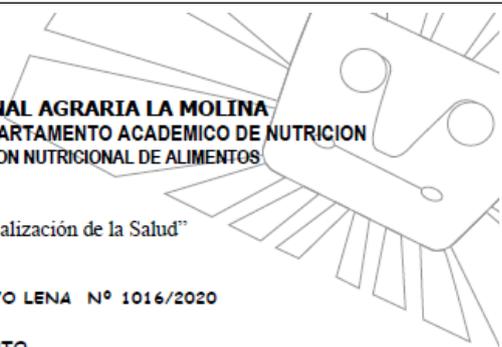
Anexo A. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología	Población
<p>Problema general:</p> <p>¿En qué medida la deshidratación de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) por aire caliente influirá en su contenido proteico y funcional?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar el efecto del deshidratado de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) por aire caliente en su contenido proteico y funcional.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Si se deshidrata a la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) con aire caliente a una temperatura de 40°C y 60°C y a velocidad del aire de 2 m/s se obtendrá un producto deshidratado con un contenido proteico y funcional similar a su estado fresco y a otras algas</p>	<p>Tipo</p> <p>La investigación es:</p> <p>a.- Aplicada, porque tiene como propósito resolver un problema de naturaleza práctica aplicando sus resultados.</p>	<p>Población. -</p> <p>La población de estudio lo constituyen veinte (20) Kg de macroalga fresca, empacadas en bolsas de 02 kg cada una.</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>a. ¿La deshidratación de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) por aire caliente permitirá conocer su cinética de secado a dichas condiciones?</p> <p>b. ¿La deshidratación de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) por aire caliente afectará en el contenido proteico del alga deshidratada harina obtenida?</p> <p>c. ¿La deshidratación de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) por aire caliente afectará en el</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>a. Determinar la cinética de secado de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) deshidratada por flujo aire caliente.</p> <p>b. Evaluar si la deshidratación de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) por flujo de aire caliente afecta en el contenido proteico del producto deshidratado.</p> <p>c. Evaluar si la deshidratación de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) por</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a. Si se deshidrata a la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) a temperatura de 40 °C y 60°C velocidad del aire de 2 m/s esta afectará directamente en el modelamiento de su curva de deshidratado.</p> <p>b. Si se deshidrata a la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) a temperatura de 40 °C y 60°C y a velocidad del aire de 2 m/s se obtendrá un producto deshidratado con un contenido proteico similar a su estado fresco.</p> <p>c. Si se deshidrata a la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) a temperatura de 40 °C y</p>	<p>Método:</p> <p>Experimental,</p>	<p>Muestra.</p> <p>De cada batch de dos kilos de macroalga que se deshidratara, se tomó de manera aleatoria dos muestras de 150 y 90 gramos.</p> 

<p>contenido funcional del alga deshidratada obtenida en comparación con otras variedades de alga?</p>	<p>flujo de aire caliente afecta en el contenido funcional del producto deshidratado.</p>	<p>60°C y a velocidad de 2 m/s se obtendrá un producto deshidratado con un contenido funcional similar a otras algas.</p>		
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--



Anexo B. Informe de ensayo: Determinación de proteínas en macroalga (Chondracanthus chamissoi) deshidratada

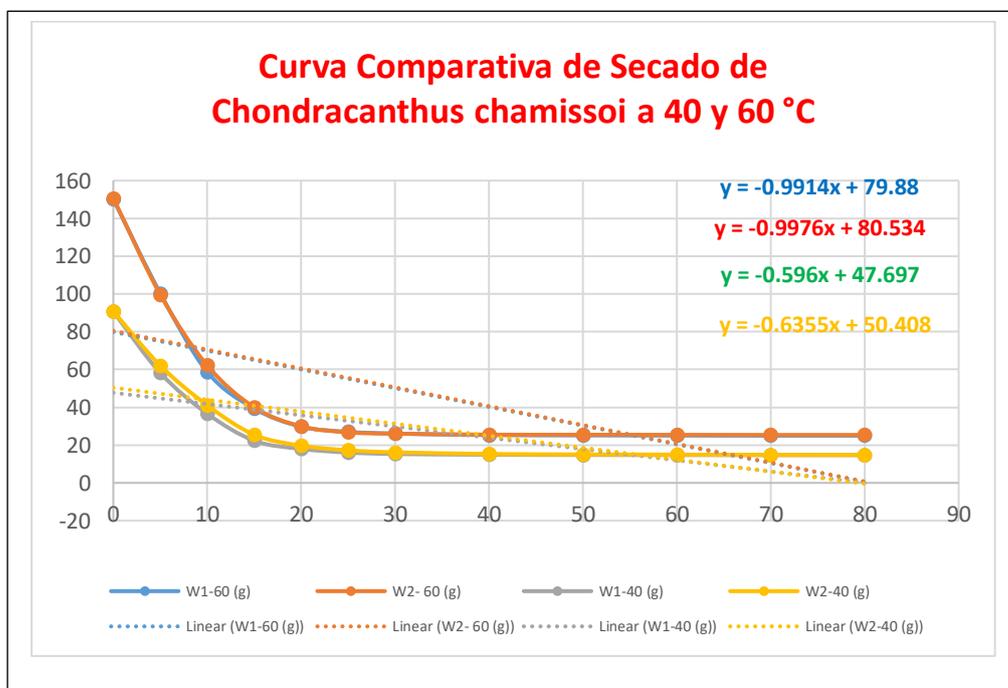
	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS	
"Año de la Universalización de la Salud"		
INFORME DE ENSAYO LENA N° 1016/2020		
CLIENTE	: NEREYDA SARMIENTO	
NOMBRE DEL PRODUCTO	: 02 muestras de algas (Denominación responsabilidad del cliente)	
MUESTRA	: PROPORCIONADA POR EL CLIENTE	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 22-10-2020	
FECHA DE ANÁLISIS	: Del 22/10/20 al 29/10/20	
PRESENTACION	: Muestra en bolsas selladas	
IDENTIFICACION	: AQ20-1016/01-02	
RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO		
CÓDIGO	AQ20-1016/01	AQ20-1016/02
MUESTRA	T240C	T160C
Peso (gramos)	15	15
a.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	17.70	18.20
Métodos utilizados:		
a.- Proteína total: AOAC (2005), 984.13 technique		
Atentamente,		
		La Molina, 30 de Octubre del 2020
Dr. Carlos Gómez Bravo Jefe del Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos		



Anexo C. Data: Valores de disminución del peso a 40 °C y 60 °C

Tiempo	W1-60 (g)	W2- 60 (g)	W1-40 (g)	W2-40 (g)
0	150.12	150.68	90.6	90.8
5	100.35	99.66	58.23	62.1
10	58.78	62.19	36.66	41.11
15	39.36	39.99	22.33	25.48
20	29.73	29.93	17.98	19.7
25	27.04	26.76	16.06	17.26
30	26.11	26.04	15.29	16.18
40	25.33	25.52	14.91	15.31
50	25.15	25.49	14.78	15.05
60	25.07	25.42	14.75	14.95
70	25.01	25.36	14.71	14.82
80	25.01	25.36	14.69	14.77

Anexo D. Curva Comparativa de la Cinética de Secado a 40 °C y 60 °C

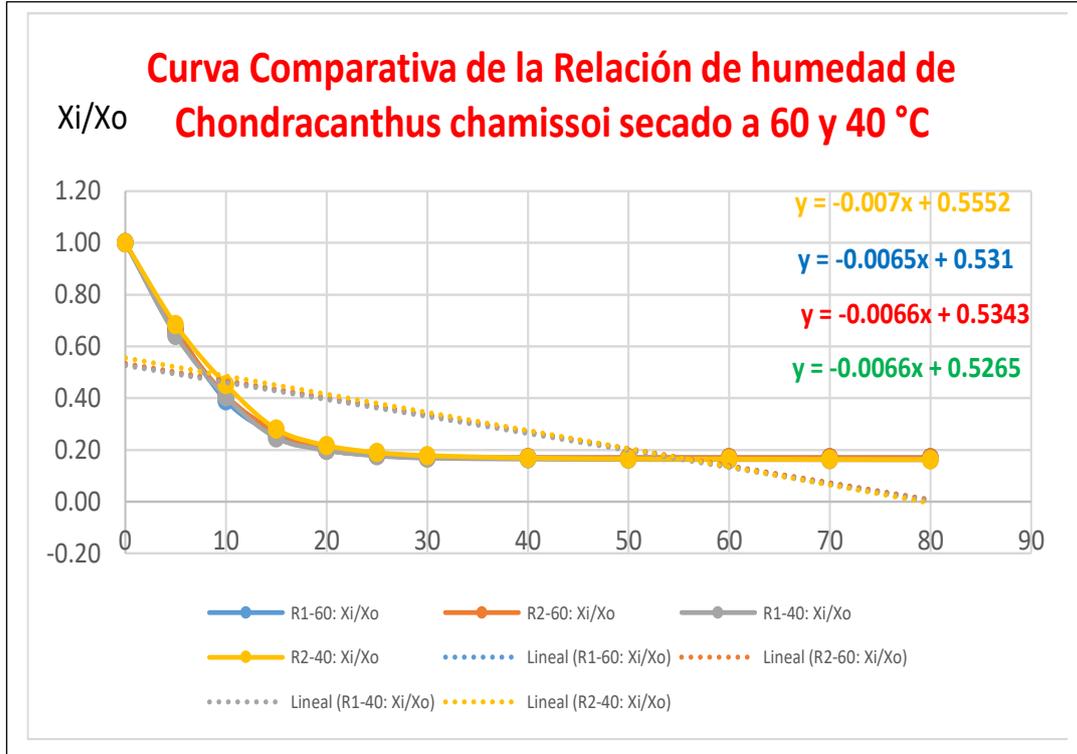


[Handwritten signature]

Anexo E. Data Valores de Relación de Humedad (X_i/X_o) a 40 °C y 60 °C

Tiempo	R1-60: X_i/X_o	R2-60: X_i/X_o	R1-40: X_i/X_o	R2-40: X_i/X_o
0	1.00	1.00	1.000	1.000
5	0.67	0.66	0.643	0.684
10	0.39	0.41	0.405	0.453
15	0.26	0.27	0.246	0.281
20	0.20	0.20	0.198	0.217
25	0.18	0.18	0.177	0.190
30	0.17	0.17	0.169	0.178
40	0.17	0.17	0.165	0.169
50	0.17	0.17	0.163	0.166
60	0.17	0.17	0.163	0.165
70	0.17	0.17	0.162	0.163
80	0.17	0.17	0.162	0.163

Anexo F. Curva comparativa de Relación de Humedad (X_i/X_o) a 40 °C y 60 °C,



Anexo G. Macroalga Chondracanthus chamissoi fresca



Anexo H. Macroalga Chondracanthus chamissoi deshidratada





Anexo I. Secador experimental de aire convectivo



FIRMA DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO

.....
Prof. José Ramón Cáceres Paredes
Docente Responsable