



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**INFLUENCIA DE DIFERENTES PROPORCIONES DE
HARINA DE LA CIANOBACTERIA “NOSTOC
SPHAERICUM” SOBRE LOS PARÁMETROS DE
CALIDAD DE UNA HAMBURGUESA DE CARNE DE
CERDO**

**PRESENTADA POR
CARLOS ENRIQUE RODRÍGUEZ RIVERA**

**ASESOR
DIOMEDES FERNANDO RAMOS ESCUDERO**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

LIMA – PERÚ

2021



CC BY-NC

Reconocimiento – No comercial

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, y aunque en las nuevas creaciones deban reconocerse la autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**INFLUENCIA DE DIFERENTES PROPORCIONES DE HARINA DE LA
CIANOBACTERIA “*NOSTOC SPHAERICUM*” SOBRE LOS
PARÁMETROS DE CALIDAD DE UNA HAMBURGUESA DE CARNE
DE CERDO**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

PRESENTADA POR

RODRÍGUEZ RIVERA, CARLOS ENRIQUE

ASESOR

RAMOS ESCUDERO, DIOMEDES FERNANDO

**LIMA – PERÚ
2021**

DEDICATORIA

A Elma y César, a mamá y papá, a quienes les agradezco su paciencia y apoyo incondicional, y no perder la fe ni la esperanza en mí.

A mi hermano, quien a pesar de la distancia, siempre me ofrece un consejo y una palabra de aliento y es un ejemplo a seguir.

A mi padrino Rolando, por su firme, decidido y permanente apoyo, ya que sin su constante colaboración me hubiera resultado más difícil concluir esta meta.

A mis amigos y compañeros de la universidad, quienes me enseñaron que no hay obstáculos que no se puedan superar y lecciones para poder crecer.

Al Dr. Fernando Ramos Escudero, por su asesoría durante este trabajo de investigación, especialmente, en estos tiempos tan difíciles.

A mi casa de estudios, por la formación profesional que me brindó

Finalmente, dedico este trabajo, para aquel genio sin talento, joven, ambicioso que duda de sí y no quiere perder el tiempo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Situación problemática	3
1.1 Definición del problema	3
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivo General	3
1.4 Objetivos específicos	3
1.5. Importancia de la investigación	4
1.6 Vialidad de la investigación	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.2 Bases teóricas	9
2.3 Teorías relacionadas	12
2.4 El Cushuro	22
2.5 Definición de términos básicos	25
CAPÍTULO III. DISEÑO EXPERIMENTAL	
3.1 Lugar de ejecución	29
3.2 Materia prima	29
3.3 Equipos y materiales	29
3.4 Materiales de laboratorio	31

3.5 Otros equipos	32
3.6 Reactivos	
3.7 Insumos para elaborar hamburguesa de cerdo con <i>Nostoc Sphaericum</i>	32
3.8 Secuencia del desarrollo experimental	33
3.9 Preparación de la harina de <i>Nostoc Sphaericum</i>	34
3.10 Evaluación de las características fisicoquímicas de la harina de <i>Nostoc Sphaericum</i>	36
3.11 Análisis proximal	36
3.12. Propiedades tecnofuncionales	39
3.13 Análisis de color	40
3.14 Análisis de pigmentos vegetales	41
3.15 Formulaciones de la hamburguesa de cerdo con <i>Nostoc Sphaericum</i>	41
3.16 Elaboración de la muestra patrón	42
3.17 Análisis del perfil de ácidos grasos e índices nutricionales	43
3.18 Evaluación de dienos y trienos conjugados	44
3.19 Análisis microbiológico	44
3.20 Evaluación sensorial	45
3.21 Evaluación de pérdida de cocción, reducción de diámetro y espesor	45
3.22. Perfil de textura (Dureza)	46
3.23. Aproximación general respecto a los costos	46
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	47
4.1. Análisis organoléptico y proximal de la materia prima	47
4.2 Análisis de la harina de cushuro (<i>Nostoc Sphaericum</i>)	48
4.3 Propiedades tecnofuncionales.	51
4.4 Análisis de color	56
4.5 Pigmentos vegetales	57
4.6 Elaboración de la hamburguesa	57
4.7 Análisis del producto terminado	59

4.8 Análisis microbiológico	60
4.9 Evaluación sensorial	61
4.10 Pérdida por cocción (cooking lost)	66
4.11 Perfil de textura	67
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	68
5.1 Análisis organoléptico del cushuro fresco	68
5.2 Rendimiento en el secado	69
5.3 Densidad aparente	69
5.4 Análisis proximal	70
5.4 Propiedades tecnofuncionales	74
5.5 Análisis de color	82
5.6 Pigmentos vegetales	83
5.4 Elaboración de la hamburguesa	83
5.5 Perfil de ácidos grasos	85
5.6 Índices nutricionales (AI, TI, h/H)	90
5.7 Dienes y trienos conjugados	91
5.8 Análisis microbiológico	93
5.9 Evaluación sensorial	93
5.10 Pérdida de cocción	95
5.11 Perfil de textura	95
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	99
FUENTES DE INFORMACIÓN	100
ANEXOS	114

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Formas coloniales de las ciano bacterias	14
Figura 2. Secuencia detallada del diseño experimental	33
Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de harina de cushuro.	35
Figura 4. Diseño experimental	42
Figura 5. Muestra fresca antes de entrar al deshidratador	49
Figura 6. Muestra deshidratada	49
Figura 7. Prueba de hinchamiento a las 24 horas	53
Figura 8. Capa emulsificada	54
Figura 9. Estimación de la capacidad de gelificante de la harina de <i>Nostoc Sphaericum</i> .	55
Figura 10. Capacidad de gelificante de la harina de <i>Nostoc Spahericum</i> a diferentes concentraciones	56
Figura 11. Color de harina de cushuro	56
Figura 12. Preferencia de atributos en la muestra 265 (5%)	61
Figura 13. Preferencia de atributos en la muestra 536 (7%)	62
Figura 14. Preferencia de atributos en la muestra 367 (10%)	62
Figura 15. Enfrentamiento por atributo olor de las 3 muestras.	63
Figura 16. Enfrentamiento por atributo sabor de las 3 muestras.	63
Figura 17. Enfrentamiento por atributo color de las 3 muestras.	64
Figura 18. Enfrentamiento por atributo jugosidad de las 3 muestras.	64
Figura 19. Enfrentamiento por atributo ternura de las 3 muestras.	65
Figura 20. Enfrentamiento aceptabilidad general de las 3 muestras.	65
Figura 21. Preferencia de panelista por atributos	66

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Propiedades tecno-funcionales de las proteínas y sus aplicaciones en diversos alimentos	11
Tabla 2. Riesgos a la salud causados por cianobacterias y algas de agua dulce en aguas recreacionales	20
Tabla 3. Análisis de metales en los polisacáridos de dos variedades de <i>Nostoc</i> , expresados en ppm	20
Tabla 4. Taxonomía del <i>Nostoc Sphaericum</i>	22
Tabla 5. Distribución geográfica en el Perú sobre el <i>Nostoc</i>	23
Tabla 6. Ácidos grasos saturados y sus fuentes principales	26
Tabla 7. Equipos usados durante la investigación.	30
Tabla 8. Material usado durante la investigación	31
Tabla 9. Reactivos usados durante la investigación	32
Tabla 10. Insumos usados en la elaboración de hamburguesa y su función en la matriz alimentaria.	32
Tabla 11. Formula control	43
Tabla 12. Código de pruebas	45
Tabla 13. Atributos organolépticos del <i>Nostoc Sphaericum</i> .	47
Tabla 14. Análisis proximal de la muestra de carne de cerdo, corte de pierna.	48
Tabla 15. Rendimiento para la obtención de <i>Nostoc</i> seco	48
Tabla 16. Resultados de la densidad aparente	50
Tabla 17. Resultados de análisis proximal de la harina de cushuro obtenida	50
Tabla 18. Resumen de resultados elaborados por duplicado	51
Tabla 19. Capacidad de retención de agua	51

Tabla 20. Resultados respectos CRAc	51
Tabla 21. Resultados de la CA	52
Tabla 22. Resultado de capacidad de hinchamiento	52
Tabla 23. Porcentaje de la capa emulsificada	53
Tabla 24. Capacidad gelificante	54
Tabla 25. Porcentaje de la concentración de harina de Nostoc para la formación de gel	55
Tabla 26. Análisis de color	57
Tabla 27. Pigmentos vegetales	57
Tabla 28. Fórmula para la elaboración de hamburguesa	58
Tabla 29. Grasa en las muestras de hamburguesa de cerdo por cada tratamiento	58
Tabla 30. Perfil de ácidos grasos de las muestras (mg/g)	59
Tabla 31 Datos de perfil de ácidos grasos expresados en porcentaje relativo	59
Tabla 32. Resultados de los índices nutricionales datos expresados en porcentaje	60
Tabla 33. Resultados de evaluación de dienos y trienos conjugados.	60
Tabla 34. Resultados de la evaluación microbiológica para el producto terminado de hamburguesa de cerdo con harina de Nostoc.	61
Tabla 35. Preferencia de los panelista por muestra	66
Tabla 36. Perdida por cocción	67
Tabla 37. Perfil de textura atributo de dureza expresada en Newton	67
Tabla 38. Desempeño del CRA del cushuro sobre otras especies.	75
Tabla 39. Comparativa de CRAc en distintas especies.	77
Tabla 40. Resultados de la capacidad de hinchamiento en distintas especies.	79
Tabla 41. Comparación del color de la harina de Nostoc con harina de yuyo (Chondracanthus Chamissoi)	81
Tabla 42. Comparativa de pigmentos vegetales de Nosctoc con otras especies	83

Tabla 43. Aporte teórico para la hamburguesa de cerdo por cada insumo.	84
Tabla 44. Índices de humedad, proteína, grasa y relación H/P, G/P y CRA para cada tratamiento realizado	84
Tabla 45. Ácidos grasos presentes en el aceite de oliva	86
Tabla 46. Perfil de ácidos grasos presentes en la carne de cerdo de comercial.	86

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1: FICHA EVALUACION ANALISIS SENSORIAL	113
ANEXO 2: RESULTADO DE ANALISIS PROXIMAL	114
ANEXO 3: RESULTADOS DE EXTRACCION DE GRASA	115
ANEXO 4: RESULTADOS DE PERFIL DE ACIDOS GRASOS	116
ANEXO 5 CROMATOGRAMA PARA LA MUESTRA 0 %	117
ANEXO 6: CROMATOGRAMA PARA LA MUESTRA 5 %	118
ANEXO 7: CROMATOGRAMA PARA LA MUESTRA 7 %	119
ANEXO 8: CROMATOGRAMA PARA LA MUESTRA 10 %	120
ANEXO 9: RESULTADO MICROBIOLOGICO PARA LA MUESTRA PATRON 0%	121
ANEXO 10: RESULTADO MICROBIOLOGICO PARA EL TRATAMIENTO 5 %	122
ANEXO 11: RESULTADO MICROBIOLOGICO PARA EL TRATAMIENTO 7%	123
ANEXO 12: RESULTADO MICROBIOLOGICO PARA EL TRATAMIENTO 10%	124

RESUMEN

La investigación se propuso como objetivo evaluar la influencia al añadir diferentes proporciones de harina de “*Nostoc sphaericum*” en la calidad de una hamburguesa de carne de cerdo precocida congelada para obtener un producto saludable y sensorialmente aceptable. Por su tipo, la investigación fue aplicada, diseño experimental con enfoque cuantitativo. Se elaboraron hamburguesas de carne de cerdo con harina de *Nostoc sphaericum* para tratamientos de 0%, 5%, 7% y 10%. Se hizo el análisis proximal, las propiedades tecno funcionales así como los análisis de color y pigmentos vegetales y, para el producto, el perfil lipídico, calidad nutricional, pérdida de cocción, perfil de textura para la dureza, análisis microbiológico y siendo evaluada sensorialmente por un panel de 30 evaluadores escogidos al azar. Entre los hallazgos en la harina de cushuro destacan el hinchamiento, su capacidad de retención de agua y contenidos de aceites (*Nostoc sphaericum*) cualidades muy apreciadas en la industria de los alimentos pues contribuyen a la reducción de costos, otorgan características sensoriales y tecnológicamente deseables en los productos y por las propiedades emulsificantes que posee la harina. Estas características se evidenciarían en el producto terminado en una producción a escala comercial. Producto de la evaluación por el panel de degustación la investigación concluyó en que atributos como el olor, sabor, color, jugosidad y ternura de las muestras con el tratamiento al 5 % de harina de *Nostoc sphaericum* fueron las de mayor aceptación y aquellos con tratamiento al 10 % las de menor aceptación.

Palabra Clave: Harina de alga, *Nostoc sphaericum*, Hamburguesas, Capacidad de retención de agua.

ABSTRACT

The research evaluated the influence of different proportions of "*Nostoc sphaericum*" flour in the quality of a pre-cooked frozen pork burger to obtain a healthy and sensorially acceptable product. By its type, the research was applied, its design was experimental with a quantitative approach. Pork burgers were made adding *Nostoc sphaericum* flour for treatments of 0%, 5%, 7% and 10%. Proximal analyses about techno-functional properties of the flour and analysis of color and vegetable pigments and, for the product, the lipid profile, nutritional quality, loss of cooking, texture profile for hardness, microbiological analysis and sensory evaluation by a panel of 30 randomly selected evaluators were made. Among the findings it highlights: water retention, swelling and oil capacities of *Nostoc sphaericum* (cushuro) flour, which are highly desired qualities in the food industry. From the evaluation by the tasting panel, the sensory evaluation of attributes such as smell, taste, color, juiciness and tenderness showed that 5% treatment samples had the highest acceptance and the treatments with 10% the highest rejection.

Key Word: Seaweed powder, *Nostoc Sphaericum*, Burgers, Water retention capacity.

INTRODUCCIÓN

La investigación nace por la necesidad de la industria alimentaria de innovar y adaptarse a las nuevas tendencias de los consumidores quienes buscan productos nutritivos, bajos en grasas y más saludables con un valor añadido adicional. La hamburguesa tiene gran demanda, especialmente, en las urbes, donde el agitado ritmo de vida favorece el consumo de comidas de fácil preparación y rápida ingesta; sin embargo, su alto contenido calórico escaso en vitaminas, minerales y micronutrientes saludables, es perjudicial para la salud. Los informes a nivel mundial y en el Perú muestran incrementos del sobrepeso y obesidad; en especial en los jóvenes. A ello se añade la menor actividad física por el sedentarismo, cambios en las formas y modos de transporte y la creciente urbanización.

Para Ponce López (2014) el *Nostoc sphaericum* (Cuschuro) se desarrolla en los andes y por sus cualidades nutricionales como su contenido proteico, de ácidos grasos, sodio y su capacidad antioxidante contribuye a disminuir los riesgos de afecciones coronarias. Está catalogada como alimento funcional; estudios señalan que el *Nostoc* tiene propiedades como inhibir el colesterol. Además, su capacidad de retención de agua es de interés en la industria cárnica al evaluar un insumo para su posterior aplicación.

La investigación se propuso evaluar la harina de *Nostoc sphaericum* (Cuschuro) como sustituto de la proteína de soya y su comportamiento en la calidad de una fórmula cárnica de hamburguesa de cerdo precocida congelada ya que la producción de soya en gran proporción es de origen transgénico y contiene alérgenos potencialmente peligrosos para consumidores alérgicos a este componente teniéndose incrementos, en los últimos años, de pacientes que presentan esta alergia.

La presente tesis comprende cinco (5) capítulos. El primero trata sobre la realidad problemática, el problema, objetivo general, los específicos, su justificación y viabilidad. En el segundo, se abordan las investigaciones previas y las bases teóricas sobre las cianobacterias y el cushuro en particular, con énfasis en aspectos como su

composición, nutrientes, calidad nutricional, entre otros. En el tercero, se muestran los diferentes aspectos del diseño experimental y la secuencia seguida en la formulación de los tratamientos y los análisis para la muestra patrón y tratamientos de hamburguesas con harina de cushuro. En el cuarto, se exponen los hallazgos y en el quinto capítulo, se analizan estos hallazgos, contrastándolos con otras investigaciones;

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

La industria cárnica está influenciada por las tendencias de consumo a productos más nutritivos, bajos en grasas y económicos siendo un desafío tecnológico para el desarrollo de productos cuyos valores añadidos ofrezcan beneficios adicionales a los consumidores como reducir el riesgo de enfermedades Begoña y Colemenero (2014).

La hamburguesa tiene gran demanda especialmente en las zonas urbanas donde predomina un estilo de vida que favorece el consumo de la comida rápida (fast food) y “chatarra” de fácil preparación y rápida ingesta; sin embargo, por su alto contenido calórico, se asocian con la obesidad y el sobrepeso.

Estos incrementos a nivel mundial son atribuidos a cambios en los hábitos alimentarios por el incremento en el consumo de alimentos hipercalóricos, pero, bajos en vitaminas, minerales y micronutrientes. A ello, la falta de actividad física por el sedentarismo, cambios en la forma de transporte y la urbanización.

Para la (OMS, 2020), la obesidad desde 1975 se ha casi triplicado. Entonces, más de 1900 millones de personas mayores de 18 años estaban con sobrepeso y 650 millones considerados como obesos. Para el 2016, el 39% estos tenían sobrepeso donde el 13% eran obesas y, además, 41 millones de niños menores a cinco años. Panorama similar es con algo más de 340 millones de niños y adolescentes entre 5 a

19 años. La OMS considera que la obesidad alcanza proporciones casi epidémica y 2,8 millones de personas fallecen anualmente según sus estimaciones.

Antaño se consideraba una problemática de los países de mayores ingresos pero su incremento en áreas urbanas de países con ingresos medios y bajos y se asocia con el aumento de afecciones cardiovasculares, diabetes, trastornos en el aparato locomotor y ciertas formas de cáncer. El índice de masa corporal (IMC) mide el sobrepeso y la obesidad es (INEI , 2019).

En el Perú, la ENDES del 2019 del INEI mostraba que un 37,8% de los mayores a 15 años tenían sobrepeso. La tendencia fue creciendo desde el 2014 (36.1%9), 2015 (36,5%), 2016 (35,5%), 2017 (36.9%) y 2018 (37.3%); además, en el 2019, los obesos eran el 22.3% y los mayores a 15 años con exceso de peso representaban el 60.1%.

La mayor prevalencia de sobrepeso estaba en la población urbana (38,9%); aquellos entre los 30 a 39 años (47,4%). Además, el 22,3% de los mayores a 15 eran obesos; un incremento del 4,0 % para los últimos cuatro años. El (24,6%) de residentes del área urbana y el 32.7% de peronas entre 40 a 49 años tenían obesidad pues su IMC era mayor o igual a 30 (INEI, 2019).

Por el consumo difundido de las hamburguesas en el país, el problema se acentúa en las familias de menores ingresos cuya capacidad económica es el limitante al seleccionar alimentos optando por aquellos de fácil preparación y rápida ingesta.

La hamburguesa tiene gran demanda, pero se la observa por su alto contenido calórico; la incorporación de ingredientes con una composición nutricional más saludable puede disminuir el contenido de nutrientes críticos. Dado su alto consumo en el país, la incorporación de algas en las hamburguesas es una estrategia para que este alimento de consumo masivo pueda incorporar fibra dietética y compuestos bioactivos Morales, Bressani y Vázquez, (2014).

1.1 Definición del problema

Las hamburguesas cárnicas son un producto de alta demanda y su consumo está bastante arraigado en el país especialmente, entre los niños y adolescentes. La Ley N° 30021, Ley de promoción de la alimentación saludable para niños, niñas y adolescentes; el D.S. N° 017-2017-SA y el Manual de advertencias publicitarias buscan que las etiquetas de los alimentos procesados brinden información nutricional y el consumidor tome decisiones informadas. Se hace advertencias del contenido de azúcar, grasas saturadas, grasas trans o sodio en los mismos. La industria cárnica y la Tecnología de alimentos tienen la oportunidad de desarrollar y ofrecer productos con mejor calidad en sus nutrientes como las hamburguesas que pueda ser una alternativa para el consumidor.

1.2 Formulación del problema:

¿Cuál es la influencia por la adición de harina de *Nostoc sphaericum* en los parámetros de calidad de una hamburguesa de carne de cerdo precocida congelada?

1.3 Objetivo general:

Determinar la influencia de añadir diferentes proporciones de harina de “*Nostoc sphaericum*” sobre la calidad de una hamburguesa de carne de cerdo precocida congelada para obtener un producto saludable y sensorialmente aceptable.

1.4 Objetivos específicos:

- Determinar las propiedades fisicoquímicas: humedad, color, pigmentos vegetales, acidez, cenizas, grasa, proteína y carbohidratos, propiedades tecnofuncionales y análisis proximal de la harina de “*Nostoc sphaericum*”.
- Determinar el perfil de ácidos grasos e índices nutricionales: índice aterogénico, índice trombogénico y la relación hipo/hipercolesterolemia de la hamburguesa de carne de cerdo precocida congelada con harina de “*Nostoc sphaericum*”.

- Analizar los dienos y trienos conjugados de la hamburguesa carne de cerdo precocida congelada con harina de "*Nostoc sphaericum*".
- Determinar las características microbiológicas: *Salmonella sp*, *AMV*, *E. Coli*, *Staphylococcus Aureus* y *E.Coli 0157:H7* de la hamburguesa de carne de cerdo precocida congelada con harina de "*Nostoc sphaericum*"
- Evaluar las características sensoriales: olor, sabor, jugosidad, color, ternura y la aceptabilidad de la hamburguesa de carne de cerdo precocida congelada con harina de "*Nostoc sphaericum*"
- Evaluar la textura de la hamburguesa de carne de cerdo precocida congelada con harina de "*Nostoc sphaericum*"

1.5. Importancia de la investigación

Los productos cárnicos son los de mayor consumo por su sabor y alto contenido de proteínas y hierro. Esto se refleja en la gama de productos en los anaqueles de los supermercados; sin embargo, la carne es cara. Según Andújar (2000), en la industria cárnica, la materia prima puede ser hasta más del 70% del costo total del producto. Por ello, se emplean otros ingredientes para reducir el costo. Así, la industria dirige sus esfuerzos con la introducción de materias primas alternativas como la proteína de soya, almidones y otros extensores de origen vegetal como insumos proteicos que sustituyen parcialmente la carne. Adicionalmente, en la búsqueda de ingredientes que aporten beneficios nutricionales, funcionales y sensoriales, las harinas son una posibilidad para diversificar su uso Belén, Linares, Sánchez, García i Quintana y Moreno (2004) y Sangronis, Machado y Cava (2004).

1.6. Vialidad de la investigación

1.6.1 viabilidad técnica

En nuestro medio, se tiene poco conocimiento sobre el uso del “*Nostoc sphaericum*” como insumo en alimentos y sus beneficios y aportes a la industria. Caracterizar tecnológicamente a la harina de “*Nostoc sphaericum*” así como sus propiedades tecnofuncionales en formulaciones de alimentos permitiría ampliar su uso. La propuesta busca mejorar la calidad nutricional de un producto de consumo muy difundido como es la hamburguesa.

Lalón Pinduisaca (2017), elaboró una hamburguesa enriquecida con diferentes niveles de Aloe vera (*Aloe barbadensis Miller*) que aportaba compuestos como vitaminas, minerales, enzimas y aminoácidos.

Cahuapaza Cotrado (2017), desarrolló una hamburguesa empleando la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) enriquecida con chía (*Salvia hispánica*). Su valor estuvo en el aporte de nutrientes beneficiosos para el organismo.

Huamani Palomino (2017), desarrolló una hamburguesa a partir del “surimi”, elaborada con pulpas de pescado lavado y papa cocida como una opción para hacer frente a la anemia y la tuberculosis.

Según Morales Guzmán (2014), la incorporación de algas en las hamburguesas es una estrategia para que este alimento pueda incorporar fibra dietética y compuestos bioactivos. La incorporación de ingredientes más saludable disminuye los nutrientes críticos habiéndose desarrollado investigaciones con diferentes formulaciones para desarrollar un producto saludable y nutritivo.

El proyecto como aporte tecnológico pretende establecer los parámetros de una formulación de hamburguesas con características organoléptico comerciales y proveyendo la información técnica de su procesamiento.

1.6.2. Viabilidad económica

Aun cuando el objetivo no es analizar los costos de una hamburguesa enriquecida con harina de cushuro, las tendencias y la importancia de una alimentación saludable hacen que los consumidores estén a la búsqueda de productos saludables y nutritivos que sean económicos; en esa medida se abre la opción de identificar segmentos de mercado y la propuesta encuentre aceptación y demanda comercial.

1.6.3 Viabilidad social

Dado que el cushuro crece en cuerpos de agua alto andinas la posibilidad que se puedan generar ingresos para las poblaciones rurales al abrirse la opción de proveerlos como insumo para fabricar las hamburguesas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Nagai (2018), evaluó la inclusión de harinas de macroalgas en formulaciones de hamburguesas usando carne porcina magra, aceite vegetal y reduciendo el contenido de sodio para elaborar productos cárnicos saludables. Experimentó con algas marinas de los géneros *Undaria* sp, *Porphyra* sp. y *Ulva* sp donde el secado fue esencial para su procesamiento pues, al disminuirse la actividad del agua se retardaba el crecimiento microbiano y conservando sus cualidades y reduciendo su volumen en el almacenamiento. Las hamburguesas con harina de *Undaria* sp al 3% usadas como reemplazo del concentrado de proteínas de leche fue la más adecuada.

El rendimiento se incrementó reduciéndose el encogimiento y jugo liberado en diferentes periodos de almacenamiento a una temperatura de congelado de -20°C, Las hamburguesas tuvieron una mayor firmeza, menos elasticidad y cohesividad en comparación con las formuladas con MPC (Milk Protein Concentrate). Con la adición de harina de *Undaria* sp, aceite pre-emulsificado y menos sodio se obtuvieron hamburguesas con características fisicoquímicas adecuadas mejorando su capacidad antioxidante respecto a las de consumo cotidiano.

Morales Guzmán (2014) formuló y evaluó hamburguesa incorporando *Gracilaria Chilensis* o alga pelillo. Obtuvo que con un mayor añadido de alga se aumentaba el contenido de fibra, pero, también, el rechazo de los panelistas; Además, demostró que la hamburguesa otorgaría beneficios para la salud por los compuestos bioactivos propios del pelillo y también su buena estabilidad en condiciones de almacenamiento.

La investigación de Choi et al. (2012) evaluó las propiedades fisicoquímicas, las características sensoriales y las de cocción en hamburguesas de cerdo con bajo contenido de grasa reemplazando parcialmente la materia grasa con harina de *Laminaria japónica*. El producto obtenido tuvo mayor elasticidad. Los ensayos de evaluación sensorial demostraron que las fórmulas que contenían 1% y 3 % tuvieron la mayor aceptabilidad. Además, las hamburguesas con harina de *Laminaria japónica* mejoraron en la cocción y no hubo grandes variaciones de diámetro y espesor. Por los resultados obtenidos, la *Laminaria japónica* podría emplearse como sustituto de la grasa para producir hamburguesas de cerdos bajas en grasas sin tener un efecto perjudicial en la calidad percibida por el consumidor.

López-López, Cofrades, Yakan, Solas y Jiménez- Colmenero (2010), evaluaron las características en las hamburguesas de res con un contenido bajo en sal (0.5%) y grasa (<10%) durante el almacenamiento congelado y la adición Wakame (*Undaria pinnatifida*) hasta lograr reemplazar tanto parcial como totalmente la grasa de cerdo con una emulsión de aceite de oliva y agua. Sus hallazgos evidenciaron que la adición de wakame en un 3% fortificaba las hamburguesas suministrando cantidades considerables de fibra dietética y minerales manteniendo un contenido normal de sodio con menor pérdida en la cocción para un periodo corto de almacenamiento y reflejado en un mayor rendimiento. Además, al sustituir la grasa de cerdo por la emulsión desarrollada mejoró la textura, apariencia y jugosidad de las hamburguesas obteniéndose un producto más saludable que los comerciales. Concluyeron que el wakame como agente emulsificante del aceite de oliva con agua y fuente de grasa en hamburguesas de carne de res confería propiedades tecnológicas, sensoriales y

nutricionales a las hamburguesas y beneficios fisiológicos para los consumidores.

Según Cofrades, López-López, Solas, Bravo, y Jiménez - Colmenero (2008) señala que en tres variedades de algas comestibles: Sea Spaghetti (*Himanthalia elongata*), Wakame (*Undaria pinnatifida*) y Nori (*Porphyra umbilicalis*) en concentraciones de 2.5% y 5% como materia seca en las características fisicoquímicas y morfológicas de los sistemas gel/emulsión. Mostraron que, especialmente, el Wakame tiene influencia en las propiedades de los sistemas cárnicos gel/emulsión generando estructuras más masticables y duras otorgando propiedades de cohesión a la grasa. Este comportamiento se observó con pequeñas cantidades de NaCl (0.5%) utilizadas, comúnmente, para elaborar productos cárnicos. Además, al añadir las algas, se obtuvo mejoras en la calidad nutricional.

Chun, Park, Park, Suh y Ahn (1999), evaluaron las características fisicoquímicas y organolépticas de hamburguesas con distintas concentraciones de harina de alga de las especies *Sargassum thunbergii* (ST) y *Gelidium amansii* (GA). Su adición originó cambios significativos en los valores L, a y b de las hamburguesas. Se incrementó el agua contenida de las hamburguesas enriquecidas con *Gelidium amansii* (GA); sin embargo, no hubo cambios con el *Sargassum thunbergii* (ST). Al incrementarse la cantidad de harina de alga se observó un mayor rendimiento en el proceso de cocción. Las hamburguesas con 3% de harina de GA mostraron puntajes similares de color en la evaluación sensorial y una mayor aceptabilidad.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Propiedades tecno-funcionales

Para Kinsella y Melachouris (2009), señalan como un ingrediente (proteína, carbohidrato) se comportaría en una matriz alimentaria. Esto como resultado de la composición, estructura molecular e interacciones de sus componentes individuales.

Propiedades de importancia en la industria son las asociadas con la hidratación, solubilidad, retención de agua, hinchamiento, formación de gel, entre otras que otorga atributos tecnológicos y sensoriales. Escobar y Estévez (2008), señala que estas propiedades dependen de los tamaños de las partículas, temperatura, pH y fuerza iónica.

El desarrollo de diversas técnicas para extraer y purificar las proteínas de origen vegetal o animal han aumentado su empleo para fabricar otros alimentos confiriéndoles estas propiedades químicas y físicas a estos productos.

Acercas de propiedades funcionales, Badui Dergal (2006) señala que son “aquellas propiedades fisicoquímicas de las proteínas donde se modifican ciertas de sus características contribuyendo a la calidad del producto final”. Entre estas tenemos: la hidratación, el espumado, la emulsificación, la gelificación y otras.

Para Figuerola, Muñoz y Estévez (2008), las propiedades tecnológicas hacen referencia a las características de los ingredientes que influyen, de forma directa en su utilización de las que dependerá la aplicabilidad, procesos, formulación, diseño, calidad y aceptabilidad de un producto alimenticio. En el caso del “*Nostoc sphaericum*”, el análisis de estas propiedades el cual tiene componentes similares al de las algas nos permitirá identificar las posibles interacciones que se produzcan.

Tabla 1
Propiedades tecno-funcionales de las proteínas y sus aplicaciones en diversos alimentos.

Propiedad	Aplicación
Emulsificación	Salsa para ensaladas, carne
Hidratación	Masas, carnes
Viscosidad	Bebidas, masas.
Gelificación	Salchichas, postres
Espumante	Tartas, ingredientes de cobertura
Cohesión	Masas
Propiedades de textura	Productos texturizados, masas
Solubilidad	Bebidas

Propiedades y aplicaciones de las capacidades tecnofuncionales en la industria alimentaria

Fuente: Aguilera, 2009

2.3 Teorías relacionadas

2.3.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

Según Fennema (2000), es la resistencia a liberar el agua inmovilizada producto de la fuerza gravitatoria asociada a las proteínas siendo la sumatoria de las aguas ligada, la hidrodinámica y aquella que está físicamente atrapada. Por su parte Madrid (1999), la define como la capacidad para retener agua propia y añadida al someterla a cortes, calentamiento, trituración y prensado. Carballo y Torre (1991), distinguen la CRA y la capacidad de ligar agua (CLA). Franco (2007) señala que la CRA tiene influencia en jugosidad, textura y color de los productos cárnicos determinando las mermas en peso en los procesos de distribución y transformación. Esta se incrementa por la adición de ligantes y emulsificantes.

Según Paredes Sabja (2002), la CRA en las carnes depende del tipo y del corte. En la carne de cerdo la CRA es mayor en comparación a la del ganado vacuno, similar a la carne industrial y mucho menor a las carnes blancas. Importante en la carne para consumo fresco y embutidos.

2.3.2 Cianobacterias

Las cianobacterias son organismos procariotas y son capaces de realizar fotosíntesis, sintetizar la clorofila y tienen ficobiliproteína. Esta proteína está en la cara externa de sus membranas. Se caracteriza por su diversidad morfológica. Se pueden presentar como formas unicelulares, filamentosas que forman colonias.

“medios dulceacuícolas, terrestres y marinos son su hábitat; y algunas se desarrollan en ambientes alcalinos y ácidos.” Pineda, Martínez, Garduño y Olvera (2010).

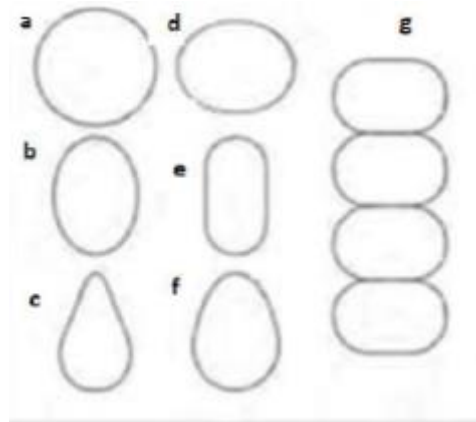
Se les conoce, también, como algas verde-azuladas pues tienen sustancias fotosintéticas del tipo de la clorofila y ficocianina encargada de dar la pigmentación de color azulado. Además, son capaces de sintetizar glucógeno

producto del almacenamiento de azúcares y aminoácidos en las paredes celulares. Al reproducirse sus células hijas quedan unidas por filamentos.

Según Cadena (2013) señala que el *Nostoc Sphaericum* vive en cuerpos de agua como: aguas termales, arroyos y la que proviene de las montañas y nieve soportando concentraciones de cloruro de sodio relativamente altas. Así mismo, viven en simbiosis con hongos formando líquenes encontrando las siguientes ventajas ecológicas:

- Soporta temperaturas extremas.
 - Algunas especies toleran niveles de radiación ultravioleta altos.
 - Adaptables a una baja intensidad luminosa.
 - Tolerancia a la humedad y la desecación.
 - Algunas tienen capacidad de fijar nitrógeno molecular.
 - Algunas forman vacuolas de gas incrementando la flotabilidad de los organismos.
- a) Su tamaño varía entre los 0.5 μm hasta 100 μm de diámetro. Las colonias son, por lo general esféricas (a), ovaladas, piriforme (c), subesférica (d), cilíndrica (e), ovoide (f), (g) filamento de células en forma de barril; esta última es poco común. La figura 1 muestra las diferentes morfologías de algunas cianobacterias.

Figura 1. Formas coloniales de las cianobacterias



Fuente: Moncayo (2017)

2.3.2.1 Pigmentos y fotosíntesis en las cianobacterias.

Según Cadena (2013), pigmentos como la clorofila, carotenoides y ficobiliproteínas, la ficocianina (PC), la aloficocianina (AP) y la ficoeritrina (PE) captan la luz; además utilizan ficobiliproteínas como pigmentos accesorios. Los pigmentos fotosintéticos y los componentes de la cadena de transporte de electrones se unifican en membranas tilacoides revestidas por ficobilisomas que tienen pigmentos de ficobilina como la ficocianina y ficoeritrina que transfieren energía.

2.3.2.2 Morfología.

Según Cadena (2013), señala que el *Nostoc* presenta variaciones en su morfología dependiendo de la especie, siendo de los pocos géneros con una amplia diversidad morfológica. No se tiene información precisa de si por la variedad genética o sus diversos fenotipos son respuesta a las condiciones físicas o ambientales. Para Han, Bi y Hu (2004), la variedad morfológica del *Nostoc* es resultado de las precipitaciones persistentes y las colonias se van aplanando a medida de su desarrollo.

Las células vegetativas del *Nostoc*, presentan una morfología esférica formando filamentos retorcidos no ramificados y grandes. Los heterotrocitos

presentan una pared celular gruesa. El tamaño de los heterotrocitos estará en función a la cantidad de nitrógeno fijado en el mismo. Se pueden presentar de forma elipsoidales o subesfericos, con diámetros aproximados entre 6.4 – 7.5 μm .

Uno de los factores que influyen protegiéndolas del estrés ambiental es la vaina del *Nostoc*. Si el tamaño de la vaina es mayor, su capacidad de supervivencia aumenta. Para medios de pH menores a 6 se inhibe la formación de la vaina. Para Cadena (2013), los estudios acerca de su estructura sugieren que podrían servir para fijar metales protegiéndola de los organismos predadores. Esta es propia de la morfología del *Nostoc*.

2. 3.2.3 Hábitat.

Su principal hábitat se da en aguas poco profundas sobre montículos de tierra y piedras cerca a riachuelos. Su masa gelatinosa en forma de colonias de color verde azulado se les observa junto a musgos, hierbas y espacios bajos de calizas o zonas con acumulación de agua. Yucharoen, Srisuksomwong y Tragoolpua (2015).

Para Bonne y Castenholz (2001), el *Nostoc* en contacto con los suelos, genera asociaciones simbióticas con ascomicetes formando líquenes. Así mismo, Han, Bi y Hu (2004) señalan que se desarrollan en suelos muy alcalinos y gran cantidad de depósitos cálcicos.

Para Qian, Chu y Chen (1998), se caracterizan por su tolerancia a ambientes fríos y semifríos entre los 2800 a 3800 m.s.n.m. La temperatura media del hábitat oscila entre 2.2 – 8.6 °C.

2.3.2.4 Temperatura

Diversos autores sostienen que el *Nostoc* crece a una temperatura óptima de 15° a 25° C, sin embargo, el *Nostoc* posee gran adaptabilidad por la membrana celular que posee permitiéndole adaptarse mejor en épocas de lluvia. Esto le ha permitido adquirir resistencia al calor y tolerancia a la desecación. La explicación a este comportamiento es por la proteína que es clave para las

cianobacterias. Otra de sus características se da en la época de invierno donde acumulan grandes cantidades de agua aumentando su diámetro para que, en verano, por la radiación solar se va disipando evitando el daño ocasionado por el incremento de temperatura. Para Ritchmond (2004), la proteína al estar en un estado funcionalmente estable permite la tolerancia a la desecación.

2. 3.2.5 Nutrición

Según Cadena, Molina, Carvajal, Ontaneda y Morales (2013) señalan que el *Nostoc*, al ser una cianobacteria es fotoautotrófica pudiendo utilizar diversas fuentes de nitrógeno como el NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , aminoácidos y nitrógeno molecular el cual le es beneficiosa en ambientes extremos; sin embargo, en algunas especies, la actividad de la enzima nitrogenasa las puede hacer sensibles a altas temperatura.

2. 3.2.6 Reproducción

Según Dodds, Gudder y Mollenhauer (1995), el *Nostoc* tiene la capacidad de reproducirse de cuatro formas distintas por una célula fragmentada de filamentos formando nuevas colonias por medio de sus acinetos, por la formación hormogonios que son filamentos móviles presentes en algunas cianobacteria que pueden llegar a formar nuevas colonias y por la gemación.

Según Cadena, Molina, Carvajal, Ontaneda y Morales (2013), el formar homogonios es una de las principales fuentes de reproducción y en ambientes con adecuada cantidad de luz propician una gran formación que son liberados del filamento que tiene heterocistos en sus extremos. Estos cambios se pueden provocar por la absorción de agua.

Otro método para la reproducción del *Nostoc* es la oscuridad. Cantidades adecuadas de carbono orgánico hacen que estos filamentos se rompan en células individuales. Al exponerse a la luz, los homogonios forman un nuevo filamento Han, Bi y Hu (2004).

2.3.2.7 Ciclo de vida

Su capacidad de formar colonias es compleja en esta especie. Su principal diferencia con otras es en la fase formada por colonias y otra donde, como factor diferencial, los hormogonios son móviles.

Los polisacáridos extracelulares en los filamentos individuales son más frecuentes con excepción alrededor de los heterocistos. Para Cadena, Molina, Carvajal, Ontaneda y Morales (2013), no hay división de los heterocistos permaneciendo como conexión de las células vegetativas que forman el filamento. Para Han, Bi y Hu (2004), los hormogonios se desarrollan en un nuevo filamento de una vaina cerrada diferenciándose por su división perpendicular al eje polar obteniéndose, al final, diversos filamentos que constituirán una colonia.

Sin embargo con respecto a su ciclo de vida de las cianobacterias es simple. El mucílago protege su desarrollo del estrés por la sequía o exceso de humedad. El *Nostoc commune* forma algo similar a hijas o esteras en las rocas y el suelo con un mucílago de esta característica. Después de rehidratarse, pequeñas fracciones de hidratos de carbono son sintetizados por el *Nostoc* metabólicamente activo formando el material de la vaina para su recuperación en los periodos de sequía. Cadena, Molina, Carvajal, Ontaneda, Morales (2013).

2.3.2.8 Porcentajes de humedad y contenido cenizas

Para Moncayo (2017), uno de los atributos principales de las cianobacterias es su alto contenido de humedad en comparación a otras especies y su variabilidad por las condiciones ambientales. Su humedad se encuentra entre el 80 % y el 99 % relacionándose directamente con algún exopolisacarido que cumple la función de reservorio de humedad permitiéndoles vivir en zonas con un clima seco.

Según Herrera (2012), el contenido de cenizas varía dependiendo del tipo de especie, la condición ambiental, altura, etc. Es el atributo que más varía a lo largo de su crecimiento oscilando entre el 2 % hasta el 50 %.

2. 3.2.9 Contenido proteico

Una de las principales razones de su consumo en las comunidades andinas como alimento tradicional es su contenido proteico. El 90 % del peso seco lo forman proteínas, lípidos y carbohidratos siendo la proteína su principal componente.

Señala Cadena, Molina, Carvajal, Ontaneda, Morales (2013) que “algunas cianobacterias son excelente fuente de aminoácidos; entre estas: el aspartato, arginina y glutamato, vitaminas, enzimas de restricción, antibióticos, β -lactámicos, poli- β -hidroxialcanoatos y ácidos grasos poliinsaturados (γ -linolénico) que son compuestos de interés económico”.

2.3.2.10 Contenido de grasa

Según Ritchmond (2004), señala que el contenido de grasa varía dependiendo del ambiente y la estacionalidad donde se desarrollan. Algunas tienen altos contenidos de ácido α - linoleico y ácidos grasos poliinsaturados, saturados y mono insaturados.

2. 3.2.11 Contenido de carbohidratos

Moncayo (2017) señala que una de sus principales características es el revestimiento grueso de carbohidratos mucilaginosos. Se han identificado residuos de glucosa encontrándose en gránulos almacenados entre los tilacoides. También, en las capsulas se han encontrado otros hidratos de carbono formando estructuras fibrilares y mucilaginosa en las capas exteriores de la pared celular.

2. 3.2.12 Contenido de azucares

Moncayo (2017) señala que el contenido de azucares es por los exopolisacáridos y polisacáridos capsulares de la vaina mucilaginosa y que, en periodos de sequía, actúa como mecanismo de protección por su tolerancia a la

deseccación. Los exopolisacáridos los protegen de las condiciones ambientales adversas por variaciones de pH o luz en exceso.

Para Ritcher et al. (2005) “con algunas excepciones, en los exopolisacáridos se observa abundancia de azúcares como hexosas, glucosa y galactosa de las cepas Nostocales”.

2. 3.2.13 Producción de toxinas

El consumo de las cianobacterias es común en los países alto andinos, sin embargo, se han identificado diversas toxinas causantes de lesiones. Se está investigando acerca de las toxinas y alérgenos producidos por las cianobacterias para evaluar e identificar los riesgos que podrían producir y buscar su reducción antes de su consumo Chorus, Falconer, Salas y Bartram (1998).

La toxicidad no es algo específico en las cianobacterianas; sin embargo, algunas contienen microcistinas y neurotoxinas y se tienen cepas tóxicas no identificadas desconociéndose aún la función fisiológica o bioquímica de estas y los factores sobre la predominancia de las cepas tóxicas sobre las no tóxicas.

Para Cadena (2013), la toxicidad es la característica de alguna cepa o genotipo que ha sido modificada debido a las condiciones ambientales”.

La tabla adjunta detalla las toxinas identificadas en la familia *Nostoc* cianobacterias

Tabla 2

Riesgos a la salud causados por cianobacterias y algas de agua dulce en aguas recreacionales

Cianotoxinas	LD50 (i.p. con ratones) de toxina pura	Género que produce la toxina(s)	Mecanismo de toxicidad
Bloqueadores de proteína fosfatasa (péptidos cíclicos con ADDA)	45 >1000 µg/kg	Microcystis, Planktothrix/Oscillatoria, <u>Nostoc</u> , Anabaena, Anabaenopsis, Hapalosiphon	Bloquean la proteína Fosfatasa. Por enlace covalente y causan hemorragia del hígado; puede ocurrir daño acumulativo
Microcistina-LR	60(25-125)µg/kg		
Microcistina-YR	70 µg/kg		
Microcistina-RR	300-600 µg/kg		

Toxinas producidas en las cianobacterias
 Fuente: Chorus, Falconer, Salas y Bartram (1998)

La exposición de los seres humanos a las cianotoxinas es, por lo general, por la ingesta de alimentos, agua, etc. La sintomatología es similar al del cólera.

Tabla 3

Análisis de metales en los polisacáridos de dos variedades de Nostoc, expresados en ppm

Metales	Nostoc Sphaericum	Nostoc Commune
Plomo	101.64	No detectable
Cromo	N.D	No detectable
Cadmio	N.D	No detectable
Mercurio	18.80	6.71
Arsénico	N.D	No detectable
Calcio	13659.55	20879.53
Hierro	100.09	549.07
Zinc	87.42	246.15
Potasio	24467.88	3299.58
Magnesio	12010.66	3817.27
Cobre	96.35	No detectable

N.D: No detectable

Fuente: Jurado, et al. (2014)

Para Jurado, et al. (2014), los resultados toxicológicos de los polisacáridos extraídos del *Nostoc sphaericum* y *Nostoc Commune*, no mostró cambios compatibles con evidencias de toxicidad o eventos adversos siendo la dosis letal mayor a los 1500 mg / kg en el *Nostoc sphaericum* y 2000 mg/ kg en el *Nostoc Commune*.

2. 3.2.14 Las cianobacterias en la industria alimentaria

Según Martínez (2014), señala que una gran cantidad de cepas de cianobacterias se cultivan a escala comercial para obtener pigmentos y vitaminas con tendencias a usarlo en alimentos funcionales. Su alto contenido de proteínas como fuente alimentaria es muy valorado

La producción de pigmentos como la ficoeritrina (rojo) y ficocianina (azul) podrían ser de importancia en la industria alimentaria pues es escasa la producción del color azul natural. Su empleo serviría como colorante natural en la industria de helados, dulces, refrescos entre otras. Otros estudios hacen referencia a su alta capacidad antioxidante y su empleo como posible alimento funcional. Fernández y Tejeira (2018).

Algunas cianobacterias como en el *Nostoc Commune* presentan una elevada capacidad antioxidante para captar aniones superóxido y radicales hidroxilo de forma dosis-dependiente. Además, la actividad de enzimas antioxidantes como: SOD, CAT y GPX puede ser aumentada disminuyendo la peroxidación lipídica mediante la MDA. Jurado, et al. (2014).

Según Ramussen, et al. (2009) señala acerca del *Nostoc Commune* como suplemento en los alimentos, obtuvo resultados alentadores reduciendo significativamente el colesterol total en el plasma y los triglicéridos en 20 % comparadas con las muestras control añadiéndose, además un efecto hipocolesterolémico, por la absorción intestinal ayudando la evacuación fecal de esteroides.

2.4 El Cushuro

Según Ponce (2014) señala que identificó al *Nostoc sphaericum* (*Nostoc sp*) como perteneciente a la familia de las Nostocaceae de color verde azulado por la presencia de clorofila y ficocianina. Algunas veces presentan un color marrón e identificado con el contenido de ficoeritrina. Estas colonias de cianobacterias pueden permanecer en latencia. Se hidratan con la lluvias y forman esferas no perfectas translucidas cuyo diámetro oscila de 10 a 25 mm. Se desarrolla en los andes a bajas temperaturas y alturas superiores a los 3000 msnm. Se encuentra en las riveras de lagunas, lagos y riachuelos. Su resistencia a la radiación ultravioleta favorece la fotosíntesis y atrapan el nitrógeno del ambiente a nivel celular. Cushuro, murmunta, llullucha o llayta son sus denominaciones en quechua siendo Perú y Bolivia los principales consumidores.

2.4.1 Taxonomía

En la tabla 4 se presenta la taxonomía del *Nostoc Sphaericum*

Tabla 4

Taxonomía del Nostoc Sphaericum

Reino	Monera
División	<i>Cyanophyta</i>
Clase	<i>Cyanophyceae</i>
Subclase	<i>Nostocophycideae</i>
Filum	<i>Cyanobacteria</i>
Orden	<i>Nostocales</i>
Familia	<i>Nostocaceae</i>
Genero	<i>Nosctoc</i>
Especie	<i>Nostoc sphaericum</i> Vaucher ex Bornet y Flahualt

Fuente: Jurado et al. (2014).

2.4.2 Origen y distribución geográfica

Para Chili (2010), el Cushuro (*Nostoc sphaericum*) se desarrolla al borde superficial en diversos ambientes de aguas cristalinas ricas en nitrógeno favoreciendo su crecimiento formando colonias gelatinosas esféricas. Se las encuentra en lugares por encima de 3 000 msnm en: Junín, Cajamarca, Huánuco, Cusco, Puno y Ancash que tiene un cultivo sostenible. Crece, en especial, en época de lluvias. La producción va de diciembre a marzo. La tabla 5 presenta la distribución geográfica de las especies de *Nostoc* que se encuentran en el país.

Tabla 5

Distribución geográfica en el Perú sobre el Nostoc

Zonas de crecimiento	Especie	Forma
	Nostoc	
Junín - Huancayo	Sphaericum	Esférica
	Nostoc	
Ancash- Huaraz	Sphaericum	Esférica
	Nostoc	
Ancash- Huaraz	Commune	Lechuga
Cajamarca- San Nicolas	Nostoc	
	Commune	Lechuga
	Nostoc	
Lima- Pachacamac	Commune	Lechuga

Fuente: Jurado et al. (2014).

2.4.3 Análisis Proximal del cushuro

Para Moncayo (2017), los procedimientos químicos estandarizados determinan su composición en términos de contenido de proteína, grasas, humedad, cenizas, etc.

Cruz, Ricque, Tapia y Guajardo (2000). señalan que puede variar por factores como: localización geográfica, el lugar de recolección, periodo del año,

tamaño de las colonias, porcentaje de humedad, condiciones ambientales, estado del desarrollo, etc.

De acuerdo con los resultados reportados por Fernández y Tejeira (2018) la humedad del cushuro fresco fue de 98.41 g/100. Siendo el *Nostoc sphaericum* un alimento no convencional, no se tiene una normativa específica para el análisis proximal. Los productos misceláneos de las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos, INS - MINSA 2017, muestran que la humedad del cushuro deshidratado es del 15.1 %, proteínas 29 %, grasa total 0,5 %, 46,9 % de carbohidratos totales y 8,5 % de cenizas aportando 147 mg de calcio, 64 mg de fósforo y 83,6 mg de hierro. Otras investigaciones han mostrado lo siguiente:

- Respecto a la humedad, Moncayo (2017) reporta 9.05 ± 0.02 % los que difieren con los obtenidos por Granda, (2014) y Cadena (2013). 25.07 % y 29.52 % respectivamente.
- Para Moncayo (2017), el contenido de cenizas fue 25.31 ± 0.05 % en tanto que en las cianobacterias en general oscila entre el 2 % al 50 % Cadena (2013).
- En proteínas, Moncayo (2017) obtuvo 16.71 ± 0.03 %, en tanto que Granda, (2014) y Cadena (2013) obtuvieron 23.94 % y 17.62 % respectivamente.
- Respecto a la grasa, la diferencia entre lo obtenido por Moncayo (2017) , 11.65 ± 0.04 %, es bastante amplia respecto a lo que reportan Granda, (2014) y Cadena (2013) quienes obtuvieron 0.52 % y 0.08 %.
- Para carbohidratos Moncayo (2017), obtuvo 37.28 ± 0.06 % mientras que Granda, (2014) y Cadena (2013) 39.50 % y 48.35 % respectivamente.
- En lo que respecta a fibra, Moncayo (2017) obtuvo 9.33 ± 0.03 %, en tanto Granda, (2014) y Cadena (2013) obtuvieron 5.61 % y 4.43 % respectivamente.
- Respecto a contenidos de azúcares solo Moncayo (2017), reporta niveles en el orden de 18.55 ± 0.16 %.

2.5 Definición de términos básicos

2.5.1 Hamburguesa

Para Bonilla Gonzalez, (2012), es “el producto cárnico fresco no embutido de ave, bovino, res, porcino al que se añade grasa e insumos que le dan un sabor característico”; la hamburguesa o bife se elabora con carne picada y agregados como sal, glutamato monosódico y ácido ascórbico. El contenido graso no debe superar el 20 %.

2.5.2 Extensor Cárnico

Según Andújar (2000), es un ingrediente no cárnico empleado para elaborar productos cárnicos. Sustituye parte de la carne a emplearse incrementando el volumen de la carne efectivamente empleada.

2.5.3 Valor Nutricional

Son las cualidades nutritivas que poseen los alimentos, estimándose en la cantidad de glúcidos, lípidos, vitaminas, minerales y oligoelementos. Siendo esenciales para el organismo además que pueden aportar otras cualidades funcionales que benefician a la salud.

2.5.4 Alimento funcional

Araya y Lutz, (2003) los define como «productos a los que se adiciona un compuesto específico incrementando así sus propiedades saludables».

Es también, el alimento que experimenta algún cambio por el procesamiento aumentando sus propiedades saludables beneficiosas al consumidor.

2.5.5 Ácidos grasos saturados

Para Torrejón y Uauy (2011), son aquellos ácidos grasos cuya estructura química posee solo enlaces simples y tienen una estructura química estable.

Los más comunes que son parte de la dieta tienen 14,16 y 18 átomos de carbono. En la tabla 6 se presentan los ácidos grasos y sus fuentes principales.

Tabla 6.

Ácidos grasos saturados y sus fuentes principales

Estructura	Nombre común	Fuente Principal	Efecto sobre riesgo cardiovascular
C4:0	Butírico	Leche de rumiantes	Sin efecto
C9:0	Caproico	Leche de rumiantes	Sin efecto
C8:0	Caprílico	Leche de rumiantes, aceite de coco	Sin efecto
C10:0	Cáprico	Leche de rumiantes, aceite de coco	Sin efecto
C12:0	Láurico	Aceite de coco, aceite nuez de palma.	Aumento de colesterol total, Aumento de LDL, Aumento de HDL.
C14:0	Mirístico	Coco, nuez de palma, otros aceites vegetales	Aumento de colesterol total, Aumento de LDL, Aumento de HDL, aumento de Lipemia p-p, Aumento de disfunción endotelial
C16:0	Palmitico	Abundante en todas las grasas	Aumento de colesterol total, Aumento de LDL, Aumento de HDL, aumento de Lipemia p-p, Aumento de disfunción endotelial
C18:0	Estearico	Grasas animales, cacao	Disfunción endotelial, Lipemia p-p

Calidad de grasa, arterioesclerosis y enfermedad coronaria: efectos de los ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans

Fuente: Torrejón y Uauy (2011)

2.5.6 Capacidad espumante

Para Rangel, Domont, Pedrosa, y Ferreira (2003), es la propiedad de las proteínas para formar capas estables alrededor de las gotitas de gas en una fase líquida. Las proteínas capaces de formar espuma deben ser solubles en fase acuosa, difundir y concentrarse en la fase aire-agua, extenderse parcialmente formando capas cohesivas alrededor de las burbujas de gas y tener viscosidad y suficiente fuerza mecánica que prevenga la ruptura y coalescencia de las gotas Kinsella y Melachouris (2009). Sin embargo, para Diwakar, Kushwah, y Kushwah (1996) esta depende, solamente de la configuración de las moléculas de la proteína. Las proteínas flexibles facilitan el formar espumas y proporcionan cohesividad. Las moléculas globulares tienen baja capacidad espumante pues no pueden reducir la tensión superficial en la interface aire-agua. Es una característica deseable en productos de repostería y helados.

2.5.7 Capacidad Emulsificante

Según Dagorn-Sacaviner, Gueguen, y Lefebvre (1987) y Dagorn, Gueguen y Lefebvre (1987) mide la capacidad en las proteínas de formar dispersión de una fase oleosa en medio acuoso. Para Aguilera (2009), son estas características las que contribuyen a la funcionalidad de los alimentos. El pH, el tamaño de las gotas, la carga neta, la tensión interfacial, la viscosidad y la conformación de la proteína afectan la capacidad emulsionante. Según Betancur, Gallegos y Chel (2004) componentes no proteicos como la fibra contribuyen a las propiedades de la emulsión que es de importancia para elaborar mayonesas, salchichas y aderezos.

2.5.8 Capacidad de hinchamiento

Para Aguilera (2009), es la relación del peso del gel húmedo sedimentado y el peso seco. Patrones para la viscosidad se establecen a partir de esta capacidad de los gránulos y la resistencia a ser disueltos después de hincharse a ser disueltos por calor o fragmentarse por el efecto cizalla. Esta capacidad se puede atribuir a los almidones, pequeñas cantidades de carbohidratos y la unión del agua y las proteínas solubles. Una de sus aplicaciones habituales de esta capacidad es en las industrias de los fideos chinos instantáneos (noodles) donde su principal característica es ser transparente gracias a los almidones gelificados. Singh, Veraputhaporan, Rao y Jambunathan (1989).

2.5.9 Capacidad gelificación

Según Prinyawiwatkul, Beuchat, McWatters y Philips (1997) es la mínima concentración requerida de un insumo para alcanzar la máxima gelificación. Es esencial en alimentos que incluyen vegetales y otros productos. Para Aguilera (2009), se ve influenciada por la competencia por el agua debido a la gelificación de la proteína y del almidón. Así mismo, Turgeon y Beaulieu (2001) señalan que una mejora de la textura del gel de proteína debido a añadir carbohidratos es por la disminución de la afinidad termodinámica de las proteínas por la solución acuosa que aumenta la interacción entre proteínas. Los productos favorecidos por esta capacidad son aquellos donde se desea que ganen cuerpo y textura tipo gel como las salsas, mermeladas, hot dog, etc.

2.5.10 Capacidad de retención de lípidos

Según Aguilera (2009) es de importancia para la categoría de alimentos fritos. Su rol está en el desarrollo de la capacidad oxidativo y el enranciamiento. Para Kinsella y Melachouris (2009) esto por la retención física del aceite por atracción capilar. Según Chel, Pérez, Betancur, y Dávila (2002), esta propiedad es deseable para elaborar productos cárnicos como la carne picada y ayuda en la conservación de aromas incrementando la vida útil. Voutsinas y Nakai (1983) comentan que otro factor que ayuda en la retención de lípidos es el carácter hidrofóbico de las proteínas.

2.5.11 Análisis sensorial

Sancho, Bota y de Castro (1999), lo definen como la función que tienen las persona desde la infancia para rechazar o aceptar los alimentos sea, de forma consciente o inconsciente producto de las sensaciones que genera cuando son observados o se consumen. Posibilita conocer la valoración sensorial y el juicio crítico del consumidor.

2.5.12 Muestra patrón

Compuesto de referencia al realizarse una valoración o estandarización.

2.5.13 Compuesto bioactivo

Sustancia química presente en cantidades pequeñas en plantas y ciertos alimentos y promueven una salud buena. Sus propiedades para prevenir el cáncer, afecciones cardiacas y otras vienen siendo estudiadas. Algunos de estos son: el licopeno, el resveratrol, los lignanos, los taninos e indoles. (Instituto Nacional del Cancer, s.f.)

2.5.14 Alimento chatarra “FAST FOOD”

Son aquellos con altos niveles de grasas, aditivos y azúcar consumidos al paso y elegidos por sus atributos sensoriales y rápida preparación. Son los alimentos que poseen demanda en el mercado. Su principal característica es de alimentos que suelen estar asociados a enfermedades cardiovasculares.

CAPÍTULO III

DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1 Lugar de ejecución

Laboratorios de Análisis de Alimentos, Química Analítica y Microbiología de Alimentos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad.

3.2 Materia prima

Se recolectó un total de 18.00 kg de *Nostoc Sphaericum* (cushuro) que provino de la laguna de Querocoha, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash. La carne de cerdo se obtuvo de la pierna del cerdo adquirida en el mercado N°3 de Lince y fue molida por un disco 70 mm de diámetro marca RYU.

3.3 Equipos y materiales

Las tablas 7 y 8 resumen detalles de los equipos y los materiales de laboratorio empleados

Tabla 7

Equipos usados durante la investigación.

Equipo	Marca	Modelo	Uso
Potenciómetro	Thermo	Orion 3 star pH Benchop	Medición de pH de muestras.
Mufla	Thermolyne	F 6010	Incinerar muestra para cuantificar cenizas.
Estufa	Memmert	100-800	Secar muestras para obtención de porcentaje de humedad.
Analizador de humedad	Ohaus	MB23	Medir cantidad de humedad por diferencia de peso.
Balanza analítica	Sartorius	CPA2245	Pesado de muestras para formulación.
Centrifuga	Eppendorf	Centrifuge 5424	Separar materia grasa de la cera.
Refrigeradora Agitador Vortex	Electrolux Science - MED	MX-S	Almacenamiento de muestras. Agitar muestra para capacidad espumante y capacidad emulsificante.
Sistema de imagen Molecular Centrifuga	Carestream Health Hettich	Gel Logic 2200 Rotofix 32 A	Obtención de imagen para evaluación de color. Cuantificar capacidades tecnofuncionales CRA, CRL y capacidad emulsificante.
Baño María Espectrofotómetro	JSR Thermo Scientific	JSIB-22T UV-Vis Genesys 10S	Evaluar capacidad gelificación. Análisis de pigmentos vegetales
Licuadaora	Osteryzer	4655	Obtener harina de nostoc y realizar la emulsión aceite de oliva-agua para la hamburguesa.
Homogeneizador magnético	Thermo scientific	Supernova multiplace.	Obtener los pigmentos vegetales.
Cámara fotográfica	Canon	Reflex EOS Rebel T100	Tomar fotografía de la muestra

Elaboración: El autor

3.4 Materiales de laboratorio

Tabla 8.
Material usado durante la investigación

Material	Uso
Placas Petri	Contener muestra para la toma de fotografía.
Tubos de centrifuga	Almacenar muestra para la posterior centrifugación
Celdas espectrofotométricas de cuarzo	Contiene muestras para analizar pigmentos vegetales con espectrofotómetro
Fiolas	Almacenar reactivo isooctano para análisis de índices nutricionales.
Vasos de precipitado	Contener muestras después del pesado.
Matraz esmerilado	Medir el volumen del alcohol de 96° para la obtención de pigmentos vegetales.
Vernier	Medir las dimensiones de las hamburguesas.
Desecador	Contener muestra para evitar ganancia de humedad.
Tamiz n°40	Tamizar muestra para tener un polvo fino
Pesa aceite	Pesa el aceite para la evaluación de dienos y trienos conjugados

Elaboración: El autor

3.5 Otros Equipos

- Deshidratador de bandejas automatizado.
- Moledora de carne marca RYU con disco de salida de 70 mm de diámetro.

3.6 Reactivos

Tabla 9

Reactivos usados durante la investigación

Reactivo	Marca	Uso
Isooctano grado HPLC. C ₈ H ₁₈	Biolab Reagent	Análisis espectrofotométricos para dienos y trienos conjugados

Elaboración: El autor

3.7 Insumos para elaborar hamburguesa de cerdo con *Nostoc Sphaericum*

La tabla 10 recoge el detalle de los insumos empleados.

Tabla 10.

Insumos usados en la elaboración de hamburguesa y su función en la matriz alimentaria.

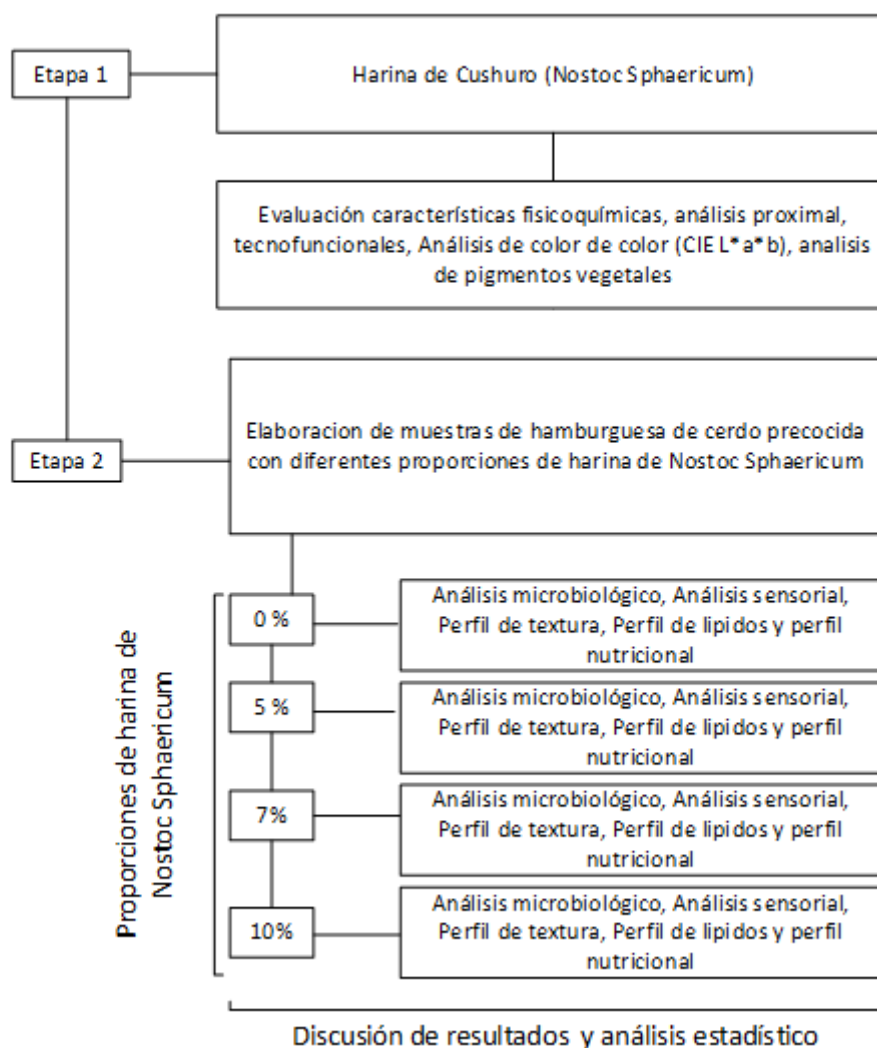
Nombre	Uso	Función
Nostoc Sphaericum	Agente retenedor de agua	Mejora de textura – mordida cárnica – mejora del rendimiento
Carne de cerdo	Agente retenedor de agua	Mejora de textura – mordida cárnica
Aceite de oliva	Agente graso	Mejora de textura- jugosidad y elasticidad
Hielo	Humedad	Aumento de rendimiento.
Sal	Agente saborizante	Sabor
Ajo en polvo	Agente saborizante	Sabor
Cebolla en polvo	Agente saborizante	Sabor
Kion en polvo	Agente saborizante	Sabor
Proteína concentrada de soja	Agente retenedor de agua	Mejora de textura – mordida cárnica - mejora del rendimiento
Azúcar	Agente saborizante	Sabor

Elaboración: El autor

3.8 Secuencia del desarrollo experimental

Respecto al desarrollo del diseño experimental el gráfico N°2 adjunto resume las etapas seguidas en el desarrollo experimental para elaborar hamburguesas con harina de *Nostoc Sphaericum* y las diferentes proporciones empleadas (5%, 7% y 10%) y la muestra patrón. Se detalla también los diferentes análisis a los que fueron sometidos.

Figura 2. Secuencia detallada del diseño experimental



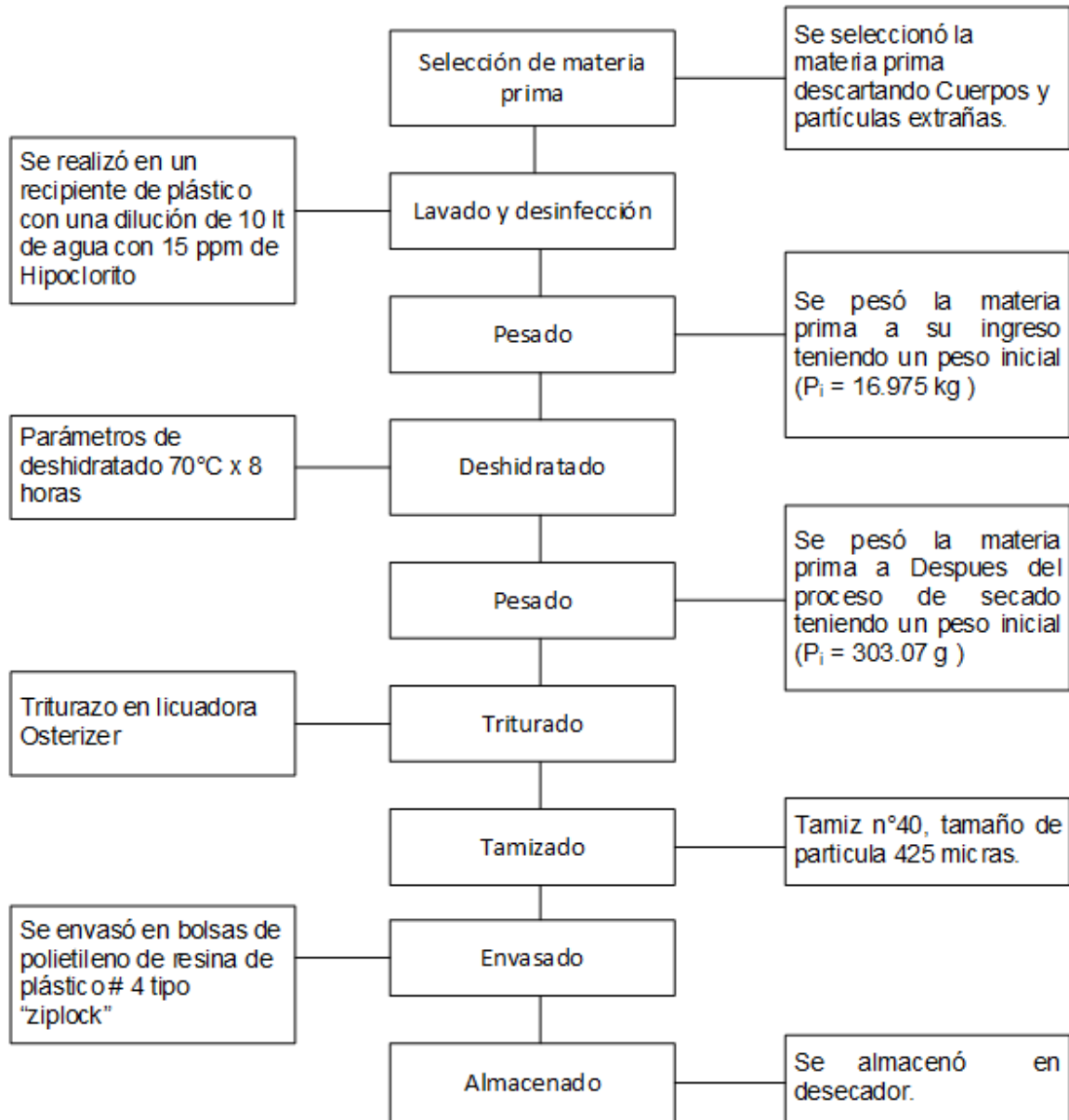
Elaboración: El autor

3.9 Preparación de la harina de *Nostoc Sphaericum*

Previamente, el *Nostoc* fue seleccionado descartándose cuerpos extraños, ramas y piedras cuidando que los tamaños de los cocos estén entre los 10 mm y 20 mm de diámetro. Paralelamente, fue lavada y desinfectada con una solución de 15 ppm de cloro en 10 l de agua. La carga de materia prima para el secado fue de 16.975 kg.

La harina de *Nostoc Sphaericum* se obtuvo por su deshidratación hasta obtener un producto con humedad del 11 %. Los parámetros de secado fueron de 70° C durante 8 horas. Se utilizó el deshidratador automatizado de la Universidad. Se consideró este parámetro tomando como referencia los hallazgos de Chili (2010) quien determinó como curva de secado óptima una temperatura de 60°C durante 4 horas a una velocidad de aire de 1m/s y 1.5 m/s y obtener una humedad de 0.001 kg agua/kg s.s. La materia seca fue molida en una licuadora Osterizer para reducir las partículas. El tamiz utilizado fue una malla 40 (425 micra, 0.0165 pulgadas). La harina obtenida se envasó en bolsas polietileno zip lock almacenándose en el desecador y evitar el absorber humedad. El diagrama de flujo adjunto (figura 3) detalla la secuencia para su obtención.

Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de harina de cushuro.



Elaboración: El autor

3.10 Evaluación de las características fisicoquímicas de la harina de *Nostoc Sphaericum*

3.10.1. Rendimiento del proceso de secado

Se evaluó tomando como pesos referenciales 100.07 g de cushuro fresco y la materia seca obtenida después del proceso de secado mediante una relación expresada en porcentaje.

$$\text{Rendimiento} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Pi: Peso inicial

Pf: Peso final

3.10.2. Densidad aparente para la harina de *Nostoc Sphaericum*

Para estimar la densidad aparente se compactó la harina en una probeta graduada de 10 ml hasta alcanzar un volumen de 5 ml. Para su cálculo se hizo uso de la ecuación siguiente:

$$D = \frac{P_t - P_p}{5}$$

Donde:

Pt = Peso total

Pp = peso de probeta

D = Densidad aparente en g/ml

3.11.- Análisis proximal

3.11.1. Determinación de humedad para la harina de *Nostoc Sphaericum*

Según el AOAC Official Method 930.04, se pesaron 5 g de muestra en placas Petri que fueron desecadas durante 5 horas en estufa a una temperatura de 105°C. El análisis se realizó por triplicado. Para el cálculo se empleó la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso de muestra}} * 100$$

Peso total = Peso de la placa + peso de muestra húmeda

Peso final = Peso de la placa + peso de la muestra seca

De forma complementaria determinamos la humedad en la harina de *Nostoc sphaericum* con el analizador de humedad estándar OHAUS MB35

3.11.2. Análisis de cenizas totales

Se utilizó el método gravimétrico AOAC 920.153 (1997) empleando crisoles con 1,5 gr de muestra en una mufla a 550°C por 5 horas hasta obtener una ceniza blanca enfriándola hasta la temperatura ambiente. El material obtenido fue pesado en una balanza analítica. El contenido en cenizas fue calculado con la ecuación:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{m_3 - m_1}{m_2} * 100$$

Donde:

m₁ = masa en g del crisol con la tapa.

m₂ = masa en g de la muestra antes de meterla en la mufla.

m₃ = masa en g del crisol con la tapa y las cenizas.

3.11.3. Análisis de grasa

El contenido graso se determinó mediante el método descrito en la AOAC Official Method 983.23, utilizando éter se pesó aproximadamente 10 g de muestra (m₀) colocándolo en el equipo Soxhlet. La materia grasa se recolectó y secó obteniéndola mediante diferencia de peso.

$$\% \text{ grasa} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} * 100$$

Donde:

m_0 = masa de la muestra (g)

m_1 = masa de la cubeta vacía (g)

m_2 = masa de la cubeta con la grasa extraída (g)

El ensayo se llevó a cabo en el laboratorio de Física, Química y Biología de la Universidad USIL (anexo 1)

3.11.4. Análisis de proteína

Según el AOAC Official Method 978.04 (A). Se realizó en 3 etapas: digestión, destilación y valoración. Para la etapa 1, se empleó el equipo kjeldahl con 1.5 g. La muestra fue 1.5 g con 3 g de agente catalizador. Los tubos fueron dispuestos en la unidad de digestión calentándose hasta los 450°C para tener una digestión completa. La disolución obtenida por la etapa de destilación se enfrió diluyéndola en 50 ml de agua destilada. Se llevó al destilador añadiéndose hidróxido sódico (10 N) destilándose por 4 minutos. Finalmente, el amoníaco recogido sobre el ácido bórico fue valorado con el reactivo indicador de Biuret hasta que la disolución viró de verde a violeta. Los resultados fueron expresados mediante la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Proteína} = \frac{(V_m - V_b) * NH_2SO_4 * f * Peq_{N_2} * 6,25 * 100}{m}$$

Donde:

V_m = volumen de ácido empleado en la valoración (L).

V_b = volumen de ácido empleado en el ensayo en banco (L).

NH_2SO_4 = normalidad del ácido sulfúrico.

f = factor de la normalidad del ácido sulfúrico.

$Peq_{N_2} = 14$.

m = masa de la muestra (g).

Este ensayo fue hecho en la Universidad San Ignacio de Loya (USIL). Su detalle se muestra en el anexo No 1

3.11.5. Determinación de fibra

Se determinó la fibra dietética total según el método descrito en la NTP 205.003 1980 (Rev. El 2011). Para el análisis se puso en un matraz de incubación 1 gr de la muestra deshidratada añadiendo, posteriormente, 40 ml de solución tampón y ajustando el pH a 8,2. Para llevar a cabo la separación de fibra se empleó α -amilasa termoestable, proteasa y amiloglicosidasa. Se añadió etanol al 96% a 60°C dejándose reposar por una hora, a temperatura ambiente, a fin de precipitar la fibra soluble. Finalmente se filtró al vacío recogiendo en los crisoles haciendo el lavado con etanol al 78 % y 96 % evitando que los residuos se adhieran en el recipiente. Las cenizas y proteínas estaban en el precipitado recogido. En el cálculo de la fibra dietética total se determinó los contenidos de cenizas y proteínas del precipitado obteniéndose la cantidad de fibra por diferencia. Este ensayo fue realizado en la Universidad San Ignacio. Su detalle se muestra en el anexo No 2

3.12. Propiedades tecnofuncionales

3.12.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

Con una adaptación del método de Chau y Huang (2003), 0.5 g de muestra disuelta en 15 ml de agua destilada fue agitada en el vortex por 15 minutos dejándolo reposar por 24 horas. Posteriormente se centrifugó por 40 minutos a 4000 rpm. El volumen del sobrenadante después del centrifugado fue medido. Por diferencia de los volúmenes inicial y final se obtuvo la CRA en ml/g.

3. 12.2 Capacidad de absorción de grasa

Se tomó la adaptación del método de Beuchat (1977). Para ello, 1 gr de muestra con 10 ml de agua destilada fue agitada por una hora con agitador magnético. Luego, se centrifugó la muestra a 4000 rpm por 40 minutos. El sobrenadante fue recuperado pesado y medido en una probeta. El resultado fue expresado en gramos de agua retenida por gramos de muestra.

3. 12.3 Capacidad emulsificante

Se siguió una adaptación del método de Yasumatsu et al. (1992). Se añadió 0.5 gr de harina en 10 ml de agua con 5 ml de aceite agitándolo en el vortex por

15 minutos centrifugándose a 3000 rpm por 45 minutos. Una vez terminado la centrifugación se midió la altura de la capa emulsificada expresándola en porcentaje.

3. 12.4 Capacidad gelificante

Se analizó con un método adaptado y descrito por Chau y Cheung (1998). Suspensiones de muestras al 4 %, 8 %, 12 %, 14 %, 16 %, 18 % y 20 % fueron dispuestos tubos de centrifugado con 5 ml de agua destilada; luego se puso en baño maría por una hora y, para finalizar, en un baño de hielo por una hora.

3. 12.5 Capacidad espumante

Se siguió una adaptación del método descrito por Bencini (1986). 0.1 g de muestra disuelta en 15 ml de agua destilada se agitó por 10 minutos en un vortex. La espuma obtenida se trasvasó a un matraz y se midió la disminución del volumen inicial y final después de un intervalo de tiempo de 30 segundos.

3. 12.6 Capacidad de hinchamiento

Se tomó la metodología de Robertson et al. (2000). A una probeta con 10 ml con agua se añadió 0.1. gr de muestra. Se agitó suavemente dejándose reposar durante 16 horas hasta su hidratación. Finalmente, se hizo la medición del volumen ocupado por la muestra.

3.13. Análisis de color

Se determinó empleando una placa petri llenándola con muestra hasta el ras; posteriormente, se llevó al sistema de imagen molecular Gel Logic 2200 para la toma de fotografías con una Canon Reflex EOS Rebel T100 . El procesado y análisis de las fotos se hizo con el programa Image J. La medición se hizo por duplicado según el método descrito por Yung-San Choi (2012). La temperatura para cada muestra fue de 25 ± 1 ° C, de luminosidad (CIE L * -valor), enrojecimiento (a * -valor) y amarillez (b * -valor).

3.14. Análisis de pigmentos vegetales

Se empleó el método descrito por Chacaliza, Espinoza, Ramos y Servan (2016), tomando 2 gr de muestra de harina de *Nostoc Sphaericum* (cushuro) empleando 10 ml de etanol al 96 % como solvente en un matraz esmerilado de 50 ml en un agitador magnético Thermo Scientific super-nuova multiplate a 200 rpm por una hora. Se recuperó el sobrenadante colocándose luego en tubos de centrifugado de 50 ml. El análisis se realizó por duplicado (tubo 1 y 2). Así mismo, se dividió en dos respectivamente 1A, 1 B, 2 A y 2 B. Para el análisis se usaron celdas espectrofotométricas. Se utilizó un espectrofotómetro Thermo scientific genesys 10s con longitud de onda entre 400 – 750 nm. Recogido los resultados se aplica la siguiente ecuación donde:

A: Absorbancia

Chl: Clorofila

C(x+c): Carotenoides

$$\text{Chl} - a (\mu\text{g mL}^{-1}) = 12.25 A_{663} - 2.79 A_{647}$$

$$\text{Chl} - b (\mu\text{g mL}^{-1}) = 21.50 A_{647} - 2.79 A_{663}$$

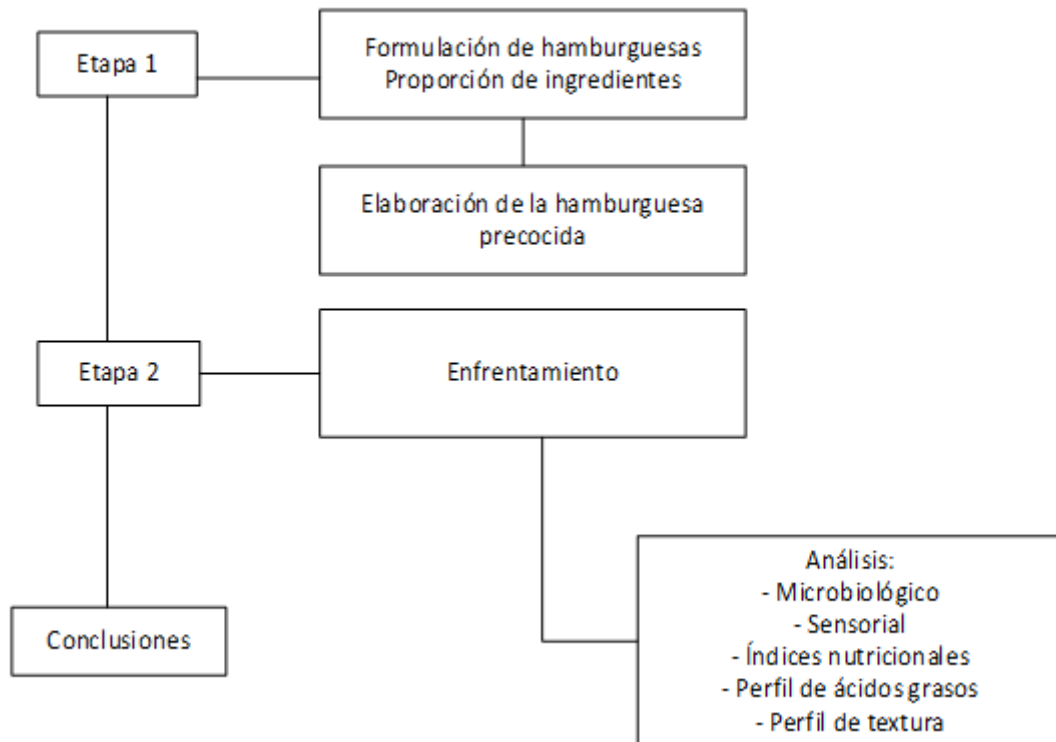
$$C_{(x+c)} = \frac{(1000 A_{470} - 1.82 \text{Chl} - a - 85.02 \text{Chl} - b)}{198}$$

3.15. Formulaciones de la hamburguesa de cerdo con *Nostoc Sphaericum*

Para las evaluaciones, se elaboraron 3 formulaciones de hamburguesas con proporciones del 5 %, 7 % y 10 % de harina *Nostoc Sphaericum*. La muestra patrón fue una hamburguesa elaborada siguiendo una formulación comercial.

La tabla No 11 y la figura 4 muestran el detalle de la formulación tanto de la muestra patrón como la de las muestras enriquecida con harina de *Nostoc sphaericum*.

Figura 4 Diseño experimental



Elaboración: El autor

3.16. Elaboración de la muestra patrón

La hamburguesa patrón se formuló con pierna fresca y grasa de cerdo utilizando una moledora marca RYU con disco de salida de 70 mm de diámetro. Los ingredientes de la tabla 11 se mezclaron y se amasaron durante 15 minutos a 4°C de forma manual. Se utilizó hielo para reducir la temperatura. Las hamburguesas tuvieron 1 cm de espesor y 8 cm de diámetro. Luego se escaldaron con vapor de agua a 100°C durante 10 minutos y tener 72 °C en su centro térmico. Finalmente, se enfrió hasta los 22 °C y se congelaron a 4°C.

Tabla 11
Formula control

Ingrediente	proporción g/100 g
Carne de cerdo	70
Grasa	10
Hielo	10
Alga	0
Sal	1.5
Polvo ajo	2.5
Polvo cebolla	2.5
Polvo kion	0.7
Proteína de soja	1.5
Azúcar	0.8

Fuente: Choi et al. (2012).

3.17. Análisis del perfil de ácidos grasos e índices nutricionales

Se extrajo la grasa las hamburguesas crudas con el método soxhlet de. Se guardó en viales de vidrio manteniéndose en refrigeración para su evaluación. El análisis se realizó en el IMARPE (Instituto del Mar Peruano) mediante el método descrito por Ichihara y Fukubayashi (2010).

Para determinar los índices aterogénicos, el índice trombogénico y la relación hipo/hipercolesterolemia mediante las siguientes ecuaciones

Índice aterogénico (AI)

$$AI = \frac{C12:0 + 4 * C14:0 + C16:0}{\sum MUFA + \sum \omega6 + \sum \omega3}$$

Índice trombogénico (TI)

$$TI = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0.5 * \sum MUFA + 0.5 * \sum \omega6 + 3 * \sum \omega3 + \frac{\sum \omega3}{\sum \omega6}}$$

Índice hipocolesterolémico/ hipercolesterolémico (h/H)

$$h/H = \frac{C18:1\omega9 + C18:2\omega6 + C20:4\omega6 + C18:3\omega3 + C20:5\omega3 + C22:5\omega3 + C22:6\omega3}{C14:0 + C16:0}$$

3.18 Evaluación de dienos y trienos conjugados

Tomando el método AOAC 975.13 (1995) se pesó 0.10 gr en un pesa aceite usando como solvente isooctano grado HPLC (C₈H₁₈) en un matraz aforado. Posteriormente, se agitó suavemente y se lo colocó en celdas de cuarzo para la espectrofotometría con longitud de onda mínima de 232 nm. Los dienos y trienos conjugados fueron determinados con longitudes de onda de 232 y 270nm.

$$a = A / bc$$

Donde:

A: absorbancia de la muestra

b: longitud de la celda (cm)

c: concentración del aceite en el solvente (g/l)

3.19. Análisis microbiológico

Se llevó a cabo en el Laboratorio de Control de Calidad de alimentos, aguas y ambientes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, tomándose los criterios microbiológicos señalados por DIGESA para productos cárnicos ápice 10.7 hamburguesas. Los Microorganismos evaluados fueron: AMV, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Sp, *Escherichia coli* 0157:H7 y *Clostridium perfringens*.

Métodos empleados:

- Rec. Aerobios mesófilos. ICMSF Vol. 1. 120-124. 2000.
- Num. de *E. coli*. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
- Detección de *Salmonella*. ICMSF. Vol. 1. 172-174. 2000.
- Num. *Staphylococcus aureus*. ICMSF Vol. 1. Método 5. 235-238. 2000.
- Rec. de *Clostridium perfringens*. ICMSF. Vol. 1. 281-284. 2000.
- *E. coli* O157:H7. Diarrheagenic *Escherichia coli*. FDA-BAM. Chapter 4º. 2002

3.20. Evaluación sensorial

A través de una escala hedónica con 30 panelistas no entrenados. Las características a evaluar fueron: olor, sabor, color, jugosidad, ternura (mordida cárnica) y aceptabilidad general empleándose una escala de 1 al 7. De modo previo a la degustación las hamburguesas fueron codificadas en función a la proporción de harina de cushuro en función al tratamiento empleado (tabla No 12). La ficha de evaluación para los panelistas con información acerca de los criterios de evaluación considerados y la escala pertinente se muestra en el anexo No 1.

- 1 – Me disgusta mucho
- 2 – Me disgusta moderadamente
- 3 – Me disgusta poco
- 4 – Ni me gusta ni me disgusta
- 5 – Me gusta poco
- 6 – Me gusta moderadamente
- 7 – Me gustó mucho

Tabla 12
Código de pruebas

Código	Concentración
265	5%
536	7%
367	10%

Elaboración: El autor

3.21 Evaluación de pérdida de cocción, reducción de diámetro y espesor

Se evaluó las hamburguesas después de cocinarse en una parrilla, se utilizó el método propuesto por Choi (2012), La temperatura aproximada en la parrilla fue de 150°C, el tiempo de cocción de 3 minutos por cada lado hasta alcanzar en el centro térmico 72°C. Se hicieron mediciones tanto inicial y final de las

variables espesor y diámetro por triplicado con el vernier. Los resultados fueron expresados en porcentajes.

3.22. Perfil de textura (Dureza)

Con una adaptación del método de Bourne (1978). Esta se realizó con una prensa hidráulica midiendo la deformación de la hamburguesa hasta la mitad de su grosor simulando la mordida humana. El resultado fue expresado en N.

3.23. Aproximación general respecto a los costos

Es conocido el valor nutricional y aporte proteico del “cushuro” y se le considera como alternativa para erradicar la desnutrición en el país. Ponce López (2014). Señala que en el país se tienen 12 300 lagunas alto andinas donde se desarrolla esta cianobacteria; sin embargo, no se tiene información de experiencias en la producción comercial del “cushuro”.

La investigación de Adrian Rubio (2018), evaluó diferentes profundidades donde se encontraba esta cianobacteria de forma natural; mediante cochas construidas dentro del ecosistema de humedal en la Laguna Patococha en el Departamento de Ancash evaluando la incidencia de la variable profundidad y su relación con la producción de Nostoc sp obtenida en 8 meses de muestreo en campo; su análisis se limitó a evaluar la producción en cochas de diferentes profundidades sin considerar los costos de producción por Kg de cushuro fresco.

Dado que no contamos con fuentes documentales que nos permitan tener una base sólida para evaluar el costo de la materia prima y cuanto incide en el costo de la hamburguesa; además de que no ha formado parte del objetivo de la investigación desarrollada, no estamos en la posibilidad de emitir una aproximación respecto a la rentabilidad desde la perspectiva del análisis de costos o la evaluación económico financiera como una propuesta de proyecto que se pretendiera implementar.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Análisis organoléptico y proximal de la materia prima

4.1.1. Análisis organoléptico del *Nostoc sphaericum* fresco

La tabla 13 adjunta muestra los resultados respecto a los atributos organolépticos del *Nostoc sphaericum* fresco.

Tabla 13

Atributos organolépticos del Nostoc sphaericum.

Muestra	Fresca
Color	Verde oliva con notas marrones
Sabor	Insípido
Textura externa	Lisa
Textura Interna	Gelatinosa
Forma	Esférica (coco)

Elaboración: El autor

4.1.2. Análisis proximal del corte de pierna de cerdo

En la recepción de la carne de cerdo no se evidenció hematoma alguno. En la tabla 14 tenemos el análisis proximal del corte de pierna de cerdo proveniente de las granjas que se comercializan bajo la marca “Redondos” correspondiente al lote 179202.

Tabla 14

Análisis proximal de la muestra de carne de cerdo, corte de pierna.

% Proteína	%Grasa	% Humedad	% Colágeno	% Sal	pH
21.08	3.731	74.04	0.52	0.24	6.28

Elaboración: El autor

4.2 Análisis de la harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*)

4.2.1 Rendimiento en el secado

Se recibió 18 kg de *Nostoc sphaericum* (cushuro) fresco. Después de la selección de la materia prima donde se eliminaron partículas extrañas, se obtuvo un peso neto de 16.975 kg los que se destinaron al proceso de secado. El rendimiento, en términos de harina de *Nostoc sphaericum* obtenida, producto de la deshidratación fue el siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{0.303}{16.975} * 100 = 1.78\%$$

En la tabla No 15 se muestra los parámetros de secado los que corresponden al rendimiento obtenido.

Tabla 15

Rendimiento para la obtención de Nostoc seco

Kilos de muestra	Tiempo (horas)	Temperatura (° C)	Total de nostoc seco (gr)	Rendimiento (%)
16.975	8 horas	70	303.07	1.78%

Elaboración: El autor

Para corroborar el rendimiento obtenido, se tomó una muestra de 100 g y fue sometida al análisis. El resultado obtenido fue el siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{1.72}{100.07} * 100 = 1.72\%$$

Los resultados en rendimiento fueron bastante bajos, pero esto era previsible dada la naturaleza de la materia prima.

Figura 5 Muestra fresca antes de entrar al deshidratador



Elaboración: El autor

Figura 6 Muestra deshidratada



Elaboración: El autor

4.2.2 Densidad aparente

La tabla 16 muestra el resultado obtenido respecto a la densidad aparente después del proceso de molienda y tamizado.

Tabla 16
Resultados de la densidad aparente

Peso probeta (gr)	Peso total (gr)	Densidad aparente g/ ml
42.6475	45.4088	0.55226

Elaboración: El autor

4.2.3 Análisis proximal

La información de la media del análisis proximal de la harina de *Nostoc sphaericum* se muestra en la tabla adjunta. Los análisis, por duplicado, se hicieron en la Universidad San Ignacio de Loyola (Anexo 2)

Tabla 17
Resultados de análisis proximal de la harina de cushuro obtenida

Ensayo	Unidad	Resultado
Humedad	g/100 g de muestra	16.45
Ceniza	g/100 g de muestra	3.53
Grasa	g/100 g de muestra	0.08
Proteína totales	g/100 g de muestra	29.37
CHO	g/100 g de muestra	50.57
Energía total	kcal/ 100 g de muestra	320.48
% Energía de proteínas	g/100 g de muestra	36.66
% Energía de grasa	g/100 g de muestra	0.22
% Energía de CHO	g/100 g de muestra	63.12
Fibra Cruda	g/100 g de muestra	83.06

Elaboración: El autor

Los resultados de los análisis efectuados para los componentes más importantes de la harina de cushuro los detalla la tabla 18 adjunta.

Tabla 18
Resumen de resultados elaborados por duplicado

Repetición	Grasa	Humedad	Cenizas	Proteínas totales	Fibra Cruda
R1	0.08	16.45	5.37	29.48	83.21
R2	0.09	16.46	5.34	29.27	82.91

Elaboración: El autor

Por los resultados obtenidos destacan los contenidos de fibra y proteína.

4.3. Propiedades tecnofuncionales.

4.3.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

Tabla 19
Capacidad de retención de agua

Muestra	Peso (gr)	Volumen de agua (ml)	volumen recuperado (ml)	Volumen retenido	% porcentaje	mL/g
1	0.5060	15	9.2	5.8	38.67	11.46
2	0.5032	15	9	6	40.00	11.92
3	0.5051	15	9.4	5.6	37.33	11.08

Elaboración: El autor

La CRA porcentual promedio para la harina de cushuro fue de 38.67 ± 1.3 %, el mismo que expresado en mL/g correspondió a 11.46 ± 0.41 mL/g

4.3.2. Capacidad de retención de aceite (CRAc)

La tabla 20 detalla estos resultados

Tabla 20
Resultados respectos CRAC

Muestra	Peso (gr)	Volumen recuperado de aceite (ml)	Volumen inicial(ml)	volumen retenido (ml)	% porcentaje	mL /g
1	1.0037	7.9	10	2.1	20.21	2.09
2	1.0022	8	10	2	20	2.00
3	1.0114	7.8	10	2.2	22	2.18

Elaboración: El autor

El CRAC teórico de la harina de cushuro de las tres muestras fue de $21 \pm 1 \%$; su expresión en (mL /g) fue de 2.09 ± 0.07 mL/g.

4.3.3. Capacidad de absorción (CA)

Su detalle se muestra en la tabla 21 adjunta

Tabla 21
Resultados de la CA

Muestra	Peso (gr)	Volumen recuperado de agua (ml)	Volumen inicial(ml)	Volumen retenido (mL)	% porcentaje	mL /g
1	1.0051	4.6	10	5.4	54	5.37
2	1.0594	4.8	10	5.2	52	4.90
3	1.0008	4.4	10	5.6	56	5.59

Elaboración: El autor

La CAA teórica de la harina de cushuro expresada en porcentaje para los hallazgos obtenidos fue de $54 \pm 2.2 \%$. Esta capacidad de absorción expresada en unidades de volumen /peso fue de 5.292 ± 0.35 mL /g

4.3.4. Capacidad de hinchamiento

Este fue de 19.92 ± 1.66 (mL/g) y se resume en la tabla 22

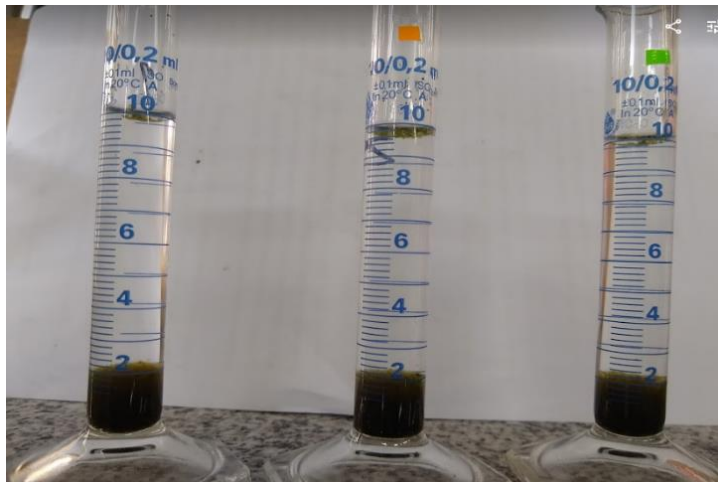
Tabla 22
Resultado de capacidad de hinchamiento

Muestra	Peso (gr)	Volumen final (mL)	Capacidad de hinchamiento (mL/g)
1	0.1004	2	19.920
2	0.1218	2.2	18.062
3	0.1029	2.2	21.380

Elaboración: El autor

Los detalles de la capacidad de hinchamiento después de 24 horas se observan en la figura 7

Figura 7 Prueba de hinchamiento a las 24 horas



Elaboración: El autor

4.3.5 Capacidad emulsificante (CEm)

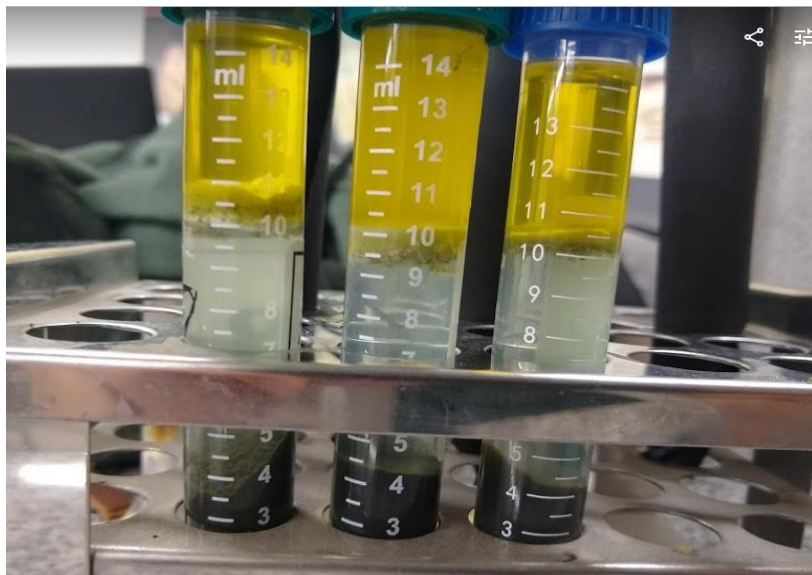
La tabla 23 y la figura 8 muestran el resultado y el detalle experimental gráfico para estimar la capacidad emulsificante de la harina de cushuro. El porcentaje de la media para las muestras evaluadas fue de 3.59 ± 0.29 %

Tabla 23
Porcentaje de la capa emulsificada

Muestra	Peso (gr)	Altura de capa (mm)	Altura total (mm)	Porcentaje
1	0.5462	2.15	59.85	3.59
2	0.5094	1.9	58.6	3.24
3	0.5051	2.25	58.75	3.83

Elaboración: El autor

Figura 8 Capa emulsificada



Elaboración: El autor

4.3.6. Capacidad espumante

Por los resultados obtenidos no se evidenció presencia de espuma estable.

4.3.7. Capacidad gelificante

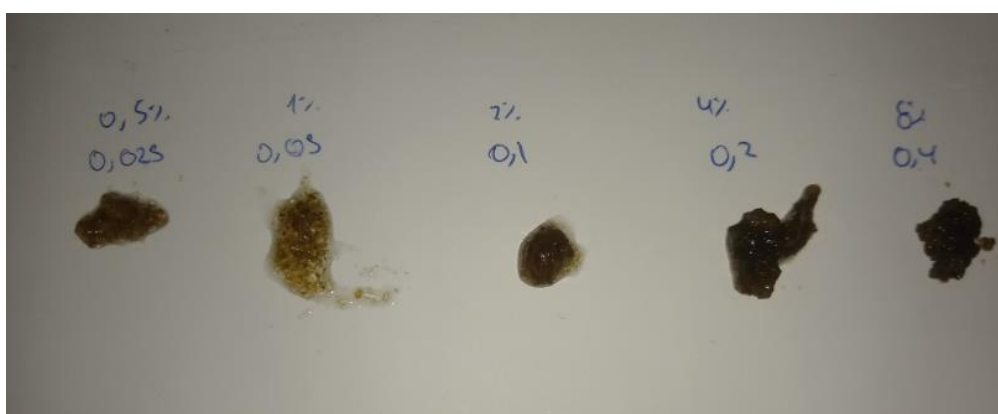
La información para determinar la capacidad gelificante para cada uno de los ensayos efectuados con la harina de cushuro son detallados en la tabla 24 y figura 9. El resultado óptimo fue el que se obtuvo con la muestra D.

Tabla 24
Capacidad gelificante

Tubo	Peso de tubo	%	Peso muestra	Peso total (agua+muestra+tubo)	Peso después centrifugado	Masa gelificada
A	4.2804	0.5	0.0258	9.0877	6.3748	2.0944
B	4.2585	1	0.0504	9.0715	7.6926	3.4341
C	4.2986	2	0.1097	9.1423	9.9483	5.6497
D	4.3471	4	0.2028	9.3812	10.6814	6.3343
E	4.2428	8	0.4048	9.4277	9.1667	4.9239

Elaboración: El autor

Figura 9: Estimación de la capacidad de gelificante de la harina de Nostoc.



Elaboración: El autor

Se realizó un segundo ensayo para estimar la capacidad gelificante pero, incrementando las concentraciones de harina de cushuro en agua para evaluar cualitativamente la presencia o ausencia de gel. En los diferentes porcentajes de harina de cushuro que se probaron se observó presencia del gel (tabla 25 y figura 10).

Tabla 25
Porcentaje de la concentración de harina de cushuro para la formación de gel.

Porcentaje de harina	4	8	12	14	16	18	20
Peso (gr)	0.203	0.404	0.609	0.716	0.804	0.903	1.002
Presencia de gel	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Elaboración: El autor

Figura 10 Capacidad de gelificante de la harina de Nostoc a diferentes concentraciones



Elaboración: El autor

4.4 Análisis de color

La tabla 26 recoge los resultados respecto al análisis de color de la harina de cushuro. Detalles de las características del color se observan en la figura 11

Figura 11 Color de harina de cushuro



Elaboración: El autor

Tabla 26
Análisis de color

Parámetro	Muestra		Promedio
	Placa 1	Placa 2	
L*	47.8552941	50.4952941	49.175
a*	-7.24647059	-7.45117647	-7.3488
b*	29.5335294	30.3523529	29.9429
C*	30.4282656	31.259772	30.8440
h*	-76.2096496	-76.1782566	-76.1939

Elaboración: El autor

La tabla 26 muestra un valor L* de 49.17 para la harina de cushuro. El parámetro a* indica una tendencia al color verde, el parámetro b* de 29.94 indica ligera tendencia al color amarillo, el parámetro C 30.84 como cromocidad* con tendencia a lo negro y ángulo de tonalidad (h) de -76 posicionado en el segundo cuadrante con una tonalidad verde, amarillo.

4.5. Pigmentos vegetales

En la tabla 27 tenemos los resultados de los pigmentos vegetales donde destaca el alto contenido de clorofila.

Tabla 27
Pigmentos vegetales

Pigmento (ug/mL)	Muestra			
	1A	1B	2A	2B
Ca	12.218	12.309	11.070	11.206
Cb	1.983	1.9373	1.6758	1.752
C(x+c)	3.762	3.82	3.472	3.483

Elaboración: El autor

4.6. Elaboración de la hamburguesa

La tabla 28 recoge la composición porcentual tanto de la hamburguesa patrón y las de las muestras a las que se añadió la harina de cushuro. La muestra patrón tuvo un peso de 627 gr y los incrementos de peso en las diferentes muestras se debieron a la extensión de la carne por la acción de la harina.

Tabla 28

Fórmula para la elaboración de hamburguesa

Insumos	0%	5%	7%	10%
Carne de cerdo	71.11%	67.04%	65.76%	63.72%
Aceite de oliva	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Hielo	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Sal	1.22%	1.22%	1.22%	1.22%
Ajo en polvo	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%
Cebolla en polvo	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%
kion en polvo	0.70%	0.70%	0.70%	0.70%
Azúcar	0.72%	0.72%	0.72%	0.71%
Proteína concentrada de soja	1.45%	0.92%	0.45%	0.00%
Cushuro (Nostoc Sphaericum)	0.00%	4.60%	6.35%	8.85%

Elaboración: El autor

4.6.1 Análisis de perfil de ácidos

La cantidad de grasa obtenida por cada tratamiento se recoge en la tabla 29

Tabla 29

Grasa en las muestras de hamburguesa de cerdo por cada tratamiento

Muestra	Unidad	Resultado
Hamburguesa 0%	g/100g	4.70
Hamburguesa 5 %	g/100g	10.12
Hamburguesa 7 %	g/100g	10.74
Hamburguesa 10 %	g/100g	13.90

Elaboración: El autor

El aumento de lípido es exponencial al aumento de harina de cushuro, debiéndose a su CRAc.

Las tablas 30 y 31 recogen los detalles de los diferentes ácidos grasos tanto para la muestra patrón y las muestras con adición de harina de cushuro al 5 %, 7 % y 10 %. Los valores están expresados como ácido graso en (mg/g) y en porcentaje.

4.7. Análisis del producto terminado

Tabla 30

Perfil de ácidos grasos de las muestras (mg/g)

Ácido graso	FA(mg/g)	Muestra			
		0%	5%	7%	10%
Mirístico	C 14:0	16.33 ± 0.11	3.88 ± 0.21	5.47 ± 0.16	8.855 ± 0.42
Palmitico	C 16:0	246.21 ± 1.05	203.19 ± 8.37	212.98 ± 6.81	238.279 ± 11.83
Palmitoleico	C 16:1n-7	28.04 ± 0.14	19.76 ± 0.88	21.31 ± 0.73	25.175 ± 1.29
Esteárico	C 18:0	115.29 ± 2.44	54.80 ± 1.98	63.75 ± 1.78	83.726 ± 3.17
Oleico	C 18:1n-9	371.06 ± 3.47	542.11 ± 18.32	531.01 ± 15.76	532.965 ± 20.88
Vaccénico	C 18:1n-7	28.43 ± 0.14	26.50 ± 0.58	27.02 ± 0.71	29.563 ± 0.69
Linoleico	C 18:2n-6	214.48 ± 2.42	192.73 ± 6.62	197.97 ± 5.47	210.732 ± 8.25
a-Linolénico	C 18:3n-3	12.00 ± 0.19	10.50 ± 0.38	10.92 ± 0.24	11.778 ± 0.51
	MUFA	427.53	588.37	579.34	587.70
	PUFA	226.49	203.22	208.89	222.51
	Σ Saturados	377.826	261.859	282.204	330.860
	Σ Insaturados	654.016	791.589	788.224	810.212
	P/S	0.599	0.776	0.740	0.673

Elaboración: El autor

Tabla 31

Datos de perfil de ácidos grasos expresados en porcentaje relativo

Ácido graso	(% relativo)	Muestra			
		0%	5%	7%	10%
Mirístico	C 14:0	1.58 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.51 ± 0.001	0.78 ± 0.01
Palmitico	C 16:0	23.86 ± 0.15	19.29 ± 0.12	19.90 ± 0.06	20.88 ± 0.19
Palmitoleico	C 16:1n-7	2.72 ± 0.01	1.87 ± 0.02	1.99 ± 0.01	2.21 ± 0.02
Esteárico	C 18:0	11.17 ± 0.27	5.20 ± 0.03	5.96 ± 0.01	7.34 ± 0.03
Oleico	C 18:1n-9	35.96 ± 0.22	51.46 ± 0.08	49.61 ± 0.03	46.71 ± 0.12
Vaccénico	C 18:1n-7	2.76 ± 0.001	2.52 ± 0.04	2.52 ± 0.01	2.59 ± 0.05
Linoleico	C 18:2n-6	20.79 ± 0.17	18.30 ± 0.04	18.49 ± 0.04	18.47 ± 0.04
a-Linolénico	C 18:3n-3	1.16 ± 0.01	1.00 ± 0.01	1.02 ± 0.01	1.03 ± 0.01
	MUFA	41.43	55.85	54.12	51.51
	PUFA	21.95	25.85	27.38	30.02
	Σ Saturados	36.62	24.85	26.36	28.99
	Σ Insaturados	63.38	75.15	73.64	71.01
	P/S	0.599	1.040	1.039	1.036

Elaboración: El autor

4.5.2 Índices nutricionales

La tabla 32 muestra los índices aterogénicos (AI), Índices trombogénicos (TI) y la relación hipocolesterolémico / hipercolesterolémico (h/H) involucrados en la formación de colesterol.

Tabla 32

Resultados de los índices nutricionales datos expresados en porcentaje

Índice	Muestra			
	0	5	7	10
AI	0.48	0.28	0.30	0.34
TI	1.06	0.62	0.67	0.76
h/H	2.28	3.60	3.39	3.06

Elaboración: El autor

4.5.3. Evaluación de dienos y trienos conjugados

La tabla 33 detalla los resultados de dienos y trienos conjugados involucrados en la oxidación de lípidos en la muestra.

Tabla 33

Resultados de evaluación de dienos y trienos conjugados.

Parámetro	Muestra			
	0	5	7	10
Dienos	3.56	3.74	3.64	3.58
Trienos	0.90	1.48	0.67	0.60

Elaboración: El autor

4.6. Análisis microbiológico

Se ha realizado siguiendo la “Norma sanitaria de criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para alimentos y bebidas de consumo humano”. Por lo que muestra la tabla 34, se garantizó la inocuidad del alimento para efectuar el análisis sensorial.

Tabla 34

Resultados de la evaluación microbiológica para el producto terminado de hamburguesa de cerdo con harina de Nostoc.

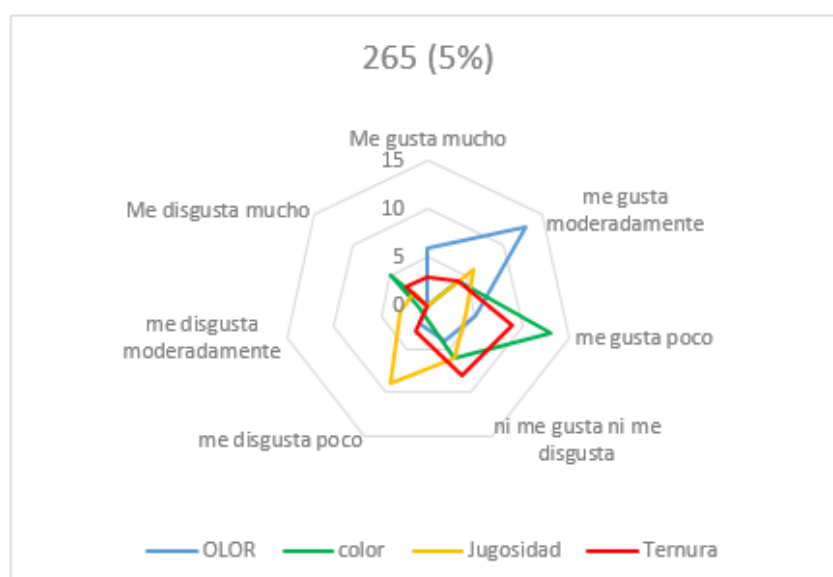
Microorganismo	Muestra			
	0%	5%	7%	10%
Recuento de Aerobios mesófilos	80x10 ³ UFC/g	27x10 ² UFC/g	18x10 ² UFC/g	39x10 ⁴ UFC/g
Numeración de E.coli	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g
Detección Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Numeración Staphylococcus aureus	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g
Recuento Clostridium perfringes	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g
Detección Ecoli o157:H7	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Elaboración: El autor

4.7. Evaluación sensorial

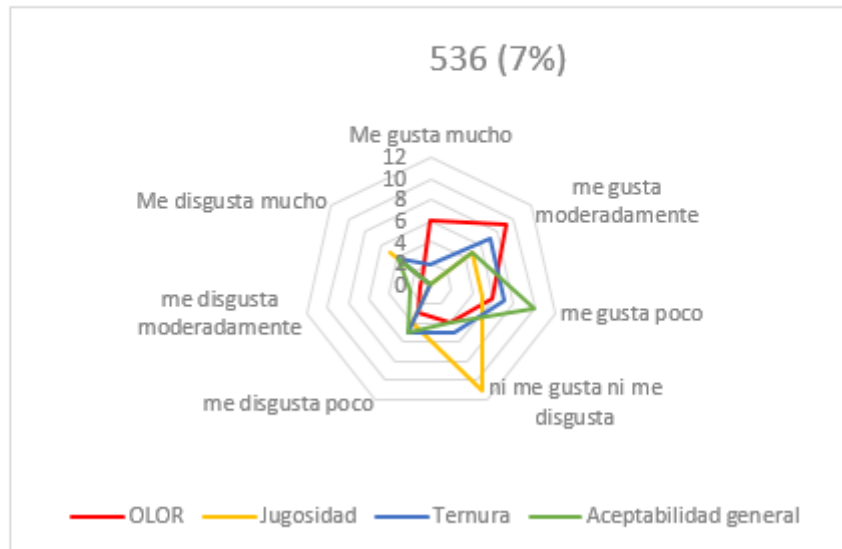
La evaluación se efectuó con 30 panelistas no entrenados escogidos al azar entre los estudiantes de la USMP. Los detalles de los resultados obtenidos para las muestras 265, 536 y 367 se muestran en los gráficos de diagramas de araña adjuntos y recogen las impresiones, en términos de preferencia de los atributos seleccionados y evaluados por los panelistas para cada muestra.

Figura 12. Preferencia de atributos en la muestra 265 (5 %)



Elaboración: El autor

Figura 13. Preferencia de atributos en la muestra 536 (7%)



Elaboración: El autor

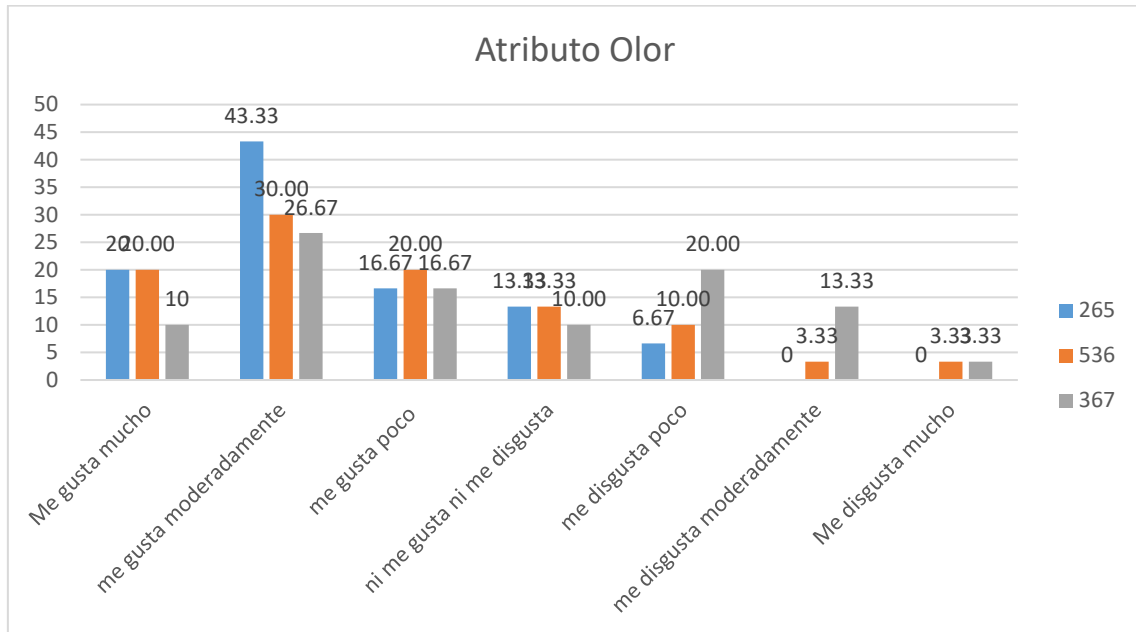
Figura 14. Preferencia de atributos en la muestra 367 (10%)



Elaboración: El autor

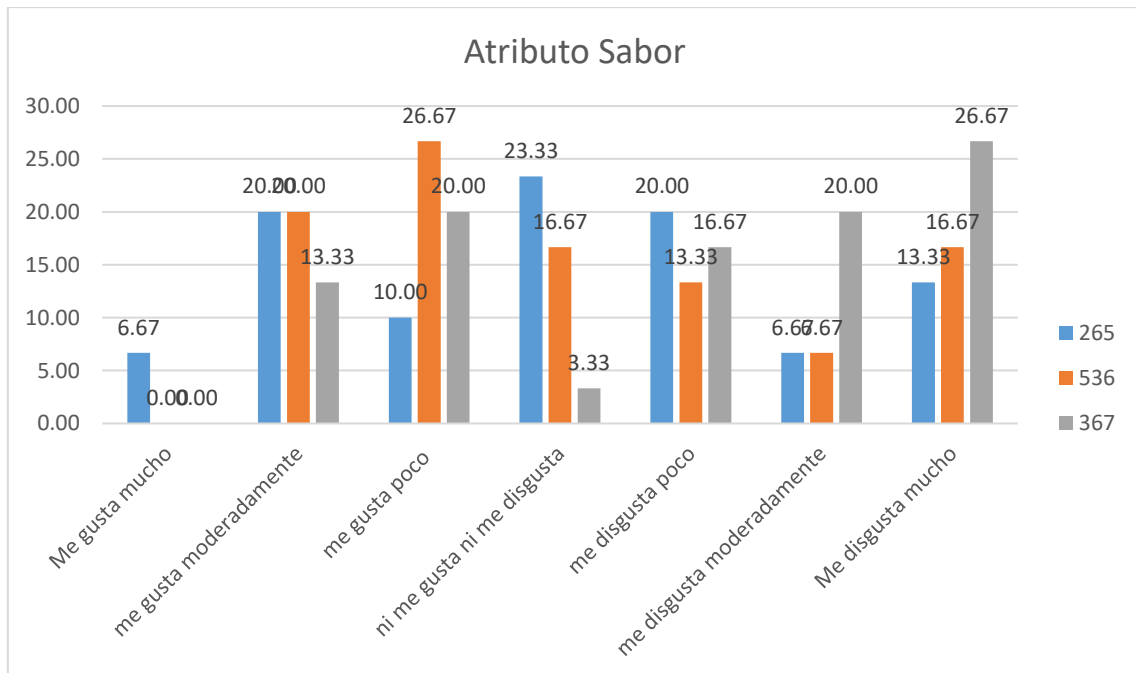
Respecto al enfrentamiento de los atributos evaluados como puntaje por escala hedónica, se evaluó el olor, sabor, color, jugosidad, ternura y la aceptabilidad general de las hamburguesas con diferentes tratamientos de haría de cushuro.

Figura 15. Enfrentamiento por atributo olor de las 3 muestras



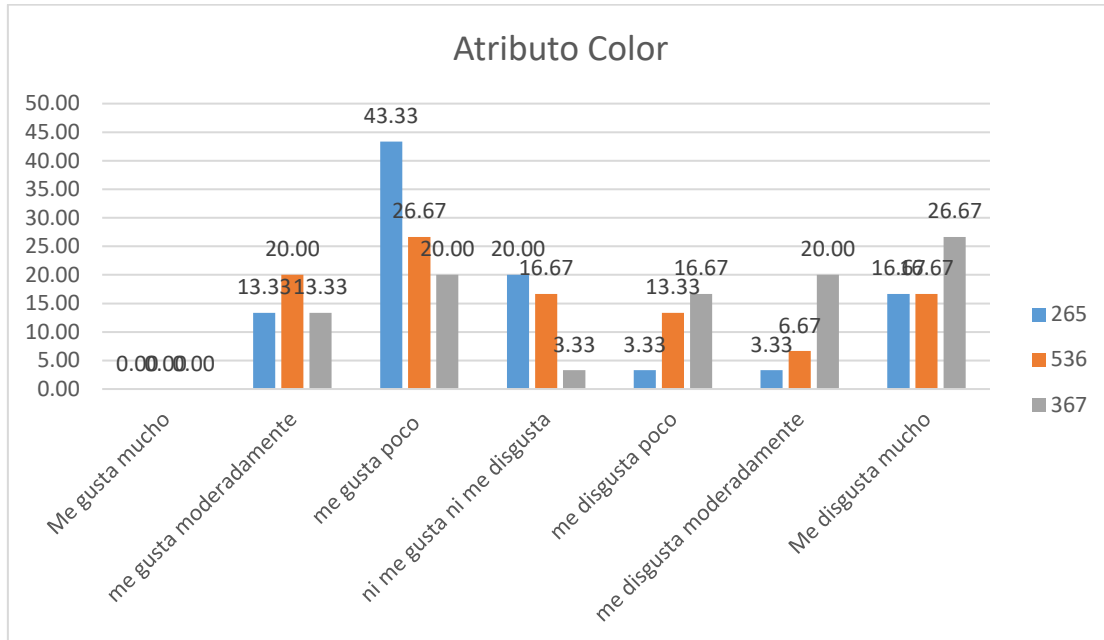
Elaboración: El autor

Figura 16. Enfrentamiento por atributo sabor de las 3 muestras.



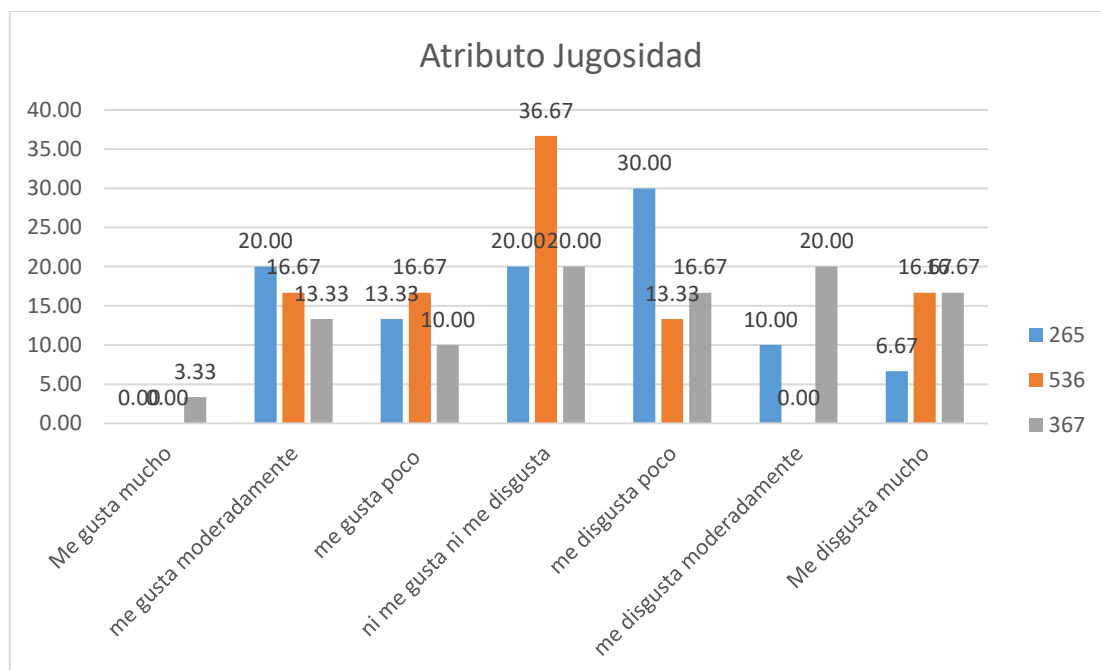
Elaboración: El autor

Figura 17. Enfrentamiento por atributo color de las 3 muestras.



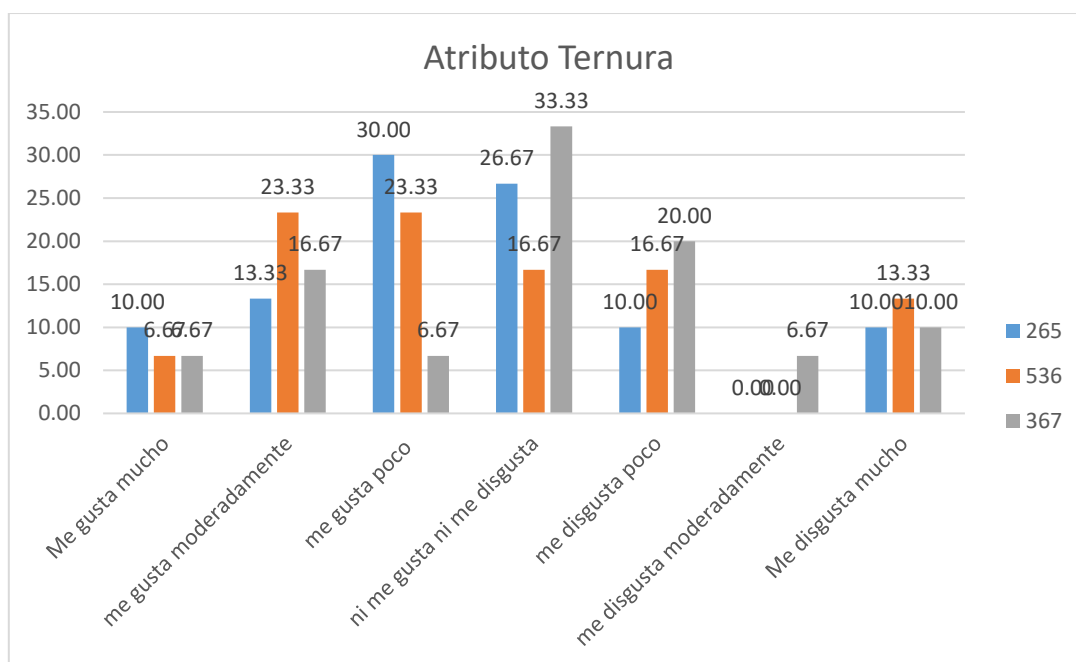
Elaboración: El autor

Figura 18. Enfrentamiento por atributo jugosidad de las 3 muestras.



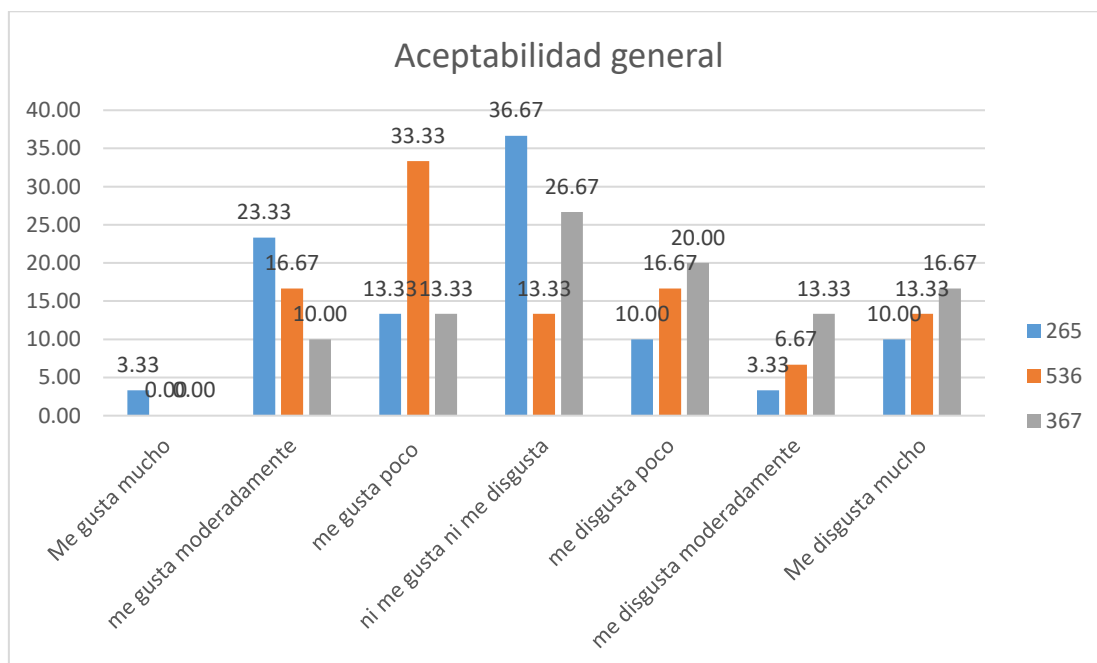
Elaboración: El autor

Figura 19. Enfrentamiento por atributo ternura de las 3 muestras.



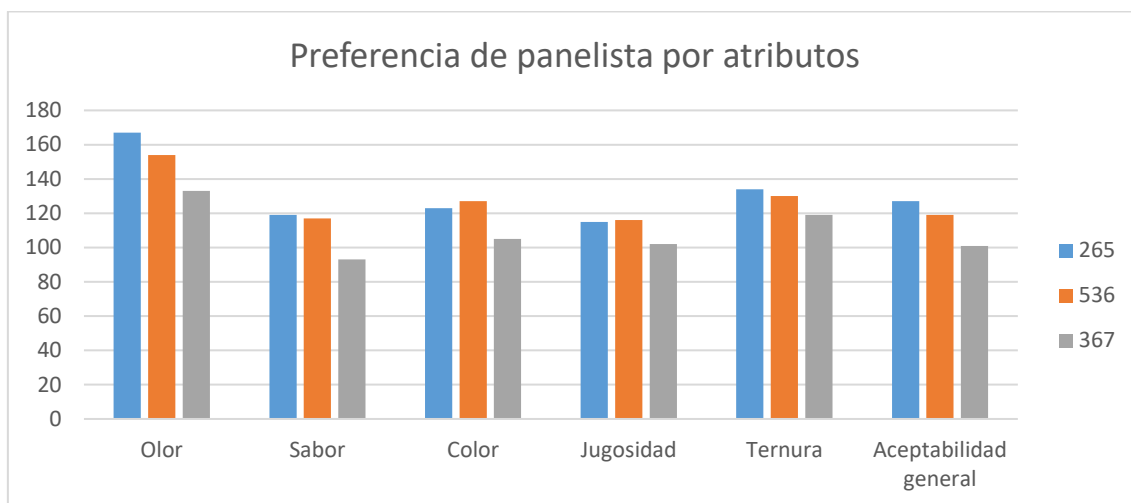
Elaboración: El autor

Figura 20. Enfrentamiento aceptabilidad general de las 3 muestras.



Elaboración: El autor

Figura 21. Preferencia de panelista por atributos



Elaboración: El autor

Tabla 35

Preferencia de los panelistas por muestra

Muestras	Panelistas	Porcentaje (%)
5%	13	43.3
7%	11	36.7
10%	3	10
N.O	3	10
Universo	30	100

*N.O: No opina

Elaboración: El autor

4.6 Perdida por cocción (cooking lost)

La tabla 36 muestra la pérdida de dimensiones producto de la cocción, en términos de grosor y diámetro de las hamburguesas con diferentes concentraciones de harina de cushuro

Tabla 36

Perdida por cocción

Dimensión	Muestra (% harina cushuro)		
	5	7	10
Diámetro	10.99	10.85	10.29
Grosor	1.167	1.306	1.025

Elaboración: El autor

4.7 Perfil de textura

El atributo evaluado fue la dureza. Esta se muestra en la tabla 37 para las diferentes muestras de hamburguesa con diferentes proporciones de harina de cushuro.

Tabla 37

Perfil de textura atributo de dureza expresada en Newton

Atributo	Muestra (% harina cushuro)			
	0	5	7	10
Dureza	8.5	9	18.5	23

Elaboración: El autor

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis organoléptico del cushuro fresco

Las formas de la materia prima fresca (*Nostoc spaericum*) fueron esféricas y tuvieron gran similitud según lo señalado por Fernández y Tejeira (2018); aunque para Moncayo (2017), Según Cadena (2013) señala que la especie *Nostoc* varía de acuerdo al género, poseyendo una diversidad morfológica amplia.

Respecto al color hay variaciones y estas dependerán de la zona de procedencia. Según Moncayo (2017) reporta un color verde amarillento mientras que Fernández y Tejeira (2018) señala un color verde pardo. En nuestro caso el color fue de un verde olivo oscuro.

En cuanto al tamaño de los cocos del *Nostoc* estos no fueron homogéneos asemejándose a lo que reporta Moncayo (2017) quien señala que de la evaluación macroscópica y microscópica de la muestra húmeda esta presentaba “formas un tanto esféricas de 2 a 4.5 cm de diámetro”.

Respecto al olor no se percibió uno predominante y textura fue lisa en la parte exterior y gelatinosa en el interior. Los hallazgos se alinean con los obtenidos por Fernández y Tejeira (2017) quienes detallan “un sabor insípido, textura externa lisa y gelatinosa por el lado interno”.

5.2 Rendimiento en el secado

Las algas tienen un alto contenido de agua. Al estado fresco pueden contener de 75 a 95 % de agua y entre 15 % a 25 % en componentes orgánicos y minerales Nagai (2018). Por ello, son muy perecederos deteriorándose a los pocos días del acopio.

Debido a que poseen una capacidad de deterioro muy acelerado se recurre al proceso de deshidratado como método de conservación, ya que es ampliamente aplicado en la industria pues ayuda disminuir la actividad de agua (aW), retarda el crecimiento microbiano, conserva características organolépticas como el olor y color, además de reducir el volumen de almacenamiento Chili (2010). Con las nuevas tendencias de consumo hacia alimentos no convencionales de origen autóctono su empleo en la cocina del país, como por ejemplo en los restaurantes de 5 tenedores, cada vez es más frecuente.

Respecto al rendimiento después del deshidratado, este fue bastante bajo y, a nuestro entender, previsible ya que como sostiene Fernández y Tejeira, (2018) y Chili (2010) el cushuro, en estado fresco, tiene una humedad entre 98.41 % y 98.61 % respectivamente. Así mismo, después del secado presenta el fenómeno del pardeamiento y endurecimiento del producto en la superficie puesto que en su mayor parte es fibra y carbohidratos Casp y Abril (1999).

5.3 Densidad aparente

Esta fue de 0.55 g/MI, valor muy cercano al de harinas convencionales como las leguminosas cuyas densidades están entre 0.71 g/mL y 0.91 g/mL Aguilera (2009).

Según Manobanda (2017) señala que una de las de las densidades aparentes más bajas en las harinas es la de tarwi (*Lupinus mutabilis*) con 0.40 g/mL y la más alta es la de la papa con 0.72 g/mL. Según Cerezal, Urtuvia, Ramírez y Arcos (2011) señala que a mayor volumen de la harina menor será el valor de la densidad. Uno de los factores que afectan a la densidad aparente es el tratamiento térmico debido a una gelatinización parcial o completa de algunos gránulos de almidón. Otro factor es el tamaño de la partícula con que se

evalúa. A mayor cantidad de partículas finas más es su densidad Techeira, Sivoli, Perdomo, Ramírez (2014). En resumen, la densidad aparente es una propiedad interesante en las harinas pues a menor volumen se facilita su uso tanto por su facilidad de dilución, empaquetado y transporte.

5.4 Análisis proximal

Para una temperatura de 70° C y 8 horas de secado, la humedad que se determinó para la harina de cushuro fue de 16.45 %. Este porcentaje difiere con los hallazgos de Fernández y Tejeira (2018) quienes obtuvieron 12.75 % y 9.75 % para temperaturas de 50° C y 60°C y tiempos de secado de 6 y 4 horas. Así mismo, Moncayo (2017) obtuvo 9.05 % de humedad en base seca. Las Tablas de composición de alimentos (MINSAL 2017) muestran una humedad del 15.1 % para el cushuro deshidratado. Este se aproxima al resultado de la investigación. Estimamos que la velocidad de secado incide en estos resultados. Lamentablemente, el secador empleado no posibilitaba una regulación velocidades de secado. Por otro lado, al no ser homogéneos los diámetros de los cocos, la evaporación no es uniforme en toda la superficie. Ello guarda relación con la Ley de Fick que señala con respecto a la transferencia de materia mediante el cálculo de difusividad eficaz del agua donde uno de los factores principales que afecta a esta difusividad es la relación con la geometría del producto a deshidratar. Crank (1975). Finalmente, para Chili (2010), la procedencia y el punto de recolección afectan el contenido de humedad en crudo.

Otros resultados de porcentajes de humedad en diferentes harinas de algas son los obtenidos por López-López, Cofrades, Yakan, Solas y Jiménez-Colmenero (2010) quienes reportan 11 % en la harina de Wakame (*Undaria Pinnatifida*). Por otro lado, Jiménez et al. (2010) encontraron 11 % en la harina de "Sea Spaghetti" (*Himanthalia elongata*) y Nagai (2018) en su evaluación de la *Undaria sp*, *Porphyra sp* y *Ulva sp*, encontró 7.93 %, 11,11 % y 11,43 % respectivamente.

En contenido de cenizas se obtuvo 3.53 %. Este difiere con lo que reportan Fernández y Tejeira (2018); sus resultados fueron del 7.96 % y 8.14 % a 50° C

y 60 ° C. Chili (2010) reporta 6.81 % en base húmeda y el (MINSa 2017) en la Tabla de composición de alimentos muestra 8.5 % para el cushuro deshidratado.

Según Nagai (2018) señala que en harinas de algas obtuvo 17.4 % y 31.9 %. Estimamos que las diversidades de resultados se relacionan con la especie, el lugar donde se recolectó la muestra sea, por ejemplo, cerca de un material rocoso, vegetal o en la cercanía al agua dulce. Esto facilita, como lo señala Cadena (2013), la adsorción de minerales como el Ca, Fe y P. La característica de adherencia que presentan las cianobacterias como es el caso del cushuro, dificulta la obtención de material biológico puro. Se estima que el porcentaje de cenizas en las cianobacterias varía entre 2 % y 50 % Cadena (2013). El porcentaje de grasa obtenido fue de 0.08%, por debajo del 1.08 % y 1.29 % que reportan (Fernández García & Tejeira Suyón, 2018) para el cushuro deshidratado a temperaturas de secado de 50°C y 60°C, las tablas de composición de alimentos del MINSa muestran 0.5 % como grasa total (MINSa 2017).

En el caso de otras algas, Palasí (2015) reporta 0.08 % en el *Nori* y 1.1 % en el *Wakame*. Cadena (2013) obtuvo 0.52 % y 0.08%; finalmente, Nagai (2018) reporta 4.81 %, 0.19 %, 0.39 % respectivamente para 3 variedades de algas.

Según Cadena, (2013) señala que una de las causas de esta variabilidad asociada al *Nostoc* en los resultados de ácidos grasos es consecuencia por las condiciones medio ambientales donde se desarrolló la cianobacteria; así mismo factores fisicoquímicos y como variedad taxonómica afectan directamente el resultado. Según González (1976) señala que “hay una clara dependencia a factores externos a los que está sometido el vegetal”

Otros factores que podría explicar esta variabilidad son “el método de extracción empleado condiciones y propiedades del material inorgánico de la hidrólisis acida y el solvente orgánico para extraer la materia prima” Moncayo (2017).

Para las proteínas, el resultado obtenido fue de 29.37 %. Este valor se aproxima al de las Tablas peruanas del Minsa que reporta 29.0 % y no se aleja

de los hallazgos de Fernández y Tejeira (2018) que reportan 34.54 % y 35.21 % para temperaturas de secado de 50 °C y 60 °C.

Según Cadena (2013) señala sobre cianobacterias señala que, dependiendo del género, el valor proteico mínimo es de 17.62 %. La (FAO 2016) señala que “para determinar el nitrógeno total el factor de conversión es 6.25 suponiendo que la proteína promedio tiene, aproximadamente, 16 % de nitrógeno por unidad de peso pudiendo existir variaciones del 12 % y 19 % entre las proteínas individuales”.

Según Cadena (2013) señala que hay alta variabilidad en el contenido de proteínas presentes en las cianobacterias alcanzando valores distantes, aun siendo de la misma especie, cultivadas en la misma igualdad de condiciones.

Otro factor que afecta el contenido proteico es el efecto térmico del calor que por desnaturalización proteica afectar su solubilidad provocando su pérdida.

El contenido proteico representa un gran interés en la industria alimentaria no solamente por sus aplicaciones técnicas sino también por su aporte nutricional al consumidor. Es por eso que el cushuro es de consumo frecuente, especialmente, en la zona alto andinas por la facilidad de acceso al producto cubriendo así en los pobladores sus requerimientos proteicos. Según Ponce (2014) señala que el porcentaje de proteínas encontradas en las cianobacterias se debe a la capacidad que presentan estas para fijar el nitrógeno y conservarlo. Sin embargo, se debería profundizar su estudio de la calidad proteica así como su perfil amino.

Como se había comentado desde una perspectiva tecnológica, parte importante de los insumos empleados en la industria alimentaria son de origen proteico y se les puede dar distintos usos por sus propiedades tecnofuncionales.

Para carbohidratos se obtuvo 50.57 %. Esto difiere con los hallazgos de Fernández y Tejeira (2018) que reportaron 34.59 % y 35.64 % para temperaturas de secado del cushuro de 50°C y 60 °C respectivamente. Las tablas de composición de alimentos (MINSa, 2017), muestran 46.9 % para el cushuro

deshidratado que se aproxima a lo encontrado en la investigación. Finalmente, Moncayo Medina (2017), reporta 37.28 % como porcentaje de carbohidratos.

Estas variaciones se deben al género, el lugar y la estacionalidad de la cosecha pues, dependiendo de la zona varía la capacidad fijadora de las cianobacterias pues al tratarse de hidratos de carbono de bajo peso molecular, polímeros de reserva y polisacáridos complejos que están presentes se concentran, en mayor medida, en la pared celular. Nagai (2018).

Este valor en el cushuro se asocia a otros carbohidratos como los almidones, dextrinas, azúcares simples, pectinas, gomas, celulosas y hemicelulosas que son parte de la dieta cotidiana y tienen uso tecnológico como la celulosa para elaborar tripas para la embutición de hot dog, pectinas en la elaboración de mermeladas y gomas para la elaboración de gelatinas o bebidas. Sin embargo, sería importante identificar el perfil de los polisacáridos predominante en el *Nostoc Sphaericum* para evaluar su aprovechamiento en la industria.

El contenido de fibra fue el más elevado con un 83.03 % y dista de los hallazgos de Fernández y Tejeira (2018); presentan resultado entre 9.09 % y 9.96 % en temperaturas de 50°C y 60°C respectivamente. Por su parte, Díaz y Meylin (2015) reportan 46.85 % en el yuyo (*Chondracanthus Chamissoi*); este porcentaje se aproxima al obtenido. Finalmente, Palasí (2015) reporta valores de 34 %, 44 %, 38.8 % y 38.3 % para las algas *Nori*, *Kombu*, *Wakame*, *Sea sphagetti*.

La fibra en este tipo de alimentos es muy variable. Sin embargo, la diferencia de los resultados depende de la especie evaluada, la temporada de cosecha y, como no, también, por errores durante el ensayo analítico pues en el ensayo no solo se consideró carbohidratos si no, además, componentes no nitrogenados que ocasiona variaciones en el porcentaje.

La fibra nivel digestivo aumenta la movilidad intestinal previniendo el estreñimiento, Para Moncayo (2017) haciendo referencia a la American Association of Cereal Chemist (2001) señala que “la fibra es la parte comestible

de plantas o hidratos de carbono análogos resistentes a la digestión y absorción del intestino delgado por fermentación completa o parcial en el intestino grueso.”

El valor calórico expresado en Kcal/100g fue de 320.48, muy similar a los 326.93 y 330.03 Kcal/100g reportados por Fernández y Tejeira (2018); sin embargo, las Tablas de alimentos del MINSA reportan para el cushuro deshidratado 242 Kcal/100g que es un valor un tanto menor. Finalmente, Anaya y Hermoza (2014) señalan que el empleo de las algas mejora la calidad nutritiva de los productos cárnicos.

5.4 Propiedades tecnofuncionales

Según Llopiz (2016) , señala que las cianobacterias tienen compuestos bioactivos que puede aprovechar la industria alimentaria y son potencialmente beneficiosos abriéndose la posibilidad de utilizarlo como ingrediente funcional en el procesamiento de alimentos; sin embargo, uno de sus limitantes es la variabilidad de sus propiedades bromatológicas pues, al tratarse una especie que se desarrolla en estado silvestre esta encadenada con variables del hábitat como: estacionalidad, madurez, entre otros que varían precisamente estos compuestos bioactivos.

Esto obliga a la industria alimentaria dirigir sus esfuerzos en la obtención de nuevas tecnologías; especialmente, en insumos que otorguen propiedades como sabor, olor, textura, jugosidad, entre otras al producto. Una propiedad tecnofuncional muy empleada en la industria cárnica es el de las fibras empleadas como agente de textura. Otro es el caso de las carrageninas, hidrocoloides, alginatos que se encargan de retener agua; aunque estas propiedades se ven afectadas por la estacionalidad de la cosecha y el hábitat y la especie de la cianobacteria. Según Chapman (1980), los hidrocolides cumplen funciones como: estabilizar las emulsiones, agente gelificante, mejorar la viscosidad y el crecimiento de cristales.

5.4.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

Es la más interesante y abre una gama de aplicaciones en las industrias alimentarias, especialmente, para elaborar productos como salchichas cocidas, jamones, jamonadas, etc.

El valor CRA obtenido fue de 11.46 ± 0.41 mL/g, ligeramente mayor a lo reportado por Nagai (2018) en su estudio de harina en tres tipos diferentes de algas comestibles. Sus hallazgos para la *Undaria sp*, *Ulva Sp*, *Pophyra sp* fueron de 6.64 mL/g, 4.51 mL/g, 4. mL/g respectivamente. Por su parte, Suzuki et al. (1995) en el estudio del Wakame (*Undaria pinnatifida*) obtuvieron valores entre los 19 a 44 mL/g. Según Morales (2014) determinó el CRA en el pelillo (*Gracilaria chilensis*); obtuvo 6.9 mL/g en el alga cruda y 7.0 mL/g en el alga cocida a vapor. Finalmente, los resultados de Fleury y Lahaye (1991) en la *Laminaria Digitata* fueron de 17.4 mL/g.

Es inevitable la comparación con otros insumos empleados en la industria como las harinas convencionales. La harina de trigo que tiene 3.1 mL/g Thebaudin et al. (1997) y las hojuelas de avena cocidas con 3.27 mL/g en CRA San Martín (2012).

Tabla 38.

Desempeño del CRA del cushuro (Nostoc Sphaericum) sobre otras especies.

	<i>Nostoc Sphaericum</i>	<i>Undaria sp</i>	<i>Ulva Sp</i>	<i>Pophyra sp</i>	<i>Gracilaria chilensis</i>	<i>Laminaria Digitata</i>	Avena	Trigo
CRA	11.46	6.64	4.51	4	7	17.4	3.27	3.1

Elaboración: El autor

Tenemos que el CRA para el *Nostoc Sphaericum* es superior al de la *Undaria Sp*, *Ulva sp*, *Pophyra Sp* y *Gracilaria Chilensis* pero, menor al de la *Laminaria Digitata*. Según Suzuki et al. (1995) señala que la diferencia de CRA en algas se relaciona con la cantidad de fibra y la composición de polisacáridos de las

fracciones de fibra dietaria. Sin embargo, existen otros factores que afectan su retención. Según, Elleuch et al. (2011) señalan que los factores que podrían afectar la retención son la porosidad, el tamaño de partícula, la fuerza iónica, pH, temperatura, tipo de iones en solución.

Según Fleury y Lahaye, (1991) señala que se tiene una relación directamente proporcional entre la propiedad de afinidad por el agua y el aumento de la solubilidad de la fibra debido al contacto con el agua formar un retículo, originando una solución de gran viscosidad.

Probablemente, el CRA obtenido no se debió tanto por acción de la proteína si no por el tipo la fibra presente en el cushuro. Se hace importante corroborar su identificación. Según Lahaye (1991) señala en su ensayo que observó que el Wakame tenía 35.3 % de fibra dietaria total y el 30 % de fibra soluble y 5.3% de fibra insoluble pudiendo estar relacionadas con el CRA.

5.4.2 Capacidad de retención de aceite (CRAc)

Como propiedad fisicoquímica es de importancia en la industria alimentaria muy requerida en los alimentos fritos o contenido graso alto pues permite que el enlace de lípidos por las proteínas contribuye para elaborar esta clase de productos Granito et al. (2004) y en la estabilidad de almacenamiento por su capacidad de poder oxidativo y su influencia en el enranciamiento; además otorga atributos sensoriales como sabor y suavidad que son predominantes en la decisión de compra del consumidor.

El resultado obtenido fue 2.09 mL / g un valor superior al reportado por Nagai (2018) quien en su estudio para tres diferentes algas *Undaria Sp*, *Ulva sp* y *Pophyra Sp* y obtuvo 0.99 mL/g, 1.00 mL/g y 1.29 mL/g respectivamente. Estas diferencias se podrían asociar a lo que señala Fleury y Lahaye (1991) quienes sostienen que la CRAc se encuentra relacionadas a las propiedades superficiales de las partículas y la densidad de carga total; así como la naturaleza hidrofílica de los constituyentes de las algas.

Según Morales (2014), la *Gracilaria chilensis* presenta valores entre los 1.2 – 1.4 mL/g; los que son bajos comparado con los hallazgos de Fleury y Lahaye (1991) que para la *Laminaria digitata* reportan un CRAC de 13.8 mL/g. Otro producto con el cual se puede comparar es la harina de trigo que tiene un CRAC de 1.3 mL/g Thebaudin et al. (1997).

Tabla 39

Tabla comparativa de CRAC de distintas especies.

	<i>Nostoc Sphaericum</i>	<i>Undaria sp</i>	<i>Ulva Sp</i>	<i>Pophyra sp</i>	<i>Gracilaria chilensis</i>	<i>Laminaria Digitata</i>	Trigo
CRAC (mL/g)	2.09	0.99	1	1.29	1.4	13.8	1.3

Elaboración: El autor

La CRAC puede ser retenida por la fibra y también por la proteína. Estas variaciones las determina la presencia de cadenas laterales no polares de aminoácidos unidos a las cadenas laterales hidrocarbonadas del aceite Aguilera (2009).

Estas ligeras variaciones se deben también al tipo de especie a evaluar y el tipo de proteína que poseen. Otro factor que podría afectar la CRAC es el efecto térmico después del proceso de secado pues, después de la deshidratación podría existir una desnaturalización de la proteína.

Según Granito, Brito, y Torres (2007) señala sobre el efecto del tratamiento térmico en la CRAC que “la desnaturalización proteica conllevaría la agregación de los grupos hidrofóbicos pues la unión de estos con el aceite se vería reducida”.

Un valor alto de CRAC no siempre es favorable pues depende del tipo de producto se desee elabora. Un alto CRAC se emplearía más en alimentos con alto contenido de grasas o emulsiones Elleuch et al. (2011) mientras que un bajo CRAC otorgaría al producto una baja sensación grasa en productos de naturaleza fritos. Cervantes, Rascón, Ramos, Sánchez y Jiménez (2010).

5.4.3 Capacidad de absorción (CA)

Para Aguilera (2009) es “la habilidad del alimento para asociarse al agua por su adición gradual en la preparación”. Esta no ha sido muy estudiada en las harinas de algas y se han concentrado más en las harinas de legumbres, judías, entre otras.

El resultado obtenido para CA fue de 5.29 mL/g. Otros autores para judías del genero *Canavalia* hallaron 5.1mL/g Adebowale y Lawal (2004) Esto por su mayor tendencia hidrofilia; sin embargo, hay legumbres que tienen un CA que se aproximan a los hallazgos de la investigación; este es el caso del garbanzo de Sinaloa deshidratado donde se encontró 3,8 mL/g Aguilera (2009).

Para Granito, Brito y Torres (2007), los incrementos en el CA se deben por la fibra alimentaria y la disociación de proteínas. Estos ocasionan mayor exposición de los grupos polares en las cadenas peptídicas aumentando la fijación de las moléculas de agua. Altos contenidos de fracciones amiláceas y fibra tienen mayor CA.

5.4.4 Capacidad de hinchamiento (SW)

Es una de las más características en las algas secas pues se hinchan hasta más o menos 20 veces su volumen al exponerse al agua Kuda, Yokoyama y Fujii (1997).

El resultado que se obtuvo fue de 19.92 mL/g cumpliéndose con la definición conceptual del SW y relacionándose con la mayor cantidad de agua que pudo retenerse en la matriz; sin embargo, los hallazgos de Nagai (2018) para las variedades *Undaria Sp*, *Ulva sp* y *Pophyra Sp* fueron 13.4 mL/g , 6.9 mL/g y 10.9 mL/g respectivamente.

Según Morales (2014) señala que para la *Gracilaria chilensis* reporta valores que oscilaron entre 5.2 mL/ g – 5.1 mL / g y el estudio de (Fleury & Lahaye, 1991) en *Laminaria digitata* obtuvo 13.8 mL/g. En el trigo se obtuvo 7.5 mL/g según lo reportado por Thebaudin, Lefebvre, Harrington y Bourgeois (1997).

Tabla 40

Resultados de la capacidad de hinchamiento en distintas especies.

	<i>Nostoc Sphaericum</i>	<i>Undaria sp</i>	<i>Ulva Sp</i>	<i>Pophyra sp</i>	<i>Gracilaria chilensis</i>	<i>Laminaria Digitata</i>	Trigo
SW (mL/g)	19.92	13.4	6.9	10.9	5.2	13.8	7.5

Elaboración: El autor

Según Tester y Morrison (1990) y Sasaki y Matsuki (1998) “esta se debe a la formación de amilopectina. Sugiere que altos contenidos de cadenas largas de las moléculas de la amilopectina con grados de polimerización mayores a 35, elevan el SW”.

Finamente, para Calfunao (2012), en términos generales, el aumento de volumen en presencia del excedente de agua, se debe al contenido de proteínas, fibras y la degradación de gránulos de almidón. Esta propiedad deseable en distintas industrias; especialmente, la panificación y cárnica contribuyendo a la optimización del proceso por el aumento de volumen y la pérdida de humedad otorgando al producto terminado cualidades sensoriales de frescura atractiva para el consumidor.

5.4.5 Capacidad emulsificante (CEm)

El resultado obtenido fue de 3.59 %, un porcentaje muy bajo comparado con otros insumos empleados en la industria como es en las legumbres los que de acuerdo con Aguilera (2009) presentan hasta un 47 %, el garbanzo castellano que tiene 12 % y las judías que tienen un 4.0 – 4.3 % de CEm quien refiere que estos resultados se relacionan con el contenido de fibra alimentaria y la proporción de estas fracciones presentes en la muestra. Por otro lado, para Betancur, Gallegos y Chel (2004), esta diferencia puede deberse también al tipo y la diferencia de niveles de proteínas solubilizadas influyendo en el CEm.

Según Adebowale y Lawal (2003), señalan que estos factores influyen en el CEm y modifica el balance de las fuerzas de Van der Waals y la electrostática repulsiva existiendo relación entre la capacidad emulsionante y la solubilidad de la proteína.

Según Chau y Cheung (1998) y Granito, Brito y Torres (2007) señalan que esta propiedad es sensible al tratamiento térmico. Según Cofrades, López-López, Solas, Bravo y Jiménez-Colmenero (2008) señalan que la CEm en algas comestibles mediante una emulsión gel baja en sal para un sistema cárnico obteniendo una emulsión estable con “Back Fat” y agua usando Nori al 5 % como agente emulsionante y donde los niveles de proteínas del alga en el sistema cárnico disminuyen hasta un 2 %. Esta propiedad es atractiva para la industria cárnica, pues otorga flexibilidad y masticabilidad a productos cárnicos como las salchichas.

5.4.6 Capacidad espumante (CE)

No se obtuvieron resultados para la capacidad espumante (CE); no se formó espuma estable a pesar de la agitación. Se atribuye una CE elevada por aumento de flexibilidad en la proteína que encapsula el aire formado en la interface aire-agua Aluko y Yada (1995). Según Singh (2001) sugiere que en el caso de las leguminosas esta capacidad puede estar relacionada de forma directa con la solubilidad del nitrógeno.

Un valor bajo en la CE, se puede asociar a cambios en las proteínas al exponerse a altas temperaturas como es en la deshidratación. En todo caso las moléculas de proteínas flexibles presentarían facilidad para la capacidad de formar espumas cosa que no pueden hacer las moléculas ordenadas globulares presentando un menor CE, ya que son incapaces de reducir la tensión superficial de la interfase aire-agua Aguilera (2009).

5.4.7 Capacidad gelificante (CMG)

Como se señaló en el marco teórico, la capacidad de gelificación (CMG) es “la mínima concentración de harina donde tiene lugar la gelificación”. Esta propiedad se encuentra asociada a la proporción de proteínas, carbohidratos y lípidos. El proceso de gelificación depende, principalmente, de interacciones proteína-proteína y depende del tamaño, forma y flexibilidad molecular.

Según Badui (2006) el CMG está relacionada con polisacáridos como el almidón y los hidrocoloides predominantes en las algas. Un valor bajo de esta capacidad indica un mejor desempeño.

El resultado óptimo para la formación de gel obtenido en la investigación fue de 4 %. Este coincide con el hallazgo de Morales (2014) que reporta un porcentaje similar. Otros estudios son los obtenidos en la soya que es muy usada en la industria cárnica donde se reporta resultados del 14 % Moure, Sineiro, Dominguez, y Parajo (2006).

Respecto a la formación de gel, lo que contribuye a su formación es el hinchamiento de proteínas, almidones y fibras. Según Sangronis, Machado y Cava (2004), señala que “la concentración de proteínas es un factor decisivo en la firmeza y formación de gel afirmando que el tipo de proteínas y los componentes no proteicos afectan la gelificación”.

En nuestro caso al tratarse de una cianobacteria, la gelificación se debe al mayor contenido de fibra de fracción soluble donde se encontrarían los hidrocoloides el principal agente formador de soluciones viscosas formadoras de gel Badui Dergal (2006); sin embargo, otros factores podrían afectar la capacidad de gelificación; esto es, el proceso de deshidratación que depende de la interacción proteína-proteína que al ser sometida a tratamiento térmico puede desnaturalizarse.

Los mecanismos durante la gelificación son controlados por el equilibrio entre interacciones hidrofóbicas e interacciones electrostáticas repulsivas. Al final es una competencia por el agua entre la proteína que gelifica y la fibra que gelatiniza Aguilera (2009).

Parte del método es el proceso de cocción en baño maría. Según Singh (2001) señala que “durante la cocción se desnaturalización y la adición de proteínas; apareciendo fuerzas repulsivas y atractivas por las cargas superficiales de los grupos funcionales expuestos por el despegamiento de la proteína en el tratamiento térmico”.

Otro factor que afecta la formación de gel es el pH influyendo en el balance de residuos polares y no polares recomendándose que este se encuentre cercano a su punto isoeléctrico donde las interacciones proteína-proteína se vean favorecidas reduciendo las interacciones repulsivas entre moléculas de la proteína.

5.5 Análisis de color

Tabla 41

Comparación del color de la harina de *Nostoc sphaericum* con harina de yuyo (*Chondracanthus Chamissoi*)

	Muestra	
	Nostoc 70 C	Yuyo 60 C
a*	-7.34	-18.01
b*	29.94	40.05
L* (Luminosidad)	49.17	83.05
C* (Cromacidad)	30.84	47.41
h* (Angulo de tonalidad)	-76.19	65.79

Elaboración: El autor

Según Díaz y Meylin (2015) señala sobre la variedad yuyo (*Chondracanthus Chamissoi*) un valor a* de casi el doble respecto al del cushuro. Esto demuestra que el yuyo tiene una mayor tendencia al color verde que el cushuro. Respecto al valor b*, ambos presentan tendencia hacia el color amarillo; con relación a la luminosidad (L*) la tendencia de ambos es hacia el blanco y con referencia al ángulo de tonalidad (h*), para ambas harinas los valores se encuentran en el segundo cuadrante.

Si bien es cierto, no se tienen muchos estudios sobre el análisis de color en harina de algas, consideramos que uno de los factores que puede influir en el color es la especie y la temperatura de secado. Los valores corresponden a parámetros de secado 60°C para el caso del yuyo y 70°C en el caso del *Nostoc sphaericum*.

5.6 Pigmentos vegetales

La tabla 42 muestra el comparativo de los hallazgos respecto al contenido de pigmentos vegetales para el *Nostoc Sphaericum* y el estudio de Nagai (2018), en algas del género *Undaria Sp*, *Ulva Sp*, y *Porphyra Sp*.

A nuestro entender, la cantidad de pigmentos vegetales está determinada por el género y la especie lo que influye significativamente. De la tabla No 38 tenemos que el *Nostoc Sphaericum* muestra una menor presencia de clorofilas en su contenido respecto a otras algas que tienen un valor por encima de los 200. Esta discordancia podría ser causada por el solvente empleado para el análisis espectrofotométrico. Si bien se tiene presencia de carotenoides, este es escaso y se podría pensar que la fucoxantina carotenoide es la predominante en las algas pardas Nagai (2018).

Tabla 42

Comparativa de pigmentos vegetales de Nosctoc con otras especies

Pigmento	Nostoc	Undaria Sp	Ulva Sp	Porphyra Sp
Clorofila a	11.7	357	310	217
Clorofila b	1.83	41	272	16
Clorofila totales	13.53	398	582	233
Carotenoides	3.634	123	34	17.8

Elaboración: El autor

5.4 Elaboración de la hamburguesa

Como punto de partida todo producto cárnico tiene un valor de CRA- Así, en la formulación de las hamburguesas el CRA del producto será resultante de los diferentes CRA de los insumos empleados menos el agua añadida; sin embargo, el valor del CRA para un determinado producto en particular dependerá de la calidad deseada que está relacionada con los consumidores a quienes va el producto sea este gourmet, premium o venta masiva. Otros índices a considerar son la relación humedad / proteína (H/P) asociada con la textura y la mordida cárnica propia del producto y la relación grasa / proteína (G/P) asociada con la

jugosidad y la estabilidad de las emulsiones Mercado y Sánchez, (2016).

Ahora bien, tomando como referencia lo señalado, a partir de la composición porcentual de los diferentes insumos emplearemos el CRA teórico de la hamburguesa de cerdo con cushuro. La tabla 43 muestra el resultado para 100 g de producto y la tabla 44 los índices de los diferentes insumos empleados para cada tratamiento realizado.

El valor CRA de la hamburguesa con 0 % de cushuro será el patrón para estimar el porcentaje más adecuado de harina de cushuro para los otros diferentes tratamientos.

Tabla 43

Aporte teórico para las hamburguesas de cerdo por cada insumo.

Insumo	Humedad %	Proteína %	Grasa %	CRA %
Carne de cerdo	74.04	21.08	3.731	21.667
Aceite de oliva	0	0	91	0
Hielo	100	0	0	0
Sal	7	0	0	0
Ajo en polvo	4.5	0	0.73	0
Cebolla en polvo	6	10		0
kion en polvo	5	0.1	0.4	0
Azúcar	0.07	0	0	0
Proteína concentrada de soja	7	70	0.5	300
Cushuro (Nostoc Sphaericum)	16.45	29.37	0.08	11.46

Elaboración: El autor

Tabla 44

Índices de humedad, proteína, grasa y relación H/P, G/P y CRA para cada tratamientos realizados

Índices	0%	5%	7%	10%
Humedad	39.04	35.95	35.00	33.53
Proteína	10.87	10.06	9.84	9.52
Grasa	2.76	2.53	2.46	2.36
CRA	6.98	9.03	7.73	6.54
H/P	3.59	3.57	3.56	3.52
G/P	0.25	0.25	0.25	0.24

Elaboración: El autor

En la tabla 44 observamos que con relación a cada tratamiento existe, en el valor del CRA, una disminución de casi un punto porcentual respecto al CRA teórico. Si bien la diferencia no es amplia nos da un indicio que el cushuro se puede utilizar como agente retenedor de agua. Así mismo la relación H/P se ve afectada reduciéndose por cada tratamiento respecto a la relación con el patrón pudiendo afectar directamente la mordida y textura. La relación G/P no presenta diferencia entre los diferentes tratamientos.

5.5 Perfil de ácidos grasos

Aun cuando los resultados proximales de la harina de cushuro no fueron alentadores respecto al contenido de lípidos (tabla 17), no deja de ser interesante conocer su perfil lipídico. Según Nagai, (2018) encontró una mayor concentración de ácido palmítico en su investigación en tres algas marinas comestibles. En el caso de la *Undaria sp* determinó 37.56 %, para la *Porphyra sp* 59,29 % y en la *Ulva sp.* 53.97 % Así mismo, haciendo referencia a Peinado, Girón, Koutsidis y Ames, (2014) y Sánchez-Manchado et al. (2004). Así mismo la investigación de Nagai (2018) demostró que siendo las algas ricas en ácidos grasos poliinsaturados su aporte podría ser significativo. La presencia de estos ácidos grasos es valioso por sus propiedades nutricionales y los efectos antiinflamatorios, anticancerígenos que prevendrían el riesgo de enfermedades cardiovasculares Plaza, Cifuentes y Ibañez (2008).

Los diferentes tratamientos de las hamburguesas fueron enriquecidos con aceite de oliva para reemplazar la fracción grasa (back-fat) propia de los productos cárnicos. Las tablas 45 y 46 muestran detalles de los contenidos de ácidos grasos tanto en el aceite de oliva y la carne de cerdo comercial

Tabla 45

Ácidos grasos presentes en el aceite de oliva

Ácido graso		Porcentaje (%)
Mirístico	C 14:0	0.01
Palmitico	C 16:0	18.41
Palmitoleico	C 16:1n-7	1.51
Esteárico	C 18:0	2.27
Oleico	C 18:1n-9	56.82
Vaccénico	C 18:1n-7	N.R
Linoleico	C 18:2n-6	19.96
a-Linolénico	C 18:3n-3	1.03
	MUFA	79.02
	PUFA	1.03

* N.R: No Reportado de pescado

Fuente: Paucar-Menacho, Salvador-Reyes, Guillén-Sánchez, Capa, y Moreno (2015).

Tabla 46

Perfil de ácidos grasos presentes en la carne de cerdo de comercial.

Ácido graso		Porcentaje (%)
Mirístico	C 14:0	1.6
Palmitico	C 16:0	22.49
Palmitoleico	C 16:1n-7	4.94
Esteárico	C 18:0	7.1
Oleico	C 18:1n-9	46.93
Vaccénico	C 18:1n-7	N,R
Linoleico	C 18:2n-6	9.66
a-Linolénico	C 18:3n-3	0.43
	MUFA	83.06
	PUFA	10.09

Fuente: Dzib- Cauich, Lemus-Flores, Bugarín-Prado, Ayala-Valdominos, & Moo-Huchin, (2020).

Al añadir el aceite de oliva, este ingresa a la matriz alimentaria (sistema cárnico) aportando o modificando los contenidos de ácidos grasos en el producto final; sin embargo, el proceso de cocción a vapor puede alterar estos contenidos en el producto. En el caso nuestro, los diferentes tratamientos de las hamburguesas fueron cocidas en vapor hasta cuando la temperatura interna fue de 72°C para su posterior almacenamiento.

El perfil de ácidos grasos para cada tratamiento de las hamburguesas se muestra en las tablas 30 y 31, los resultados fueron los siguientes:

- Respecto al AG mirística, el mayor porcentaje relativo correspondió al tratamiento patrón (0%) con 1.58 ± 0.01 y el menor porcentaje a la muestra con un 5% con 0.37 ± 0.01
- Para el AG palmítico el resultado más alto fue el de la muestra patrón con 23.86 ± 0.15 y el menor valor fue 19.29 ± 0.12 para la muestra de 5 %. Sin embargo, no existió mucha diferencia entre las muestras.
- Para el AG Palmitoleico, el valor más alto correspondió a la muestra patrón con 2.72 ± 0.01 y el menor valor a la muestra 5 % con 1.87 ± 0.02 .
- Para el AG Esteárico, el mayor valor fue la muestra de 0 % con 11.17 ± 0.27 y de menor valor correspondió a la muestra 5 % con 5.20 ± 0.03 .
- Para el AG Oleico, el resultado de la muestra con 0 % fue de 35.96 ± 0.22 y la de menor resultado 51.46 ± 0.08 perteneciente a la muestra de 5 %,
- En el caso del AG Vaccénico, la muestra del 0% tuvo el mayor valor con 2.76 ± 0.001 , sin embargo, las demás muestras estuvieron muy cerca a este valor oscilando entre 2.52 y 2.59.
- Para el AG Linolenico, la muestra de mayor valor fue de 20.79 ± 0.17 , sin embargo las otras muestras están muy cerca oscilando entre 18.30 – 18.47
- Para el AG α -Linolénico, el mayor valor es para el tratamiento 0 % con 1.16 ± 0.01 , sin embargo, todas las demás muestras oscilan con resultados entre 1.00 – 1.03.
- Existe mayor cantidad de MUFA en la muestra de 10 % y la menor cantidad en la muestra patrón.

- Respecto a las PUFAS la muestra de mayor valor está en la muestra patrón (0 %) y la de menor valor corresponde al tratamiento al 5 %.

Otros hallazgos referidos al perfil de ácidos grasos corresponden a la investigación de Morales (2014), quien en su trabajo sobre hamburguesas con alga pelillo señala que esta tiene una alta cantidad de ácidos grasos insaturados por el alto porcentaje de grasa animal presente en la formulación. Este resultado se asemeja a lo obtenido con la hamburguesa de cerdo con cushuro pues todos los tratamientos presentan mayor cantidad de ácidos grasos insaturados respecto a los saturados por la grasa animal presente en la materia prima.

Con relación al contenido de AG oleico, Morales (2014) reporta en alga pelillo, 36.87 % mientras que, en nuestro caso, en la hamburguesa con harina de cushuro, este fue de 35.96 % en la muestra control, sin embargo, en los demás tratamientos estos porcentajes fueron mayores con 51.46 %, 49, 61 % y 46.71 % para los tratamientos de 5 %, 7 % y 10 % respectivamente. Además, haciendo referencia a Talcott, Duncan, Del Pozo-Insfran y Gorbet (2005) y Smith, King y Min (2007). Según Lopez-Huertas (2010) señala que el “ácido oleico está vinculado a la buena estabilidad oxidativa de los alimentos y demás efectos beneficiosos como la disminución de riesgo cardiovascular al reducir lípidos sanguíneos especialmente el colesterol”.

Respecto a PUFA'S, el ácido graso poliinsaturado linoleico fue el de menor presencia con un 11.81 %. En nuestro caso, la hamburguesa de cerdo con cushuro posee alto contenido de PUFA's, entre los que se encuentran los ácidos grasos linoleico y a-linolénico. Nuestros resultados fueron de 21.95 %, 25.85 %, 27.38 % y 30.02 % para los tratamientos 0 %, 5 %, 7 % y 10 %, considerándose como esenciales para la calidad nutricional.

Los hallazgos de Morales (2014) con respecto a los ácidos grasos palmítico y esteárico fueron de 27.08 % y 20.77 %. Estos constituyen el valor S de la relación poliinsaturado/saturado y son proporcionados, principalmente, por la

carne de cerdo. El resultado de la relación poloinsaturado/saturado (P/S) para la hamburguesa con alga pelillo fue 0.2 – 0.3.

Según López-López, Cofrades, Ruiz-Capillas y Jiménez- Colmenero (2009) quienes diseñaron una salchicha frankfurter con aceite de oliva y obtuvieron en la relación P/S de 0.48 al mezclar aceite de oliva con alga sea weed (*H.Elongata*).

Con relación a lo anterior, en las guías nutricionales se recomienda que la relación P/S debe ser mayor a 0.4 para así disminuir los riesgos de enfermedades cardiovasculares Wood et al. (2004) y Cifuni, Napolitano, Riviezzzi, Braghieri y Girolami (2004).

En nuestro caso, los resultados obtenidos para cada tratamiento estuvieron por encima de lo recomendado. Los resultados obtenidos fueron de 0.6, 0.77, 0.74 y 0.67 para los tratamientos de 0 %, 5 %, 7 % y 10 %, demostrándose que en el sistema cárnico con harina de cushuro ha actuado de modo favorable con el aceite de oliva aumentando la calidad nutricional en la hamburguesa.

Respecto a las PUFA estas no son saludables si no se encuentran en una proporción adecuada respecto a la relación Omega-6/omega-3 Simopoulos, (2008) y Fernández-Ginés, Fernández-López y Sayas-Barbera (2005). Con relación a lo anterior, los hallazgos de López-López I. , Cofrades, Ruiz-Capillas, y Jiménez- Colmenero (2009) muestran que en n-3 PUFA eran mayores en productos cárnicos emulsionados con Wakame (5.6 %). Esto nos podría dar un indicio que la harina al aumentar la proporción en la formulación para realizar la emulsión modifica, de manera positiva, el perfil de ácidos grasos aumentando el porcentaje de n-3 PUFA.

Nagai (2018), respecto al perfil lipídico de las hamburguesas de cerdo con harina de *Undaria sp* no encontró diferencias significativas con las hamburguesas de cerdo con concentrado de proteínas de leche salvo en el caso del ácido eicosanoico donde las cantidades eran ligeramente superiores. La mayor proporción de ácido graso en ambas formulaciones fue el ácido oleico

pues la formulación, los insumos como la carne de cerdo, aceite y harina de *Undaria sp* superaron el 65 %.

Actualmente, los productos carnicos son estigmatizados y se le considera como dañinos a la salud. Esto obliga a la búsqueda de tecnologías alternativas y el inicio de nuevas investigaciones para obtener productos carnicos más saludables y como las investigaciones ya desarrolladas, se emplean estrategias de sustitución de diferentes insumos no carnicos buscando otorgar un perfil lipídico que mejore la calidad nutricional del producto.

5.6 Índices nutricionales (AI, TI, h/H)

Al utilizar harina de cushuro afectó los valores del índice aterogénico (AI) disminuyéndolo, siendo su resultado más bajo (0.28) en comparación con la muestra patrón (0.48). Este resultado se asemeja a los de Nagai (2018) quien usando harina de alga *Undaria sp* disminuyó ligeramente el valor de AI (0.261 a 0.221) sin encontrar diferencias significativas al compararlos con la hamburguesa patrón con proteína de leche, así mismo en sus resultados de TI se redujeron de 0.701 a 0.587. Lo anterior se asemeja en la hamburguesa con cushuro; su porcentaje más bajo fue de 0.72 comparándolo con el 1.06 de la muestra patrón. Se puede concluir que tanto en la investigación desarrollada como en la de Nagai (2018) los índices AI y TI no tuvieron una disminución significativa y en ambos casos se empleó carne de cerdo comercial cuyos índices estimados por la literatura son: AI (1.47) y TI (0.87).

López-López, Cofrades, Ruiz-Capillas, y Jiménez- Colmenero (2009) en su diseño de frankfurter con omega 3 con alga wakame y aceite de oliva como sustituto parcial de la grasa de cerdo obtuvo reducción en los valores de AI de 0.51 a 0.35 y TI 0.85 a 0.70 para los frankfurter con grasa de cerdo y aquellos que contenían alga wakame y aceite de oliva que sustituyó parcialmente a la grasa de cerdo.

La investigación de Lopez-Lopez et al (2009) sobre la capacidad antioxidante en emulsiones con bajo contenido de sal con algas del genero *H. Elongata*, *U. Pinnatifida* y *P. Umbilicalis* obtuvo resultados similares para el índice AI. Así, el índice AI para la muestra control fue de 0.39 el que se repitió para los otros 3 tratamiento para cada alga. En el caso del índice TI, este se redujo y para la muestra control es índice fue de 3.99 mientras que el valor más bajo del índice fue de 2.85 para la muestra con el *P. Umbilicalis* (Nori).

Respecto al índice h/H, no se ha encontrado mucha información sobre productos cárnicos con algas. La carne de cerdo tiene un h/H de 2.42 mientras que en la hamburguesa de cerdo con cushuro, el índice h/H del tratamiento control fue de 2.28, el mayor valor del índice fue de 3.60 para la muestra con 5 %. Como lo señala Dzib- Cauich et al. (2020), se considera como una carne de alta calidad cuando el h/H es mayor a 2.5.

Finalmente, una alta proporción de PUFA no es saludable, si no está en una proporción adecuada en la relación omega 6/omega 3 Simopoulos (2008) Fernández-Ginés, Fernández-López y Sayas-Barbera (2005). Esta relación omega 6/omega 3 es interesante en estos tipos de productos pues los animales son incapaces de sintetizar ácidos grasos n-6 y n-3 Wood et al. (2003)

Finalmente, según Nagai (2018) señala que la cantidad de algas que se debería emplear en formulación de productos cárnicos saludables deben guardar concordancia con las características de calidad propias del producto terminado. Esto abre posibilidades de mejorar el perfil lipídico en productos cárnicos al emplearse algas como insumo y haciendo referencia a Marchetti, Andrés y Califano (2017) señala que los bajos valores en estos índices son beneficiosos para el producto terminado ya que guardan relación con reducir los riesgos de diferentes enfermedades cardiovasculares.

5.7 Dienes y trienos conjugados

Están ligados a la oxidación de lípidos, sin embargo, no se encontró investigaciones acerca del empleo de harina en algas en formulas cárnicas precocidas que evalúen este índice. En la investigación de harina de cushuro en hamburguesas de cerdo tanto en la muestra patrón y los diferentes tratamientos, los valores de dienos fueron de: 3.56 (0 %), 3.74 (5 %), 3.64 (7 %) y 3.58 (10 %)

sin existir una diferencia entre una y otra muestra. En el caso de trienos la muestra patrón (0 %) fue de 0.9, para el tratamiento al 5 % (1.48), en el tratamiento 7 % (0.67) y en la de 10 % (0.70). El incremento en el tratamiento al 5 % que aumenta muy por encima de los otros resultados podría hacer sospechar que la harina de cushuro estimamos que algún factor afectó el resultado obtenido.

La investigación de Fernández y Tejeira (2018) encontró que el cushuro ejerce una baja capacidad antioxidante en su estado deshidratado. Sin embargo, no hay que descartar esta capacidad pues se ha demostrado que varias cianobacterias y algas poseen capacidad antioxidante.

El empleo de agentes que ayuden a reducir la cantidad de dienos y trienos conjugados en productos cárnicos no es muy alentador tal como lo señala Muiño et al. (2013) quienes formularon una hamburguesa de cordero enriquecida con extracto de vino tinto como agente antioxidante obteniendo que los dienos conjugados aumentan con el periodo de conservación sin contribuir a la reducción dienos en el producto.

Cutimbo, Aro y Vivanco (2016) señalan que “los dienos conjugados dependen principalmente de la etapa de oxidación primaria y los trienos conjugados se relacionan algunos compuestos de oxidación secundaria presenten en especial, aquellos que poseen un grupo funcional carbonilo como aldehídos y cetonas”.

Según Farmer y Sutton (2002) señala que “el aumento de absorción debido a la formación de dienos conjugados es proporcional a la absorción de oxígeno y la formación de peróxidos en las primeras etapas de oxidación”.

Según Aladedunye y Matthäus (2014) señala que “los hidrodperóxidos de los lípidos como productos de oxidación primarios son inestables bajo condiciones de fritura y se descomponen en una serie de productos de oxidación secundarios siendo el más prominente aquellos con compuestos de carbonilo y, finalmente, Cutimbo, Aro y Vivanco (2016) comentando a Besbes et al (2005)

mencionan que los trienos conjugados se relacionan con la presencia de algunos compuestos de oxidación secundarios después de la descomposición de los compuestos primarios.

5.8 Análisis microbiológico

Tenemos que los hallazgos para los Aerobios mesófilos, *E. coli*, *Salmonella*, el *Staphylococcus aureus* y *Clostridium perfringens* para la harina de *Nostoc Sphaericum* estuvieron dentro de lo que señala las normas de carácter microbiológico del país. Así, para los Aerobios mesófilos $< 10^6$ es el límite máximo permisible, La numeración de *E. coli* tiene como límite permisible 50 NMP/g y se obtuvo 3 NMP/g y para la detección se determinó ausencia de *E. coli* con muestra de 25 g. Además, no se registró presencia de *Salmonella* y en el caso del *Staphylococcus aureus* coag+ el límite máximo permisible es 10^2 UFC/g y en todas las muestras analizadas se obtuvo valores menores a 10 UFC/g y de modo similar para el *Clostridium perfringens*.

El estudio se realizó con la finalidad de asegurar la calidad microbiana del producto pues al tenerse que picar la carne para operación implica incremento de la carga microbiana y va, generalmente, ligada con la manipulación de los alimentos. Los hallazgos de Nagai (2018) demostraron que el caso de la *Undaria* sp. al ser usada como insumo de las hamburguesas, encontró una ligera diferencia en su evaluación para la familia Enterobacteriaceae, sin embargo, tanto para aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas no se presentó ninguna diferencia. La *Undaria* sp no tuvo un efecto antimicrobiano significativo en la hamburguesa elaborada.

Finalmente, según Abu-Ghannam y Rajauria (2013) señala que las algas y sus extractos son fuente natural de productos con actividad microbiana y son estudiadas como alternativas para problemas infecciosos

5.9 Evaluación sensorial

Respecto al análisis sensoria este fue evaluado por cada atributo. Para el atributo olor, el tratamiento al 7 % tuvo la mayor aceptabilidad; sin embargo, en

los otros tratamientos, no existió una gran diferencia pues la harina de cushuro no afecta el atributo olor.

En el atributo sabor, la diferencia es mayor; las muestras del tratamiento al 5 % son las que tuvieron mayor aceptabilidad.

Para el atributo color, la mayor aceptabilidad se encontró en el tratamiento al 7% el que fue ligeramente superior a las muestras del tratamiento al 5 %. Lo más interesante fue que el panel que evaluó este atributo mostró mayor rechazo por las muestras con tratamiento al 10 % de harina de cushuro pues se afectaba significativamente el color.

Sobre el atributo jugosidad, las muestras con tratamientos al 5 % y 7 % fueron las de mayor aceptabilidad y las muestras de 10 % mostraron el mayor rechazo. La harina de cushuro afecta, significativamente, el atributo de jugosidad atrapando el agua y afectando la emulsión.

En el atributo ternura; esto es, la sensación de suavidad respecto a la mordida, las muestras del tratamiento al 5 % presentaron la mayor aceptabilidad; en tanto que las muestras del tratamiento al 10 % tuvieron el mayor rechazo por los panelistas. Se tiene pues que, para esa concentración, la harina de cushuro afecta la ternura de la carne.

En la aceptabilidad general las de mayor aceptación fueron las muestras con el tratamiento al 5 % de harina de cushuro. Algunos panelistas señalaron que con una mayor cantidad de harina de cushuro se deshacen de manera rápida y es áspera a la mordida y que en el caso de las muestras con 7 % de harina de cushuro la sensación era agradable pues se sentía más crocante. Asimismo, la mayoría de los panelistas señalaron que era necesario la mejora de color ya que predominaba el color verde en la muestra de 10% y 7 %.

De las muestras evaluadas la de mayor preferencia fueron las muestras con el tratamiento del 5 %; el atributo color fue el más criticado dándose entender que la harina de cushuro afecta directamente el color de la hamburguesa. Según la información obtenida de los panelistas el mayor porcentaje de aceptación fue

del 46.3 % para las muestras de tratamiento al 5 % seguida por las muestras al 7 % y, en el caso de las muestras de 10 %, solo 3 panelistas expresaron su preferencia.

5.10 Perdida de cocción

Estos resultados no fueron muy variables. Respecto al diámetro, todas las muestras tuvieron una pérdida de alrededor del 10 %. Con relación al grosor no existe diferencia significativa entre las muestras aunque si hubo una ligera reducción. Según Morales Guzmán (2014) señala en su investigación sobre hamburguesa con pelillo obtuvo un mayor rendimiento en la cocción reteniendo mejor la humedad y grasa. También señala que respecto a las dimensiones, no encontró cambios significativos en las hamburguesas con harina de pelillo.

Según Ogunwolu et al. (2009), atribuye esta propiedad a la capacidad gelificante que logra mantener la forma del producto al proporcionar resistencia a la estructura que está ligada a las disminución de humedad y grasa.

Según Yung-San Choi (2012) señala en su investigación respecto a dimensiones por pérdida de cocción encontró que la muestra con harina de *Laminaria Japonica* con menor reducción en el diámetro fue la formulación con 5 % de harina, agua (15%), back fat (10%). La pérdida fue una reducción del diámetro en 10.04 %. Sin embargo, para Pérez González (2010), las variaciones de altura se deben a la menor cohesión de sus componentes

5.11 Perfil de textura

Se evaluó el atributo de dureza. La muestra más dura fue el tratamiento al 10 % con una presión de 23 N; la de menor dureza fue la muestra de 5 % con 9 N. Esta diferencia en los resultados es por el incremento de la proporción de harina de alga que incrementa la dureza.

Según Yilmaz y Dağlıoğlu (2003) señala que en albóndigas de carne con adición de fibra encontró un aumentó en esta característica que se asemejan a los resultados de nuestra investigación. Según López-López, Cofrades, y

Jiménez-Colmenero (2009) señala que la adición de fibra dietaria modifica la textura y la estabilidad y los mecanismos de textura dependen de la solubilidad de las fibras.

La fibra insoluble puede influenciar en la textura del alimento gracias a sus capacidades de atrapar agua y de hinchamiento Thebaudin, Lefebvre, Harrington, y Bourgeois (1997) Así mismo, la fibra insoluble puede mejorar la consistencia de los productos cárnicos mediante la formación de una red tridimensional insoluble Backers y Noll (1998).

Según Chun, Park, Park, Suh, y Ahn (1999) encontraron para una muestra con harina de *Sargassum thunbergii* al 1 % una dureza de 3.19 N y en la muestra al 3% con harina de *Gelidium amansii*, una dureza de 2.08 N; finalmente, Yung-San Choi (2012) en su investigación de los efectos de la *laminaria japónica* en la características fisicoquímicas y sensoriales de la hamburguesa de cerdo reducidos en su contenido graso obtuvo respecto a dureza un valor de 6.22 N.

CONCLUSIONES

Conclusión general

1. La formulación con el 5% de harina de *Nostoc sphaericum*. Obtuvo los mejores. Incrementos en la concentración de harina en las otras formulaciones afectó atributos sensoriales de color, textura y consistencia y la aceptabilidad de las hamburguesas; así mismo, se mejoró la calidad nutricional de la hamburguesa y las capacidades tecnofuncionales de la harina de cushuro abren la posibilidad de una gama de aplicaciones para diferentes productos.

Conclusiones específicas

2. Producto del análisis físico químico y proximal la harina de cushuro posee un alto contenido proteico. Su contenido graso es bajo y es rica en fibra cruda. Posee capacidades tecnofuncionales como el CRA, CA, SW, CEm, CE, CMG muy valoradas por la industria cárnica y su CRAc es muy superior al de otras algas. Los valores de clorofila y caroténidos fueron menores en comparación con otras algas y podría relacionarse con la especie y género, el tratamiento térmico y el solvente empleado. La temperatura de secado tiene influencia en el color y los valores a^* , b^* , L^* , C^* y h^*

3. El perfil de ácidos grasos se ve modificado al enriquecerse el sistema cárnico con aceite de oliva pues es retenido por la harina de cushuro. Se obtuvo un alto contenido de MUFA alto y una baja cantidad de PUFAS en la muestra patrón. Respecto a los tratamientos con harina de alga y la relación P/S, estos aumentan con el contenido de harina de cushuro respecto a la muestra patrón. Los valores AI y TI, de los diversos tratamientos disminuyen en relación a la muestra patrón; en tanto que el índice h/H no se ve alterado significativamente con excepción del tratamiento al 5 %.
4. Respecto a la evaluación de dienos y trienos no se encontró diferencias en las muestras pues la harina de cushuro no ejerce reducción significativa en la formación de dienos y trienos conjugados
5. De los resultados del análisis microbiológico, los contenidos evaluados estuvieron dentro de los rangos fijados en las normas microbiológicas del Perú. La harina de cushuro no incide en la proliferación de microorganismos
6. La harina de cushuro afecta la dureza del producto pues al aumentarse la concentración de esta se ve afectada la textura.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar la temperatura de secado y su efecto en las propiedades nutricionales y tecno funcionales de la harina de cushuro
2. Evaluar el perfil de ácidos grasos después de freirse las hamburguesas identificando el grado los índices nutricionales de AI, TI y h/H.
3. Evaluar los contenidos de dienos y trienos conjugados en las hamburguesas después de la fritura y en el almacenamiento.
4. Se recomienda desarrollar investigación respecto al cultivo y explotación comercial del cushuro fresco en ecosistemas lénticos (lagos y lagunas) como pequeños emprendimientos rurales en zonas alto andinas para atender la demanda comercial de gran volumen.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas:

Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. Mexico: Pearson.

Carballo, B., & Torre, L. d. (1991). *Manual de bioquímica y tecnología*. España: Vicente Ediciones.

Casp, A., & Abril, J. (1999). *Procesos de conservación de alimentos*. Madrid. Cervantes, J., Rascón, M., Ramos, M., Sánchez, M., & Jiménez, E. (2010). *Estudio de propiedades funcionales de residuos agroindustriales de frutos tropicales. Congreso nacional de ingeniería bioquímica*.

Chapman, V. (1980). *Seaweeds and their uses. Springer Science & Business Media*.

FAO. (2016). *Macronutrientes: carbohidratos, grasas y proteínas. Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*.

Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza-España: Acribia.

Han, D., Bi, Y., & Hu, Z. (2004). *Industrial production of microalgal cell-mass and secondary products - species of high potential: Nostoc*. Department of Phycology, *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology* (págs. 304-311). Wuhan- China: Blackwell Publishing.

INEI. (2019). *Enfermedades no transmisibles y transmisibles*. Lima: Insitituto nacional de estadística e informática.

Madrid. (1999). *Aprovechamiento de los subproductos cárnicos*. Madrid: AMV EDICIONES.

Ministerio de Salud del Perú. (2017). En I. n. Perú, *Tablas Peruanas de composición de alimentos* (págs. 58-59). Lima: Biblioteca Nacional del Perú.

Morales Guerrero, J., Bressani Castignoli, R., & Vázquez Mata, N. (2014). *El amaranto : características físicas, químicas, toxicológicas y funcionales y aporte nutricional*. Mexico: Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

Ritchmond, A. (2004). *Handbook of microalgal culture*. Iowa: Blackwell Science.

Sancho, J., Bota, E., & de Castro, J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona .

Sangronis, E., Machado, C., & Cava, R. (2004). *Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (Phaseolus vulgaris Y Cajan cajan) germinadas*. *Interciencia*, 80-85.

Tesis:

Adrian Rubio, R (2018). Evaluación de la producción de Nostoc sp (cushuro) en cochas construídas diferentes profundidades dentro de un ecosistema de humedal, en el sector carpa, distrito de cáyac - ancash, 2017-2018. (Tesis de titulación). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Aguilera Gutierrez, Y. (2009). Harinas Leguminosas : Caracterización Nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales. (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Madrid, 213-281.

Belén Camacho, D., Linares, O., Sánchez, E. D., García i Quintana, D., & Moreno Álvarez, M. (2004). Característica fisicoquímicas y composición en ácidos grasos del aceite extraído de semillas de tomate de árbol (Cyphomandra betacea Sendt) variedades roja y amarilla. Grasas y aceites, 428-433.

Bonilla Gonzalez, T. N. (2012). *Aplicación del orégano como conservante para extender el tiempo de vida útil de hamburguesa refrigerada*. (Tesis de grado) Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.

Cahuapaza Cotrado, B. E. (2017). *Evaluar el efecto de la Adición de chía (Salvia hispánica L.) sobre las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales de la hamburguesa de trucha (Oncorhynchus mykiss)*. (Tesis de grado) Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Calfunao Antivil, R. (2012). *Caracterización de las propiedades tecnológicas de la harina decotiledón de la semilla de acacia de tres espinas (Gleditsia triacanthos L.)*. (Tesis de grado) Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Chili Rodriguez, E. (2010). *Evaluación de la cinética de secado y valor biológico de Cushuro (Nostoc Sphaericum)*. (Tesis de grado) Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Cruz- Suárez, E. L., Ricque-Marie, D., Tapia Salazar, M., & Guajardo-Barbosa, C. (2000). *Uso de harina de kelp (Macrocystis pyrifera) en alimentos para camarón. Programa Maricultura. FCB. Universidad Autónoma de Nuevo León, 227-263.*

Díaz Crespo, R. d., & Meylin Sachie, R. A. (2015). *Elaboración de barras energéticas a base kiwicha pop (Amaranthus Caudatus) y arroz inflado (Oryza Sativa) enriquecida con harina de yuyo (Chondracanthus Chamissoi)*. (Tesis de grado) Chimbote: Universidad Nacional del Santa.

Fernández García, W., & Tejeira Suyón, S. (2018). *Efecto del secado convectivo en el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante in vitro del Nostoc sphaericum Vaucher ex Bornet & Flahault "cushuro" procedente de Recuay*. (Tesis de grado) Lima - Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Franco Crespo, D. (2007). *Evaluación de proteína de albúmina de huevo (Clara Alto Gel), como sustituto parcial de la proteína cárnica en la*

elaboración de salchichas de consumo masivo. (Tesis de grado) Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Granda, A. (2014). *Evaluación de la influencia de la biomasa de la cianobacteria Nostoc Commune. como complemento alimenticio avícola (Gallus Gallus - Broiler).* Quito - Ecuador.

Herrera Pérez, R. M. (2012). *Evaluación de los exopolisacáridos producidos por una cepa nativa de cianobacteria Nostoc sp. como sustrato en la producción de bioetanol.* (Tesis de maestría) Bogota: Universidad Nacional de Colombia.

Huamani Palomino, W. (2017). *Diseño y formulación de hamburguesas (pulpa de pescado y pulpa de papa cocida) para mejorar los hábitos alimenticios en la población de bajos recursos económicos en el distrito de Ventanilla - Callao.* Lima:(Tesis de grado) Universidad peruana de las américas.

Jurado, B., Fuertes, C., Tomas, C., Ramos, E., Arroyo, J., Cáceres, P., Lalón Pinduisaca, V. A. (2017). *Elaboración de hamburguesas con la adición de Aloe vera.* Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Manobanda Cunalata, N. A. (2017). *Formulación y caracterización de un pan libre de gluten elaborado a partir de cultivos nativos del Ecuador.* Ambato: Universidad técnica de Ambato.

Martínez Pérez, R. E. (2014). *Aislamiento y evaluación de la viabilidad de cianobacterias de la rizósfera de plantas leguminosas cultivadas en la parroquia Poaló, Latacunga - Cotopaxi.* Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador .

Mercado Meza, C. M., & Sánchez Mercado, C. A. (2016). *Formulaciones de chorizos obtenidas a partir de una aplicación informática y su evaluación textural.* Berasteguí: Universidad de Córdoba.

Moncayo Medina, A. (2017). *Caracterización Morfológica, Análisis Proximal y Análisis Microbiológico de una muestra de la Cianobacteria Nostoc sp., recolectada en el páramo de Papallacta*. Quito: Universidad Central del Ecuador .

Morales Guzmán, C. P. (2014). *Formulación y evaluación de hamburguesa con incorporación del alga pelillo (Gracilaria chilensis) como sustituto de grasa y cárnico*. (Tesis de maestría) Santiago : Universidad de Chile .

Nagai, N. F. (2018). *Estudio de harinas de algas marinas comestibles y su incorporación en productos cárnicos*. (Tesis de grado) La Plata: Universidad Nacional de la Plata .

Palasí Mascarós, J.-T. (2015). *Caracterización físico-química y nutricional de algas en polvo empleadas como ingrediente alimentario*. (Trabajo de investigación) Valencia: Universitat Politècnica de Valencia .

Paredes Sabja, D. G. (2002). *Caracterización de la carne de jabalí (Sus scrofa) procedente de animales criados en Chile*. (Tesis de grado) Chile: Universidad Austral de Chile.

Pérez González, A. M. (2010). *Desarrollo de hamburguesas con incorporación de harina de linaza como sustituto de grasa de origen animal*. (Tesis de grado) Santiago de Chile: Universidad de Chile.

San Martín Pérez, V. B. (2012). *Caracterización tecnológica y funcional de dos tipos de harina de avena (Avena sativa L.)*. (Tesis de grado) Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Hemerográficas:

Andújar, G. (2000). *La utilización de extensores cárnicos*. Instituto de investigaciones para la industria alimentaria .

Backers, T., & Noll, B. (1998). *Dietary fibres move into meat processing*. *Fleischwirtschaft*, 319-320.

Bonne, D., & Castenholz, R. (2001). *Deeply Branching and Phototrophic Bacteria. Bergey's . Manual of Systematic Bacteriology. Springer.*

Chorus, I., Falconer, I., Salas, H., & Bartram, J. (1998). *Riesgos a la salud causados por cianobacteria y algas de agua dulce en aguas recreacionales. Instituto para la Higiene del agua, aire y suelo.*

González Villaseñor, L. I. (1976). *Determinación ácidos grasos en una nueva especie de alga del género Nostoc. Anales del centro de ciencias del mar y limnología México: Universidad Nacional Autónoma de México.*

Revistas electrónicas:

Abu-Ghannam, N., & Rajauria, G. (2013). 8 - *Antimicrobial activity of compounds isolated from algae: Functional Ingredients from Algae for Foods and Nutraceuticals. Food Science, Technology and Nutrition, 287-306.*

Adebowale, K., & Lawal, O. (2003). *Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (Voandzeia subterranean), jack bean (Canavalia ensiformis) and mucuna bean (Mucuna pruriens) flours. Food Research International, 355-365.*

Adebowale, K., & Lawal, O. (2004). *Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (Voandzeia subterranean), jack bean (Canavalia ensiformis) and mucuna bean (Mucuna pruriens) flours. Food research international, 439-442.*

Aladedunye, F., & Matthäus, B. (2014). *Phenolic extracts from Sorbus aucuparia (L.) and Malus baccata (L.) berries: Antioxidant activity and performance in rapeseed oil during frying and storage. Food Chemistry, 273-281.*

Aluko, R. E., & Yada, R. Y. (1995). *Structure–function relationships of cowpea (Vigna unguiculata) globulin isolate: influence of pH and NaCl on physicochemical and functional properties. Food Chemistry, 259-265.*

Anaya González, B., & Hermoza Valdivia, E. (2014). *Algas alimenticias para mejorar la calidad nutritiva de los productos carnicos* . *Apuntes de ciencia & sociedad*, 272 - 279.

Araya L, H., & Lutz R, M. (2003). *Functional and healthy foods*. *Revista chilena de nutrición*, 8-14.

Begoña Olmedilla, A., & Colemenero Jiménez, F. (2014). *Alimentos Cárnicos funcionales; desarrollo y evaluacion de sus propiedades saludables*. *Nutrición Hospitalaria*, 1197-1207.

Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Lognay, G., Drira, N., & Attia, H. (2005). *Heating effects on some quality characteristics of date seed oil*. *Food Chemistry*, 469-476.

Betancur Ancona, D., Gallegos Tintoré, S., & Chel Guerrero, L. (2004). *Wet-fractionation of Phaseolus lunatus seeds: partial characterization of starch and protein*. *Journal Science Food Agriculture*, 1193-1201.

Betancur-Ancona, D., Gallegos- Tintoré, S., & Chel- Guerrero, L. (2004). *Wet-fractionation of Phaseolus lunatus seeds: partial characterization of starch and protein*. *J. Sci. Food Agri*, 1193-1201.

Bourne, M. C. (1978). *Texture profile analysis*. *Food Technology*, 62-66.

Cadena, M., Molina, D., Carvajal, A., Otaneda, D., Morales, & Ever. (2013). *Bioprospección de macrocolonias de Nostoc Sp. en los andes ecuatorianos* . *Acta Botanica Venezuelica*, 287-303.

Calsin Cutimbo, M., Aro Aro, J. M., & Tipacti Vivanco, Z. (2016). *Estabilidad oxidativa del aceite de soya con adición de antioxidante de Isaño (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón) durante la fritura de papas*. *Revista de Investigacion Altoandina*, 395-402.

- Cárdenas, L. (2014). *Estudio fisicoquímico, microbiológico y toxicológico de los polisacáridos del nostoc commune y nostoc sphaericum*. *Revista Peruana de Química* , 15-22.
- Cerezal Mezquita, P., Urtuvia Gatica, V., Ramírez Quintanilla, V., & Arcos Zavala, R. (2011). *Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas*. *Nutricion Hospitalaria* , 161-169.
- Chau, C., & Cheung, P. (1998). *Functional properties of flour prepared from three Chinese indigenous legume seeds*. *Food chemistry*, 2615 - 2618.
- Chel Guerrero, L., Pérez Flores, V., Betancur Ancona, D., & Dávila Ortiz, G. (2002). *Functional properties of flours and protein isolates from Phaseolus lunatus and Cannavalia ensiformis seeds*. *J. Agric. Food Chem.*, 584-591.
- Choi, Y.-S., Choi, J.-H., Han, D.-J., Kim, H.-Y., Kim, H.-W., Lee, M.-A., Kim, C.-J. (2012). *Effects of Laminaria japonica on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties*. *Meat Science*, 1-7.
- Chun, S.-S., Park, J.-R., Park, J.-C., Suh, J.-S., & Ahn, C. B. (1999). *Quality Characteristics of Hamburger Patties Added with Seaweed Powder*. *Korean Sociaty Food Science Nutritional*, 140-144.
- Cifuni, G., Napolitano, F., Riviezzzi, A., Braghieri, A., & Girolami, A. (2004). *Fatty acid profile, cholesterol content and tenderness of meat from Podolian young bulls*. *Meat Science* , 289-297.
- Cofrades, S., López-López, I., Solas, M., Bravo, L., & Jiménez - Colmenero, F. (2008). *Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems*. *Meat Science* , 767-776.
- Cutimbo, C., Aro, A., & Vivanco, T. (2016). *Estabilidad oxidativa del aceite de soya con adición de antioxidante de Isaño (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón) durante la fritura de papas*. *Revista de investigacion altoandina* , 395-402.

Dagorn Sacaviner, C., Gueguen, J., & Lefebvre, J. (1987). *Emulsifying properties of pea globulins as related to their adsorption behaviors. Journal of Food Science*, 335-341.

Diwakar, P., Kushwah, A., & Kushwah, H. (1996). *Effect of processing on the functional properties of some local varieties of horsegram (Delichos biflorus, L.) in Madhya Pradesh. J. Food Sci Technol*, 150-152.

Dodds, W. K., Gudder, D. A., & Mollenhauer, D. (1995). *The ecology of Nostco. Journal of Phycology*, 2-18.

Elleuch, M., Bedigian, D., Olivier, R., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). *Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. Food Chemistry*, 411-421.

Escobar, B., & Estévez, A. (2008). *Harina de piñón de araucaria: Características y potencial. Antumapu*, 8-10.

Farmer, E., & Sutton, D. (2002). *Peroxidation in relation to oleifenic structure. In C. C. Akoh & D. B. Min (Eds.). Food lipids: Chemistry, nutrition, and biotechnology*, 470.

Fernández-Ginés, Fernández-López, J., & Sayas-Barbera, E. P.Á. (2005). *Meat products as functional foods: A review. Journal of Food Science*.

Figuerola, F., Muñoz, O., & Estévez, A. M. (2008). *La Linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. Agro Sur*, 49-58.

Fleury, N., & Lahaye, M. (1991). *Chemical and physico-chemical characterisation of fibres from Laminaria digitata (Kombu Breton): A physiological approach. Journal of Science of food and agriculture*, 389-400.

Functional properties of cowpea (Vigna unguiculata) flour as affected by soaking, boiling, and fungal fermentation. J. Agric. Food Chem., 480-486.

Granito, M., Brito, Y., & Torres, A. (2007). *Chemical composition, antioxidant capacity and functionality of raw and processed Phaseolus lunatus*. *Journal Science of food and agriculture*, 2801-2809.

Granito, M., Guerra, M., Torres, A., & Guinand, J. (2004). *Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de Vigna sinensis*. *Interciencia*, 521-526.

J.-Y. (2009). *Hypocholesterolemic effect of Nostoc commune var. sphaeroides*. *Eur J. Nutr.*, 387-394.

Jiménez Colmenero, F., Cofrades, S., López- López, I., Capillas- Ruiz, C., Pintado, T., & Solas, M. (2010). *Meat Science . Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed*, 356-363.

Kinsella, J. (1976). *Functional properties of proteins in foods: a survey*. *CRC Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.*, 219-280.

Kinsella, J., & Melachouris, N. (2009). *Functional properties of proteins in foods: A survey*. *CRC Crit. Rev. Food. Sci.*, 219-280.

Kuda, T., Yokoyama, M., & Fujii, T. (1997). *Effects of Marine Algal Diets Hijiki, Aonori, and Nori on Levels of Serum Lipid and Cecal Microflora in Rats*. *Fisheries Science*, 428-432.

Lahaye, M. (1991). *Marine algae as sources of fibres. Determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some sea vegetables*. *Journal Science Food Agriculture*, 587-594.

Llopiz, A. (2016). *Compuestos bioactivos aislados de cianobacterias y microalgas: propiedades y aplicaciones potenciales en la biomedicina*. *Bionatura*, 79-87.

Lopez-Huertas, E. (2010). *Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies*. *Pharmacological Research*, 200-207.

Lopez-Lopez, Bastida, Ruiz-Capilla, Bravo, Larrea, Sánchez-Muniz, Jiménez-Colmenero. (2009). *Composition and antioxidant capacity of low-salt meat emulsion model systems containing edible seaweeds*. *Meat Science*, 492-498.

López-López, I., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., & Jiménez- Colmenero, F. (2009). *Design and nutritional properties of potential functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content*. *Meat Science* , 255-259.

López-López, I., Cofrades, S., Yakan, A., Solas, M., & Jiménez- Colmenero, F. (2010). *Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion*. *Food Research International*, 1244-1254.

Marchetti, L., Andrés, S., & Califano, A. (2017). *Physicochemical, Microbiological and Oxidative Changes During Refrigerated Storage of n-3 PUFA Enriched Cooked Meat Sausages with Partial NaCl Substitution*. *Food Processing and Preservation*.

Moure, A., Sineiro, J., Dominguez, H., & Parajo, J. (2006). *Functionality of oilseed protein products*. *Food Research International*, 945-963.

Muiño, Apeleo, Pérez-Sataescolástica, Díaz, Pérez, fuente, D. I., Lauzurica. (2013). *Efecto de la adición de extracto de vino tinto en la conservación de hamburguesas de cordero enriquecidas en ácidos grasos omega 3*. *Revista Complutense de ciencia veterinaria* , 19-22.

Ogunwolu, S. O., Henshaw, F., Mock, H.-P., Santos, A., & Awonorin, S. (2009). *Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut*. *Food Chemistry*, 852-858.

Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Guillén-Sánchez, J., Capa Roble, J., & Moreno Rojo, C. (2015). *Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis**

l.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, vol.6 no.4.

Peinado, Girón, Koutsidis, & Ames. (2014). *Chemical composition antioxidant activity and sensory evaluation of five different species of brown edible seaweeds. Food Research International* , 36-44.

Pineda Mendoza, R., Martínez, F., Garduño Solorzano, G., & Olvera Ramírez, R. (2010). *Caracterización morfológica y molecular de cianobacterias filamentosas aisladas de florecimientos de tres lagos urbanos eutróficos de la ciudad de México. Polibotanica*, 31-50.

Plaza, Cifuentes, & Ibañez. (2008). *In the search of new functional food ingredients from algae. Trends in Food Science & Technology*, 31-39.

Ponce López, E. (2014). *Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. IDESA*, 1-4.

Qian, K.-x., Chu, H.-r., & Chen, S.-g. (1998). *The Ecological Conditions for Nostoc flagelliforme and their Analysis. Chin J Plan Ecolo.*, 97-105.

Rangel, A., Domont, G. B., Pedrosa, C., & Ferreira, S. (2003). *Functional properties of purified vicilins from cowpea (*Vigna unguiculata*) and pea (*Pisum sativum*, and cowpea protein isolate. J. Agric. Food Chem.*, 5792-5797.

Sánchez-Manchado, Cervantes, L., López-Hernandez, & Paseiro-Losada. (2004). *Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. Food Chemistry*, 439-444.

Sasaki, T., & Matsuki, J. (1998). *Effect of wheat starch structure on swelling power. Cereal Chemistry*, 525-529.

Sathe, S. (2002). *Dry bean Protein Functionality. Biotech*, 175-223.

Simopoulos, A. (2008). *The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. Exp Biol Med (Maywood).*, 674-688.

Singh, U. (2001). *Functional properties of grain legume flours*. *Journal of Food Science*, 191-199.

Singh, U., Veraputhaporan, W., Rao, P., & Jambunathan, R. (1989). *Physicochemical characteristics of pigeonpea and mungbean starches and their noodle quality*. *J. Food Sci.*, 1293-1297.

Smith, S., King, R., & Min, D. (2007). *Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil*. *Food Chemistry*, 1208-1213.

Suzuki, T., Ohsugi, Y., Yoshie, Y., Shirai, T., & Hirano, T. (1995). *Dietary Fiber Content, Water-holding Capacity and Binding Capacity of Seaweeds*. *Fisheries Science*, 454-461.

Talcott, S., Duncan, C., Del Pozo-Insfran, D., & Gorbet, D. (2005). *Polyphenolic and antioxidant changes during storage of normal, mid, and high oleic acid peanuts*. *Food Chemistry*, 77-84.

Techeira, N., Sivoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., & Sosa, F. (2014). *Caracterización físico-química, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (Manihot esculenta Crantz), batata (Ipomoea batatas Lam) y ñame (Dioscorea alata) cultivadas en Venezuela*. *Interciencia*, 191-196.

Tester, R., & Morrison, W. (1990). *Swelling and gelatinization of cereal starches. Effect of amylopectin, amylose and lipids*. *Cereal Chemistry*, 551-557.

Thebaudin, J., Lefebvre, A., Harrington, M., & Bourgeois, C. (1997). *Dietary fibres: Nutritional and technological interest*. *Trends in Food Science & Technology*, 41-47.

Torrejón, C., & Uauy, R. (2011). *Calidad de grasa, arterioesclerosis y enfermedad coronaria: efectos de los ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans*. *Revista médica de Chile*, 924-931.

Turgeon, S., & Beaulieu, M. (2001). *Improvement and modification of whey protein gel texture using polysaccharides. Food Hydrocol.*, 593-591.

Voutsinas, L. P., & Nakai, S. (1983). *A simple turbidimetric method for determining the fat binding capacity of proteins. J. Agric. Food Chem*, 58-65.

Wood, J., Richardson, R., Nute, G., Fisher, A., Campo, M., & Kasapidou, E. (2003). *Effects of fatty acids on meat quality . Meat Science*, 21-32.

Wood, J., Richardson, R., Nute, G., Fisher, A.V, Campo, M., Enser, M. (2004). *Effects of fatty acids on meat quality. A review. Meat Science*, 21-32.

Yilmaz, I., & Dağlıoğlu, O. (2003). *The effect of replacing fat with oat bran on fatty acid. Meat Science*, 819-823.

Yucharoen, R., Srisuksomwong, P., & Tragoolpua, Y. (2015). *Nostoc commune Vaucherex Bornet & Flahault Antibacterial and antioxidant activities of Nostoc communeVaucher ex Bornet & Flahault. RMUTT Journal*, 35-48.

Yung-San Choi, J.-H. C.-J. (2012). *Effects of Laminaria Japonica on the physico-Chemical and sesory characteristics of reduced-fat pork patties. Elseiver* , 1-7.

Electrónicas:

Instituto Nacional del Cancer. (s.f.). <https://www.cancer.gov/espanol>.

Organización mundial de la salud. (1 de Abril de 2020). <https://www.who.int/es>. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

ANEXOS

ANEXO 1: FICHA EVALUACION ANALISIS SENSORIAL

Ficha Evaluación ANALISIS SENSORIAL I

Nombre: _____ Fecha: _____

A continuación tendrán 3 muestras de hamburguesas, tendrá que juzgar usted los atributos de olor, sabor, jugosidad, ternura, acidez, salado y aceptabilidad, marcando con una (x) en el casillero donde usted cree que es el más conveniente.

Puntaje	265					536					367							
	Olor	Sabor	Color	Jugosidad	Ternura	Acptabilidad general	Olor	Sabor	Color	Jugosidad	Ternura	Acptabilidad general	Olor	Sabor	Color	Jugosidad	Ternura	Acptabilidad general
1	Me gusta mucho																	
2	Me gusta moderadamente																	
3	Me gusta poco																	
4	Ni me gusta ni me disgusta																	
5	Me disgusta poco																	
6	Me disgusta moderadamente																	
7	Me disgusta mucho																	

1. ¿Cuál de las 3 muestra es de su preferencia? : _____

Observaciones:

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: RESULTADO DE ANALISIS PROXIMAL



INFORME DE ENSAYO: 00029/2019

N° de cotización: 00029-2019
 Cliente: Carlos Rodríguez Rivera
 E-mail: cerr94.22.3@gmail.com
 Dirección legal del cliente:
 Muestra (s) declarada (s): 1
 Identificación de las muestras: Harina de cushuro - proporcionada por el cliente
 Fecha de cotización: 30/09/2019

N°	Identificación de muestra	Ensayos	Unidad	Resultado
1	Harina de cushuro	Humedad	g/100g de muestra	16.45
		Ceniza	g/100g de muestra	3.53
		Grasa	g/100g de muestra	0.08
		Proteínas totales	g/100g de muestra (factor = 6.25)	29.37
		Carbohidratos	g/100g de muestra	50.57
		Energía total	Kcal/100g de muestra	320.48
		% Energía de Proteínas	g/100g de muestra	36.66
		% Energía de Grasa	g/100g de muestra	0.22
		% Energía de Carbohidratos	g/100g de muestra	63.12
		Fibra cruda	g/100g de muestra	83.06

Observación: Los ensayos se realizaron en toda la muestra

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

1. AOAC Official Method 978.04 (A). Cap. 3, ed. 19, pág. 28, 2012. Nitrogen (total) (crude protein) in plants.
2. AOAC Official Method 930.05. Cap. 3, ed. 19, pág. 1 2012. Ash of plants.
3. AOAC Official Method 983.23. Cap. 45, ed. 19, pág. 4-5, 2012. Fat in foods.
4. AOAC Official Method 930.04. Cap. 3, ed. 19, pag. 1-2. 2012. Moisture in plants.
5. NTP 205.003 1980 (Rev. El 2011). Determinación de la fibra cruda.

Sandra E. Casimiro

Mg. Sc. Sandra E. Casimiro Gonzales
 Jefe de Laboratorio de Investigación y Docencia

----- FIN DEL DOCUMENTO ----- UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA -----

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la ISO 17025 otorgada por INACAL

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA S.A. - Av. La Fontana 750, La Molina. T. 3171000 - 3243

Página 1 | 2

ANEXO 3: RESULTADOS DE EXTRACCION DE GRASA



INFORME DE ENSAYO: 00033/2019

N° de cotización: 00033-2019
Cliente: Carlos Rodriguez Rivera
E-mail: cerr94.22.3@gmail.com
Dirección legal del cliente:
Muestra (s) declarada (s): 4
Identificación de las muestras: Hamburguesa de cushuro - proporcionada por el cliente
Fecha de cotización: 29/10/2019

N°	Identificación de muestra	Ensayos	Unidad	Resultado
1	Hamburguesa 0 %	Grasa	g/100g de muestra	4.70
2	Hamburguesa 5 %	Grasa	g/100g de muestra	10.12
3	Hamburguesa 7 %	Grasa	g/100g de muestra	10.74
4	Hamburguesa 10 %	Grasa	g/100g de muestra	13.90

Observación: Los ensayos se realizaron en toda la muestra

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

1. AOAC Official Method 983.23. Cap. 45, ed. 19, pág. 4-5, 2012. Fat in foods.


Mg. Sc. Sandra E. Casimiro Gonzales
Jefe de Laboratorio de Investigación y Docencia

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

----- FIN DEL DOCUMENTO -----

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL.

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA S.A. - Av. La Fontana 750, La Molina, T. 3171000 - 3243

ANEXO 4: RESULTADOS DE PERFIL DE ACIDOS GRASOS

PROCEDIMIENTO

La determinación de los ácidos grasos (FA) fue realizada mediante el método de Ichihara y Fukubayashi (2010), el cual consistió en añadir 0.2 mL de tolueno, 1.5 mL de metanol y 0.3 mL de la mezcla (HCl:metanol 1:4.3) a 1 mg del aceite y 0.1 mg de estándar interno, C23:0 tricosanoato de metilo, e incubar la mezcla a 45° C por 14 horas para la derivatización. Los metilésteres producidos se extrajeron con 1.5 mL hexano y 1 mL de agua para ser analizados por cromatografía gaseosa en el equipo Varian CP-3800, bajo las siguientes condiciones:

PARÁMETROS INSTRUMENTALES	
VOLUMEN DE INYECCIÓN	1µL
MODO DE INYECCIÓN	Splitless (0.5 min)
TEMPERATURA DEL INYECTOR	250 °C
COLUMNA CAPILAR	Restek, FAMEWAX® WCOT fused silica 30mx0.25mmx0.25µm
GAS DE ARRASTRE	Helio
FLUJO DE GAS	1 mL/min
PROGRAMA DE TEMPERATURA	120 °C por 1min, 30 °C/min hasta 160 °C, 160 °C por 1 min, 4 °C/min hasta 240 °C, 240 °C por 7min.
TIEMPO TOTAL DEL PROGRAMA DE TEMPERATURA	30,33 min
TEMPERATURA DEL DETECTOR	260 °C

El resultado de los ácidos grasos se expresó como mg de ácido graso por gramo de muestra. El análisis se realizó por triplicado.

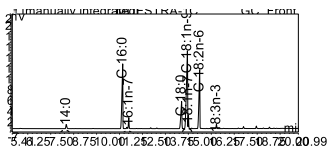
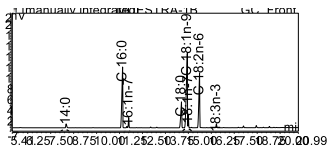
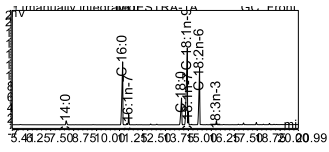
RESULTADOS

Los resultados de la concentración de ácidos grasos en la muestra (mg/g) fueron los siguientes:

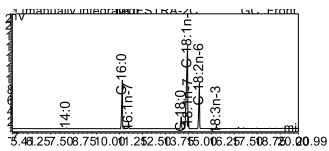
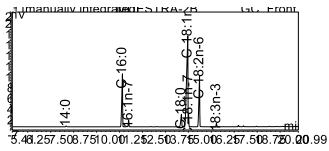
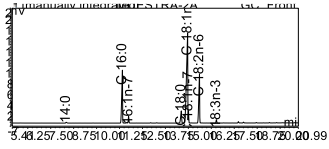
mg FA/g muestra	01	02	03	04
C 14:0	16.33 ± 0.11	3.88 ± 0.21	5.47 ± 0.16	8.86 ± 0.42
C 16:0	246.21 ± 1.05	203.19 ± 8.37	212.98 ± 6.81	238.28 ± 11.83
C 16:1n-7	28.04 ± 0.14	19.76 ± 0.88	21.31 ± 0.73	25.18 ± 1.29
C 18:0	115.29 ± 2.44	54.80 ± 1.98	63.75 ± 1.78	83.73 ± 3.17
C 18:1n-9	371.06 ± 3.47	542.11 ± 18.32	531.01 ± 15.76	532.96 ± 20.88
C 18:1n-7	28.43 ± 0.14	26.50 ± 0.58	27.02 ± 0.71	29.56 ± 0.69
C 18:2n-6	214.48 ± 2.43	192.73 ± 6.62	197.97 ± 5.47	210.73 ± 8.25
C 18:3n-3	12.00 ± 0.19	10.50 ± 0.38	10.92 ± 0.24	11.78 ± 0.51



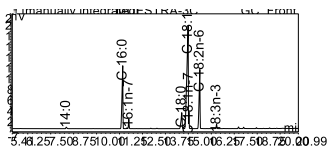
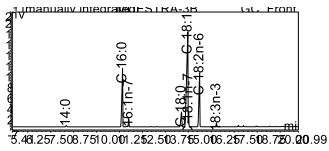
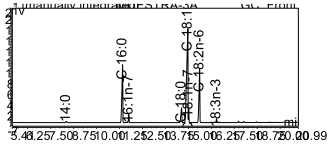
ANEXO 5 CROMATOGRAMA PARA LA MUESTRA 0 %



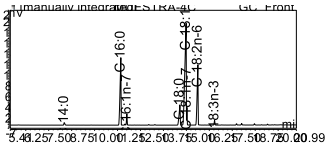
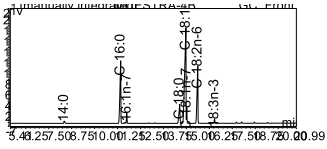
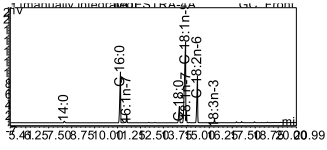
ANEXO 6: CROMATOGRAMA PARA LA MUESTRA 5 %



ANEXO 7: CROMATOGRAMA PARA LA MUESTRA 7 %



ANEXO 8: CROMATOGRAMA PARA LA MUESTRA 10 %



ANEXO 9: RESULTADO MICROBIOLÓGICO PARA LA MUESTRA PATRON (0%)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTES.

INFORME N° 594-2019

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : HAMBURGUESA DE CARNE DE CERDO
CON HARINA DE CUSHURO 0%
PRESENTACIÓN : En taper descartable x 350 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 04 de noviembre de 2019. HORA: 10:00
FECHA DE ANÁLISIS : 04 de noviembre de 2019 HORA: 12:00
SOLICITANTE : CARLOS ENRIQUE RODRÍGUEZ RIVERA
DIRECCIÓN : Calle Los Mirtos 534 - LINCE

I. RESULTADO.-

		<u>Límite Permisible*</u>
- Recuento de microorganismos aerobios mesófilos	: 80x10 ³ UFC/g	10 ⁶
- Numeración de <i>Escherichia coli</i>	: < 3 NMP/g	50
- Detección de <i>Salmonella</i>	: Ausencia/25g	Ausencia
- Numeración de <i>Staphylococcus aureus</i> coag. +	: < 10 UFC/g	10 ²
- Recuento de <i>Clostridium perfringens</i>	: < 10 UFC/g	10
- Detección de <i>Escherichia coli</i> O157:H7	: Ausencia/25g	Ausencia
- Rec. Aerobios mesófilos. ICMSF Vol. 1. 120-124. 2000.		
- Num. de <i>E. coli</i> . ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.		
- Detección de <i>Salmonella</i> . ICMSF. Vol. 1. 172-174. 2000.		
- Num. <i>Staphylococcus aureus</i> . ICMSF Vol. 1. Método 5. 235-238. 2000.		
- Rec. de <i>Clostridium perfringens</i> . ICMSF. Vol. 1. 281-284. 2000.		
- <i>E. coli</i> O157:H7. Diarrheogenic <i>Escherichia coli</i> . FDA-BAM. Chapter 4°. 2002.		

II. CALIFICACIÓN.- CONFORME

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 11 de noviembre de 2019.



ANEXO 10: RESULTADO MICROBIOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO 5 %



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y AMBIENTES.

INFORME N° 595-2019

ESTUDIO REALIZADO	: Análisis Microbiológico.	
MUESTRA	: HAMBURGUESA DE CARNE DE CERDO CON HARINA DE CUSHURO 5%	
PRESENTACIÓN	: En taper descartable x 350 g	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 04 de noviembre de 2019.	HORA: 10:00
FECHA DE ANÁLISIS	: 04 de noviembre de 2019	HORA: 12:00
SOLICITANTE	: CARLOS ENRIQUE RODRÍGUEZ RIVERA	
DIRECCIÓN	: Calle Los Mirtos 534 – LINCE	

I. RESULTADO.-

		<u>Límite Permisible*</u>
- Recuento de microorganismos aerobios mesófilos	: 27×10^3 UFC/g	10^6
- Numeración de <i>Escherichia coli</i>	: < 3 NMP/g	50
- Detección de <i>Salmonella</i>	: Ausencia/25g	Ausencia
- Numeración de <i>Staphylococcus aureus</i> coag. +	: < 10 UFC/g	10^2
- Recuento de <i>Clostridium perfringens</i>	: < 10 UFC/g	10
- Detección de <i>Escherichia coli</i> O157:H7	: Ausencia/25g	Ausencia

- Rec. Aerobios mesófilos. ICMSF Vol. 1. 120-124. 2000.
- Num. de *E. coli*. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
- Detección de *Salmonella*. ICMSF. Vol. 1. 172-174. 2000.
- Num. *Staphylococcus aureus*. ICMSF Vol. 1. Método 5. 235-238. 2000.
- Rec. de *Clostridium perfringens*. ICMSF. Vol. 1. 281-284. 2000.
- *E. coli* O157:H7. Diarrheogenic *Escherichia coli*. FDA-BAM. Chapter 4°. 2002.

II. CALIFICACIÓN.- CONFORME

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 11 de noviembre de 2019.

ANEXO 11: RESULTADO MICROBIOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO 7%



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y AMBIENTES.

INFORME N° 596-2019

ESTUDIO REALIZADO	: Análisis Microbiológico.	
MUESTRA	: HAMBURGUESA DE CARNE DE CERDO CON HARINA DE CUSHURO 7%	
PRESENTACIÓN	: En taper descartable x 350 g	
FECHA DE RECEPCIÓN	: 04 de noviembre de 2019.	HORA: 10:00
FECHA DE ANÁLISIS	: 04 de noviembre de 2019	HORA: 12:00
SOLICITANTE	: CARLOS ENRIQUE RODRÍGUEZ RIVERA	
DIRECCIÓN	: Calle Los Mirtos 534 – LINCE	

I. RESULTADO.-

		<u>Limite Permisible*</u>
- Recuento de microorganismos aerobios mesófilos	: 18x10 ² UFC/g	10 ⁶
- Numeración de <i>Escherichia coli</i>	: < 3 NMP/g	50
- Detección de <i>Salmonella</i>	: Ausencia/25g	Ausencia
- Numeración de <i>Staphylococcus aureus</i> coag. +	: < 10 UFC/g	10 ²
- Recuento de <i>Clostridium perfringens</i>	: < 10 UFC/g	10
- Detección de <i>Escherichia coli</i> O157:H7	: Ausencia/25g	Ausencia
- Rec. Aerobios mesófilos. ICMSF Vol. 1. 120-124. 2000.		
- Num. de <i>E. coli</i> . ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.		
- Detección de <i>Salmonella</i> . ICMSF. Vol. 1. 172-174. 2000.		
- Num. <i>Staphylococcus aureus</i> . ICMSF Vol. 1. Método 5. 235-238. 2000.		
- Rec. de <i>Clostridium perfringens</i> . ICMSF. Vol. 1. 281-284. 2000.		
- <i>E. coli</i> O157:H7. Diarrheagenic <i>Escherichia coli</i> . FDA-BAM. Chapter 4°. 2002.		

II. CALIFICACIÓN.- **CONFORME**

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 11 de noviembre de 2019.

ANEXO 12: RESULTADO MICROBIOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO 10%



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTES.

INFORME N° 597-2019

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : HAMBURGUESA DE CARNE DE CERDO
CON HARINA DE CUSHURO 10%
PRESENTACIÓN : En taper descartable x 350 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 04 de noviembre de 2019. HORA: 10:00
FECHA DE ANÁLISIS : 04 de noviembre de 2019 HORA: 12:00
SOLICITANTE : CARLOS ENRIQUE RODRÍGUEZ RIVERA
DIRECCIÓN : Calle Los Mirtos 534 – LINCE

I. RESULTADO.-

		<u>Limite Permissible*</u>
- Recuento de microorganismos aerobios mesófilos	: 39x10 ⁴ UFC/g	10 ⁶
- Numeración de <i>Escherichia coli</i>	: < 3 NMP/g	50
- Detección de <i>Salmonella</i>	: Ausencia/25g	Ausencia
- Numeración de <i>Staphylococcus aureus</i> coag. +	: < 10 UFC/g	10 ²
- Recuento de <i>Clostridium perfringens</i>	: < 10 UFC/g	10
- Detección de <i>Escherichia coli</i> O157:H7	: Ausencia/25g	Ausencia

- Rec. Aerobios mesófilos. ICMSF Vol. 1. 120-124. 2000.
- Num. de *E. coli*. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
- Detección de *Salmonella*. ICMSF. Vol. 1. 172-174. 2000.
- Num. *Staphylococcus aureus*. ICMSF Vol. 1. Método 5. 235-238. 2000.
- Rec. de *Clostridium perfringens*. ICMSF. Vol. 1. 281-284. 2000.
- *E. coli* O157:H7. Diarrheagenic *Escherichia coli*. FDA-BAM. Chapter 4°. 2002.

II. CALIFICACIÓN.- CONFORME

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 11 de noviembre de 2019.