

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA MASA PANADERA CON HARINA
COMPUESTA DE TRIGO (*Triticum durum L.*) Y YUYO
(*Chondracanthus chamissoi*) Y SU EFECTO EN LA
ABSORCIÓN DE AGUA Y CARACTERÍSTICAS
ORGANOLÉPTICAS DEL PAN”**

AUTOR: José Ramón Cáceres Paredes

DOCENTE COLABORADOR

ESTUDIANTES DE APOYO
Edgar Guerrero Trinidad

(PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 01 de marzo de 2021 al 28 de febrero de 2022.)

(Resolución de aprobación N° 164-2021-R)

Callao, 2022

Handwritten signature or mark.

DEDICATORIA:

A mi familia por su permanente apoyo y por el tiempo que debieron de prescindir de mí, para poder desarrollar el presente trabajo y a mis actividades académicas y administrativas 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 "Alfonso".

AGRADECIMIENTO

A Dios por envolverme -a mí y a mi familia- en su burbuja protectora, aislándome del ambiente para otorgarme la salud y fortaleza tan necesarias en estos momentos difíciles de aislamiento social por el que estamos pasando.

A la empresa INDEPRO ALIMENTARIA E.I.R.L por el apoyo incondicional al haber permitido hacer uso de sus instalaciones y equipos de panificación para desarrollar todas las diferentes pruebas experimentales necesarias para la presente investigación, las mismas que fueron planificadas en dichas instalaciones como ambiente alterno al del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustrias (IIEA) de la UNAC, debido a la situación especial de aislamiento social de pandemia por el COVID 19.

A la responsabilidad y dedicación del Sr. Edgar Guerrero Trinidad por su permanente apoyo y participación como técnico especialista en panificación y masas de panadería; además, que permitió el préstamo y uso de la infraestructura, equipos e instrumentos de su taller de panificación que permitieron desarrollar la presente investigación.



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	10
1.3 Objetivos.....	11
1.4 Limitantes de la investigación.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Antecedentes.....	13
2.2 Marco.....	17
2.2.1 Teórico.....	17
2.2.2 Conceptual.....	18
2.3 Definición de términos básicos.....	20
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	21
3.1 Hipótesis.....	21
3.2 Definición conceptual de las variables.....	22
3.3 Operacionalización de las variables.....	22
CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
4.1 Tipo y diseño de la investigación.....	23
4.2 Método de investigación.....	24
4.3 Población y muestra.....	26
4.4 Lugar del estudio y período desarrollado.....	27



4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	27
4.6 Análisis y procesamiento de datos.....	28
CAPÍTULO V: RESULTADOS	29
5.1 Resultados descriptivos	29
5.2 Resultados inferenciales	34
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	38
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados. ..	38
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	40
6.3 Responsabilidad ética.....	43
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS.....	51
Matriz de consistencia.....	51

TABLAS DE CONTENIDO

Relación de tablas:	Pág.
1. Tabla 1 : Composición proximal del “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>)	14
2. Tabla 2 : Concentración de Aminoácidos del “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>)	15
3. Tabla 3 : Composición proximal de las algas	16
4. Tabla 4 : Operacionalización de variables en estudio	23
5. Tabla 5 : Diseño de la investigación	24
6. Tabla 6 : Análisis fisicoquímico del pan con algas	29
7. Tabla 7 : Composición de la masa panadera base	30
8. Tabla 8 : Porcentaje de agua absorbida por la masa panadera con algas	31
9. Tabla 9 : Relación entre porcentaje de alga adicionada y promedio de agua absorbida por la masa	31
10. Tabla 10 : Resultado de prueba orientada al consumidor	34
11. Tabla 11 : Absorción de agua por harina de alga roja (<i>Kappaphycus alvarezzi</i>) en masa panadera	40



Relación de figuras:	Pág.
1. Figura 1 : Cinética de comportamiento entre el promedio de agua absorbida en relación con el porcentaje de alga adicionada	32
2. Figura 2 : Incremento de los porcentajes de agua absorbida en relación con el porcentaje de adición de alga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>)	33
3. Figura 3 : Características de la masa panadera con agregado de “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) deshidratada	35
4. Figura 4 : Absorción de agua de la harina de alga roja (<i>Kappaphycus alvarezzi</i>) en masa panadera	41



Relación de anexos		Pág.
1.	Anexo A : Matriz de consistencia	51
2.	Anexo B : Adquisición del “yuyo”	53
3.	Anexo C : Lavado, escurrido y pesado del alga fresca	53
4.	Anexo D : Proceso de deshidratado del “yuyo”	54
5.	Anexo E : Proceso de Elaboración de pan	54
6.	Anexo F : Proceso de mezclado de masa	55
7.	Anexo G : Evaluación de la masa panadera	55
8.	Anexo H : Boleado o formateado del pan	55
9.	Anexo I : Enmoldado del pan	56
10.	Anexo J : Formateado manual del pan	56
11.	Anexo K : Muestras de pan antes de horneado	57
12.	Anexo L : Muestras de pan horneado	57
13.	Anexo M : Análisis fisicoquímico del pan con 8,0% de alga	58

RESUMEN

Se evaluó la cantidad de agua subjetiva que absorbe la masa panadera base, sin agregado de alga con los agregados de 2,0; 5,0; 8,0; 10,0; 15,0 y 20,0 % harina de alga roja (*Chondracanthus chamissoi*) deshidrata, obteniéndose una correlación lineal y una ecuación de la cinética de agua absorbida de $y = 4,0511 x + 54,881$ y un $R^2 = 0,9735$.

Los porcentajes agregados de harina de alga roja (*Chondracanthus chamissoi*) superiores al 8,0% presentaron problemas de maquinabilidad y de manipulación de la masa panadera en el proceso de fabricación del pan y de aceptación del pan en el sabor y aroma por parte el consumidor.

Palabras clave: *Chondracanthus chamissoi*, cinética de absorción subjetiva de agua, masa panadera, harina de alga roja.

ABSTRACT

The subjective amount of water absorbed by the base bakery dough was evaluated, without the addition of algae with the additions of 2.0; 5.0; 8.0; 10.0; 15.0 and 20.0% red algae meal (*Chondracanthus chamissoi*) dehydrates, obtaining a linear correlation and an equation of the kinetics of absorbed water of $y = 4.0511 x + 54.881$ and $R^2 = 0.9735$.

The added percentages of red algae flour (*Chondracanthus chamissoi*) higher than 8.0% presented machinability and handling problems of the bakery dough in the bread manufacturing process and acceptance of the bread in terms of flavor and aroma by the consumer.

Keywords: *Chondracanthus chamissoi*, subjective water absorption kinetics, bakery dough, red algae meal.



INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los alimentos de mayor consumo en nuestro país, y forma parte de la dieta tradicional o cultura gastronómica en Europa, Medio Oriente, India, América y Oceanía (Buendía Medina, 2016).

El uso de aditivos alimentarios, en la industria de la panificación, se ha convertido en una práctica ampliamente difundida. Uno de los indicados aditivos lo constituyen los hidrocoloides, utilizados principalmente en la elaboración de mejoradores de la masa panadera y facilitar su manipulación, incrementar la calidad del pan fresco o aumentar el tiempo de vida útil del pan almacenado.

Las masas panaderas son mezclas complejas de muchos ingredientes, su complejidad es el resultado no solo de su composición química sino también de sus propiedades físicas, las cuales son extremadamente importantes, pues determinan las propiedades de procesamiento de las masas de manera artesanal e industrial; así como, la calidad del producto final (Delcour, 2010).

Los productos de origen marino, debido a su gran diversidad, son una fuente importante como ingredientes alimentarios saludables y compuestos biológicamente activos, como aceites de pescado, péptidos bioactivos, algas marinas, macroalgas y microalgas. Pero, a pesar de tener innumerables beneficios para la salud, no se han explotado con fines alimenticios.

Los productos de panadería y pasta son los productos alimenticios más consumidos en todo el mundo y son los mejores vehículos para incorporar ingredientes funcionales marinos para llegar a una determinada población objetivo (Kadam, 2010)

El “yuyo” o “mococho” o “chicorea de mar” (*Chondracanthus chamissoi*) es un alga roja endémica de la costa templada del Pacífico Sur y se distribuye desde Piura en Perú hasta Chiloé, en Chile (Figueroa Eugenio, 2005).



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 O. , 2003).

Las tendencias en el consumo de alimentos, varía con el tiempo; sin embargo, la alimentación de los peruanos ha estado ligada a costumbres de varios años, como el cochayuyo, “yuyo” y *Porphyra* spp, que los indígenas consumían desde antes de la llegada de los españoles desde Perú hasta Chile (Lacoste, Castro, & Mujica, 2017).

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El consumo de pan en el mundo es verdaderamente asombroso y éste se presenta en una gran variedad de tamaños, formas, texturas, sabores y colores; su presentación varía desde panes dulces hasta salados e intermedios. Pueden presentar corteza delgada suave o una gruesa dura; así mismo, pueden pesar desde algunos gramos hasta uno o dos kilos. Por ello, el pan, se ha convertido en una especie de vehículo para diferentes insumos, que actúan como enriquecedores, sustituyentes parciales o agregados a la harina principal, como es el caso del presente estudio.

El consumo anual per cápita de pan en el Perú es de 35 Kg considerado bajo si se compara con otros países de la región como Chile, que es de 85 Kg, Argentina de 65 Kg y Uruguay de 62 Kg; sin embargo, el Perú ha mostrado un crecimiento en los últimos años (Instituto de Estudios Económicos y Sociales (IEES), 2018).

El pan es un alimento básico y uno de los alimentos más consumidos por la humanidad. La existencia de variedades de pan radica en la propiedad única de



la harina de trigo para formar gluten que en presencia de agua forma una masa gomosa de excelentes propiedades reológicas (Cavain, 2002).

Uno de los problemas del pan blanco es la deficiencia -de la harina refinada- en vitaminas y minerales, especialmente de vitaminas del complejo B, las cuales se pierden durante la eliminación de la cáscara del grano de trigo; esta deficiencia contribuye a la aparición de diversas enfermedades; así se estima que el 25 % de la población adulta de los Estados Unidos padece de deficiencia de vitamina B₁₂ (Mercola.com, 2015).

En el año 2017, la desnutrición crónica en el Perú afectó al 12,9% de los niños menores de cinco años, además, la prevalencia de la 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).

Para fortalecer el indicado déficit es necesario presentar nuevas alternativas de productos de panificación con agregado de algas marinas deshidratadas y molidas, siendo una de ellas la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratada.

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 & O’Ryan, 2015).

Por lo indicado anteriormente, las algas marinas deshidratadas son objeto de atención para su uso industrial, siendo la industria de la panificación una de ellas; sin embargo, es necesario evaluar su capacidad de absorción de agua con la finalidad de determinar los porcentajes de adición que no afecten las condiciones de la manipulación manual o en máquina -de la masa- durante los procesos productivos.



El pan se constituye en uno de los productos alimenticios más antiguos utilizados por el hombre y es considerado como el alimento básico tradicional en la canasta familiar del poblador peruano; sin embargo, debido a las formulaciones utilizadas para su diseño y por los insumos empleados -para su elaboración- es una importante fuente de carbohidratos.

1.2 Formulación del problema

Por lo indicado, el presente estudio evalúo el diseño de una masa panadera base y la sustitución parcial -entendiéndose como el agregado- de alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratada y molida a la masa panadera base y evaluar la cantidad de agua que absorbe pues ella afecta su manipulación y el proceso de elaboración del pan. Lo indicado nos permite formular el siguiente problema de investigación:

Problema general:

¿En qué medida la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum durum L.*) por harina de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) permitirá evaluar la capacidad de absorción de agua de la masa y obtener un pan con alga con características físicas similares o mejores que el pan sin alga?

A partir del problema general indicado, podemos desagregar algunos problemas específicos, entre ellos:

Problemas específicos

- a. ¿Con la evaluación parcial de los niveles de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum L.*) por harina de macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) podemos obtener una cinética de la capacidad de absorción de agua de la masa panadera?
- b. ¿La capacidad de absorción de agua de la masa panadera elaborada con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (*Triticum durum L.*) por harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) permitirá evaluar la calidad organoléptica del pan?



- c. ¿Será posible determinar el máximo porcentaje de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum L.*) por la harina de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) sin afectar negativamente las características organolépticas del pan?

1.3 Objetivos

Objetivo General

Evaluar la capacidad de absorción de agua de la masa para los diferentes niveles de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum L.*) por harina de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratada y molida, sin afectar negativamente las características físicas del pan.

Objetivos Específicos

- a. Evaluar los niveles de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum L.*) por harina de macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) para obtener una cinética de la capacidad de absorción de agua de la masa panadera.
- b. Determinar la capacidad de absorción de agua de la masa panadera elaborada con diferentes niveles de sustitución de harina trigo (*Triticum durum L.*) por harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) y evaluar su efecto en la calidad organoléptica del pan y en su proceso de elaboración.
- c. Determinar el máximo porcentaje de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum L.*) por la harina de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) sin afectar negativamente las características organolépticas del pan.

1.4 Limitantes de la investigación

El presente estudio se limitó a realizar una evaluación subjetiva de la capacidad de absorción de agua por la harina de yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) agregada a la formula panadera base y su efecto en la manipulación manual y con equipos de la masa panadera. Esta limitante se previó -como medida alterna- debido a los problemas del aislamiento social en el que nos encontramos.



Por lo indicado se indican las limitantes tecnológicas, temporales y espaciales, en las que se desarrolló el presente estudio, que se indican:

a) **Tecnológica.** El presente estudio determinó la capacidad de absorción de agua -por parte de la masa panadera- con diferentes porcentajes de agregado de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratada y molida- utilizando como indicador la “capacidad de absorción de agua subjetiva” y no la realización de evaluaciones químico-instrumentales que utilizan equipos o instrumentos de medición, como el farinógrafo.

Así mismo, no se realizaron evaluaciones sensoriales con paneles de degustación; sino que el producto final fue sometido a una prueba orientada al cliente.

b) **Temporal.** El estudio se realizó en un periodo temporal corto que se vio afectado por las limitaciones de traslado que no permitió realizar comparaciones con el “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratado de zonas geográficas del Perú, ni el traslado de los recursos necesarios para otras pruebas experimentales adicionales; sin embargo, nos permitió alcanzar los objetivos generales del estudio.

c) **Espacial,** Esta limitante está relacionada con la limitante temporal, pues solo se evaluará al “yuyo” deshidratado procedente de Pisco y adquirido en el terminal pesquero de Ventanilla y no se pudo realizar comparaciones con algas procedentes de otras zonas geográficas. Sin embargo, para suplir esta limitante se realizaron comparaciones con estudios similares con otras especies de algas rojas.

Así mismo, las pruebas experimentales se desarrollaron solo en las instalaciones del taller de panificación de la empresa INDEPRO ALIMENTARIA E.I.R.L.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Las adiciones de polvo de algas rojas (*Kappaphycus alvarezii*) en porcentajes del 2,0 a 8,0 % aumentó la absorción de agua de la masa. Los resultados del Análisis de Perfil de Textura (TPA) mostraron que la adición de polvo de algas disminuyó las propiedades de pegajosidad y el pan producido con harina compuesta de algas marinas mostró valores más altos de firmeza (Hasmadi M. , y otros, 2014)

El análisis farinográfico de las masas blandas para rollos mostró que la incorporación de polvo de algas rojas (*Kappaphycus alvarezii*) en proporciones variables de 100:0; 99:1; 98:2; 97:3; 96:4; 95:5, 94:6; 93:7 y 92:8 -de harina de trigo y alga en polvo- aplicado en la producción de rollos blandos, promovió un aumento en la absorción de agua, el tiempo de desarrollo y el índice de tolerancia de mezcla, mientras que disminuyó el tiempo de estabilidad (Hasmadi, y otros, 2021).

Se elaboraron muffins de harina de trigo con incorporaciones del 2,0 al 10,0% de polvo de algas marinas rojas (*Kappaphycus alvarezii*), observándose que un aumento en el componente de algas marinas redujo la altura, el volumen y el volumen específico del muffin. De acuerdo con los datos del análisis del perfil de textura experimental, las algas marinas afectaron las características de textura de los muffins, aumentando la dureza y disminuyendo la elasticidad. La evaluación sensorial reveló que el polvo de algas marinas podría usarse en la formulación de panecillos hasta en un 6%, sin afectar significativamente los atributos de color, aroma y sabor (Hasmadi, Jahurul, & Mohamad, The Influence of Seaweed Composite Flour on the Physicochemical Properties of Muffin, 2018)

Las algas son una fuente importante en fibra, proteínas, sales minerales, vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos polinsaturados con bajo poder calórico (Suhaila, 2012).

Las algas: nori, kombu, wakame y espagueti de mar, principalmente las dos primeras tienen alto contenido de proteínas. Todas las especies estudiadas presentan valores importantes de Na, K, Ca, Mg y cloruros. La relación Na/K es

especialmente baja en el alga kombu, por lo que su incorporación en ciertos alimentos es una buena alternativa para reducir la cantidad en alimentos procesados (Palasi J. , 2015)

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 J. , 2011).

Tabla 1
Composición proximal del “yuyo”
(*Chondracanthus chamissoi*)

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.

El uso de masa madre en el proceso tradicional para la producción de pan, utilizando la fermentación biológica de la masa, ha mantenido su importancia, ya que mejora la calidad del pan mediante la inhibición de microorganismos de deterioro -que alarga la vida útil-, aumenta el volumen del pan, retrasa el estancamiento, mejora el sabor del pan y mejora la calidad nutricional basada en un índice glucémico reducido (Kaditzky & Vogel, 2008) (Thiele, S., & Gänzle, 2004)

En la tabla 3 se presenta la composición proximal de las algas chilenas comestibles en donde se visualiza que el “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) además de proteínas es una fuente importante de sodio, calcio, hierro y magnesio (Universidad Arturo Pratt, 2014)



Tabla 2
Composición de aminoácidos del “yuyo”
(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

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 & O’Ryan, 2015).

En el Perú, el consumo de algas está en auge, provocado por el creciente interés de los consumidores por alimentos con alto valor nutritivo (Sumarriva Bustinza, Castro Luna, & Sotelo Méndez, 2019).

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

Componente	<i>Chondracanthus chamissoi</i> (chicoria)	<i>Callophyllis variegata</i> (carola)	<i>Durvillaea antarctica</i> (cochayuyo)	<i>Pyropia sp.</i> (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, 2004.

En el Perú hay una gran variedad de algas; sin embargo, el cochayuyo y el yuyo - en sus diferentes variedades- son las más consumidos tanto en la costa como en la sierra. Por lo general se consumen hervidas, deshidratadas o también frescas. En cualquiera de sus formas son nutritivas y saludables (RPP, 2016)

La especie de alga más consumida en el mundo es el Kombu (*Laminaria japónica*) y las más consumidas en el Perú son: Yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) y Cochayuyo (*Porphyra columbina*) (Blanco Arauco, y otros, 2020).

Estudios realizados de elaboración de panes denominados “karamanduca” con harina de trigo y harina de macroalga *Porphyra spp*, determinaron que no existe diferencia significativa entre los panes con sustitución del 3, 5 y 7%, siendo el de mayor aceptación el de 3,0% de sustitución (Cáceres, Peralta, & Guerrero, 2017).



2.2 Marco

2.2.1 Teórico

La masa de panificación se puede definir como una mezcla de harina y agua, obtenida por acción mecánica. En los productos de panadería, el amasado y el horneado son los pasos más importantes que influyen en la calidad del producto final (Bushuk, 1997).

Para obtener la masa es importante estudiar los niveles de absorción de agua por parte de la(s) harina(s) que intervienen en la mezcla. Paralelamente, existe una creciente demanda de productos de panificación sin gluten, debido a la existencia de patologías por su ingesta, entre las que podemos mencionar: alergia y/o sensibilidad al gluten, enfermedad celíaca.

El pan es el producto que resulta de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, agua potable, con o sin adición de sal, fermentada por microorganismos propios de la fermentación panaria (ASEMAC, 2012) .

La absorción de agua se incrementó significativamente en 63,0% para masas con adición superiores del 6,0% de harina del alga *Ascophyllum nodosum*; la harina de *Bifurcaria bifurcata* tuvo una retención de agua del 70% con adición de harina del alga superiores al 3,0%. La harina de *Ficus vesiculossus* fue la que menos influyó en la retención de agua con un 64,0% con sustitución de porcentajes de harina del agua del 9,0% (Arufe, 2019)

Las adiciones del 2,0 – 8,0% de harina de algas, aumento la absorción de agua de la masa. Los resultados del análisis del perfil de la textura de la masa mostro que la adición de harina de algas, disminuyo las propiedades de pegajosidad de la masa. El pan producido con harina de algas mostró valores más altos de firmeza (Hasmadi M. , y otros, 2013).

La adición de 2–8 % de polvo de algas marinas a las formulaciones de masa aumentó significativamente el agua requerida para alcanzar 500 BU (Brabender Units). La absorción de agua de la masa osciló entre 58,53 y 77,63 %, siendo la



mayor cantidad de polvo de algas la que presentó la mayor absorción de agua y viceversa. Un comportamiento similar se observó en la tendencia del tiempo de desarrollo y estabilidad de la masa (Hasmadi M. , y otros, 2014).

El pan se constituye en uno de los productos alimenticios más antiguos utilizados por el hombre y es considerado como el alimento básico tradicional en la canasta familiar del poblador peruano; sin embargo, debido a las formulaciones utilizadas para su formulación e insumos empleados para su elaboración, es una importante fuente de carbohidratos.

2.2.2 Conceptual

El Índice de Absorción de Agua (IAA) determinado por la técnica descrita por Kaur y Singh, se expresan en g/g (peso de sedimento/peso de sólidos secos) (Yaich, y otros, 2015).

El índice de absorción de agua (IAA) influye en la elaboración de alimentos que necesitan algún grado de viscosidad, la cual contribuye en la interacción agua-proteína, como por ejemplo en salsas, masas, sopas y alimentos horneados (Muñoz, 2008).

El índice de absorción de agua (IIA) del alga roja, *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*) deshidratada alcanzado es alto, con valores de $13,5 \pm 0,6$ g/g. (Morales, Schwartz, Sepúlveda, & Quitral, 2019)

Uno de los productos de panificación de mayor interés en la actualidad, son los panes con algas, los cuales se pueden elaborar con cualquiera de las algas existentes –de manera individual o haciendo una mezcla de ellas- buscando el sabor y la textura de mayor interés (Alamo, 2019).

Los panes enriquecidos son los productos que contienen ingredientes diferentes a los componentes tradicionales utilizados en su fabricación: harina de trigo, agua, levadura y sal (Panarras, 2013)



El pan con algas es un producto de mucha importancia para personas que buscan no subir de peso debido a su contenido del alginato, que es una fibra que previene la absorción de grasa (Brownlee, 2018).

El trigo se usa fundamentalmente en la elaboración de distintos derivados de panificación, ya que presenta la particularidad de que durante su fermentación se produce un esponjamiento, esta característica sólo la comparte parcialmente con el centeno, los demás cereales no la tienen (Badui Dergal, 1993).

Las pruebas de análisis sensorial permiten traducir las preferencias de los consumidores en atributos bien definidos para un producto. La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis denominados pruebas orientadas al consumidor (Watts, Ylimaki, Jeffery, & y Elias, 1989).

Estas pruebas deben de realizarse exclusivamente con consumidores y no con evaluadores entrenados (Arrabal, 2000).

Las masas panarias, en función a su hidratación se clasifican en:

- a. Masas con baja hidratación,
- b. Masas con hidratación moderada, y
- c. Masas con alta hidratación (CETECE, 2021).

Las masas de baja hidratación son aquellas en que la cantidad de agua añadida a la masa oscila entre 40 y 51 %, en relación con la harina empleada. Son masas de textura compacta, aspecto seco, poco extensible y difíciles de manejar con medios mecánicos. (CETECE., 2021).

Las masas de hidratación moderada son aquellas a las que la cantidad de agua que añadimos a la masa oscila entre el 53 y 64%, en relación con la cantidad de harina empleada. Son masas de textura semiblanda, de media elasticidad y con muchas posibilidades de ser mecanizadas. La utilización de este tipo de masas está muy extendida debido precisamente a su buena adaptación a la mecanización (CETECE., 2021).



Las masas de alta hidratación son aquellas cuando la cantidad de agua que se añade oscila entre el 65 y el 90 %. Son masas de textura muy blanda, pegajosa, extensibles y de aspecto brillante. Su tiempo de amasado se alarga debido a que el exceso de hidratación dificulta la formación del gluten (CETECE., 2021).

Actualmente existe un incremento sustancial en la producción y consumo de panes especiales, lo cual está originando los procesos de elaboración de panes masas de alta hidratación.

2.3 Definición de términos básicos

- a) **El pan:** Es el producto resultante de la cocción de la pasta obtenida mediante el amasado de una mezcla de harina de trigo, agua potable, sal, masa madre, levadura biológica y mejorante. Se incluye los panes especiales que incluyen otros ingredientes como grasas, azúcar, productos lácteos etc. (ABC de la panadería, 2000).

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible, y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae* (Madrid, 2001) (Callejo, 2002).

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*.

- b) **La masa de panificación:** Es la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación.

La esponja o “poolish” es el sistema universalmente empleado en la elaboración del pan francés y especialmente en el pan de molde. Consiste en elaborar una masa líquida (esponja) con el 30-40% del total de la harina, la totalidad de la levadura (comercial) y tantos litros de agua como kilos de harina (Mesas, 2002).



- c) **Harina compuesta:** Es la harina rica en nutrientes esenciales para la dieta humana, que se obtiene mezclando una proporción variable de más de una harina que no sea de trigo, con o sin harina de trigo, la cual puede usarse en la producción de alimentos horneados (Chandra, 2014).
- d) **Capacidad de Absorción de Agua Subjetiva (CAAS):** Es la cantidad de agua que absorbe la harina para obtener una masa apropiada para la preparación de una tortilla (Flores-Farias, 2002)
- e) **Volumen de Hinchamiento (VH):** Es la relación que existe entre el volumen de una muestra de harina por su correspondiente peso. También se le conoce como Swelling Capacity (CS) (Valencia, 2006)
- f) **La masa madre:** La masa madre es un tipo de levadura 100% natural. Es un fermento compuesto por harina de trigo u otro cereal y agua. No contiene levaduras comerciales. La misma mezcla de ambos ingredientes propicia la reproducción de microorganismos capaces de fermentar la masa (Chapela., 2020).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Hipótesis General

La capacidad de absorción de agua de la masa es directamente proporcional con los porcentajes de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum L.*) por harina de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) y no afectará negativamente a las características físicas del pan sin sustitución.

Hipótesis específicas

- a. La evaluación de la masa panadera con diferentes niveles de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum L.*) por harina de macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) permitirá obtener una cinética de la capacidad de absorción de agua de la masa panadera con tendencia positiva.



- b. La capacidad de absorción de agua de la masa panadera es directamente proporcional a los porcentajes de sustitución de harina de trigo (*Triticum durum L.*) por harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) y no afecta negativamente en la calidad organoléptica del pan ni en su proceso de elaboración.
- c. El porcentaje de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum L.*) por la harina de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) será no menor al 15% sin afectar negativamente las características organolépticas del pan.

3.2 Definición conceptual de las variables

Variables independientes :

- Porcentaje de harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*).
- Velocidad de mezclado

Variables dependientes :

- La Capacidad de Absorción de Agua Subjetiva (CAAS).
- Características organolépticas del pan

Porcentaje de harina de “yuyo”:

Porcentaje de harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) de 2, 5, 8, 10, 15 y 20%.

Velocidad de mezclado:

Velocidad 1: 100 rpm, y velocidad 2: 200 rpm

La Capacidad de Absorción de Agua Subjetiva:

Cantidad de agua (ml) por cada 100 gramos de harina.

Las Características Organolépticas del pan:

Volumen, color, sabor

3.3 Operacionalización de las variables

En la tabla 4 se presenta la operacionalización de las variables independiente y dependiente.



3.3.1 Definición operacional de las variables

Tabla 4
Operacionalización de las variables en estudio

INDICADOR	TIPO	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
a. Variable independiente * Porcentaje de harina de “yuyo”	Cuantitativo	Cantidad de harina agregada	Disminución porcentual de harina de trigo	2; 5; 8; 10; 15 y 20 %
* Velocidad de mezclado.	Cuantitativo	Rotación de mezclador	rpm	100 200
b. Variable dependiente * Capacidad de Absorción de Agua Subjetiva	Cuantitativo	Balanza	Cantidad de agua que absorbe la masa	g de H ₂ O/100 g de harina
* Características Organolépticas del pan	Cualitativo	Evaluación sensorial	Volumen Color Sabor	mL. Aceptabilidad Aceptabilidad

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, su propósito fue resolver un problema de naturaleza práctica y aplicar los resultados obtenidos.
- Explicativa, porque midió cuantitativamente las variables y estudió las relaciones que existen entre ellas.
- Cuantitativa, porque el problema fue cuantificado, y
- Experimental, porque obtuvo resultados de la manipulación de las variables provocadas pero que fueron no totalmente controlados.



El diseño de la investigación se presenta en la tabla 5.

Tabla 5
Diseño de la investigación

Experimento	Matriz de Experimentación		Plan de Experimentación	
	X1	X2	Porcentaje de harina de yuyo (%)	Velocidad de mezclado (rpm)
1	a	a	0	1
2	a	b	0	2
3	b	a	Y	1
4	b	b	Y	2

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los valores Y, se sustituyeron por 2, 5, 8, 10, 15 y 20%

4.2 Método de investigación

En el presente trabajo se enmarcó en el método empírico experimental, pues su objetivo fue determinar la cantidad de agua absorbida por la masa panadera en función con los diferentes porcentajes de la harina de la macroalga “yuyo” deshidratada (*Chondracanthus chamissoi*) agregada y con ello se verificó las hipótesis de estudio.

Para la determinación de la variable respuesta se empleó la evaluación de la “capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS)”, que es la cantidad de agua que la harina absorbe para obtener una masa con una consistencia adecuada evaluada para la elaboración del pan.

Para ello se pesó 100 g de harina y se agregó agua gradualmente mientras se realiza el amasado manual y lentamente, hasta obtener una masa de buena consistencia, tal como lo indica Flores-Farías, R. (2002) en su estudio *Characterization of commercial nixtamalized maize flours*.

Con la finalidad de conocer la composición química del pan con alga deshidratada, se realizó una evaluación del pan con un agregado del 8% de harina de macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) por Certificaciones del Perú S.A. (CERPER), cuyos resultados se presenta en el anexo M.

La determinación de las variables de composición química del pan con algas deshidratadas se realizó con los siguientes métodos:

- a. Humedad : AOAC 920.151.c37.21st Ed.2019
- b. Proteínas : AACC 46 11 A. 11th Edition 2009.
Improved Kjeldahl Method, Cooper Catalyst Modification.
- c. Grasas : AOAC 935.39 D, c32, 21st Ed. 2019
- d. Carbohidratos : Por calculo
- e. Cenizas : NTP 206.012. 2018.
- f. Azúcares individuales y totales : AACC 80-04.01. 11th. Ed. 2009.
- g. Actividad de agua : AW AQUA LAB.

Para el desarrollo de las pruebas experimentales se siguieron los siguientes pasos:

1. Obtención del “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) en el terminal pesquero de Ventanilla y procedente de Pisco. En el anexo B, se presenta la adquisición de la macroalga.
2. Lavado, escurrido y pesado de la macroalga “yuyo”, tal como se indica en el anexo C; el alga fue lavada con abundante agua fresca para eliminar todo material extraño y/o partes deterioradas del recurso debido a su manipulación durante la extracción, transporte y venta. Luego, se dejó escurrir -el alga lavada para eliminar exceso de agua- y se pesó.
3. Luego el alga fue sometido a tratamiento con aire caliente para deshidratarla en horno rotatorio a temperatura de 60°C, tal como se muestra en el anexo D y posteriormente fue molida.
4. El proceso de elaboración del pan es concordante con las etapas indicadas en el anexo E.
5. Durante el proceso de mezclado, posterior a pesado de ingredientes, tal como se muestra en anexo F se adicionó una determinada cantidad de agua a la masa panadera con agregado de alga y se realizó la evaluación de la masa: manualmente y para determinar si es maquinable (se puede trabajar con la amasadora). En el anexo G se observa el proceso de evaluación manual por parte de especialista en panificación.

Para cada muestra con adición de alga, se pesó una determinada cantidad de agua la cual se fue adicionando a la masa y el especialista evaluó si la masa tiene las características físicas de adhesividad similar a la masa base (sin agregado de alga). Se evaluó el peso final de agua y por diferencia se obtuvo la cantidad de agua agregada y absorbida por la masa.

6. La masa obtenida fue procesada en la mezcladora de espiral controlando la temperatura, cuidando el gluten y asegurando la estructura del alvéolo. Se determinó la velocidad de mezclado de 200 rpm y posteriormente, se realizó el proceso de boleado o formateado manualmente en mesa de trabajo, tal como se muestra en el anexo H.
7. Luego la masa panadera, con la presentación final con la cual se desea presentar, fue enmoldada, tal como se muestra en el anexo I.
8. Si la presentación del pan que se desea es sin molde, el boleado y formateado se realizó de manera manual, tal como se muestra en anexo J.
9. En el anexo K, se muestra el pan en molde antes de ser sometido a horneado con los diferentes porcentajes de harina de alga deshidratada y molida.
10. En el anexo L, se presenta el pan de molde después de haber sido horneado con los diferentes porcentajes de harina de alga deshidratada y molida agregada.

4.3 Población y muestra

La población de estudio lo constituyó las mezclas con diferentes porcentajes de adición de alga deshidratada “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) a la masa base elaborada y la masa sin agregado harina de alga, para tres tratamientos. Cada tratamiento de mezcla fue de dos mil ochocientos veinte gramos (2,820 g, o 2.82 Kg) para cada una de las repeticiones, haciendo un total de 8,460 g (8.46 Kg) por cada tratamiento (porcentaje de alga seca agregada) y un total general de 59,220 g. o 59.220 Kg.

Determinación de la muestra

Cada muestra para cada tratamiento fue de dos mil ochocientos veinte gramos (2,820 g.) de mezcla de harinas, con un peso unitario de cada pan de 350 gramos cada uno, los que fueron envasados para su evaluación.



El tamaño de la muestra (n), para una población finita se obtuvo con la siguiente relación:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde: n : Número de unidades de cada muestra
 N : Tamaño de población finita
 Z_{α}^2 : Nivel de confianza (1.96^2)
 p : Probabilidad que ocurra el evento
 q : Probabilidad que no ocurra el evento ($1-p$)
 e : Error de estimación máximo aceptado (3%)

Considerando que el número de panes elaborados en cada una de las muestras fue relativamente pequeño, para el número de muestras evaluadas se consideró la totalidad de los panes elaborados para cada una de las pruebas realizadas.

4.4 Lugar del estudio

Las pruebas experimentales, se desarrollaron en el taller de panificación de la empresa INDEPRO ALIMENTARIA E.I.R.L. que estuvo inicialmente programada como unidad alterna y complementaria al taller de panificación del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IIEA) de la UNAC, cuyos ambientes no pudieron ser utilizados debido al problema de inmovilidad social por el COVID 19.

El periodo de desarrollo de las pruebas fue entre los meses de abril a diciembre de 2021.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Las muestras de pan obtenidos con las mezclas de harina de trigo y harina de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) fueron evaluadas cualitativa y cuantitativamente, en función a las condiciones existentes por las condiciones aislamiento social actuales.

A cada una de las muestras se le evaluó su capacidad de absorber agua y su efecto en la manipulación manual y de máquinas de la masa panadera, debido a su adhesividad y facilidad de trabajo.



a. Materiales

- Alga fresca y deshidratada, *Chondracanthus chamissoi*.
- Bandejas de secado
- Vaso de precipitado
- Bowls de pesado
- Moldes de pan
- Bandejas de horneado de aluminio
- Harina de trigo
- Manteca
- Azúcar
- Levadura
- Prefermento
- Sal
- Agua
- Bolsas plásticas.

b. Equipos

- Horno de secado Tecnogas
- Mezcladora Hobart en espiral, HSL 180.
- Cámara de fermentación Tecnogas
- Termómetro digital infrarrojo “Benetech” GM 550.
- Divisora de masa
- Balanza digital Henkel BC-30.

4.6 Análisis y procesamiento de datos

Para el análisis estadístico se utilizó un análisis inferencial de promedios de distribuciones normales con desviación desconocida de seis tratamientos y tres repeticiones c/u de acuerdo con lo establecido por Douglas C. Montgomery, aplicando la prueba de “t” de Student con un nivel de significancia del 5% (Montgomery, 2004) donde se establece, como pruebas de hipótesis y estadísticos de evaluación, lo que se indica:



$$H_0: X_1 = X_2$$

$$H_0: X_1 \neq X_2 ; \text{ es decir,}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1 < X_2 \\ 0 \\ X_1 > X_2 \end{array} \right.$$

Utilizando como estadísticos:

$$S_p^2 = (n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2 / n_1 + n_2 - 2$$

$$S_p = \sqrt{S_p^2}$$

y

$$t_0 = (X_1 - X_2) / S_p \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$$

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

5.1.1 De las Características fisicoquímicas del pan elaborado con agregado de alga *Chondracanthus chamissoi* deshidratada

En la tabla 6 y anexo M se muestra el análisis físico químico del pan con el agregado del 8,0% de alga deshidratada molida, cuya evaluación fue realizada por los laboratorios de CERPER.

Tabla 6
Análisis físico químico de pan con 8,0% de alga deshidratada

Ensayos	Unidad (g/100g)
Proteína (N x 6.25)	8,96
Grasa	3,61
Humedad	31,87
Ceniza	1,60
Carbohidratos totales	53,96
Azúcares totales	3,90
Azúcares Reductores	3,16
Actividad de agua	0,94

Fuente: Informe N° 1-00678/22-CERPER

En la tabla 7, se muestra la composición porcentual de la masa panadera base, que corresponde al 0% de adición de alga con un porcentaje promedio de adición de agua del 60;0%. A partir de esta formulación, se le adicionó los diferentes porcentajes de harina de macroalga “yuyo” deshidratada: 2, 5, 8,10,15 y 20 % y mezclado 200 rpm.

Tabla 7
Composición masa panadera base

Ingrediente	Porcentaje (%)
Harina de trigo	100,00
Agua	60,0
Azúcar	6,0
Grasa (manteca)	6,0
Levadura	1,5
Sal	1,5
Prefermento	10,0

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 De la cinética de agua absorbida por la masa panadera con agregado de alga *Chondracanthus chamissoi* deshidratada

Los datos obtenidos de la cantidad de agua absorbida por la masa panadera base y las masas panaderas con diferentes porcentajes de adición del alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratada, de las tres repeticiones de cada tratamiento, se muestran en la tabla 8. Así mismo, se indica el promedio y la desviación obtenida.

En la tabla 9, se presenta el porcentaje de alga deshidratada que se adicionó a la masa panadera base -sin adición de alga deshidratada molida- y los promedios de agua absorbida, sobre el 60% de agua que absorbió la masa panadera base que representa el 0,0% de alga agregada. Todas las muestras se procesaron en mezcladora a 200 rpm.

Tabla 8
Porcentaje de agua absorbida por masa panadera con alga

Porcentaje de sustitución de alga deshidratada (%)		Porcentaje de agua absorbida (%)	Promedio	Desviación
R E P E T I C I O N E S	0,0 (masa panadera base)	0,620	0,600	0,020
		0,580		
		0,600		
	2,0	0,6192	0,6195	0,000255
		0,6197		
		0,6195		
	5,0	0,6753	0,6753	0,000255
		0,6750		
		0,6755		
	8,0	0,7174	0,7159	0,00155
		0,7159		
		0,7143		
10,0	0,7370	0,7360	0,00091	
	0,7360			
	0,7352			
15,0	0,7762	0,7753	0,00090	
	0,7753			
	0,7744			
20,0	0,8552	0,8540	0,001530	
	0,8540			
	0,8522			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9
Relación entre porcentaje de alga adicionada y promedio de agua absorbida por la masa

Porcentaje de alga adicionada (%)	Promedio de agua absorbida (%)
0.00	0.00
2.00	1.95
5.00	7.53
8.00	11.59
10.00	13.60
15.00	17.53
20.00	25.40

Fuente: Elaboración propia



En la figura 1 se representa gráficamente la cinética de la capacidad de agua que absorbió el promedio de alga deshidratada y molida adicionada – a la masa panadera base- y el porcentaje de alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) agregada a la masa, respectivamente. Así mismo, se presenta la ecuación de correlación y el coeficiente de correlación. La velocidad de rotación en la mezcladora de espiral fue de 200 rpm o velocidad 2.

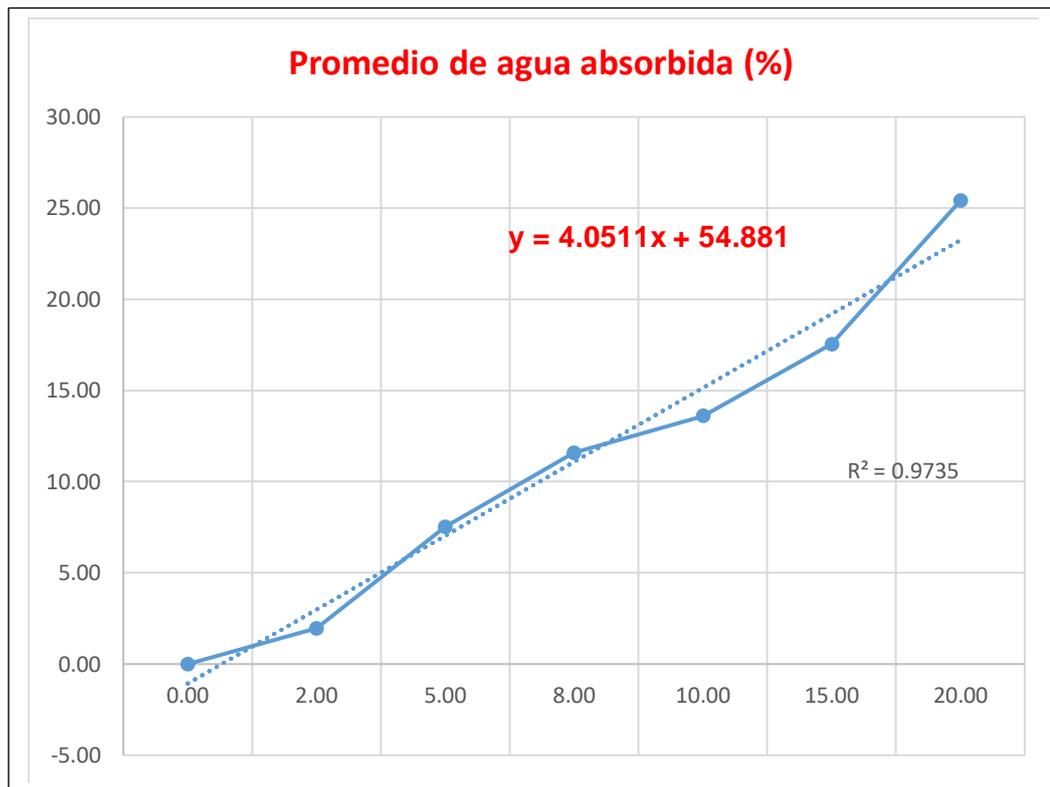


Figura 1. Cinética de comportamiento entre el promedio de porcentaje de agua absorbida (y), con porcentaje de alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) (x) agregada.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2, se presenta la formula panadera base -sin agregado de la macroalga- con el porcentaje promedio de agua adicionada (60.0%) y la presentación visual del pan elaborado. Así mismo se indican los porcentajes de incremento de agua -por encima del 60.0%- y las variaciones en porcentaje de alga adicionada, con respecto a la masa panadera base, que corresponde al 2,0; 5,0; 8,0; 10,0; 15,0 y 20,0 %; así como los niveles de hidratación de la masa panadera.

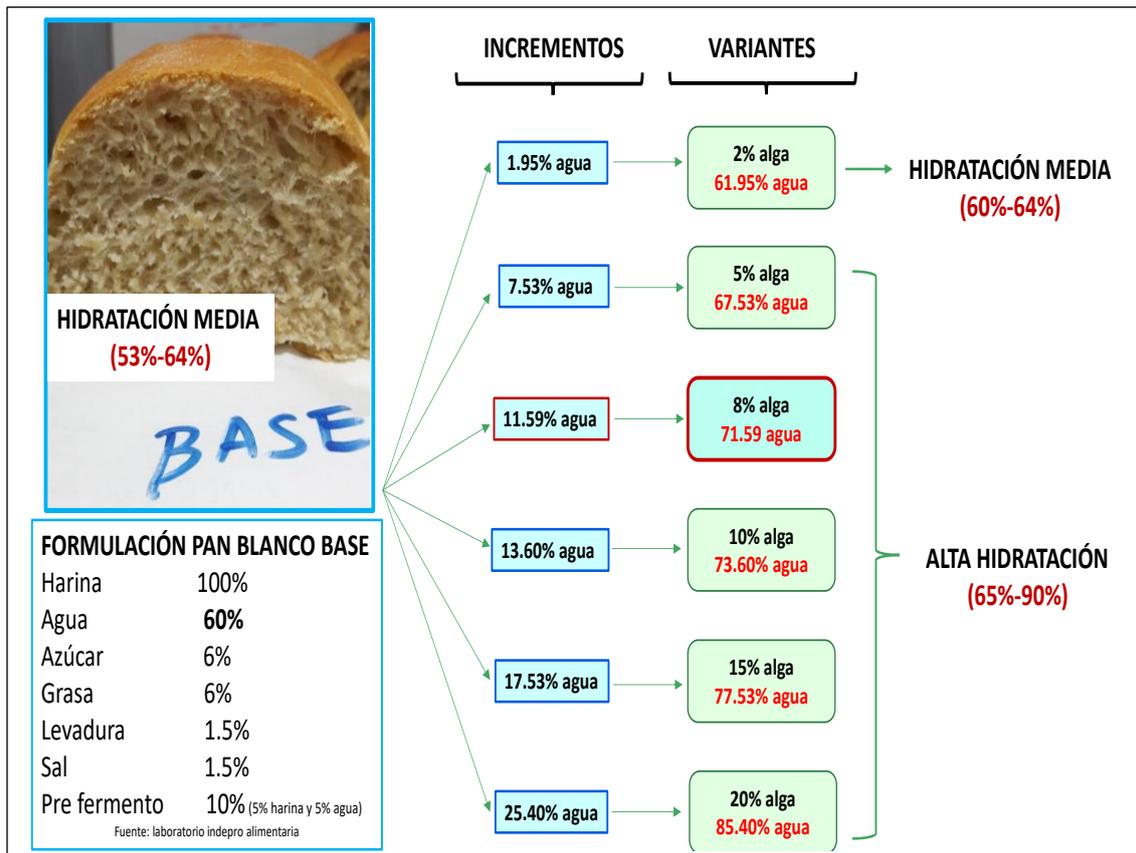


Figura 2. Incremento de los porcentajes de agua absorbida, en relación con porcentaje de adición de alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*)

5.1.3 De la evaluación de aceptabilidad por el consumidor del pan con agregado de alga *Chondracanthus chamissoi* deshidratada

El pan con los diferentes agregados de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) fue sometido a evaluación física comparativa con el pan elaborado con masa base sin agregado de alga deshidratada, determinándose que en el rango de agregado de alga a la masa panadera base aceptado fue entre el 5 y 8%, observándose que con dichos porcentajes el comportamiento de la masa en el proceso de su manipulación en la maquina amasadora y de corte eran muy similares a la masa sin agregado de alga; así mismo, se observó que el proceso de fermentado y el volumen de la miga fueron buenos. Los resultados de la prueba orientada al consumidor, para evaluar el sabor y aroma del pan, se presenta y observa en la figura 3.

[Handwritten signature]

Con los resultados de dicho estudio referencial, se elaboró un pan con porcentaje del 8,0% de agregado de “yuyo” deshidratado molido, el cual fue sometido a prueba orientada a los consumidores, cuyos evaluadores no fueron entrenados, tal como lo reporta Watts et al (1989), Arrabal (2000), obteniéndose los resultados que se presentan en la tabla 10.

Tabla 10
Resultado de la prueba orientada al consumidor

PRUEBA ORIENTADA A CONSUMIDOR DE PAN CON AGREGADO DEL 8,0% DE ALGAS									
Puntuación cuantitativa	Puntuación cualitativa	COLOR		SABOR		AROMA		TEXTURA	
		N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
5	Me gusta mucho	14	63.636	0	0.00	0	0.00	10	45.455
4	Me gusta	8	36.364	12	54.55	8	36.36	10	45.455
3	Indiferente	0	0.00	6	27.27	11	50.00	0	0
2	Me desagrada	0	0.00	2	9.09	2	9.091	2	9.09
1	Me desagrada mucho	0	0.00	2	9.09	1	4.545	0	0
Total		22	100.00	22	100.00	22	100.00	22	100.00

N: Total de Evaluadores

Fuente: Elaboración propia

5.2 Resultados inferenciales

5.2.1 De las Características físico químicas del alga deshidratada

De los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados por Certificaciones del Perú S.A. (CERPER), practicados al pan con 8,0% de agregado de harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) se observa que: la cantidad de proteína es de 8,96 g/100g que es ligeramente menor que el contenido de proteína de 9,1% del pan integral y 10.1% del pan francés reportado en la tabla de composición de alimentos del MINSA 2017 (Reyes García, Gómez-Sánchez Prieto, & Espinoza Barrientos, 2017), y por la tabla de composición de alimentos industrializados del Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2002) (Bejarano, y otros, 2002), respectivamente.

De igual manera, el contenido de grasa fue de 3,61 g/100g que es menor que el 9,0 g/100g del pan integral reportado en la tabla de composición de alimentos del MINSA y mayor que el 0,6 g /100g del pan francés reportado por la Instituto Nacional de Salud.

5.2.2 Del comportamiento de la masa panadera.

En la figura 3 se presenta el comportamiento de la masa panadera con los diferentes porcentajes de agregado de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) y sus efectos en la maquinabilidad de la masa (manipulación de la masa en máquina), maniobrabilidad (adaptabilidad de masa a su operación manual o en máquina), proceso de fermentación, volumen de la miga, absorción de agua y sabor y aroma del pan.

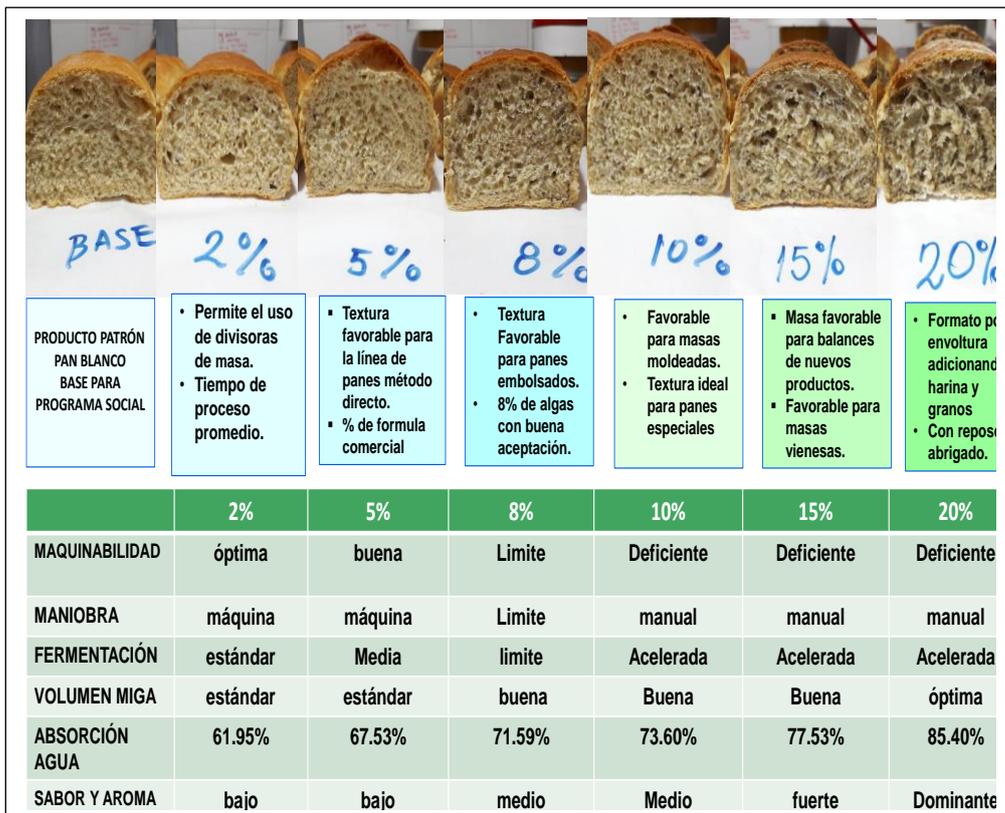


Figura 3. Características de la masa panadera con agregado de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratado
Fuente: Elaboración propia

5.2.3 De la Cinética de Deshidratado de la macroalga

a. La ecuación de correlación entre el porcentaje de agregado de harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) (x) en la masa panadera y el porcentaje de agua absorbida (y) fue:

$$y = 4.0511x + 54.881$$

El índice de correlación fue: $R^2 = 0.9735$

b. De los porcentajes promedio de agua absorbida, entre la masa panadera sin adición de alga (0%) y con adición de porcentaje (X%) de harina de “yuyo” deshidratada y molida, se obtuvieron los siguientes resultados:

i. Entre masa panadera base ($\bar{X}_{0\%}$) y con 2% de agregado de alga deshidratada, ($\bar{X}_{2\%}$):

$$H_0: X_{0\%} = X_{2\%}$$

$$H_a: X_{0\%} < X_{2\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,0141433 y el valor $t_0 = -1,6883$; y con el nivel de significancia de 0,05 no se rechaza la H_0 ; es decir, no existe diferencia significativa entre la cantidad de agua absorbida con el 2% de adición de alga *Chondracanthus chamissoi* deshidratada.

ii. Entre la masa panadera ($\bar{X}_{0\%}$) y masa con 5% de agregado de alga deshidratada ($\bar{X}_{5\%}$):

$$H_0: X_{0\%} = X_{5\%}$$

$$H_a: X_{0\%} < X_{5\%}$$

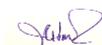
Se obtuvo la desviación de 0,0141433 y el valor $t_0 = -0,652$; y con el nivel de significancia de 0,05 no se rechaza la H_0 ; es decir, no existe diferencia significativa entre la cantidad de agua absorbida con el 5% de adición de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratada.

iii. Entre masa panadera base ($\bar{X}_{0\%}$) y con el 8% de agregado de alga deshidratada ($\bar{X}_{8\%}$):

$$H_0: X_{0\%} = X_{8\%}$$

$$H_a: X_{0\%} < X_{8\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,014185 y el valor $t_0 = -1,0006$; y con el nivel de significancia de 0,05 no se rechaza la H_0 ; es decir, no existe diferencia significativa entre la cantidad de agua absorbida con el 8% de adición de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratada.



- iv. **Entre masa panadera base ($\bar{X}_{0\%}$) y con el 10% de agregado de alga deshidratada ($\bar{X}_{10\%}$):**

$$H_0: X_{0\%} = X_{10\%}$$

$$H_a: X_{0\%} = X_{10\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,014156 y el valor $t_0 = -11,766$; y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la H_a ; es decir, si existe diferencia significativa entre la cantidad de agua absorbida con el 10% de adición de alga *Chondracanthus chamissoi* deshidratada.

- v. **Entre masa panadera base 0% de sustitución ($\bar{X}_{0\%}$) y con el 15% de agregado de alga deshidratada ($\bar{X}_{15\%}$):**

$$H_0: X_{0\%} = X_{15\%}$$

$$H_a: X_{0\%} < X_{15\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,014156 y el valor $t_0 = -15,1661$; y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la H_a ; es decir, si existe diferencia significativa entre la cantidad de agua absorbida con el 15% de adición de alga *Chondracanthus chamissoi* deshidratada.

- vi. **Entre masa panadera base 0% de agregado ($\bar{X}_{0\%}$) y con el 20% de agregado de alga deshidratada ($\bar{X}_{20\%}$):**

$$H_0: X_{0\%} = X_{20\%}$$

$$H_a: X_{0\%} < X_{20\%}$$

Se obtuvo la desviación de 0,014163 y el valor $t_0 = -21,96$; y con el nivel de significancia de 0,05 se acepta la H_a ; es decir, si existe diferencia significativa entre la cantidad de agua absorbida con el 20% de adición de alga *Chondracanthus chamissoi* deshidratada.

5.2.4 De la evaluación de aceptabilidad por el consumidor del pan

En base a la evaluación del pan elaborado, cuyos resultados se muestran en la figura 3, en el cual se observa que las características físicas de aceptabilidad por el consumidor fueron del 5 y 8%.

Considerando que lo que se busca es determinar los máximos porcentajes de agregado de alga deshidratada, es que el pan con el 8,0% de agregado fue sometido a una prueba orientada al consumidor observándose que el 81,82%, el 86,36% y el 90,91% de consumidores emitieron opinión favorable en cuanto al sabor, aroma y textura del pan con algas respectivamente. Lo indicado se visualiza en la tabla 10.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

- a. Dando respuesta a la primera hipótesis específica del estudio se obtuvo la ecuación de correlación entre el porcentaje de adición de harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) (x) en la masa panadera y el porcentaje de agua absorbida (y) fue de: $y = 4.0511x + 54.881$, con un índice de correlación $R^2 = 0,9735$.

Es decir, se observa una fuerte asociación entre el porcentaje de alga adicionada a la masa panadera y el porcentaje de agua que absorbe la masa; por ende, a mayor cantidad de alga deshidratada agregada a la masa panadera, mayor será la cantidad de agua que la masa absorbe. Existe tendencia positiva y la correlación de Pearson es muy fuerte.

De acuerdo con nuestra ecuación tenemos una pendiente de +4,0511 y un origen en la ordenada de 54.881, que es muy cercana al 60,0 que fue nuestro punto base de agua que absorbe la masa base, sin agregado de alga.

- b. La segunda hipótesis específica planteada indica que la capacidad de absorción de agua de la masa panadera es directamente proporcional a los porcentajes de sustitución de harina de trigo (*Triticum durum L.*) por harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) y no afecta negativamente en la calidad organoléptica del pan, lo cual ha sido demostrado con la cinética que se presenta en la figura 1, la correspondiente ecuación de correlación entre ambas variables y la correlación de Pearson; sin embargo, este incremento del alga deshidratada no afecta negativamente en la calidad organoléptica del pan hasta un máximo del 8,0% de agregado de alga, pues el pan mantiene sus características de sabor, aroma, color y textura aceptadas por



el consumidor, tal como se indica en la tabla 10. Por otro lado, las condiciones de maquinabilidad, maniobra, fermentación y volumen de la miga son aceptables hasta el 8,0% de agregado del alga, tal como se observa en la figura 3.

Es necesario indicar, que las indicadas características organolépticas del pan pueden ser mejoradas con una formulación de pan especial o con la adición de otros ingredientes que coadyuven en su presentación física y degustación.

c. La tercera hipótesis específica que establece que el porcentaje de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum* L.) por la harina de la macroalga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) será no menor al 15% y que este porcentaje no afectará negativamente en las características organolépticas del pan -de acuerdo con las condiciones de trabajo realizado- fue rechazada, pues el 15% de agregado de alga si afecta negativamente a las características de aceptabilidad por el consumidor. Lo indicado se corrobora con la prueba de “t” Student donde se estable que si existe diferencia significativa entre el pan sin agregado de alga deshidratada y la que tiene un agregado del 15,0%. Por otro lado, este porcentaje de agregado de alga si afecta negativamente a las condiciones de maquinabilidad y operación en planta de proceso.

d. El comportamiento de la masa panadera con los agregados de “yuyo” deshidratado y molido, que se presenta en la figura 3 muestra, que la evaluación organoléptica del pan es importante; sin embargo, también lo es evaluar las condiciones de manipulación de la masa durante el proceso de elaboración del pan, precisándose que en los aspectos de maquinabilidad y de manipulación manual o no de la masa, el rango máximo de agregado del alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) en la masa panadera básica es del 8,0% que, en este caso coincide con la aceptabilidad del pan, especialmente por el consumidor adulto.

Con porcentajes superiores de agregado de alga deshidratada, dicho comportamiento tendría que ser evaluado con masas de panes especiales o elaborados de manera artesanal.



e. De la comparación entre los panes elaborados con agregados del 2, 5, y 8% de “yuyo” deshidratado y molido, con el pan con masa básica -sin adición del alga- no hubo diferencia con el nivel de significativa de 0,05.

Para agregados del 10, 15 y 20% de alga si existe diferencia significativa con el pan sin adición del alga.

6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares

a. La ecuación de correlación entre el porcentaje de adición de harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) en la masa panadera y el porcentaje de agua absorbida fue de: $y = 4.0511x + 54.881$ con un índice de correlación $R^2 = 0,9735$ fue similar a la correlación obtenida por Hasmadi Mamat et al. (2014) en su estudio realizado en la absorción de agua por adición de porcentaje de alga roja (*Kappaphycus alvarezii*) deshidratada, agregada en masa panadera que fue de: $y = 4.883x + 55.131$, con un índice de correlación $R^2 = 0.959$, que fueron obtenidos con valores agregados de 0, 2, 4, 6, y 8% de alga roja (*Kappaphycus alvarezii*) deshidratada a la masa panadera y que se muestran en la tabla 11 y figura 4.

Tabla 11
Absorción de agua de harina de alga roja
(*Kappaphycus alvarezii*) en masa panadera

Muestra	Absorción de agua (%)
F1	58.53 ± 0.11
F2	65.47 ± 1.62
F3	71.17 ± 0.05
F4	76.10 ± 0.26
F5	77.63 ± 0.20

Fuente: Datos obtenidos de The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread. Hasmadi Mamat et al. (2014)

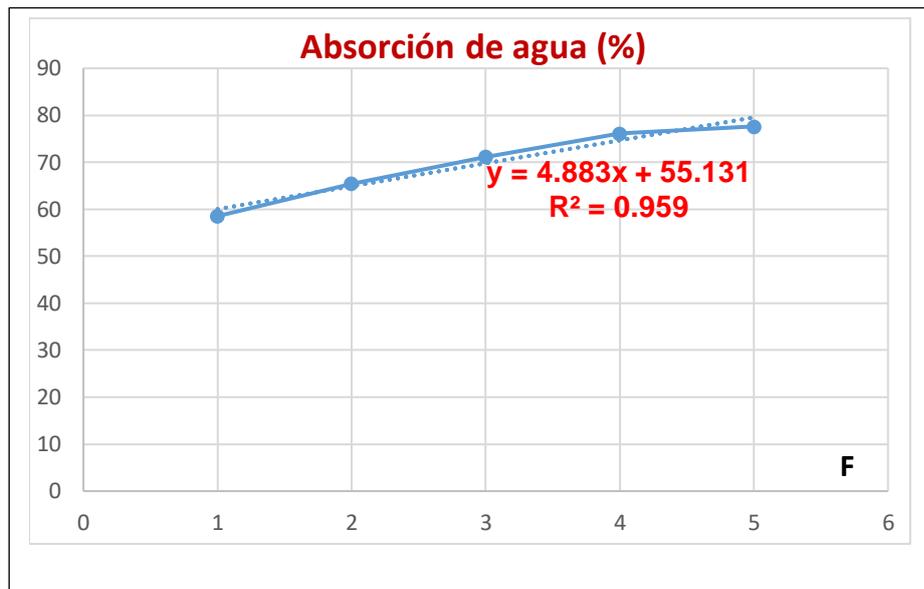


Figura 4. Absorción de agua de harina de alga roja (*Kappaphycus alvarezii*) en masa panadera
Fuente: Grafica elaborada con datos de Hasmadi Mamat et al. (2014).
Leyenda: F₁: 0.0%; F₂: 2.0%; F₃:4.0%; F₄:6.0%; F₅:8.0% de alga roja (*Kappaphycus alvarezii*) deshidratada, agregada a la masa panadera.

- b. La adición de 0 – 20% de harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) en la masa panadera incrementó la cantidad de agua absorbida entre el 60,0 y 85,40 %, que comparativamente tiene un comportamiento similar con los porcentajes de absorción de agua de la masa panadera entre el 58,53% y 77,63% que reportó Hasmadi y otros, 2014 para adiciones de polvo de alga roja del 2 – 8% para que la masa alcance los 500 BU (unidades Brabender).
- c. La capacidad de absorción de agua del “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*), del presente estudio muestra un comportamiento similar con el incremento de la absorción de agua en 63,0% para masas con adición superiores del 6,0% de harina del alga *Ascophyllum nodosum*; en 70,0% para la harina de *Bifurcaria bifurcata* con adición de harina del alga superiores al 3,0% y en 64,0% con la harina de *Ficus vesiculossus* con sustitución de porcentajes de harina del alga del 9,0% que reporta Arufe en su estudio Determination of thermal transitions of gluten-free chestnut flour doughs enriched with brown seaweed powders and antioxidants properties of baked cookies, 2019.

- d. Estudios del índice de absorción de agua (IIA) del alga roja, *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*) deshidratada alcanzó valores de $13,5 \pm 0,6$ g/g. reportados por Morales y otros en 2019, muestra que los agregados de algas deshidratadas a una masa incrementan la cantidad de agua que absorbe, tal se reporta en el presente estudio.
- e. Los resultados de la evaluación sensorial del presente estudio muestran que el volumen y la altura del pan elaborado fue similar al del pan tradicional elaborado sin adición de alga; sin embargo, este incremento no es concordante con lo reportado por Hasmadi y otros, 2018 quienes indican que la adición de polvo de alga roja (*Kappaphycus alvarezii*) con incorporaciones del 2-10% ,a la harina de trigo en la elaboración de muffins, ocasiona una reducción en la altura, el volumen y el volumen específico del muffin. Así mismo, de acuerdo con los datos del análisis del perfil de textura experimental, las algas marinas afectaron las características de textura de los muffins, aumentando la dureza y disminuyendo la elasticidad (Hasmadi, Jahurul, & Mohamad, The Influence of Seaweed Composite Flour on the Physicochemical Properties of Muffin, 2018).
- f. El presente estudio de POC mostró que el agregado de hasta el 8,0% de harina de “yuyo” tuvo resultados favorables en el color, sabor, aroma y textura del pan, a diferencia de Hasmadi quién indica que la evaluación sensorial reveló que el polvo de algas marinas podría usarse en la formulación de panecillos hasta en un 6%, sin afectar significativamente los atributos de color, aroma y sabor. Sin embargo, para la aceptabilidad general, los panelistas prefirieron muffins sin polvo de algas marinas (Hasmadi, Jahurul, & Mohamad, The Influence of Seaweed Composite Flour on the Physicochemical Properties of Muffin, 2018).
- g. El análisis físico químico del pan con el 8% de “yuyo” establece que el contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, cenizas, humedad, y Aw fue de: 8,96; 3,61; 53,96; 1,60; 31,87 y 0,94; respectivamente, a diferencia de la proteína, grasa, carbohidratos totales y humedad del pan integral -sin adición de alga- reportado en la tabla de composición de alimentos elaborado por el MINSA, cuyos valores son de 9,1; 9,0,55,5 y 24,3; y a lo reportado para proteínas, grasa, carbohidratos, ceniza, humedad para el

pan francés cuyos valores son de 10,1; 0,6; 60,6; 1,2: 27,5 respectivamente reportado por el INS.



6.3 Responsabilidad ética

El presente estudio se ha desarrollado en cumplimiento a la reglamentación que norman las actividades de investigación que se desarrollan en la Universidad Nacional del Callao, al código de ética del docente universitario de la UNAC y al código de Conducta Responsable del Investigador que emite el CONCYTEC.

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 los recursos naturales serán utilizados para la alimentación humana y no se ha experimentado con animales.

La Organización de las Naciones Unidas, por intermedio de la FAO, indica que a nivel mundial aproximadamente 781 millones de personas viven en estado de desnutrición o de malnutrición crónica, por ello es responsabilidad de nuestros países e instituciones -entre ellas las universidades- que busquemos nuevas alternativas para la producción de alimentos en los niveles industrial, semi industrial, artesanal o utilizando las tecnologías que cada población tenga a su disponibilidad.

Quienes formamos parte de la sociedad tenemos que ser capaces de diseñar nuestros alimentos en la cantidad suficiente de manera que coadyuemos a combatir el flagelo del hambre que nosotros mismos ocasionamos.

Por otro lado, tenemos que capacitar a nuestros semejantes, sin distinción de raza, sexo, nacionalidad, credo ni condición social para que estén preparados para afrontar la desnutrición y sepan realizar un adecuado balance alimenticio con los recursos que cada sociedad o familia disponga.

Por lo indicado, nuestra responsabilidad ética es precisamente, buscar nuevas alternativas, de las que disponemos, para diseñar, elaborar y enseñar a elaborar a la población alimentos utilizando los propios recursos naturales que cada región o país dispone. Por ello, nuestra responsabilidad ética es

enmarcar nuestras actividades y acciones dentro de una cultura de los valores para evitar seguir deshumanizándonos.



CONCLUSIONES

1. La ecuación de la cinética de absorción de agua por la masa panadera con adición de harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) fue:
 $y = 4.0511x + 54.881$.
2. El índice de correlación, entre el porcentaje de adición de harina de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) agregado a la masa panadera y el porcentaje de agua absorbida fue: $R^2 = 0,9735$.
3. Los porcentajes promedio de agua absorbida para los agregados de alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratada molida del 2,0; 5,0; 8,0; 10,0; 15,0 y 20,0% fue de 1,95; 7,53; 11,59; 13,60; 17,53 y 25,40%, respectivamente.
4. La masa panadera con el 2,0% de agregado de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) se considera de mediana hidratación y las masas panaderas con 5,0; 8,0; 10,0; 15,0; y 20,0% son masas de alta hidratación.
5. El 8,0% de agregado del alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) es el límite promedio que proporciona características de textura favorable para el pan y que proporciona características de maquinabilidad y operatividad del proceso utilizando equipos. Con porcentajes superiores de alga el proceso deberá de ser en condiciones manuales o artesanales.
6. No existe diferencia significativa del 0,05 - en el compartimiento de la masa panadera- entre la cantidad de agua absorbida por la masa panadera con agregado de alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) del 2,0; 5,0 y 8,0% y la masa base sin agregado de alga. Pero para porcentajes de adición de alga de 10, 15 y 20 % esta diferencia de comportamiento si es significativa.
7. En la aceptabilidad del producto, mediante prueba orientada al cliente el porcentaje de adición de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) deshidratado máximo aceptado fue del 8,0%. En una prueba

preliminar para consumidores niños, el máximo porcentaje aceptado fue del 5,0%.



8. El análisis fisicoquímico del pan con alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) arrojó los siguientes resultados:

a. Proteínas	: 8,96 g/100g
b. Grasas	: 3,61 g/100g
c. Carbohidratos	:53,96 g/100g
d. Cenizas	: 1,60 g/100g
e. Humedad	:31,87 g/100g
f. Actividad de agua	: 0,94
g. Azúcares totales	: 3,9 g/100g
h. Azúcares reductores	: 3,16 g/100g

RECOMENDACIONES

1. Para mejorar la aceptabilidad del pan con el alga “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) sería conveniente realizar los siguientes estudios:
 - a. Elaborar un pan con solo el agregado del 5,0% de alga e incrementar a un 10,0% el contenido de azúcar en la formulación, manteniendo en 6,0% el contenido de grasa, para que el pan sea considerado como alimento saludable.
 - b. Elaborar un pan agregando el 5,0% de alga y enriqueciéndolo con otras harinas multigrano para mitigar las características sensoriales de la materia prima de origen hidrobiológico.
2. Sobre la formulación del pan con características de producto saludable.
 - a. Evaluar el agregado de hasta el 15,0% de harinas sucedáneas (sin gluten) y el porcentaje correctivo en la taza de hidratación para la masa panadera baja en azúcar y grasa. Paralelamente evaluar la reducción del tamaño de la partícula de la harina de “yuyo”.

- b. Evaluar una hidratación máxima para la masa panadera del 80% al 85%, con masas de fermentación larga, para un proceso de elaboración de los panes de manera artesanal o elaborados a mano.
 - c. Estudiar el pan elaborado con el agregado del 5% de “yuyo” (*Chondracanthus chamissoi*) como producto base para su complementación con rellenos enriquecidos y convertirlo en un producto para la lonchera saludable de niños en edad escolar.
3. Con la finalidad de mejorar las condiciones de maquinabilidad y manipulación de la masa panadera en el proceso de producción, con equipos, se podría realizar los estudios que se indican:
- a. Realizar estudios para evaluar formular panes con el 8,0% de agregado de harina de “yuyo” con el agregado de harinas aromáticas multicereal para contra restar la alta hidratación de la masa panadera y permita la maniobra de formato durante el corte-división de la masa y manipulación de la masa para una correcta fermentación panadera.
 - b. Realizar estudios de evaluación con agregados de “yuyo” en promedio del 15,0%, agregando cantidades de harina multicereal con un proceso de elaboración del pan por el método directo y con agregados de hasta un 30% de “yuyo” con métodos de elaboración de pan con prefermento, esponja, masa madre y con proceso de fermentación largo.
 - c. Evaluar el control de la humedad del pan con técnicas que utilizan productos pregelatinizados o con la incorporación de mejoradores de masa o enzimas para el mejoramiento de la calidad sensorial y microbiológica.
 - d. Estudiar las condiciones y parámetros de horneado de los productos de panificación enriquecidos pues estas afectan fundamentalmente los factores de aceptabilidad, debido a las condiciones de transferencia de calor en la bóveda de horneado y a las características térmicas del horno.
 - e. Realizar estudios de transferencia térmica en los de los diversos tipos de hornos panaderos en los diferentes procesos y ecosistemas de producción, pues los estudios existentes solo miden las variables del proceso en áreas geográficas ubicadas entre los 0 - 500 msnm.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABC de la panadería. (10 de 01 de 2000). *pastelería.com/artículo/200001/1550-elabc-de-la-panaderia*.
- Alamo, A. (2019). *Que son los alimentos funcionales*. Bon Viveun.
- Arrabal, M. y. (2000). Prueba de aceptabilidad en miel. *INVENIO*, 141-147.
- Arufe, S. S. (2019). Determination of thermal transitions of gluten-free chestnut flour doughs enriched with brown seaweed powders and antioxidants properties of baked cookies. *Heliyon*, 5, 1- 8. doi:http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01805
- ASEMAC. (2012). *Manual de Calidad de panadería, bollería y pastelería*. Lima: Publicaciones ASEMAC.
- Badui Dergal, S. B. (1993). *Química de los Alimentos*. USA: Addison Wesley Longman.
- Bejarano, I., Bravo, A. M., Mayola H., D., C., H. H., Roca, N. A., & y Rojas Ch., E. (2002). *Tabla de Composición de Alimentos Industrializados*. Lima, Perú.: MINSA, INS. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.
- Blanco Arauco, G., Cárdenas Romero, S., Chávez-Arroyo, E., Espinoza Rojas, S., Mendoza Jiménez, R., & Oblitas Cavero, K. y. (2020). *Consumo de algas en el Perú*. Lima: UNALM-Facultad de Pesquería.
- Brownlee, I. G. (2018). *The impact of dietary fibres on the physiological processes of the large intestine*. USA: Bioactive-Carbohidrates and Dietary Fiber. Elsevier Press.
- Buendía Medina, M. y. (2016). *Panadería y Pastelería Comercial*. Lima: Macro E.I.R.L.
- Bushuk, W. H. (1997). Effects of mechanical dough development on the extractibility of wheat storage proteins from bread dough. *Cereal Chemical*, 77, 389-395.
- Cáceres, J., Peralta, J., & Guerrero, E. y. (2017). *La utilización del alga Porphyra spp deshidratada y desmunuzada en la elaboración del pan dulce (karamanduca)*. Callao, Lima: UNAC.
- Callejo, M. (2002). *Industria de cereales y derivados*. Madrid: AMV-Mundi-Prensa.
- Campbell, D. S. (1995). *Diseños Experimentales y Cuasi Experimentales en la Investigación Social*. Buenos Aires. Argentina: Amarroutu, editores. ISBN: 950-518-042-X.

Cavain, P. S. (2002). *Fabricación de pan*. Zaragoza, España: Acribia S.S.



CETECE. (20 de Diciembre de 2021). <https://www.cetece.net/joomla/index.php/comunicacion/elaboraciones-del-cetece/elaboraciones-de-panaderia/masas-segun-hidratacion>.

Chandra, S. S. (2014). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3681-3688.

Chapela. (15 de diciembre de 2020). <https://chapela.es/que-es-la-masa-madre/>.

Delcour, J. A. (2010). *Principles of Cereal Science and Technology*. Kansas, USA: AACC International.

Figueroa Eugenio, V. (2005). *Biodiversidad Marina: Valoración, usos y perspectivas. ¿Hacia donde va Chile?* Santiago de Chile: Editorial Universitaria. Universidad de Chile, Centro Nacional del Medio Ambiente, Departamento de Economía.

Flores-Farias, R. M.-B.-M. (2002). Characterization of comercial nintamalized maize flours. *Agrociencia*, 36(5), 557-567.

Hasmadi, M., Chen, Y. W., Mansoor, A. H., Jahurul, M. H., Pusiran, A. K., & Zainol, y. M. (2021). Assessment of dough rheological characteristics and soft bread roll quality of wheat flour incorporated with seaweed powder. *British Food Journal*.

Hasmadi, M., Jahurul, M. H., & Mohamad Khairi Zainol & Yu Ai, L. (2018). The Influence of Seaweed Composite Flour on the Physicochemical Properties of Muffin. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 635-642.

Hasmadi, M., Matanjun, P., Ibrahim, S., Md Amin, S., Abdal Hamid, M., & y Rameli, A. (2013). The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread. *Journal Appl Phycology*, 1-6. doi:DOI 10.1007/s10811-013-0082-8

Hasmadi, M., Matanjun, P., Ibrahim, S., Siti Faridah, M., Hamid, M. A., & Rameli, A. S. (2014). The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread. *Journal of Applied Phycology*, 1057-1062.

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.gov.pe/prensa/noticias/desnutricion-cronica-afecto-al-129-de-la-poblacion-menor-de-cinco-anos-de-edad-en-el-ano-2017-10773/>

Instituto de Estudios Económicos y Sociales (IEES), S. N. (18 de julio de 2018). <http://www.sni.org.pe/julio-2018-reporte-sectorial-panaderia/>.

Kadam, S. &. (2010). Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. *Food Research International*, 43(8), 1975-1980.

- Kaditzky, S., & Vogel, R. (2008). Optimization of exopolysaccharide yields in sourdoughs fermented by lactobacilli. *Europe Food Research Technology*, 291-299 .
- Lacoste, P., Castro, A., & Mujica, F. &. (2017). *Patrimonio y desarrollo territorial: Productos típicos alimentarios y artesanales de la región O'Higgins. Identidad, historia y potencial de desarrollo*. Santiago de Chile: P. Lacoste.
- Madrid, A. &. (2001). *Nuevo Manual de Industrias Alimentarias* . Madrid: AMV-Mundi-Prensa.
- Mercola.com. (03 de 07 de 2015). *Tome control de su salud*. Obtenido de <http://espanol.mercola.com/boletin-de-salud/como-el-pan-de-harina-blanca-refinada-afecta-su-salud.aspx>
- Mesas, J. &. (2002). El pan y su proceso de elaboración. (S. M. Alimentos, Ed.) *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(5), 307-313.
- Montgomery, D. C. (2004). *Control Estadístico de Calidad*. México: Limusa WEiley.
- Morales, C. A., Schwartz, M., Sepúlveda, M., & y Quitral, V. (2019). Composición química y propiedades tecnológicas de alga roja, *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*). *RECyT (Revista de Ciencia y Tecnología)*, 59-67.
- Muñoz, G. (2008). *Propiedades tecnológicas de harina de piñones crudos y cocidos. Tesis Ingeniero Agrónomo y Magister en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agroindustrial*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Santiago de Chile: Universidad Nacional de Chile.
- 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.
- Palasi, J. (2015). *Caracterización fisico-química y nutricional de algas en polvo empleadas como ingrediente alimentario*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Panarras. (16 de octubre de 2013). *Panarras.com/index.php/home/recetas/panes-enriquecidos*.
- Reyes García, M., Gómez-Sánchez Prieto, I., & Espinoza Barrientos, C. (2017). *Tabla de Composición de Alimentos*. Lima-Perú: MINSA- Instituto Nacional de Salud.
- Riofrio Vargas, O. (2003). *Efecto de la variabilidad térmica sobre la biología vegetativa y reproductiva de Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kützing (rhodophyta) en la Bahía de Ancón, Perú*. Lima, Perú.: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

RPP. (31 de enero de 2016). <https://rpp.pe/lima/actualidad/conoce-las-bondades-nutricioinales-de-las-algas-marinas-noticia-778778?ref=rpp>.

Suhaila, M. S. (2012). *Seaweeds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy*. USA: Trends in Food Sci Technology.

Sumarriva Bustinza, L., Castro Luna, A., & Sotelo Méndez, A. &. (2019). Evaluación biológica de proteína, vitaminas, minerales y aminoácidos del alga comestible *Ulva lactuca* "Lechuga de mar" del litoral peruano. *Sociedad Química del Perú*.

Thiele, C., S., G., & Gänzle, M. (2004). Gluten hydrolysis and depolymerization during sourdough fermentation. *Journal Agriculture Food Chemical*, 307-314.

Universidad Arturo Pratt. (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).

Valencia, F. &. (2006). Caracterización físicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Medellín*, 13(2), 54-60.

Vidal, L., & O´Ryan, R. (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.

Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., & y Elias, L. (1989). *Basic sensory methods for food evaluation*. Otawwa, Ontario, Canada: International Development Research Center.

Yaich, H., Garna, H., Bchir, B., Besbes, S., Paquot, M., Richel, A., . . . Attia, H. (2015). Chemical composition and functional properties of dietary fibre extracted by Englyst and Prosky methods from the alga *Ulva lactuca* collected in Tunisia. *Algal Research*, 65-73.

ANEXOS

Anexo A. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología	Población
<p>Problema general:</p> <p>¿En qué medida la sustitución parcial de la harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por harina de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) permitirá evaluar la capacidad de absorción de agua de la masa y obtener un pan con alga, con características físicas similares a mejores que el pan sin alga?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar la capacidad de absorción de agua de la masa para los diferentes niveles de sustitución de la harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por harina de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) deshidratada y molida, sin afectar negativamente las características físicas del pan.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La capacidad de absorción de agua de la masa es directamente proporcional con los porcentajes de sustitución de la harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por harina de la macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) y no afectará negativamente a las características físicas del pan sin sustitución.</p>	<p>Tipo</p> <p>La investigación fue:</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 constituyó ocho mil cuatrocientos sesenta gramos (8,460 g) de masa panadera para cada uno de siete tratamientos.</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>a. ¿Con la evaluación parcial de los niveles de sustitución de la harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por harina de macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) podemos obtener una cinética de la capacidad de absorción de agua de la masa panadera?</p> <p>b. ¿La capacidad de absorción de agua</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>a. Evaluar los niveles de sustitución de la harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por harina de macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) para obtener una cinética de la capacidad de absorción de agua de la masa panadera.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a. La evaluación de la masa panadera con diferentes niveles de sustitución de la harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por harina de macroalga “yuyo” (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) permitirá obtener una cinética de la capacidad de absorción de agua de la masa panadera con tendencia positiva.</p>	<p>Método:</p> <p>Experimental.</p>	<p>Muestra.</p> <p>De cada repetición por tratamiento, se evaluaron 8 panes de 350 gramos cada uno.</p>

<p>de la masa panadera elaborada con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por harina de "yuyo" (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) permitirá evaluar la calidad organoléptica del pan?</p>	<p>b. Determinar la capacidad de absorción de agua de la masa panadera elaborada con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por harina de "yuyo" (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) y evaluar su efecto en la calidad organoléptica del pan y en su proceso de elaboración.</p>	<p>b. La capacidad de absorción de agua de la masa panadera es directamente proporcional a los porcentajes de sustitución de harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por harina de "yuyo" (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) y no afecta negativamente en la calidad organoléptica del pan ni en su proceso de elaboración.</p>		
<p>c. ¿Será posible determinar el máximo porcentaje de sustitución de la harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por la harina de la macroalga "yuyo" (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) sin afectar negativamente las características organolépticas del pan?</p>	<p>c. Determinar el máximo porcentaje de sustitución de la harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por la harina de la macroalga "yuyo" (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) sin afectar negativamente las características organolépticas del pan.</p>	<p>c. El porcentaje de sustitución de la harina de trigo (<i>Triticum durum</i> L.) por la harina de la macroalga "yuyo" (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) será no menor al 15% sin afectar negativamente las características organolépticas del pan.</p>		

Anexo B. Adquisición del “yuyo”



Fuente: Elaboración propia

Anexo C. Lavado, escurrido y pesado del “yuyo” fresco



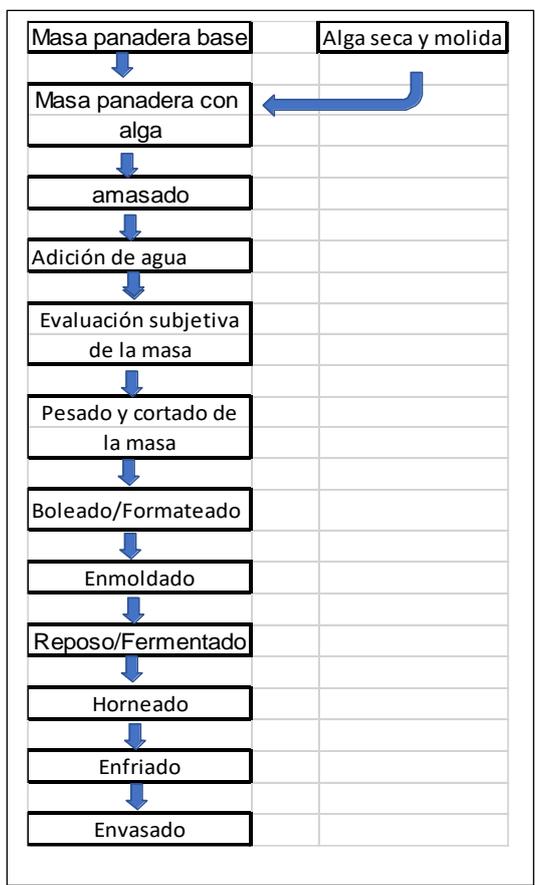
Fuente: Elaboración propia

Anexo D. Proceso de deshidratado del “yuyo”



Fuente: Elaboración propia

Anexo E. Proceso de elaboración de pan



Fuente: Elaboración propia

Anexo F. Proceso de mezclado de masa



Fuente: Elaboración propia

Anexo G. Evaluación de la masa panadera



Fuente: Elaboración propia

Anexo H. Boleado o formateado de pan



Fuente: Elaboración propia

Anexo I. Enmoldado del pan



Fuente: Elaboración propia

Anexo J. Formateado de pan manual



Fuente: Elaboración propia

Anexo K. Muestras de pan antes de horneado



Fuente: Elaboración propia

Anexo L. Muestras de pan horneado



Fuente: Elaboración propia

INFORME DE ENSAYO N° 1-00678/22

Pág. 1/2

Solicitante : **CACERES PAREDES, JOSÉ RAMÓN**
 Domicilio legal : Jr. Marte #357 Urb. Las Brisas – Cercado de Lima – Lima – Lima
 Producto declarado : **PAN ENRIQUECIDO CON ALGAS DESHIDRATADAS**
 Cantidad de Muestras para el Ensayo : 1 muestra x 790 g
Muestra proporcionada por el solicitante
 Forma de Presentación : Envuelto en lámina film y conservado a temperatura ambiente.
 Fecha de recepción : 2022 - 01 - 07
 Fecha de inicio del ensayo : 2022 - 01 - 11
 Fecha de término del ensayo : 2022 - 01 - 25
 Ensayo realizado en : Laboratorio Físico Química- Cromatografía / Físico Química – Alimentos / Laboratorio Subcontratado
 Identificado con : **H/S 22000186 (EXAI-00329-2022)**
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Ensayo	Resultado
(1) Actividad de Agua	0,94

(1) Ensayo subcontratado No acreditado

Análisis Cromatografía - HPLC:

Ensayo	LCM	Unidad	Resultados	
Azúcares Individuales y Totales	Fructosa	0,70	g/100 g	<0,70
	Glucosa	0,70	g/100 g	0,77
	Lactosa	0,70	g/100 g	<0,70
	Maltosa	0,70	g/100 g	2,39
	Sacarosa	0,70	g/100 g	0,74
Azúcares Totales	-	g/100 g	3,9	
Azúcares Reductores	-	g/100 g	3,16	

LCM: Límite de cuantificación del método

Análisis Físico Químico:

Ensayos	Unidad	Resultados
Proteína (N x 6,25)	g/100 g	8,96
Grasa (Por Hidrólisis Ácida)	g/100 g	3,61
Humedad	g/100 g	31,87
Ceniza	g/100 g	1,60
Carbohidratos Totales	g/100 g	53,96

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”



INFORME DE ENSAYO N° 1-00678/22

Pág. 2/2

MÉTODOS

Azúcares individuales y Totales: AACC 80-04.01. 11 th Ed 2009. Determination of simple sugars in cereal products.HPLC.Method.

(1) Actividad de Agua: Lectura Directa en Equipo para medir Aw. AQUA LAB.

Carbohidratos totales: Por cálculo.

Ceniza: AOAC 935.39 (B), c32, 21st Ed. 2019. Baked Products. Ash.

Grasa: AOAC 935.39 (D), c32, 21st Ed. 2019. Baked Products.

Humedad: NTP 206.011. 2018. BIZCOCHOS, GALLETAS Y PASTAS O FIDEOS. Determinación de humedad.

Proteína: AOAC 984.13, c4, 21st Ed.2019. Protein (Crude) in Animal Feed and Pet Food. Cooper Catalyst Kjeldahl Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 25 de enero de 2022

RF

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.



ING. SONIA GARCÍA CANALES
E.I.P. 33422
ASIST. GESTION LABORATORIOS

“ EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD



FIRMA DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO



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

John