

# UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**FORMULACIÓN DE UN EXTRUÍDO RICO EN HIERRO  
A PARTIR DE BAZO BOVINO (*Bos taurus*), TARWI  
(*Lupinus mutabilis*) KIWICHA (*Amaranthus cau-  
datus*) Y GRITS DE MAIZ (*Zea mays*),  
EDULCORADO CON JARABE DE  
YACON (*Smallanthus sonchifolius*)  
PARA NIÑOS DE 3-5 AÑOS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Bach. I.A: FRIDO MALLMA MARCA  
Bach. I.A: ERIKA QUISPE MURGA**

**Abancay, diciembre de 2015**

**P E R Ú**



**FORMULACIÓN DE UN EXTRUÍDO RICO EN HIERRO**

**A PARTIR DE BAZO BOVINO (*Bos taurus*), TARWI**

**(*Lupinus mutabilis*) KIWICHA (*Amaranthus cau-***

***datu*) Y GRITS DE MAIZ (*Zea mays*),**

**EDULCORADO CON JARABE DE**

**YACON (*Smallanthus sonchifolius*)**

**PARA NIÑOS DE 3-5 AÑOS**




# UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**Jurado calificador integrado por:**



Ing. Ruth Mery Ccopa Flores  
Presidente del Jurado Evaluador



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
Ing. Melquiades Barragán Condori  
DOCENTE

Qco. Melquiades Barragán Condori

PRIMER JURADO



Blg. Trifón Orós Huayhua

SEGUNDO JURADO



Dra. Liz Bejarano Lujan

ASESOR



Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac  
M.Sc. Candida Lopez Loayza  
DOCENTE

Ing. Candida Lopez Loayza

COASESOR

## DEDICATORIA

Al motor que guía y enriquece nuestro espíritu, Dios. A nuestros Padre, Mariel Frido y Nélide por su ejemplo y sacrificio durante tantos años, a nuestros hermanos Liz, Percy Karina, Ángelo, Nikita, Miguel y Gabriel por su apoyo y aliento en cada paso dado, a nuestros amigos que siempre estuvieron ahí aconsejándonos, otorgándonos su confianza para culminar con nuestro trabajo de investigación. Y a todas las personas que creyeron en nosotros.

A ti Erika Quispe Murga, por tu paciencia, comprensión e inspiración, por todo tu amor y voluntad para desarrollar junto a mí nuestro primer gran proyecto que pese a muchas vallas camine junto a ti y supimos superarlo aprendiendo a fusionar nuestras habilidades y puliendo nuestros errores.

A ti Frido Mellma Marca, por estar siempre a mi lado soportándome durante todo el desarrollo de la tesis.



## AGRADECIMIENTOS

Con mucho afecto y sinceros agradecimientos por guiarnos acompañarnos aconsejarnos durante todo el proceso y culminación de nuestro trabajo de investigación y cumplir como buen tutor con su trabajo de asesor de tesis, pues nunca antes habíamos tenido a una persona como Ud. Dedicado y comprometida que propulso a que nuestro trabajo salga a flote A Ud. Dra. Liz Dagnith Bejarano Lujan.

A nuestra Co Asesora Ing. Cándida López Loayza, por todo su apoyo durante el desarrollo de la tesis, al Ing. Ricardo Paredes Quiroz por todo su tiempo apoyo y comprensión, al Ing. Juan Antonio Velarde Chacón director de CARE-PERU por depositar su confianza en nuestro trabajo.

A nuestros jurados evaluadores del proyecto de Tesis Ing. Ruth CCopa Flores, Químico Melquiades Barragán Condori, Biólogo Trifon Dros Huayhua y al Mgt. Fulgencio Vilcanqui Pérez, gracias a sus aportes, correcciones y consejos dieron un plus extra a nuestro trabajo.

A la universidad nacional San Antonio Abad del Cusco, facultad de ingeniería química, carrera profesional de ing. Química por facilitarnos y ayudarnos con la fase inicial del trabajo de investigación a Ud Ing. Melquiades Edgar Álvarez, A nuestra alma mater Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y a todos nuestro docentes por aportar con nuestra formación profesional. A todas nuestros amigos que de una u otra forma aportaron para poder culminar nuestro trabajo de tesis, por aquellas palabras, consejos valiosos y ánimos en los momentos difíciles.

Infinitamente agradecidos Frido y Erika



## AUSPICIO

El desarrollo del presente trabajo de investigación denominado " FORMULACIÓN DE UN EXTRUÍDO RICO EN HIERRO A PARTIR DE BAZO BOVINO (*Bos taurus*), TARWI (*Lupinus mutabilis*) KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) Y GRITS DE MAIZ (*Zea mays*), EDULCORADO CON JARABE DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*) PARA NIÑOS DE 3-5 AÑOS", conto con el auspicio financiero parcial de la organización no gubernamental (ONG) CARE-PERU, apoyando alternativas de proyectos de investigación relevantes a nivel de la región de Apurímac, otorgándole valor a la seguridad alimentaria, de esta manera incentivando a la población estudiantil de nivel superior a desarrollar proyectos de investigación (Tesis) que contribuyan con el desarrollo de nuestra región.



# ÍNDICE

CONTENIDO	PAG.
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Auspicio	
Resumen	
Abstract	
Índice de contenido General	
Índice de tabla	
Índice de figuras	
Índice de gráficos	
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	
<b>2.1. GENERALIDADES DE LAS MATERIAS PRIMAS</b>	
2.1.1. GENERALIDADES DEL BAZO BOVINO	4
a. Descripción	4
b. Composición química del bazo bovino	5
c. Valor nutricional	6
2.1.2. GENERALIDADES DEL TARWI	6
a. Descripción	6
b. Composición química del Tarwi y valor nutricional	7
2.1.3. GENERALIDADES Y DESCRIPCION DE LA KIWICHA	9
a. Descripción	9
b. Composición química del Tarwi y valor nutricional	10
2.1.4. GENERALIDADES Y DESCRIPCION DEL MAIZ	13
a. Composición química del maíz	13
2.1.5. GENERALIDADES DEL YACON	15
a. Descripción	15
b. Composición química del yacón y valor nutricional de las raíces	17
<b>2.2. PROCESO DE EXTRUSION EN ALIMENTOS</b>	<b>18</b>
2.2.1. Definición de extrusión	18
2.2.2. Proceso de cocción de un alimento	18
2.2.3. El extrusor	19
2.2.4. Funciones de los extrusores en la industria alimentaria	20
2.2.5. Clasificación de los extrusores según el número de tornillos	20

2.2.6. Métodos de extrusión	21
a. Proceso de extrusión en seco	23
b. Proceso de extrusión en húmedo	25
c. Extrusores de corto tiempo y alta temperatura	24
d. Acondicionadores y extrusores a presión	24
2.2.7. Ventajas del proceso de extrusión	25
2.2.8. Mezclas alimenticias	26
2.2.9. Principales variables en el proceso de extrusión	27
2.2.10. Cambios en el proceso de Extrusión	29
2.2.11. Proceso de extrusión para snack	31
a. Pesaje y mezcla	31
b. Extrusión	32
c. Horneado y secado	32
d. Saborizado final	33
2.3. BIODISPONIBILIDAD DEL HIERRO	33
2.3.1. Absorción de hierro	33
2.3.2. Método de cuantificación para calcular la biodisponibilidad de hierro	36
2.4. EVALUACION DE LA CALIDAD SENSORIAL DE UN EXTRUIDO	37
2.5. ANEMIA FERROPENICA	38
2.5.1. Definición	38
2.5.2. Causas	39
2.5.3. Síntomas	39

### **III. PARTE EXPERIMENTAL**

3.1. MAQUINARIAS EQUIPOS MATERIALES Y REACTIVOS	40
3.1.1. Maquinarias	40
3.1.2. Equipos	40
3.1.3. Materiales y utensilios	41
3.1.2. Reactivos	41
3.2. METODO DE ANALISIS	42
3.3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	42
3.3.1. Obtención de las harinas de las materias primas	42
a. Obtención de harina de tarwi	42
b. Obtención de harina de Bazo Bovino	44
c. Obtención de granos partidos de kiwicha	46
d. Obtención de grits de maíz	47
3.3.2. Análisis fisicoquímico de las materias primas	47
a. Análisis proximal de las materias primas	47
b. Determinación de hierro	48
3.3.3. procesos realizados en la extrusión	48
a. Preparación de mezcla base	48
b. Acondicionamiento de las muestras a extruir	50



c. Ensayos de extrusión	52
d. Determinación de hierro y su biodisponibilidad en las mezclas	52
3.3.4. Análisis fisicoquímicos de los productos extruidos	52
a. Determinación de la humedad	52
b. Determinación del índice de adsorción	53
c. Determinación del índice de expansión	53
d. Determinación de hierro y su biodisponibilidad en las mezclas	53
3.3.5. Determinación de PER en el producto extruido	53
3.3.6. Edulcorado del producto extruido	54
a. Extracción del jarabe de yacón	54
b. Edulcorado del producto extruido	55
3.3.7. Evaluación sensorial	57
a. Selección del panel de degustadores adultos	57
3.3.8. Estudio de aceptabilidad	57
3.4. ANALISIS ESTADÍSTICO	57
3.4.1. Factores en estudio	59
3.4.2. Diseño experimental	60
3.4.4. Procesamiento de datos	60

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

4.1. EVALUACION Y COMPOSICION DE LAS HARINAS	63
4.1.1. Composición de la harina de bazo bovino	63
4.1.2. Composición de la harina de tarwi	64
4.1.3. Composición de kiwicha seleccionada	64
4.1.4. Composición de la harina de maíz	65
4.2. COMPOSICION DE LA MEZCLA BASE	66
4.3. HIERRO BIODISPONIBLE EN LAS MEZCLAS A EXTRUIR	66
4.4. RENDIMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS AL TRASFORMARSE EN HARINAS	69
4.5. ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL PRODUCTO EXTRUIDO	69
4.5.1. Análisis de la humedad	69
4.5.2. Análisis del índice de expansión	70
4.5.3. Análisis del índice de adsorción	73
4.5.4. Análisis del índice de solubilidad en agua	75
4.5.5. Determinación de hierro total	76
4.5.6. Determinación de hierro biodisponible en el extruido	78
4.6. EVALUACION SENSORIAL Y PRUEBA DE ACEPTABILIDAD DEL PRODUCTO EXTRUIDO EDULCORADO CON JARAVE DE YACON PARA NIÑOS DE 3-5 AÑOS	81
4.6.1. Evaluación de aceptabilidad del producto extruido edulcorado	81

4.6.2. Resultados de la prueba organoléptica del producto extruido edulcorado	85
4.7. DETERMINACION DEL PER	91
4.7.1. Determinación del PER en el producto antes del proceso de extrusión	91
4.7.2. Determinación del PER en el producto extruido	93
4.7.3. Evaluación microbiológica	96

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES	97
5.2. RECOMENDACIONES	98

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	99
<b>ANEXOS</b>	108



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1.	Composición del Bazo Bovino ( <i>Bos taurus</i> )	6
2.	Composición del Tarwi ( <i>Lupinus mutabilis</i> )	9
3.	Composición de Fisicoquímica Kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> )	14
4.	Composición química proximal de las partes principales de los granos de maíz ( <i>Zea maíz</i> ), (%)	16
5.	Composición Nutricional del Yacón (100 g De Raíz Fresca Sin Cascara)	19
6.	Principales Variables Del Proceso de Extrusión	31
7.	Mezcla Base por Batch para el proceso de extrusión	54
8.	Requerimiento de agua para acondicionamiento de las mezclas.	55
9.	Número de factores en estudio de la investigación	62
10.	Evaluación de número de tratamiento en estudio	63
11.	Factores en estudio para el edulcorado	64
12.	Tratamientos en estudio	64
13.	Composición de la Harina de Bazo bovino en 100g	68
14.	Composición de la Harina de Tarwi en 100g	69
15.	Composición de Gritz de Kiwicha en 100g	70
16.	Composición de harina de maíz en 100g	70
17.	Composición de la harina de la mezcla base en 100g	71
18.	Análisis de varianza (ANOVA) de la biodisponibilidad de hierro de la mezcla	72
19.	Pruebas de Tukey para biodisponibilidad del hierro en la mezcla	73
20.	Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de Harina de bazo bovino)	73
21.	Análisis de varianza (ANOVA) para el índice de expansión del producto extruido	76
22.	Pruebas de Tukey para comparación de medias del índice de expansión	76
23.	Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de Harina de bazo bovino)	77
24.	Pruebas de DMS para el factor B (Humedad de la mezcla)	77
25.	Análisis de varianza (ANOVA) del índice de absorción de agua del producto extruido	79
26.	Análisis de varianza (ANOVA) del índice de solubilidad de agua del producto extruido	81
27.	Análisis de varianza (ANOVA) del índice concentración de hierro total en el producto extruido	82
28.	Pruebas de Tukey para concentración de hierro del producto extruido	82
29.	Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de Harina de bazo bovino)	83

30.	Análisis de varianza (ANOVA) de la variable índice de solubilidad de agua	75
31.	Pruebas de Tukey para medias de tratamientos en la biodisponibilidad del producto extruido	85
32.	Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de Harina de bazo bovino)	85
33.	Respuestas de la prueba de aceptabilidad del producto extruido	86
34.	Análisis de varianza para la prueba hedónica del panel	89
35.	Tukey para comparación de medias de tratamientos en la aceptabilidad del producto extruido	89
36.	Datos Obtenidos de la Evaluación organoléptica del producto extruido	90
37.	Comparación estadística de las variables de la evaluación organoléptica del producto extruido	92
38.	Análisis de varianza (ANOVA) de la variable PER inicial del producto sin extruir	96
39.	Pruebas de Tukey para tratamientos en la variable PER INICIAL	96
40.	Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de Harina de bazo bovino)	97
41.	Pruebas de DMS para el factor B (Humedad de la mezcla)	97
42.	Análisis de varianza (ANOVA) de la variable PER FINAL del producto extruido	98
43.	Pruebas de Tukey para tratamientos en la variable PER del producto extruido	98
44.	Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de Harina de bazo bovino)	99
45.	Pruebas de DMS para el factor B (Humedad de la mezcla)	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1.	Bazo Bovino de res ( <i>Bos taurus</i> )	6
2.	Cultivo de Tarwi y granos de Tarwi cosechados ( <i>Lupinus mutabilis</i> )	8
3.	Cultivo de kiwicha y granos cosechados ( <i>Amaranthus caudatus</i> )	11
4.	Cultivo de maíz, granos y gritz ( <i>Zea maíz</i> )	15
5.	Raíces de yacón y pulpa de yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> )	18
6.	Extrusor de tornillo simple	22
7.	Componentes Comunes de las Extrusoras húmedas (de doble tornillo o simple)	26
8.	Diagrama de flujo para la obtención de harina de tarwi	48
9.	Diagrama de flujo de obtención de harina de bazo bovino	50
10.	Diagrama de flujo de obtención de kiwicha	51
11.	Diagrama de flujo de obtención de gritz de maíz	52
12.	Diagrama de flujo para la obtención de la mezcla base	54
13.	Diagrama de flujo para el acondicionamiento de la mezcla	56
14.	Diagrama de flujo para para la obtención de jarabe de yacón	59
15.	Diagrama de flujo para el edulcorado del producto extruido	61
16.	Diagrama de flujo General del producto extruido rico en hierro	66

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1.	Resultados de la biodisponibilidad de la mezcla	72
2.	Resultados del análisis de la humedad del producto extruido	75
3.	Resultados del índice de expansión	75
4.	Resultados del índice de adsorción	79
5.	Resultados del índice de solubilidad	80
6.	Resultados del hierro total del producto extruido	81
7.	Resultados de la biodisponibilidad del producto extruido	84
8.	Datos estadísticos organolépticos promedio del sabor.	92
9.	Datos estadísticos organolépticos promedio del Olor.	93
10.	Datos estadísticos organolépticos promedio del Crocantes	94
11.	Datos estadísticos organolépticos promedio del Aspecto	95
12.	Comparación del PER inicial con el PER final.	100

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de formular un alimento extruido rico en hierro que prevenga la anemia por deficiencia de hierro y además que sea de calidad aceptable, para niños de 3 a 5 años. Se realizó a partir de una mezcla base de harina de tarwi 20%, grits de kiwicha 33.91% y grits de maíz 46.09%. Se trabajó con tres concentraciones de bazo bovino 0% muestra control, 5% y 10%, con una humedad de 15% y 18% a temperatura de 180°C, con relación de compresión 4:1, a 1200 rpm, obteniéndose seis tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

El proceso del edulcorado se realizó a los tratamientos (T1, T2 y T3), a dos concentraciones de jarabe de yacón (50°Brix y 60°Brix), obteniendo también seis tratamientos (E1, E2, E3, E4, E5, E6). El mejor tratamiento resultante a partir del análisis estadístico de mayor porcentaje de hierro y biodisponibilidad, aceptación y prueba organoléptica según los aspectos de sabor, olor, crocantes y aspecto, realizada a los niños de 3 a 5 años, fue el tratamiento E5, compuesto de (5% de bazo bovino, 95% de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 60°Brix), dicha formulación tiene un contenido de 7.77 mg de hierro por cada 100g de producto extruido, con una biodisponibilidad de 21.31%.

Además el producto extruido tiene un índice de expansión de 1.61 y un PER de 1.94, con respecto al análisis microbiológico los resultados indicaron que son aptos para el consumo humano teniendo valores de  $15 \times 10^6$  en mesófilos aerobios (UFC/g), mohos y levaduras 10 (UFC/g), *Coliformes* (NMP/g) menores a 3, ausencia de *Ecoli*, *Bacillus cereus* y *Salmonella s.p.*

## ABSTRACT

This research was developed with the aim of formulating a rich iron kibble that prevents iron deficiency anemia and also to be of acceptable quality, for children 3-5 years. It was made from a mixture of lupine flour 20%, amaranth grits 33.91% and 46.09% corn grits. We worked with three concentrations of bovine spleen 0% control sample, 5% and 10%, with a humidity of 15% and 18% at 180 ° C, compression ratio 4: 1, at 1200 rpm, yielding six treatments (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

The process was performed sweetened treatments (T1, T2 and T3), at two concentrations of yacon (50 ° Brix and 60 ° Brix), also obtaining six treatments (E1, E2, E3, E4, E5, E6). The best treatment resulting from greater acceptance and organoleptic test according to the aspects of taste, smell, appearance and crisp, conducted among children 3-5 years was the E5 treatment, compound (5% bovine spleen, 95% mixture basis, 15% humidity, yacon syrup 60 ° Brix), said formulation having a content of 7.77 mg iron per 100g of extrudate with a bioavailability of 21.31%.

Moreover extrudate has the expansion ratio of 1.61 and a PER of 1.94, with respect to microbiological analysis results indicated that are suitable for human consumption values taking  $15 * 10 * 10$  in total plate (CFU / g) mold 10 and yeasts (CFU / g) *Coliforms* (NMP / g) less than 3, no *Ecoli*, *Bacillus cereus* and *Salmonella sp.*



## I. INTRODUCCIÓN

La deficiencia de hierro continúa siendo uno de los principales problemas de salud pública asociados a la nutrición, especialmente en nuestro país y en países en vías de desarrollo donde las dietas alimentarias tienen bajo contenido de hierro hemínico, siendo éste el principal factor que influye sobre su biodisponibilidad, presentando mayor riesgo de deficiencias de hierro los lactantes, niños, adolescente, mujeres en edad fértil y gestantes [1]. El hierro se presenta en la naturaleza como: hierro hemínico y hierro no hemínico. El hierro hemínico forma parte exclusivamente de alimentos de origen animal, ya sea como hemoglobina o mioglobina, mientras que el hierro no hemínico se encuentra principalmente en los alimentos de origen vegetal y su absorción está determinada por múltiples factores dietarios que favorecen o impiden su solubilidad [2].

En el mundo la prevalencia de deficiencia de hierro fue aproximadamente del 47% en niños menores de 5 años y del 30% en mujeres en edad fértil, en nuestro país el 34% de los niños menores de 5 años padecen de esta carencia, de los cuales el 39.8% pertenecen al zona rural y el 31.1% zona urbana, en nuestra región de Apurímac el 34.2% de la población viene siendo afectada por deficiencia de hierro, resultados que actualmente continúan elevados, perjudicando de esta manera su crecimiento y desarrollo normal además poniendo en riesgo su salud en general [3].

Existen programas de fortificación con hierro que es ampliamente practicado en muchas partes del mundo. En América Latina más de 20 países han implementado programas de fortificación con hierro, la mayoría de las cuales implican la fortificación de harinas de

trigo o de maíz, como también en otros países los vehículos de uso frecuente incluyen alimentos complementarios a base de cereales, salsa de pescado, salsa de soya y leche [2].

En nuestro país a través de sus diversas organizaciones se ha implementado un programa de fortificación de la harina de trigo con micronutrientes incrementando su contenido de hierro y ácido fólico, entre otros micronutrientes, de esta manera se pretende reducir los índices de anemia y otras enfermedades causadas por la carencia de micronutrientes.[2].

La tecnología en la extrusión de alimentos se desarrolla desde hace varias décadas en diferentes países del mundo, tiene muchas ventajas, tales como, por su alta productividad al procesar gran cantidad de alimentos de manera continua en un corto tiempo y utilizando un equipo sofisticado, por su ahorro de energía y mano de obra en su sistema de cocción a un bajo costo, por su calidad y capacidad de producir nuevos alimentos en diferentes formas, colores y texturas, lo que le permite una amplia aceptabilidad, además por presentar una prolongada vida útil. En nuestro país los productos extruidos llegan bajo la forma de snacks, flakes e incluso chizitos que se consumen y tienen alta preferencia en nuestra población infantil [5].

El Efecto de la extrusión sobre las características organolépticas de los alimentos apenas afecta el color y bouquet de estos productos debido a la elevada temperatura durante corto tiempo. El color de muchos alimentos extruidos se debe a los pigmentos sintéticos adicionados a la materia prima en forma de polvo hidrosoluble o liposoluble, de emulsiones o lacas. La decoloración del producto es debido a la expansión, a un tratamiento térmico excesivo o a reacciones que se producen con las proteínas, los azúcares reductores, o los

iones metálicos, que constituye a veces un problema para la extrusión de algunos alimentos.[5].

La medición y evaluación de las propiedades organolépticas de los alimentos es utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones a las características de los alimentos., los cuales son percibidos por los sentidos de olfato, gusto, tacto, vista y oído, por lo que el empleo de la evaluación sensorial dentro de un marco estructurado permitirá que la cata de un alimento se lleve a cabo en parte para comunicar y en parte para contribuir en la toma de decisiones [6].

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo formular un extruído, a partir de una mezcla base conteniendo en su composición tarwi, maíz y kiwicha, fortificado con hierro proveniente de harina de bazo bovino y edulcorado con jarabe de yacón, para niños de 3 a 5 años y como objetivos específicos son:

- **Determinar la proporción óptima de cada ingrediente para un extruído que contenga la cantidad recomendada de hierro y sea de calidad aceptable para niños de 3 a 5 años.**
- **Caracterizar la composición físico-química del producto extruído de formulación óptima.**
- **Determinar la concentración de hierro del producto extruído de formulación óptima y de calidad aceptable para niños de 3 a 5 años.**
- **Determinar la biodisponibilidad de hierro del producto extruído de formulación óptima que contenga la cantidad recomendada de hierro y sea de calidad aceptable para niños de 3 a 5 años.**

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 GENERALIDADES Y DESCRIPCION DE LAS MATERIAS PRIMAS

#### 2.1.1. GENERALIDADES DEL BAZO BOVINO (*Bos taurus*).

##### a) DESCRIPCION

También conocido como molleja negra, es un despojo comercial, en los bovinos tiene forma alargada de 50 cm de largo por 15 cm de ancho y rara vez elíptica, de coloración rojiza, críis azulada uniformemente ancho y con extremis redondeados, tal como se observa en la figura 01, constituye la mayor masa del tejido linfático [7]. El bazo produce los glóbulos blancos, envuelve y destruye a las bacterias y restos celulares, también destruye los glóbulos rojos en las plaquetas viejas [8].

Estudios realizados describen al bazo bovino como un órgano esponjoso del tamaño de un puño localizado detrás del estómago, en la baja del diafragma, forma parte del sistema linfático, está compuesto por dos tipos de tejidos pulpa blanca y pulpa roja, la primera produce linfocitos, la segunda es predominante en macrófagos que eliminan células rotas, parásitos, pigmentos biliares y otras sustancias de desecho de la sangre [7].

Por otro lado el hierro procedente de los glóbulos rojos deteriorados se almacena en el bazo, haciéndolo un alimento rico en hierro [9].



**Figura 1.** Bazo bovino de res (*Bos taurus*).

Fuente: Extraído modificado de [7].

## b) COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BAZO BOVINO

A continuación detallaremos en la cuadro 1 la composición química del Bazo bovino en 100 g.

**Cuadro 1.** Composición del bazo bovino (*Bos taurus*)

<b>Bazo bovino por cada 100 g</b>		
<b>Componentes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>
Energía	Kcal	92.0
Agua	g	78.1
Proteína	g	18.9
Grasa	g	1.2
Carbohidrato	g	0.0
Hierro	mg	28.7

Fuente: Extraído de [10].

Como se observa en el Cuadro 1 el bazo bovino es un producto muy atractivo por su alto contenido de hierro, el cual tiene una mayor adsorción digestible, por ser de origen animal, con respecto a diferentes fuentes de hierro de origen vegetal [9].

### c) VALOR NUTRICIONAL DEL BAZO BOVINO

Estudios realizados afirman que las vísceras en general aportan proteínas en cantidades similares a las carnes pero superan la cantidad de hierro en comparación con las carnes [7]. Por ejemplo cien gramos de bazo de bovino concentra 28.70 miligramos de hierro, y cien gramos de carne aporta con 2.2 mg, siendo la víscera que más aporta en cantidad de hierro. Las vísceras en general aportan a la dieta una alta cantidad de purinas (componentes del ADN y ARN de todas las células, su metabolismo en el cuerpo forma ácido úrico), las purinas deben evitarse en pacientes con ácido úrico elevado sobre todo en pacientes con gota [7,8]. Además de ello las vísceras con mayor contenido de purinas son el hígado, riñón y páncreas, esto se debe a que están conformadas por un número mayor de células [8].

### 2.1.2. GENERALIDADES DEL TARWI (*Lupinus mutabilis*)

#### a) DESCRIPCION

El tarwi (*Lupinus mutabilis*), es una leguminosa originaria de los andes de Perú, Bolivia y Ecuador, siendo utilizada en la alimentación desde tiempos ancestrales [12, 14, 15]. Conocido como chocho en el norte del Perú y Ecuador, Tarwi en el centro del Perú y Tauri en el sur de Perú y Bolivia, consta de unas

200 especies distribuidas en toda América, se cultiva entre los 2500 a 3400 msnm, exclusivamente en zonas secas, es susceptible al exceso de humedad y moderadamente susceptible a la sequía durante la floración y envainado, no tolera las heladas en la fase de formación del racimo y madurez, prefiere suelos franco arenosos, a continuación se presenta un campo de cultivo en etapa de floración y semillas de tarwi en la figura 2, [14-17].



**Figura 2.** Cultivo de tarwi y granos de tarwi cosechados (*Lupinus mutabilis*)

Fuente: Imagen extraído y modificado de [12].

## **b) COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL**

En el cuadro 2 detallaremos la composición química del tarwi.

**Cuadro 2.** Composición del tarwi (*Lupinus mutabilis*)

Tarwi por cada 100 g				
Componentes	Unidades	Cocido con cáscara	Crudo sin cáscara	Harina
Energía	kcal	151	400	458
Agua	g	69.7	46.3	37.0
Proteína	g	11.6	17.3	49.6
Grasa	g	8.6	17.5	27.9
Carbohidrato	g	9.6	17.3	12.9
Hierro	mg	1.4	2.3	1.38

Fuente: Modificado por [10].

En el cuadro 2, el contenido de proteínas está compuesto por las globulinas como mayor fracción proteica y el restante albumina, el contenido de grasa, 17, 5%, constituido por ácidos grasos insaturados, principalmente ácido oleico 36.1 a 54.3%, ácido linoléico 22.3 a 43.9% y ácido linolénico 2.1 a 2.7% [11]. El tarwi presenta mayor contenido de triptófano y tirosina frente a la soya y frejol, los aminoácidos azufrados como la metionina son limitantes en el tarwi, pero se puede equilibrar este déficit con otros cereales ricos en aminoácidos azufrados y deficientes en lisina [12].

Por otro lado el contenido de fósforo, magnesio y potasio son una fuente valiosa para el hombre, estudios recientes en tarwi afirman que el calcio se encuentra en la cáscara y el fósforo en el núcleo [14-19].



La composición de carbohidratos en el tarwi presenta bajos contenidos de sacarosa y almidón, en cambio la proporción de oligosacáridos que no son aprovechados para el hombre es relativamente alta y son causantes de flatulencia [15].

Las semillas de tarwi presentan sustancias antinutritivas que limitan su uso directo en la alimentación, los alcaloides quinolizidinicos en proporción de 1.5 a 2.5% confieren un sabor amargo [16].

El grano de tarwi es amargo (alto contenido de lupinina, lipanidina, aspasteina), por ello para consumir el grano el primer paso es el desamargado (deslupinación) [19].

### **2.1.3. GENERALIDADES Y DESCRIPCION DE LA KIWICHA**

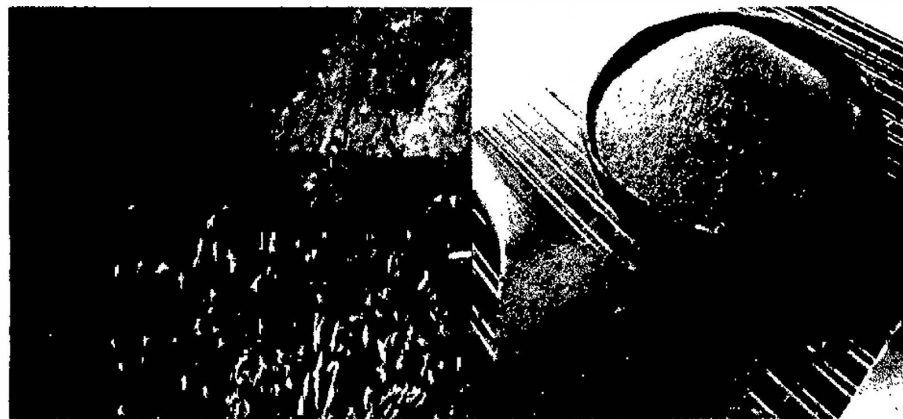
#### **a) DESCRIPCION KIWICHA (*Amaranthus caudatus*)**

La kiwicha, pertenece a la familia de las Amaranthaceae conocida también en el Perú como, achita en la parte sur (Ayacucho, Apurímac), achis en el centro del Perú (Ancash), coyo en Cajamarca, coimi, millmi en Bolivia, sangoracha, ataqo en Ecuador [20].

La kiwicha es un grano originario de América del Sur, donde fue domesticado. Prefiere suelos francos, arenosos, con alto contenido de nutrientes y buen drenaje, aunque puede adaptarse a una amplia gama [21].

En forma silvestre, y toleradas dentro de los cultivos, hay muchas especies de *Amaranthus*; en los Andes las más importantes son: *A. hybridus*, *A. spinosus*, *A. dubius*, *A. palmeri*, *A. viridis*, *A. blitum* y *A. tricolor*. Se

encuentran asociadas a cultivos de maíz y otros, generalmente poseen semillas oscuras y claras en condiciones adecuadas de fertilidad pueden desarrollar gran vigor y tamaño, tal como se observa en la figura 3, al punto de confundirse con la planta cultivada; las hojas se aprovechan en la alimentación humana [22].



**Figura 3.** Cultivo de kiwicha y granos cosechados

Fuente: Imagen extraída y modificado de [17].

## **b) COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA KIWICHA**

La Kiwicha al igual que la quinua, tiene alto contenido proteínico. Los primeros estudios agronómicos se iniciaron en la Universidad del Cusco, en 1973, recibiendo mayor impulso en la década del ochenta, haciendo realce de sus bondades nutricionales [22,23].

La kiwicha es un alimento rico en proteínas; minerales, tales como calcio, fósforo y hierro, y vitaminas. El contenido de proteínas en la kiwicha es

mayor en relación a los cereales comerciales de mayor difusión mundial, tales como, trigo, maíz y arroz, y supera ligeramente a la quinua [20].

La proteína se encuentra en todos los tejidos de los grupos de cereales existiendo mayores concentraciones en el embrión y capa de aleurona, que en el endospermo, pericarpio y testa [20]. La proporción de proteínas en los amarantos se equipara favorablemente con los otros aminoácidos [24].

En cuanto al contenido de lípidos, la kiwicha contiene altos niveles en comparación con otros cereales convencionales, un valor típico es de 7,6% por consiguiente tiene una mayor densidad energética. El almidón es el componente más abundante en la kiwicha, contiene aproximadamente 62% del peso total del grano, comparando los gránulos de almidón de la kiwicha con otros cereales, es más pequeño que el del trigo [21].

El almidón del amaranto está constituido principalmente por amilopectina y 5 a 7% de amilosa. La capacidad del granulo de almidón para hincharse cuando se mezcla con agua es mucho más baja que la del trigo, cuya concentración de amilosa es 20% [23].

El germen y el afrecho del amaranto representan el 25% de la semilla y la harina el 74% (aproximadamente lo mismo que en el caso del trigo). El germen contiene 30% de proteínas y 20% de aceite, en tanto que en el afrecho es apreciable su alto contenido de fibra, vitaminas y minerales. [22,24].

Los elementos inorgánicos más importantes en la kiwicha son el sodio, potasio, calcio, hierro, fósforo, magnesio y otros elementos aunque en cantidades pequeñas son indispensables para la vida. El contenido de vitaminas de la kiwicha es similar a la quinua con excepción del ácido ascórbico que en promedio contiene una mayor proporción [21].

El valor nutritivo de la kiwicha es indiscutible, diversos estudios realizados han comprobado su alta calidad proteica en relación a otros cereales, así como su riqueza en grasas y otros componentes. El amaranto con pequeños porcentajes (utilización de no más de 20%) de proteínas puede servir como complemento importante de algunos cereales, compensando su deficiencia en leucina que se encuentra en exceso en estos cereales [24].

**Cuadro 3.** Composición fisicoquímica de la kiwicha (*Amaranthus caudatus*)

Kiwicha por cada 100 g		
Componentes	Unidades	Granos
Energía	kcal	361.60
Agua	g	12.40
Proteína	g	12.50
Grasa	g	7.15
Carbohidrato	g	63.49
Hierro	mg	8.8

**Fuente:** Extraído de [10].

En la composición de aminoácidos esenciales lo extraordinario de la proteína del amaranto es su riqueza en aminoácidos esenciales incluyendo la lisina y la metionina, los cuales como es bien sabido tienen una proporción que limita el valor biológico de los cereales [23,24]. La eficiencia proteica del amaranto es comparable con la caseína [20]. Las proteínas difieren en valor nutritivo, debido a las diferencias en la clase y cantidad de sus aminoácidos constitutivos. La lisina es el primer aminoácido limitante en los cereales, mientras que la proteína de la kiwicha contiene niveles relativamente altos de lisina (50%) casi el doble del trigo y tres veces más que el maíz y contenidos de aminoácidos azufrados (4,4%) en comparación a los granos más comunes [24]

#### **2.1.4. GENERALIDADES DE LOS GRITS DE MAIZ (*Zea mays*)**

##### **a) COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DEL MAIZ**

Como se muestra en la Cuadro 4, las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87%, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa 67%, celulosa 23% y lignina 0,1% [25]. El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón 87%, aproximadamente 8% de proteínas y un contenido de grasa cruda relativamente bajo.



**Figura 4.** Cultivo de maíz, granos y grits (*Zea mays*)

Fuente: Imagen extraída y modificado de [25].

**Cuadro 4.** Composición química proximal de las partes principales de los granos de maíz (*Zea mays*), (%)

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3,70	8,00	18,40
Extracto etéreo	1,00	0,80	33,20
Fibra cruda	86,70	2,70	8,80
Cenizas	0,80	0,30	10,50
Almidón	7,30	87,60	8,30
Azúcar	0,34	0,62	10,80

Fuente: Extraído de [10].

Por último, el germen se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas, el 33% por término medio, y contiene también un nivel relativamente elevado de proteínas (próximo al 20%) y minerales. Se dispone de algunos datos sobre la composición química de la capa de aleurona, elemento con un contenido relativamente elevado de proteínas [25].

## **2.1.5. GENERALIDADES DEL YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*)**

### **a) DESCRIPCION**

El yacón o llacón, conocido también como jicama o chicama en Ecuador, o como jiquimilla o árbolloco, en Colombia es una herbácea perenne que se multiplica por semillas o por rizomas, pertenece a la familia del girasol (Astereáceas) y es originaria de la sierra, donde está difundido el consumo de sus raíces dulces, tanto cruda como en dulces especiales [26]. Es una planta utilizada por las culturas antepasadas como una fruta refrescante o alimento bajo en calorías [28], menciona que las raíces de yacón están compuestas mayormente por agua de 85 a 90%. El 40 al 70% de su peso está en forma de frutoligosacáridos (FOS), azúcares especiales con efectos favorables para la salud humana, y compuestos con un alto poder antioxidante, por lo que es considerado como medicinal, para tratar problemas de diabetes.

Por otro lado [26] se refiere a que en la actualidad, en el Perú se está promoviendo el consumo de alimentos funcionales naturales o procesados, tal es el caso del yacón, que cuando lo ingerimos, mejora nuestra salud física y mental; así como reduce el riesgo de padecer enfermedades.

### **b) COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE LAS RAÍCES**

Las raíces del yacón son comestibles en estado fresco o procesado industrialmente. En estado fresco, el yacón, generalmente, se comercializa como una fruta por su sabor agradable y dulce, mientras que industrialmente se

pretende incursionar en la fabricación de jugos dietéticos, chips secos, encurtidos de yacón y jarabe con alto contenido de fructooligosacáridos [26,27].

El yacón a diferencia de otras raíces reservantes comestibles, el 85 al 90% del peso fresco de este tubérculo es agua [26, 27]. Los carbohidratos representan el 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales entre el 50 al 70% son fructoligosacáridos (FOS), el resto de los carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructosa, y glucosa [29]. Por otro lado [28] menciona en cuanto a su composición las raíces frescas, contienen de 83 a 87% de agua. La materia seca de los tubérculos contiene 70% de carbohidratos como oligofructanos de bajo grado de polimerización ( $GP = 3$  a  $9$ ).

La raíz tiene un alto contenido de inulina y fructoligosacáridos (FOS) (polímeros de fructosa) los cuales no pueden ser hidrolizados por el organismo humano y atraviesan el tracto digestivo sin ser metabolizados, proporcionando calorías inferiores al de la sacarosa, excelentes para las dietas hipocalóricas y dietas para diabéticos [29]. Hay evidencias para considerar los FOS y la inulina como alimentos funcionales porque son resistentes a la digestión, pero fermentados por la microflora del colon, lo que conlleva al desarrollo de las funciones colónicas (especialmente el aumento fecal), también tiene efectos fisiológicos sistémicos, estimulan selectivamente el crecimiento de bifidobacterias en el colon, lo que permite clasificarlos como prebióticos; además de su carácter dietético respaldado en su bajo poder calórico (4 a 10KJ/g) [26].



En el cuadro 5 se observa la composición nutricional del yacón por 100g de raíz fresca sin cáscara.



**Figura 5.** Raíces de yacón y pulpa de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

Fuente: Imagen extraído y modificado de. [26,27].

**Cuadro 5.** Composición nutricional del yacón (100 g de raíz fresca sin cáscara)

Compuesto	Rango
Agua	85 – 90 g
Oligofructuosa (OF)	6 – 12 g
Azúcares Simples*	1,5 – 4 g
Proteínas	0,1 – 0,5 g
Potasio	185 – 295 mg
Calcio	6 – 13 mg
Calorías	14 – 22 kcal

Fuente. Modificado [27] citado por [29]

\*Incluye sacarosa, fructuosa y glucosa.

## **2.2. PROCESO DE EXTRUSION EN ALIMENTOS**

### **2.2.1. DEFINICIÓN DE EXTRUSIÓN**

Extrusión es una operación versátil que se puede aplicar con procesos para cocer, moldear, mezclar y texturizar, en condiciones que favorecen la retención de la calidad, alta productividad y un bajo coste [30, 31, 34].

En el proceso de extrusión el material alimentario es forzado a fluir a través de un tornillo sinfin, bajo una o más condiciones de mezclado, calentamiento y cizallamiento, a través de un troquel que se diseña para moldear y/o secar e inflar [32]. La cocción del material alimenticio con contenido de almidón y/o proteínas se desarrolla a alta temperatura y en corto tiempo (HTST – High Temperature Short Time) [30, 32].

### **2.2.2. PROCESO DE COCCION DE UN ALIMENTO**

En las últimas décadas la tecnología ha introducido nuevas técnicas de cocción para reemplazar o modificar las tradicionales. [31]. El alimento es trabajado y calentado por una combinación de fuentes de calor, incluyendo la energía disipada por fricción al girar el tornillo, o inyección de vapor directo a lo largo de la cámara. La temperatura del producto supera la temperatura de ebullición normal, pero no ocurre evaporación debido a la elevada presión que existe [33].

Esta transformación, descrita como cocción, involucra la ruptura de los gránulos de almidón, la desnaturalización de las moléculas de proteína, y otras reacciones que pueden modificar las propiedades nutricionales, de textura y organolépticas

del producto final. En la descarga, la pasta cocida a alta temperatura y presurizada es forzada a través de una pequeña abertura llamada boquilla, produciéndose la expansión y evaporación de la humedad del producto [30,32].

La Extrusión combina diversas operaciones unitarias como el mezclado, la cocción, el amasado y el moldeo, siendo su objetivo ampliar la variedad de los alimentos que componen la dieta, elaborando a partir de ingredientes básicos, alimentos de distinta forma, textura y color; tales como harinas instantáneas [31].

### 2.2.3. EL EXTRUSOR

Es una máquina cuya finalidad es cocer y dar forma particular a un alimento mediante el proceso de extrusión [30]. La parte principal de un extrusor lo conforma un tornillo (puede o no ser modular) que gira más o menos a alta velocidad dentro de unos barriles estacionarios y cilíndricos de diámetro tal, que se adapte el tornillo. El tornillo es montado en un eje que gira accionado por un motor eléctrico. [33]. Según se observa en la Figura 6.

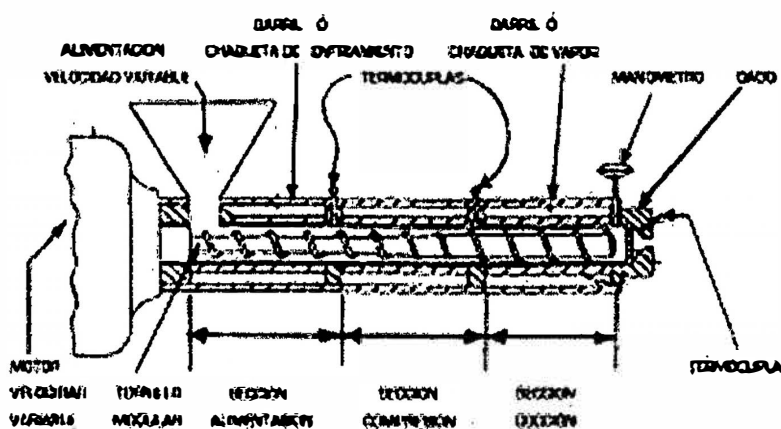


Figura 6. Extrusor de tornillo simple [33].

## **2.2.4. FUNCIONES DE LOS EXTRUSORES EN LA INDUSTRIA**

### **ALIMENTARIA**

Estudios diversos muestran que los extrusores realizan diversas funciones, resaltando:

- Desnaturalización de protefnas
- Gelatinización de carbohidratos (principalmente almidón)
- Producción de sabores y colores
- Reducción de factores antinutricionales
- Crear textura a través de presión, flujo e intercambio de calor.
- Crear formas
- Secar el producto

Estas funciones realizadas por los extrusores proporcionan un alimento de alto valor proteico siendo más atractivo el producto hacia el consumidor cada vez más exigente [34,36].

## **2.2.5. CLASIFICACION DE LOS EXTRUSORES SEGÚN EL NUMERO DE TORNILLOS**

### **Extrusores de un sólo tornillo**

El canal del tornillo no está dividido, es continuo a lo largo del tamaño del tornillo. En lugar de ser empujado por las aletas del tornillo, el producto es arrastrado por el canal del tornillo por el movimiento relativo del mismo y la

superficie del barril, la presión y el flujo son generados por el corte. El flujo de arrastre resultante es de más o menos la mitad de la capacidad volumétrica del tornillo, la mitad del producto es dejado atrás [30,33].

Tipos:

- El de corto tiempo y alta temperatura
- El de cocción a presión en función del tipo de acondicionador y extrusora.

### **Los extrusores de doble tornillo de rotación opuesta**

Tienen dos tornillos que se unen fuertemente como engranajes y rotan uno contra el otro. Por lo tanto, cada tornillo está dividido en una serie de cámaras separadas las cuales se mueven hacia el dado mientras que el tornillo rota, llevando el producto en ellas en un "desplazamiento positivo". En la Figura 7 se muestra una vista completa de un extrusor de doble tornillo [36].

### **2.2.6. METODOS DE EXTRUSION**

En el proceso de extrusión se puede efectuar el acondicionamiento de la harina antes de la extrusión por medio de vapor o sin vapor y según sea el caso dará dos métodos:

#### **a) Proceso de extrusión en seco (Dry extrusión)**

El proceso de "extrusión en seco" consiste básicamente en la producción de calor (140-145°C) causada por la fricción bajo presión (30-40 atmósferas) cuando el producto es forzado por un tornillo sinfín a través de una serie de restricciones

dentro de cámaras de compresión. Este proceso toma menos de 30 segundos, de modo que los nutrientes no se dañan ni se destruyen. La extrusión seca emplea niveles de humedad por debajo del 20%. Este procedimiento riguroso, corta y muele, para que las paredes de las células se rompan, aumentando así la disponibilidad de nutrientes [37].

Cuando el material pasó por estas fases ha sido cocido totalmente, y permite así, aumentar la digestibilidad de los nutrientes, reducir los componentes antinutricionales y en forma simultánea aumentar la palatabilidad. El calor y la presión producida en el extrusor provocan la destrucción de microorganismos tales como bacterias, mohos y levaduras [38].

La continua presión y el cocimiento, y el repentino alivio de la presión al salir el producto del extrusor, causan la expansión del mismo al romper las paredes celulares. El resultado es un producto texturizado, altamente apetitoso y durable [39].

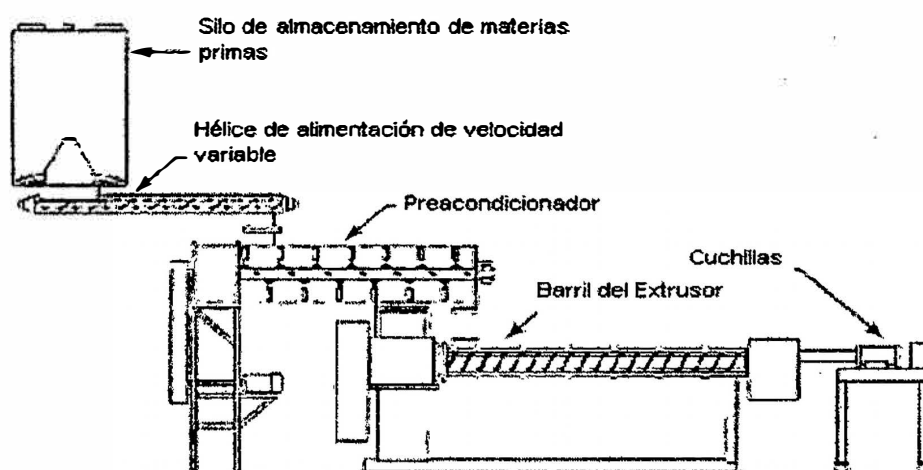
La extrusión en seco es posible usarlo en productos con elevado contenido en aceite, como por ejemplo para el procesado de la soya, puesto que el propio aceite lubrica el paso por la matriz [40].

El procedimiento de extrusión en seco tiene el inconveniente de alcanzar temperaturas muy elevadas, a diferencia del proceso en húmedo, con lo que el calor disminuye la lisina disponible [30,41]. Así mismo, la extrusión en seco no es posible aplicarlo a cereales o piensos, por la imposibilidad física de trabajar con la máquina a este nivel de humedad [42].

## b. Proceso de extrusión en húmedo (Wet extrusión)

El proceso de "extrusión en húmedo", consiste en el mismo procedimiento que la extrusión en seco, solamente que cuando el grano molido entra en la cámara de acondicionamiento donde la presión es baja (presión atmosférica), se inyecta vapor de agua y de allí se traslada directamente al barril de extrusión donde también se agrega vapor de agua, pero presurizada como se muestra en la Figura 7 [41].

En la extrusión en húmedo es muy importante conseguir que el producto a procesar esté bien molido, que se pueda regular la temperatura de las diferentes secciones del proceso para conseguir la máxima calidad nutritiva del producto, y que el agua y el vapor sean adecuados para conseguir el nivel de humedad necesarios, la presión y la superficie de apertura de la matriz idóneos para que el producto salga con la máxima calidad y el mínimo costo [40].



**Figura 7.** Componentes comunes de las extrusoras húmedas (de doble tornillo o simple)

Fuente: Imagen extraído y modificado de [40].

### **c. Acondicionadores y extrusores de corto tiempo/alta temperatura:**

El proceso de acondicionamiento implica una serie de etapas:

- Acondicionamiento a presión atmosférica por medio de vapor y agua a una temperatura de salida del producto de 70-100°C.
- Un método de aplicación del agua añadida ya sea vapor o agua uniforme.
- Una configuración del extrusor diseñado para trabajar con el producto acondicionado.
- Un medio de elevar la temperatura en el extrusor hasta 200°C durante un periodo de tiempo corto, entre 10 y 25 segundos.
- Una matriz capaz de dar forma al producto procesado.
- Un sistema de corte del producto elaborado [42].

### **d. Acondicionadores y extrusores a presión:**

Este proceso implica las siguientes fases

- Alimentación del producto a procesar en una cámara a presión con aplicación de vapor a presión reducida. Tiempo de cocción desde el inicio al final del proceso entre 2 y 10 minutos.
- Matriz que da forma.
- Cortador del producto elaborado [43].



### **2.2.7. VENTAJAS DEL PROCESO DE EXTRUSION**

Desde el punto de vista industrial es importante evaluar cada proceso, por eso a continuación se mencionan las principales ventajas que se puede obtener de un producto extruido [44].

1. **Alta calidad del producto:** La implicancia de factores como alta-temperatura/corto-tiempo, propios de un proceso de extrusión. Minimiza la degradación de los nutrientes del alimento, mejora la digestibilidad de las proteínas (por desnaturalizarlas) y almidones (Gelatinización). La cocción por extrusión también destruye compuestos anti nutricionales como inhibidores de tripsina y de enzimas no deseadas como lipasas, lipoxidasas y microorganismos [43].
2. **Mejora de la apariencia, palatabilidad y digestibilidad de los alimentos para animales.**
3. **Adaptabilidad:** Producción de una amplia variedad de alimentos con pequeños cambios en ingredientes y condiciones de operación [44].
4. **Características de los productos:** Permite la producción de una gama de formas, texturas, colores y apariencias muy difícil de lograr con otros tipos de procesos [44].
5. **No producción de desperdicios:** Importante ventaja en la industria de alimentos [42].

Cuenta con una presencia mínima de finos en el proceso y el producto,

contribuyendo a proteger el medio ambiente de la planta [33,40].

6. No requerimiento de aglutinantes: El proceso de extrusión por sus condiciones de aglomeración y gelatinización, elimina la necesidad de sustancias ligantes extras [45].

### **2.2.8. MEZCLAS ALIMENTICIAS**

Estudios previos afirman que se obtiene mezclas alimenticias, precocidos e instantáneas, nutricionalmente balanceadas a base de maíz amarillo y frijol de palo, para ser destinados a todo poblador con deficiencias calórico-proteicas; teniendo como criterio de evaluación el balance de aminoácidos esenciales en las mezclas crudas seleccionadas [45].

La Universidad Autónoma de México realizó 2 mezclas, (Maíz amarillo 74%, frijol de palo 26% y maíz amarillo 53% y frijol de palo 47%); acondicionado a una humedad de 23% y realizando el proceso de cocción-extrusión, con un flujo de alimentación de 2,400 g/min., a 115.5°C, obteniéndose mezclas precocidas I y II; a partir de esta última obtuvo la mezcla instantánea por tener mejor composición química, teniendo gran aceptabilidad en el mercado [46]. Por otro lado estudios de extrusión se realizaron con el objetivo de obtener una crema de espinaca semi instantánea de buen valor nutricional, fue extruida una mezcla de griz maíz-soya usándose extrusor Brabender de doble tornillo con velocidad de alimentación constante de 20,8 kg/h, velocidad de rotación de los tornillos de 100 rpm y diámetro de boquilla de 5 mm. Los perfiles de la temperatura de barril (TB) fueron: zona 1 60 °C (constante); zona 2 90, 110, 130 y 150 °C y zona 4

(boquilla) 110, 130 y 150 °C, los análisis de las características tecnológicas mostraron que el aumento de la TB en la zona 3 causó la absorción de grasa (AG), actividad emulsificante (AE) y estabilidad de emulsión (EE) excepto para AE y EE de aquellas sometidas a 150 °C en la zona 4, las cuales disminuyeron [40-45].

Otros estudios determinaron la tecnología aplicable para la obtención de mezclas alimenticias para consumo infantil de reconstitución instantánea, con características nutricionales y sensoriales, obtenidas a partir de cultivos andinos de la región Huánuco. La formulación obtenida con: kiwicha (9,66%), arroz (31,42%), maíz amarillo (10,8%), trigo (29,45%), soja integral (9,33%), papa blanca (5,4%), ajonjolí (3,94%) permitió la obtención de una base extruida representando el 41.50% del producto final, e insumos, tales como azúcar (34%), aceite (10,50%) y concentrado de soya (4,60%) [42].

### **2.2.9. PRINCIPALES VARIABLES EN EL PROCESO DE EXTRUSION**

El grado de extrusión alcanzado depende de la presión y de la humedad. Es importante destacar que las transformaciones se producen en tiempos cortos y menores al tiempo de residencia medio. Otro aspecto a destacar es que la temperatura es considerada una variable independiente sólo en el caso de la extrusión con control de temperatura desde el exterior, para el caso de extrusores autógenos la misma debe considerarse una respuesta [47]. Las características de la masa que fluye dentro del extrusor y sus propiedades finales dependen de su composición (humedad, materia grasa, fibra, almidón, proteína, sales, emulsionantes) y del diseño particular que provoca mayor o menor interacción

partícula-partícula. Definidas las condiciones de extrusión (relación de compresión del tornillo, velocidad de rotación, diámetro de la boquilla, nivel de temperatura a controlar tanto en la zona del cilindro como de la boquilla, material a extruir (tamaño de partículas, humedad, etc.), la operación es comenzada alimentando material con una humedad suficiente para evitar una excesiva presión inicial, luego se introduce el material en estudio manteniendo siempre llena a la zona de alimentación del tornillo. La toma de muestras se realiza una vez que se alcanza el estado estacionario, es decir cuando el caudal de salida ( $Q_s$ ), la presión y el torque (medido sobre el eje del motor), se mantienen constantes. Este caudal de salida, se refiere a la humedad de alimentación ( $Q_a$ ), habiendo sido previamente determinado el caudal másico del sólido seco ( $Q_{ss}$ ) [48].

**Cuadro 6.** Principales variables del proceso de extrusión

Variables independientes	Humedad
	Tipo y composición del material
	Intercambio de Calor
	Temperatura
	Grado de Alimentación
	Rpm
Variables dependientes	Geometría
	Cilindro
	Tornillo
	Boquilla
Respuestas	Presión
	Temperatura
	Caudal másico
	Energía Mecánica
	Distribución del tiempo de resistencia
	Propiedades del producto

Fuente. Extraído de [46].

### 2.2.10. CAMBIOS EN EL PROCESO DE EXTRUSION

Durante el proceso de extrusión el almidón puede sufrir diversas transformaciones, cuya intensidad depende de varios factores a saber: concentración, nivel de esfuerzos mecánicos durante el proceso de cocción, tiempo de tratamiento, temperatura alcanzada, velocidad de calentamiento, etc. Tales transformaciones pueden involucrar desde la pérdida de estructura cristalina sin ruptura del gránulo de almidón, hasta la dextrinización, es decir hidrólisis de los enlaces glicosídicos [49].

La pérdida de la estructura cristalina ocurre a una cierta temperatura llamada (temperatura de gelatinización o TG), pero para que eso ocurra, el agua debe penetrar dentro del gránulo. Sin embargo cada gránulo posee su propia TG, debido a diferencias estructurales individuales (es la arquitectura lo que determina la resistencia a hidratarse), así cuando se tiene una población de gránulos, se habla de rango de TG, y no de una TG fija. Por ejemplo, cuando la harina de maíz es calentada en agua y mantenida a 100 °C durante 30 min, prácticamente todos los gránulos de almidón contenidos en las partículas de harina pierden la estructura cristalina [51].

Este fenómeno está relacionado con el hecho de que la temperatura a la cual la estructura cristalina se desestabiliza, depende del contenido de agua dentro del gránulo, a medida que la cantidad de agua disponible para hidratar el gránulo disminuye, la temperatura de transición (cristalina–amorfa) aumenta. [52].

Es sabido que las proteínas de reserva del maíz (mayoritariamente las zeínas) son insolubles y no hidratables y constituyen verdaderas barreras a la penetración del agua en el citoplasma de las células del endospermo, donde los gránulos de almidón se encuentran dispersos. Una vez completado el proceso de gelatinización e hinchamiento, al enfriar la dispersión, se produce otro proceso llamado retrogradación, involucra la asociación por puentes de hidrógeno, de cadenas de las amilosas que han sido dispersadas fuera del gránulo, formándose una nueva estructura (tipo “gel”) que incluye a los restos de gránulos parcialmente dispersados. Este proceso, cinéticamente lento, culmina con la separación de dos fases: una fase acuosa en la capa superior y una fase “gel”, en la parte inferior. Esta separación es llamada “sinéresis”. La velocidad a la que ocurre este fenómeno puede alterarse, variando las condiciones del proceso de cocción o agregando aditivos que retardan la asociación molecular. La agregación producida por la asociación de moléculas de amilosa es relativamente rápida, en cambio el correspondiente a la amilopectina transcurre más lentamente, esto es debido al impedimento estérico de sus ramificaciones. La malla formada por estas macromoléculas atrapa o retiene a los fragmentos de gránulos, aumentando considerablemente la viscosidad de la pasta, la cual a temperatura ambiente adquiere apariencia de gel [50-52].

No obstante, no todos los almidones pueden ser dispersados totalmente en agua cuando se les cocina a 100 °C. Los almidones de papa, mandioca y los de cereales tipo “waxy” (escaso contenido de amilosa), son fácilmente dispersables, en cambio el almidón de cereales con almidón “normal” (contenido de amilosa

entre 25 y 30 %) sólo puede ser totalmente dispersado en condiciones extremas, por ejemplo el almidón de maíz se puede dispersar a 140 °C en 10 [53].

Cuando el proceso de cocción se realiza a niveles de contenido de agua inferiores a 30% (como es el caso de la cocción por extrusión), ya no se verifica el proceso de hinchamiento, y la transformación estructural del almidón dependerá no sólo de la temperatura alcanzada y del contenido de agua, sino también del nivel de esfuerzos de corte al que se haya alcanzado durante la extrusión. [53].

El grado de dextrinización se puede medir a través de grupos reductores libres y expresarlo como equivalente de glucosa [52].

#### **2.2.11. PROCESO DE EXTRUSION PARA SNACK**

Las etapas del proceso de elaboración de snacks por extrusión se definen a continuación [51].

##### **A. Pesaje y mezcla**

- Los ingredientes son pesados de acuerdo a la formulación del producto para posteriormente ser mezclados formando de esta manera una composición homogénea [42, 45,50].

##### **B. La extrusión**

Proceso por el cual materiales húmedos, en forma granular o arenosa, almidonados o proteicos, son plastificados y cocidos en un tubo por combinación de presión, calor y esfuerzo de corte. [51].

Los ingredientes relativamente secos con una humedad de 15 a 25%. [46].

### **C. Horneado y secado**

Es la etapa en la que se hace uso de aire caliente para modificar las características químicas y organolépticas. En el horneado la temperatura alcanza una faja de 110 a 240°C, formándose la corteza [49].

### **D. Saborización final**

Normalmente los saborizantes se emplean para completar el sabor natural del producto o enmascarar sabores desagradables y también se emplean colorantes para incrementar el atractivo visual. [50]. Los saborizantes son añadidos generalmente cuando el producto ha sido secado hasta una humedad de 1 a 2%, mediante una emulsión de aceite vegetal que contiene condimentos. Los saborizantes son añadidos usualmente a niveles de 0.5 a 1.5% con respecto al peso del producto final [53]. La sal es parte de la mayoría de los sistemas de saborización y se le incorpora sobre la superficie del producto, luego del recubrimiento con la suspensión de aceites y saborizantes [54].

Los colorantes pueden ser usados en cualquier sistema hasta humedades con 5%, para niveles menores se requiere el empleo de lacas. Las lacas son pigmentos molidos, preparados por adsorción de tintes certificados sobre un sustrato de alúmina. La adición de lacas puede variar entre 300 a 2000 ppm [50]. Los aditivos, la fortificación de bocadillos con minerales y



vitaminas puede tornarse tan importante para la industria de bocadillos como para las industrias de desayunos [52].

## **2.3. BIODISPONIBILIDAD DEL HIERRO**

### **2.3.1. ABSORCION DEL HIERRO**

El organismo requiere hierro para varias funciones, por ejemplo para la síntesis de la proteína transportadora de oxígeno, la hemoglobina y la mioglobina, para la formación de enzimas hemínicas, las cuales participan en reacciones de óxido reducción y transferencia de electrones [55].

El hierro es absorbido en el duodeno y atraviesa las células de la mucosa hacia la sangre, donde es transportado por la transferrina a las células del organismo o a la médula para la eritropoyesis. El cuerpo regula la homeostasis del hierro por control de la absorción. La absorción aumenta durante la deficiencia de hierro y cuando las necesidades fisiológicas están incrementadas. El organismo tiene una capacidad límite almacenada como ferritina o hemosiderina en el hígado, bazo y médula [55,56].

El hierro se encuentra en los alimentos en forma hemínica o no hemínica. La biodisponibilidad del hierro hemínico, el cual se encuentra en las carnes, es alta en comparación con la del hierro no hemínico. Esto se debe a la naturaleza fisicoquímica del grupo hemo. El hierro hemínico es más soluble en las condiciones neutras del intestino, que en las ácidas del estómago y se absorbe en forma intacta dentro de la mucosa intestinal [57].

El hierro no hemínico constituye del 80 al 90% del hierro, procedente en su mayor parte de los alimentos de origen vegetal, la absorción del hierro es afectada por promotores e inhibidores presentes en la dieta: Dentro de los inhibidores se destacan [58].

- El ácido fitico
- Los componentes polifenólicos presentes en vegetales
- El calcio
- Los péptidos que se generan en la digestión de las proteínas de origen vegetal.

El ácido fitico se encuentra presente en los granos de los cereales y en las legumbres, es el principal factor que influye en la disminución de la biodisponibilidad del hierro en estos alimentos. La hidrólisis de los fitatos ocurre en algunos procesos, tales como el remojado de los granos, la fermentación, la germinación y la extrusión-cocción. En los tres primeros casos, se activan las fitasas endógenas de los granos del cereal o de las harinas, las que degradan al ácido fitico (hidrolizando el mio-inositolhexafosfato a mio-inositol y fosfato inorgánico), mejorando la absorción del hierro [59].

Los compuestos fenólicos presentes en vegetales incluyen: ácidos fenólicos, flavonoides y sus productos de polimerización. Estos son particularmente altos en el té, café, cacao y en el vino tinto. Los compuestos fenólicos han mostrado ser inhibidores de la absorción del hierro. Se observó que el tanino, compuesto polifenólico, reduce la absorción del hierro cuando se incorpora en la dieta en altas

cantidades. El ácido clorogénico, un compuesto fenólico del café, es un inhibidor que reduce un 40% la absorción del hierro presente en carnes y un 60% de absorción en el té, el calcio puede inhibir la absorción del hierro. El nivel de inhibición depende de la cantidad de calcio consumido, de la ración y de la composición de los alimentos [60].

Durante la digestión, las proteínas son hidrolizadas a péptidos, los cuales pueden unirse al hierro en el lumen intestinal e influenciar su absorción. Los péptidos pueden tanto inhibir como mejorar la absorción del hierro dependiendo de su naturaleza. Las proteínas de los vegetales, proteínas de la leche y de los huevos inhiben la captación del hierro no hemínico, cuando comparado con las carnes o con las dietas de bajo contenido proteico [58,59].

La capacidad de mejorar la absorción del hierro no hemínico en alimentos está relacionada no sólo a la solubilización del hierro no complejado, sino también a la capacidad de remover y solubilizar el hierro de complejos insolubles [60].

Dos potentes promotores de la absorción del hierro son el ácido ascórbico y la carne, que actúan reduciendo el hierro férrico a ferroso y/o complejando el  $Fe^{+3}$ . El ácido ascórbico es efectivo para aumentar la absorción del hierro no hemínico, tanto en forma natural (frutas y vegetales) como componente libre. En altas concentraciones puede superar la inhibición del ácido fítico en los cereales y puede parcialmente disminuir el efecto de los polifenoles en el té, su efecto promotor de la biodisponibilidad del hierro depende del tratamiento térmico a que se somete el alimento, de la fuente de hierro, del valor del pH y de la dosis. Cuando el ácido

ascórbico es oxidado durante los procesos de almacenamiento o cocción, el efecto mejorado se pierde [59,60].

### **2.3.2. METODOS DE CUANTIFICACION PARA CALCULAR LA BIODISPONIBILIDAD DE HIERRO**

Existen dos métodos de estimación en la absorción de hierro para calcular la biodisponibilidad, ambos mediante la formulación nutricional pueden ser evaluados mediante *in vitro* o *in vivo* [61].

Los métodos *in vitro* son relativamente sencillos, rápidos y baratos y pueden simular la digestión gástrica y duodenal, seguido por diálisis. La proporción del elemento se difunde a través de la semi membrana permeable durante el proceso, y el elemento dializado después de un período de equilibrio se utiliza como una estimación de la biodisponibilidad de los nutrientes [61, 62].

Por otro lado la medida de la dializabilidad de minerales es uno de los métodos *in vitro* más frecuentemente utilizados para estimar la proporción del elemento que está disponible para su absorción, dado que la biodisponibilidad de los minerales depende de las características del alimento, de la presencia de otros constituyentes alimentarios y de sus condiciones en el tracto gastrointestinal, esta técnica *in vitro* puede reproducir condiciones intraluminales capaces de afectar su absorción a nivel duodenal, debido a que la solubilidad de los compuestos de fortificación es un factor importante para determinar la captación de los minerales por el enterocito [63]. La medición de la dializabilidad permite evaluar la interacción mineral-alimento y la disponibilidad de estos para ser absorbidos [64]. Estos datos

son útiles para comparar fortificantes entre sí y permite la selección de las mejores mezclas para ser utilizadas en estudios con humanos y de esta manera ahorrar recursos [64, 65].

El método del balance químico in vivo, fue el primero en utilizarse antes de que el uso de radioisótopos fuera introducido y consiste en evaluar la diferencia entre la cantidad ingerida y excretada de un determinado mineral durante un cierto periodo de tiempo [65-68].

#### **2.4. EVALUACION DE LA CALIDAD SENSORIAL DE UN EXTRUIDO**

La evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a determinadas características de los alimentos y materiales, los cuales son percibidos por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído [69-70].

Teniendo como objetivo desarrollar un producto extruido lo más aceptable posible para el consumidor para ello es necesario realizar, pruebas sensoriales que aseguren la calidad del producto [71, 72].

Las pruebas de aceptación se emplean para evaluar el grado de satisfacción o aceptabilidad del producto, con el fin de determinar en una serie de productos cual es el aceptable o preferido. La evaluación de la aceptabilidad de un producto difiere considerablemente de otras aplicaciones sensoriales, en este proceso ya no se requiere reclutar y entrenar jueces especiales para el trabajo de cualquiera de tales entrenamientos que induzca un sesgo y sea contraproducente. Lo que se requiere es un grupo de personas que a la hora de responder un cuestionario sean representativas

de la población objetivo de usuarios del producto y para eso deben realizarse con personas inexpertas seleccionadas en base a criterios demográficos [70, 72].

Dentro de las pruebas de aceptación para situaciones concretas se utiliza en particular la prueba hedónica, que oscila desde me disgusta muchísimo a me gusta muchísimo, como también pueden existir diferentes escalas con determinado número de niveles y elección de términos [72].

## **2.5. ANEMIA FERROPENICA**

### **2.5.1. DEFINICION**

La anemia es una afección en la cual el cuerpo no tiene suficientes glóbulos rojos sanos. El hierro es un pilar fundamental e importante para los glóbulos rojos. Cuando el cuerpo no tiene suficiente hierro, produce menos glóbulos rojos o glóbulos rojos demasiado pequeños. Esto se denomina anemia ferropénica. [73].

### **2.5.2. CAUSAS**

La anemia ferropénica es la forma más común de anemia. Los glóbulos rojos llevan oxígeno a los tejidos del cuerpo. Los glóbulos rojos saludables se producen en la médula ósea. Éstos se movilizan a través del cuerpo durante 3 a 4 meses y luego partes del cuerpo eliminan los glóbulos viejos. El hierro es una parte importante de los glóbulos rojos. Sin este elemento, la sangre no puede transportar oxígeno eficazmente. Su cuerpo normalmente obtiene hierro a través de la alimentación y reutilizando el hierro de los glóbulos rojos viejos. [74].

Cuando las reservas de hierro de su cuerpo bajan por las siguientes razones:

- El cuerpo pierde más glóbulos sanguíneos y hierro de lo que el cuerpo puede reponer.
- El organismo no hace un buen trabajo de absorción del hierro.
- El cuerpo puede absorber el hierro, pero no está consumiendo suficientes alimentos que contengan este elemento.
- El cuerpo necesita más hierro de lo normal (por ejemplo, en embarazada o amamantando). [74].

### **2.5.3. SINTOMAS**

La mayoría de las veces al principio son leves y aparecen lentamente y pueden ser:

- Sentirse malhumorado.
- Sentirse débil o cansado con más frecuencia de lo normal, o con el ejercicio.
- Dolores de cabeza.
- Problemas para concentrarse o pensar.

A medida que la anemia empeora, los síntomas pueden abarcar:

- Color azul en la esclerótica de los ojos.
- Uñas quebradizas.
- Mareo cuando usted se pone de pie.
- Color pálido de la piel.
- Dificultad respiratoria.
- Dolor en la lengua. [74].

### III. PARTE EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Planta Agroindustrial Martha Gamarra ubicado en el Distrito de Abancay, Provincia de Abancay y en los Laboratorios de Química, Operaciones Unitarias y Microbiología de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), realizado en los meses de Noviembre del 2013 hasta mayo del 2015.

#### 3.1. MAQUINARIAS, EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

##### 3.1.1. Maquinarias utilizadas

- Extrusor Brabender, monotornillo con sistema dinamométrico
- Molino de Martillos
- Mezcladora de paletas
- Cortadora
- Secador de bandejas

##### 3.1.2. Equipos

- Kjeldahl, marca: Velpscientific, modelo: UDK 126D
- Mufla, marca: Barnstead thermolyne modelo: FB1410M, rango de temperatura de 0-1100°C
- Estufa, marca: Memmert, modelo: 200-800, rango de 30 --250 °C
- Tinas de decantación
- Balanza analítica, marca Ohaus, con sensibilidad de 0,0001 g.
- Bureta semiautomática
- Balanza eléctrica capacidad 50 g
- Centrifuga, marca LW SCIENTIFIC 8V



### 3.1.3. Materiales y utensilios

- Termómetro con rango de medición 0°C a 100°C
- Vasos precipitados de 50, 100 y 250 mL
- Placas Petri
- Pipetas graduadas de 2 y 5 y 10 mL
- Probetas volumétricas de 10, 50 y 100 mL
- Matraces Erlenmeyer de 150, 250 y 500 mL
- Fiolas de 50, 250 y 500 mL.
- Matraces de Kitasato de 1000 mL
- Baguetas, pinzas
- Ollas de acero inoxidable
- Jarra de 2 litros
- Cuchillos de acero inoxidable
- Crisoles de calcinación
- Desecador de muestras
- Balones de Kjeldahlde 100 mL
- Embudos de vidrio de vástago largo
- Embudo Buchner
- Tubos de ensayo de 5 y 10 mL
- Pendones cónicos de 15 mL (tubos para centrifuga)
- Recipientes de almacenamiento (tinajas)

### 3.1.4. Reactivos

- Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )

- Sulfato cúprico pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )
- Sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )
- Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ )
- Indicador fenolftaleína ( $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ )
- Agua destilada
- Indicador rojo de metilo
- Solución de Ácido sulfúrico 0.1 N
- Solución Ácido clorhídrico 0.1 N
- Solución Hidróxido de sodio 0.1 N
- Etanol

### 3.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS

En el desarrollo de la investigación, se realizaron diferentes análisis dentro de ellos tenemos el análisis proximal de las materias primas, así como también de los alimentos formulados, pruebas sensoriales y de aceptabilidad, todas ellas desarrolladas mediante las normas AOAC, 1995-2009, cada una de ellas se detallan en las etapas correspondientes de la metodología experimental.

### 3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Cada una de las etapas ejecutadas en la investigación se detalla a continuación.

#### 3.3.1. OBTENCIÓN DE HARINAS DE LAS MATERIAS PRIMAS

##### A. Obtención de Harina de Tarwi (*Lupinus mutabilis*.)

El grano de tarwi crudo es amargo por su alto contenido de esparteína, lupinina y otros, por lo tanto es inconsumible, por ello para consumir los granos de tarwi el

primer paso es el desamargado (deslupinación). El proceso es muy simple y no necesita de maquinaria ni de tecnología cara, puesto que en el presente trabajo de investigación no se deseaba optimizar el nivel de pérdida de proteína inicial del producto durante el desamargado. El proceso de desamargado se realizó en el Instituto Superior Tecnológico de Chalhuanca, donde se remojó 180 kilogramos de grano de tarwi en 18 recipientes (bidones), cada uno con capacidad de 100 litros de agua aproximadamente, durante 12 horas, la cantidad de materia prima desamargada fue suficiente para realizar los 6 tratamientos con tres repeticiones resultando 18 ensayos experimentales. En este periodo de tiempo los granos adquieren mayor volumen por efecto del remojo duplicando su volumen (se hinchan); pasado las 12 horas de remojo fueron cocidos en 04 ollas industriales de capacidad de 100kg cada una por un tiempo aproximado de una hora con dos cambios de agua cada 30 minutos, contados desde el momento que inicia a ebullición. El agua de color amarillo marfil es de sabor muy amargo, con olor fuerte a tarwi crudo. Para eliminar por completo el sabor amargo de los granos del tarwi después de la cocción, se escurrió, enfrió y se sumergió bajo agua en movimiento (chorro continuo) por un lapso de tiempo de 4 días. El grano desamargado resultante fue de sabor agradable e incoloro. El secado de los granos de tarwi se realizó mediante exposición solar por un tiempo de 04 días, alcanzando una humedad de 9.6%. Los granos de tarwi desamargados y secos, fueron ensacados en cuatro sacos de capacidad de cincuenta kilogramos cada uno. Posteriormente, se realizó la molienda del grano con un molino de martillos, y para la determinación de granulometría se utilizó un número de tamiz N° 20 y granulometría 200um. A continuación se presenta el diagrama de flujo

utilizado en la obtención de harina de tarwi.

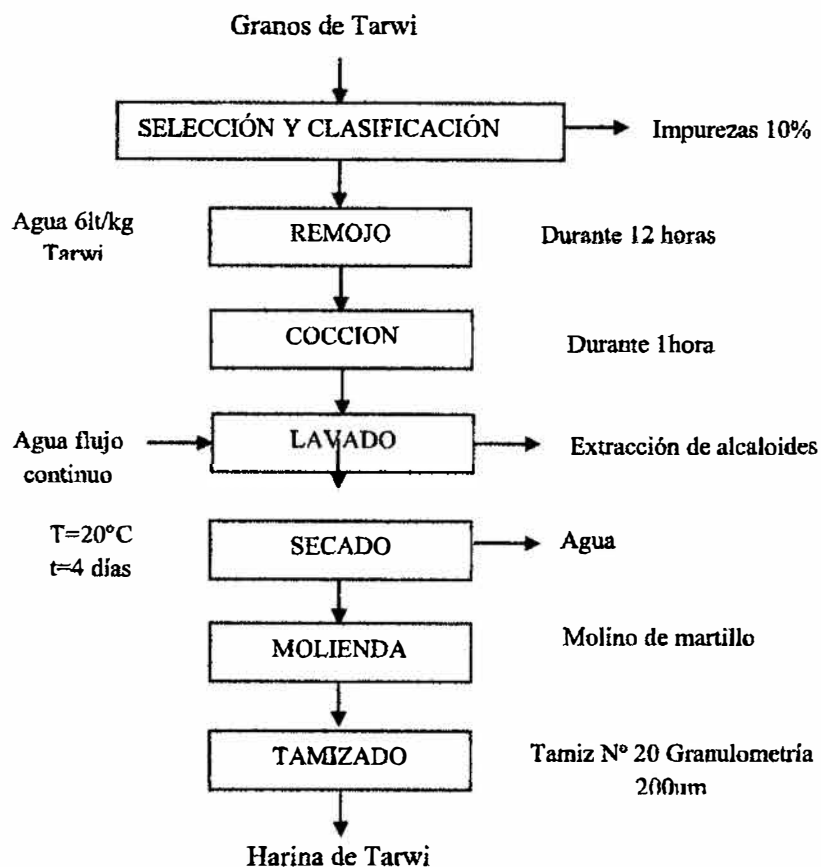


Figura 8. Diagrama de flujo para la obtención de harina de tarwi

## B. Obtención de Harina de bazo bovino

El bazo bovino conocido como molleja negra, teóricamente contiene 28.7mg de hierro por cada 100g de bazo (b.s.), de origen animal (heme). El proceso de obtención de harina se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Química de alimentos en la Facultad de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, para lo cual se recolectó bazo bovino del mercado central del distrito Wancahaq y del mercado de San Pedro, provincia del Cusco, durante seis días, una

cantidad de 120 unidades, con un peso promedio de 250 gramos cada uno, las bazos se sometieron a un lavado con abundante agua, seguidamente con unos cuchillos se despojaron las membranas externas que recubrían el órgano del bazo, y utilizando tablas de picar se trozaron en pequeños tiras reduciendo 20 veces su tamaño original, los pequeños trozos se colocaron en una bandeja . El secado se realizó en un secador de bandejas a una temperatura de 85°C por un tiempo de 45 minutos cada batch. El bazo saliente del secador se llevó a secado solar, prefabricado, por espacio de 5 días hasta alcanzar una humedad de 13% en base húmeda. Los trozos secos se llevaron a la molienda de martillos hasta una granulometría de N° 14, adecuada para el proceso de extrusión. A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso de obtención de harina de bazo bovino.

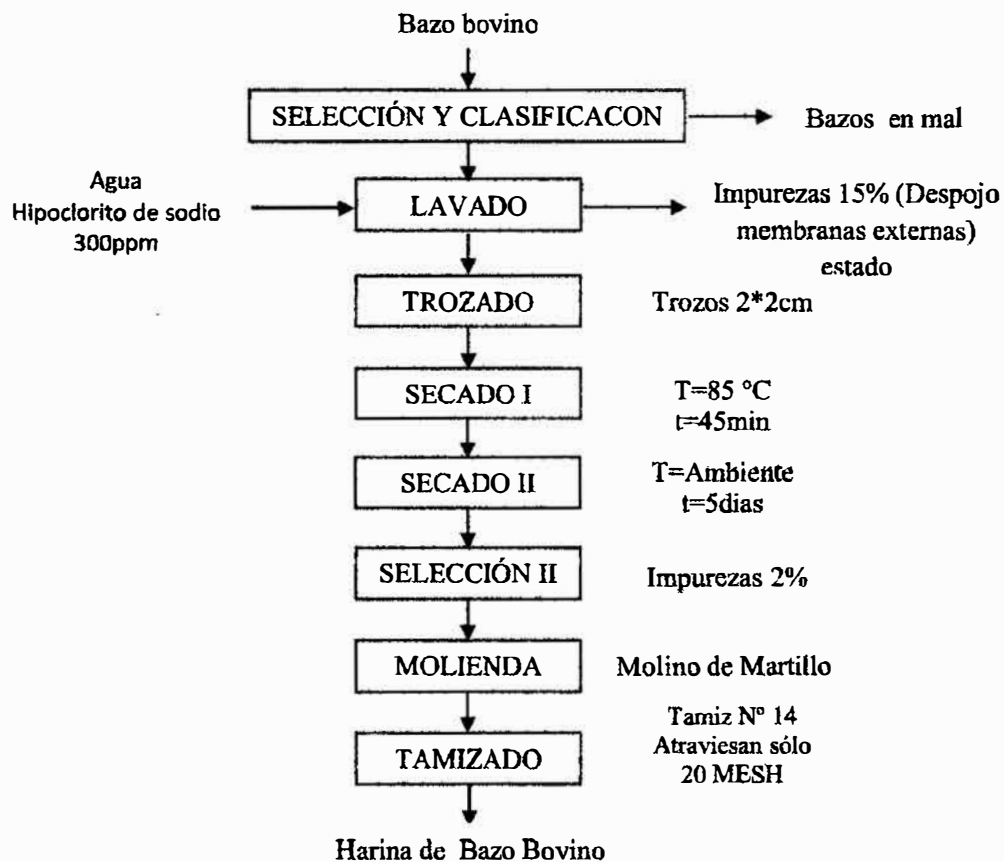


Figura 9. Diagrama de flujo de obtención de harina de bazo

### C. Obtención de Grits de Kiwicha

Esta leguminosa originaria de los andes es conocida por su elevado valor nutricional y micronutrientes siendo comparada incluso con el valor nutricional de la leche de vaca. El proceso de obtención de kiwicha, partida y seleccionada, se realizó en las instalaciones de la Planta Agroindustrial Martha Gamarra ubicado en el distrito de Abancay, Provincia de Abancay. Los granos de kiwicha de variedad Oscar blanco fueron seleccionados desechando un 10% de impureza (piedritas, pajas de cosecha), para el partido de los granos de kiwicha se utilizó un molino de martillos escogiendo el mayor número de malla (tamiz N°14), se envasó en bolsas de polipropileno de 25kg, sellándolas, rotulándolas y dejándolo listas para el proceso de extrusión.

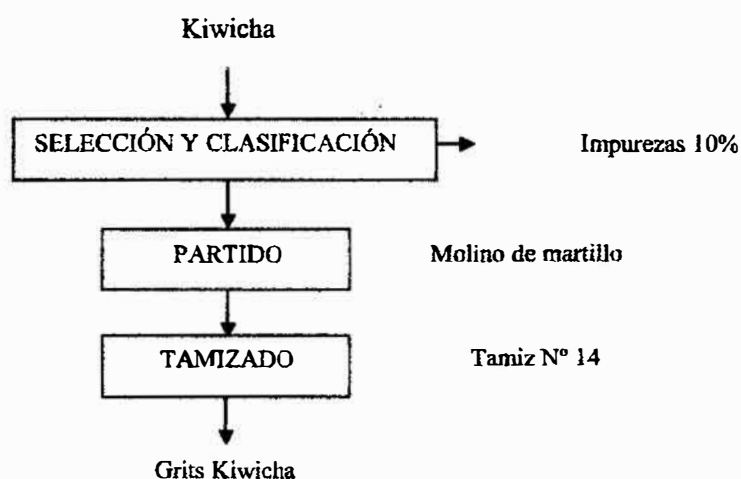


Figura 10. Diagrama de flujo de obtención de grits kiwicha

#### D. Obtención de Grits de Maíz

Los granos de maíz debido a su elevado contenido de almidón y grandiosas propiedades en el proceso de extrusión sobre todo por la calidad de textura, es necesario adicionarlo como grits de maíz. Los granos de maíz provenientes del mercado mayorista de Abancay (Las Américas) fueron procesados para la obtención del grits de maíz, realizándose el proceso en las instalaciones de la Planta Agroindustrial Martha Gamarra ubicado en el distrito de Abancay, provincia de Abancay. Se seleccionó y se procedió con el partido del maíz con la finalidad de disminuir el tamaño de partícula del grano puesto que es el óptimo para el proceso de extrusión.

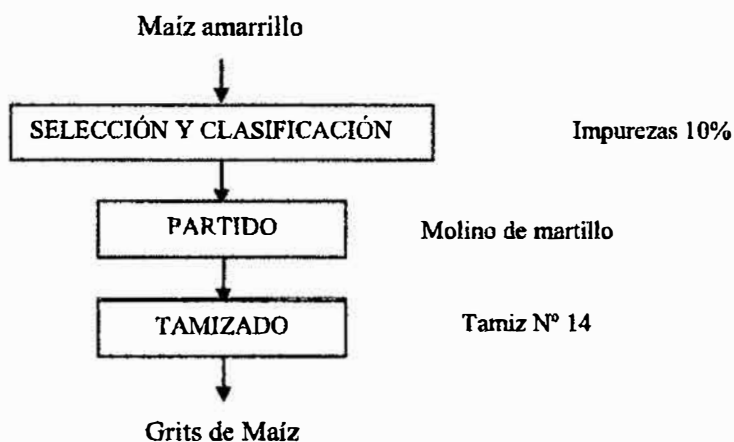


Figura 11. Diagrama de flujo de obtención de grits de maíz

### 3.3.2. Análisis fisicoquímico de las materias primas

#### A. Análisis proximal de las materias primas

Las evaluaciones fisicoquímicas de estas harinas se realizaron de acuerdo a las metodologías establecidas por la AOAC, 1995-1998 e incluyeron:

- Humedad por secado en estufa, método AOAC 925.10, 1995. ver anexo 01.
- Cenizas por calcinación en mufla método AOAC 923.03. ver anexo 02.
- Proteínas mediante la técnica micro Kjeldhal método AOAC 920.87, 1995 ver anexo 03.
- Grasas por Soxhlet, método AOAC 920.85, 1995 ver anexo 04.
- Carbohidratos por diferencia ver anexo 05.
- Fibra bruta método AOAC 991.43, 1995 ver anexo 06.

Todos los análisis se realizaron por triplicado, desarrollándose en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

#### **B. Determinación de hierro**

Para la determinación de hierro, se utilizó el método de cuantificación de hierro AOAC 1457.008, adaptado en el Departamento de Nutrición y Calidad, ver anexo 07, estos análisis se realizaron por triplicado desarrollándose en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

### **3.3.3. Procesos realizados en la extrusión**

#### **A. Preparación de la mezcla base**

Tomando en cuenta las proporciones recomendadas para un proceso de extrusión en donde se desea que tenga el suficiente grado de expansión, la mezcla a extruirse requiere una materia prima con alto contenido de almidón, puesto que el producto



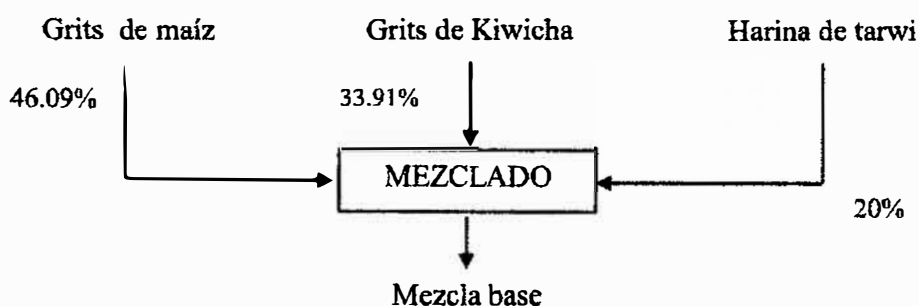
obtenido, será direccionado para niños de 3 a 5 años, los cuales requieren un alimento nutritivo que tenga carbohidratos, proteínas, grasas y minerales; además este alimento será exclusivo para prevenir la anemia ferropénica por deficiencia de hierro, es decir que cumpla con los requerimientos establecidos de hierro en la dieta recomendada.

Para esto se realizó un ensayo de pre corrida donde se probó las materias primas a investigar en diferentes proporciones (bazo de bovino, tarwi, kiwicha), inicialmente los resultados obtenidos no fueron los esperados en cuanto respecta a la textura expansión, apariencia y aceptabilidad del producto final, por el contrario los resultados en cuanto al contenido de hierro del producto final satisficieron las expectativas esperadas. En base a los datos obtenidos en los pre ensayos, se procedió con la reformulación de acuerdo a los objetivos de la tesis, además de ello se agregó gris de maíz para lograr una mayor expansión en el proceso de extrusión, obteniendo la siguiente proporción como mezcla base (cuadro 7).

**Cuadro 7. Mezcla base por batch para el proceso de extrusión**

Nº	MATERIA PRIMA	PROPORCIONES	PESO	HUMEDAD
1	Maíz	46.09 %	25.35 Kg	12.00 %
2	Kiwicha	33.91 %	18.65 Kg	10.80 %
3	Tarwi	20.00 %	11.00 Kg	9.60 %
<b>Mezcla base</b>		<b>100.00 %</b>	<b>55.00 Kg</b>	<b>11.11 %</b>

La mezcla base está compuesta por harina de tarwi, kiwicha seleccionada y grits de maíz, cada una de las proporciones se obtuvieron del pre ensayo realizado, a continuación se presenta un pequeño diagrama de flujo donde se explica la obtención de la mezcla base, Figura 12.



**Figura 12.** Diagrama de flujo para la obtención de la mezcla base

Teniéndose la mezcla base, con 11.11% de humedad, con las proporciones adecuadas de harina y no habiendo alcanzado la humedad deseada, se procedió a separar la mezcla en dos condiciones diferentes de proceso (humedad y concentración de harina de bazo bovino) para determinar cuál de las humedades nos daba un mejor resultado de expansión de la mezcla a extruir.

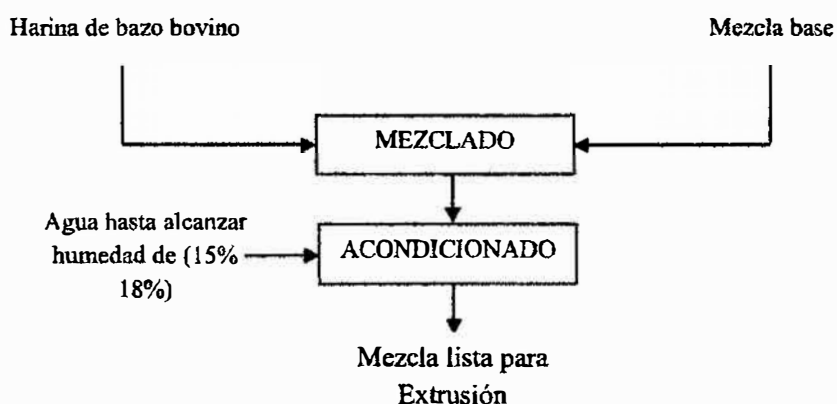
### **B. Acondicionamiento de las muestras a extruir**

La mezcla base (compuesta de harinas de tarwi, grits de maíz y kiwicha seleccionada), fue mezclada con harina de bazo bovino y acondicionada a una humedad de 15% y 18 %, porcentajes de humedad teóricamente adecuados para la extrusión. Para acondicionar las mezclas realizamos un balance de materia donde se encontró el siguiente requerimiento de agua.

**Cuadro 8.** Requerimiento de agua para acondicionamiento de las mezclas

ACONDICIONAMIENTO DE MEZCLA	HUMEDAD (%)	AGUA REQUERIDA (L)
MEZCLA BASE	11.11	0.00
MEZCLA BASE PARA T1	15.00	2.01
MEZCLA BASE PARA T2	15.00	1.65
MEZCLA BASE PARA T3	15.00	1.97
MEZCLA BASE PARA T4	18.00	3.66
MEZCLA BASE PARA T5	18.00	3.30
MEZCLA BASE PARA T6	18.00	3.63

En la Figura 13, se muestra el diagrama de acondicionamiento de la mezcla base, obteniendo la humedad deseada. Habiendo determinado las cantidades de agua requerida, se procedió a agregar la cantidad de agua correspondiente para cada mezcla. Para obtener una mayor homogeneidad de la mezcla; cada mezcla se llevó a la mezcladora de paletas. Luego calibramos la maquina extrusora (Extrusor Brabender, monotornillo), con haba a fin de suavizar y no perder la mezcla base.



**Figura 13.** Diagrama de flujo para el acondicionamiento para el proceso de extrusión

### **C. Ensayos de extrusión**

En todos los ensayos, la mezcla se preparó 1h antes del proceso de extrusión, llevándola al nivel de humedad establecido en el diseño experimental. Se utilizó un mezclador Brabender, a una velocidad de rotación de 1200 rpm, agregando el contenido de agua necesaria a la mezcla y agitando por espacio de 1 min. La mezcla acondicionada fue dispuesta en bolsas de plástico debidamente rotuladas, para su uso, cada una formulada en 55 kilogramos por ensayo y por batch.

Las condiciones de extrusión para todos los tratamientos fueron las siguientes: temperatura 180°C, tornillo con relación de compresión 4:1; velocidad de rotación 1200 rpm; boquilla cilíndrica de 3 mm de diámetro y 105cm de largo. La alimentación del extrusor es de 55 kilogramos por batch. El producto extruido se recepcionó en jabs de plástico de capacidad de 60 kg, estas fueron rotuladas y selladas. Se separó 100g de muestra para su respectivo análisis proximal.

### **D. Determinación de hierro y su biodisponibilidad en las mezclas**

Este análisis se realizó con el objetivo de comparar y observar el comportamiento de la biodisponibilidad de hierro antes y después de la extrusión como se describe en el anexo 08.

## **3.3.4. Análisis físicoquímico de los productos extruidos**

### **A. Determinación de la humedad**

El método empleado para determinación de humedad fue AOAC 925.10, se realizó tres repeticiones para cada ensayo realizado. Ver anexo 01.

### **B. Determinación del índice de absorción y solubilidad**

Se realizó la determinación de adsorción del índice de agua y solubilidad a los 6 tratamientos este procedimiento se realizó por triplicado. El método empleado para determinación de adsorción de agua será método A.O.A.C. (1984). Descrito en el anexo 09.

### **C. Determinación de expansión**

El método empleado para la determinación del índice de expansión será Método A.O.A.C. (1984). Descrita en el anexo 10

### **D. Determinación de hierro y su biodisponibilidad en el producto extruido**

El método empleado en la determinación de hierro será (Método AOAC 944.02). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad, de las muestras extruidos, descrito en el anexo 07. La biodisponibilidad Posteriormente con los resultados del contenido de hierro de los productos extruidos se estimó el contenido de hierro biodisponible de cada ensayo realizado descritas y especificadas en el anexo 08.

### **3.3.5. Determinación del PER en el producto extruido**

Para la determinación de la relación de Eficiencia Proteica (PER) se utilizó el método AOAC. 960.48, tal como reza en el anexo 11. Este método calcula la calidad nutricional de proteínas en un ensayo in vivo mediante la medición del crecimiento de las ratas, como el aumento de peso por gramo de proteína alimentado.

### 3.3.6. Edulcorado del producto extruido

Se sometió al proceso de edulcorado a la muestra 06 muestras, debido a que estas muestras tratadas estadísticamente resultaron con mayores porcentajes de biodisponibilidad de hierro, asimilable por el organismo a diferencia de los demás tratamientos en estudio, el proceso de edulcorado se detalla en el siguiente diagrama de flujo.

#### A. Extracción del jarabe de yacón

Para la elaboración de jarabe de yacón se seleccionó raíces maduras agradables a los sentidos (buen color, sabor y aroma), las raíces seleccionadas fueron lavadas empleando un cepillo de remoción de tierra, después del lavado las raíces se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio 200 ppm, con el objetivo de disminuir la carga microbiana de la superficie de la raíz, se peló manualmente las raíces lo más delgado posible (cascara fina) con la ayuda de un pela papas doméstico, para extraer el jugo de las raíces de yacón se empleó un extractor doméstico acondicionado, para controlar el pardeamiento enzimático del jugo se aplicó tratamiento térmico al extracto en baño maría que recién se extrae, se empleó un olla semi industrial grande, en el que recibe el jugo que sale del extractor controlando una temperatura superior a 60°C desactivando las enzimas polifenoloxidasas, el filtrado se realizó utilizando una tela gasa de aproximadamente 100um de diámetro de poro, para hacer una filtración por gravedad, en zumo de las raíces se separó en tres ollas de capacidad de 20 litros con la finalidad de concentrar el zumo de yacón y concentrarlo en jarabe de 50 °Brix y 60 °Brix.

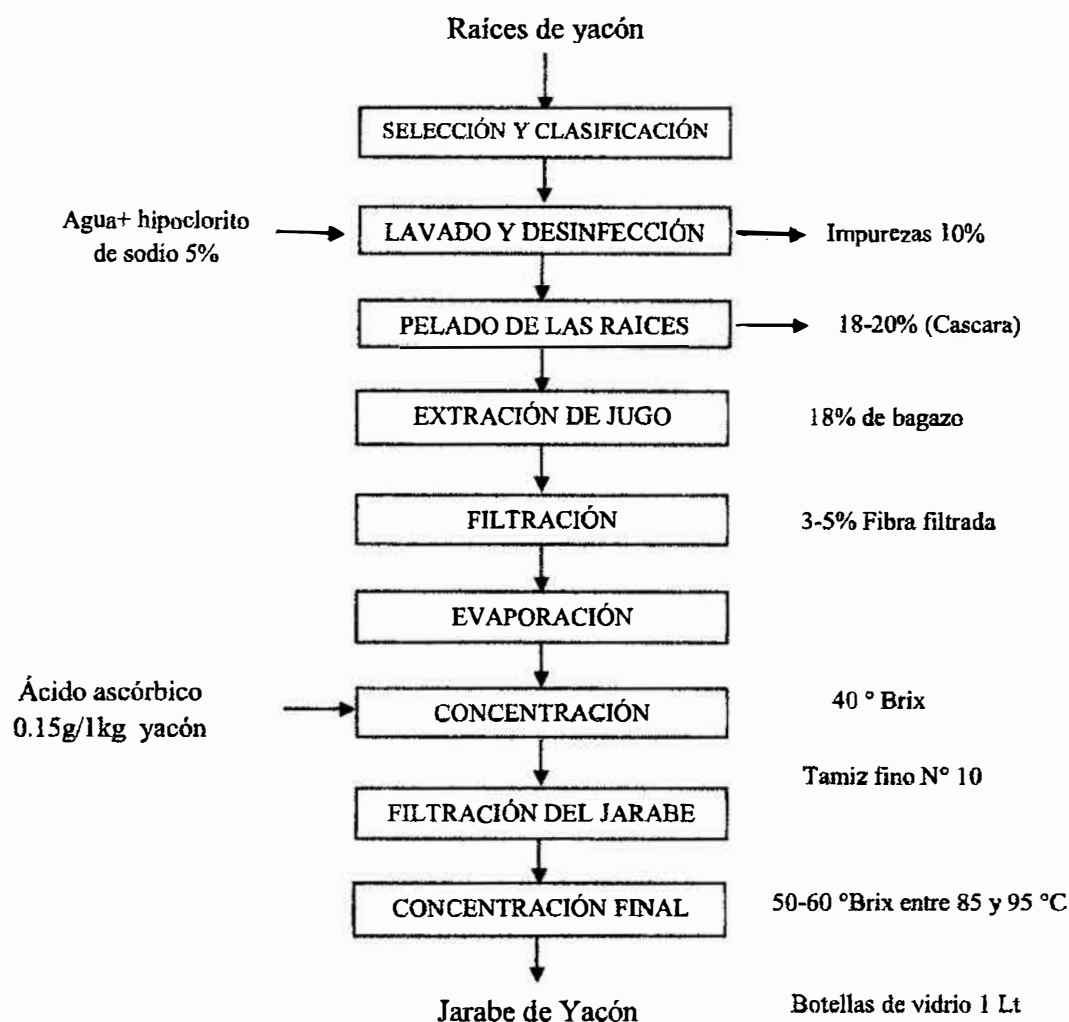


Figura 14. Diagrama de flujo para para la obtención de jarabe de yacón

### B. Edulcorado del producto extruido

El edulcorado del producto no se realizó a los seis tratamientos del producto extruido (mezcla base, proporciones de bazo bovino y humedades de la mezcla), puesto que al analizar estadísticamente las seis muestras se demostró que el factor humedad (15% y 18%) no influye significativamente en los resultados del producto extruido. Así mismo, en la evaluación del índice de expansión del

producto extruído se determinó que la mejor humedad de la mezcla a extruir fue de 15%, por lo que se optó por edulcorar solamente a los productos extruidos con 15% de humedad:

T1 (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 15% de humedad), T2 (5% de bazo bovino, 95% de mezcla base y 15% de humedad) y T3 (10% de bazo bovino, 90% de mezcla base y 15% de humedad). Estos tratamientos fueron sometidos a dos concentraciones diferentes de jarabe de yacón (50°Brix y 60°Brix). Las concentraciones de edulcorado fueron establecidas mediante ensayos preliminares, donde se observó que a concentraciones menores al rango de 50 a 60 °Brix la viscosidad no es apropiada para edulcorar un extruido. El proceso de edulcorado se realizó con la ayuda de una bandeja en la cual se esparció el jarbe de yacón, luego se introdujo los chizitos y se removió para homogenizar por 5min, luego se extrajo los chizitos a otra bandeja, realizándose el proceso de secado a temperatura ambiente, para luego ser envasados; todo este proceso se realizó utilizando los dos jarabes de yacón a 50°Brix y 60°Brix, independientemente.

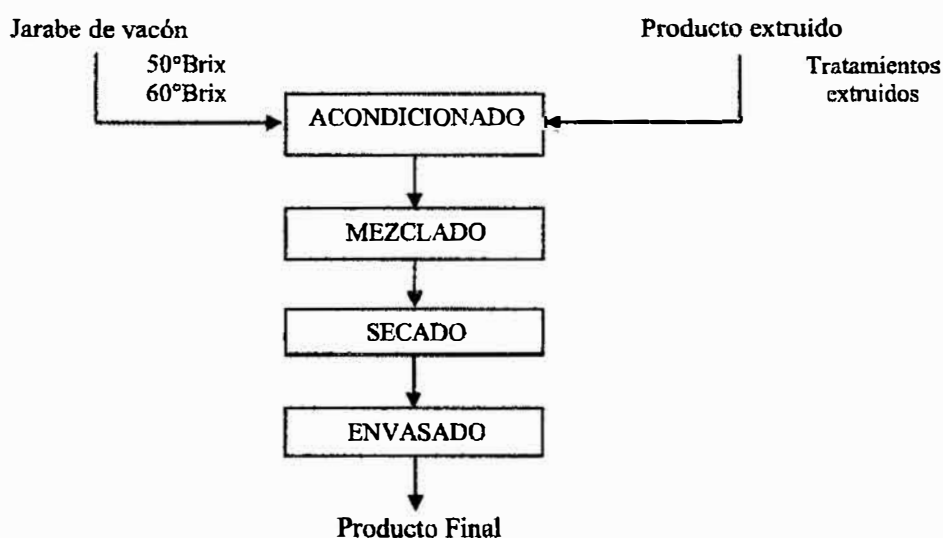


Figura 15. Diagrama de flujo para el edulcorado del producto extruido



### 3.3.7. Evaluación sensorial

La prueba sensorial consistió en la evaluación de cuatro parámetros organolépticos: sabor, olor, aspecto y crocantes. Cada uno de estos parámetros se clasificó en una escala hedónica pre-establecida, cuyos valores numéricos van en una escala de 1 al 5.

#### A. Selección del panel de degustadores

La finalidad de la selección del panel de adultos fue medir la habilidad de los participantes para reconocer las dos concentraciones de jarabe de yacón (50°Brix y 60°Brix), para medir dicha habilidad estos debieron cumplir con ciertos requisitos. El procedimiento utilizado se detalla en el anexo 12.

### 3.3.8. Estudio de aceptabilidad

Consistió en evaluar el consumo del producto extruido edulcorado, por dos días consecutivos en un grupo de 30 niños del Jardín Pikokos Kids del distrito de Abancay, distribuidos proporcionalmente entre 3 y 5 años. El procedimiento realizado se detalla en el anexo 13.

## 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el presente trabajo de investigación se consideraron dos etapas:

#### **Etapas I: Proceso de extrusión**

En esta etapa se muestra el análisis estadístico utilizado en todo el proceso de extrusión. Los factores de estudio se muestran en el cuadro 9:

**Factor A:** proporción de harina de bazo bovino

**Factor B:** humedad de la mezcla

**Cuadro 9.** Factores en estudio para la extrusión

Factores		Simbología	
FA	Proporción de harina de bazo bovino	HB1	0 %
		HB2	5 %
		HB3	10 %
FB	Humedad de la mezcla	HM1	15 %
		HM2	18 %

El estudio del proceso de extrusión nos da seis tratamientos en total, y se desea probar cuál de ellos es el mejor tratamiento estadísticamente, como se muestra en el cuadro 10.

**Cuadro 10.** Tratamientos en estudio

Tratamientos	Proporción de harina de bazo bovino (%)	Humedad de la mezcla (%)
T1	0	15
T2	5	15
T3	10	15
T4	0	18
T5	5	18
T6	10	18

En el cuadro 10, se muestra las proporciones de harina de bazo bovino y humedades correspondientes de la mezcla.

#### 4.4.1. Factores en estudio

##### **Etapla II: Proceso de edulcorado**

Los factores de estudio sometidos al análisis estadístico de la etapa II, se muestran en el cuadro 11.

**Factor A:** Productos extruidos con 15% de humedad y diferentes concentraciones de bazo bovino

**Factor B:** Grados Brix de jarabe de yacón

**Cuadro 11.** Factores en estudio para el edulcorado

Factores		Simbología	
FA	Productos extruidos con 15% de humedad y diferentes concentraciones de bazo bovino	PE1	0 %
		PE2	5 %
		PE3	10 %
FB	Concentración del jarabe de yacón	C1	50 %
		C2	60 %

El estudio del proceso de edulcorado nos da seis tratamientos en total, y se desea probar cuál de estas concentraciones es la más aceptables por los niños, como se muestra en el cuadro 12.

**Cuadro 12. Tratamientos en estudio**

<b>Tratamientos</b>	<b>Productos extruidos con 15% de humedad y diferentes concentraciones de bazo bovino (%)</b>	<b>Concentración del jarabe de yacón (°Brix)</b>
T1	0	50
T2	5	50
T3	10	50
T4	0	60
T5	5	60
T6	10	60

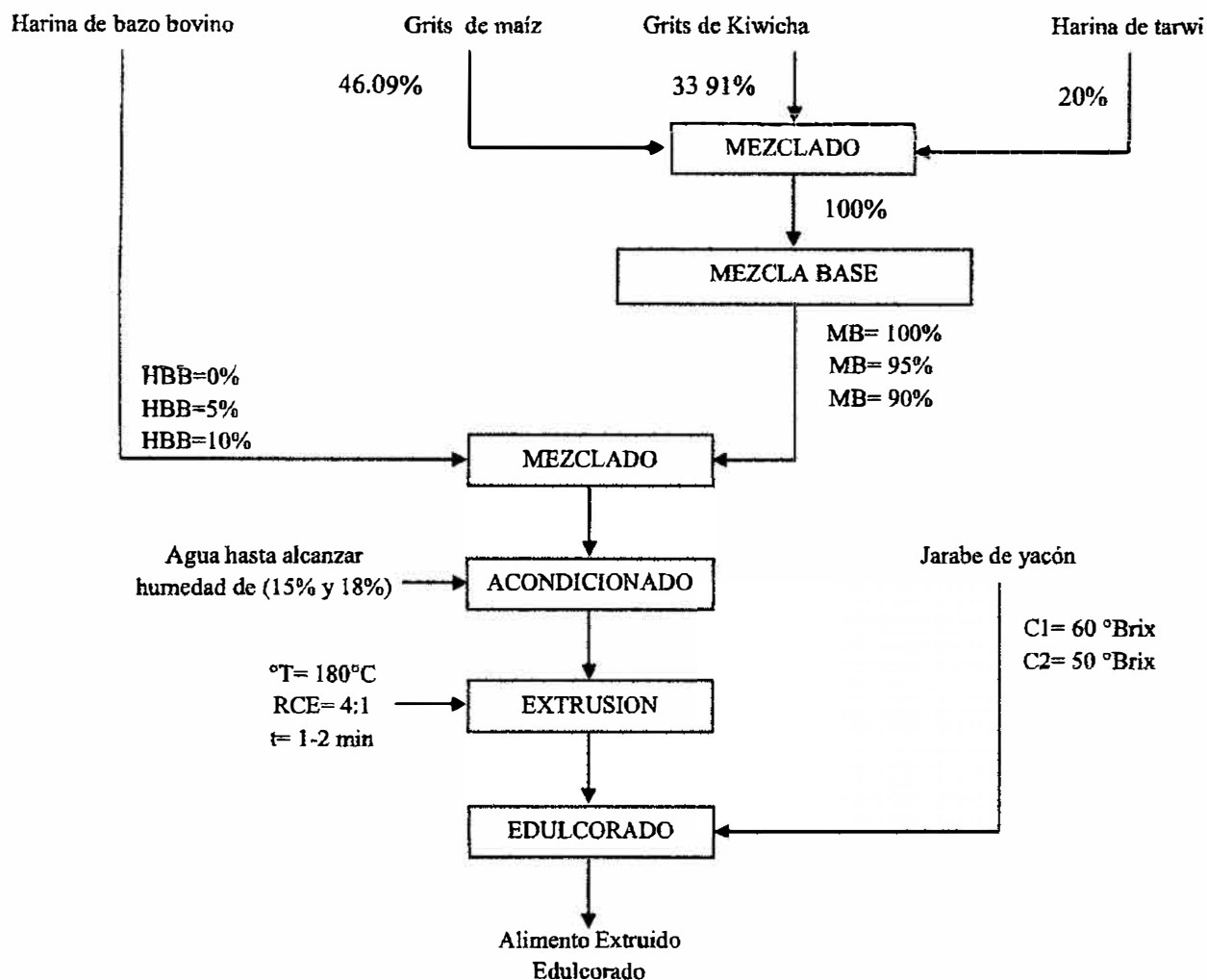
### **3.4.2. Diseño experimental**

En la presente investigación se utilizó un diseño Completamente Radonizado (DCR) con arreglo factorial para las dos etapas de estudio.

### **3.4.3. Procesamiento de datos**

Se efectuó el análisis de varianza, ANOVA, con un nivel de confianza del 95% para determinar si existen diferencias significativas entre los distintos factores, con ayuda del software Statgraphics. Posteriormente se aplicó la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos que resultaron tener diferencia significativa y así hacer la comparación de medias.

Figura 16. Diagrama de flujo General del producto extruido rico en hierro



**DONDE:**

- HBB = Harina de bazo bovino
- MB = Mezcla base
- RCE = Relación de Compresión en el proceso de extrusión
- °T = Temperatura
- C1 = Concentración de jarabe de yacón
- C2 = Concentración de jarabe de yacón

## RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presenta los análisis de los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados donde se manipularon las proporciones de materias primas (mezcla base y harina de bazo bovino), humedad de la mezcla (15% y 18%), durante el proceso de extrusión y las concentraciones del jarabe de yacón (50°Brix y 60°Brix), en el proceso del edulcorado.

Para todos los resultados se utilizan estos símbolos que representan los 6 tratamientos del diseño experimental del proceso de extrusión, son los siguientes:

**T1:** 0% de harina de bazo bovino con 100% de mezcla base y 15% de humedad de la mezcla.

**T2:** 5% de harina de bazo bovino con 95% de mezcla base y 15% de humedad de la mezcla.

**T3:** 10% de harina de bazo bovino con 90% de mezcla base y 15% de humedad de la mezcla.

**T4:** 0% de harina de bazo bovino con 100% de mezcla base y 18% de humedad de la mezcla.

**T5:** 5% de harina de bazo bovino con 95% de mezcla base y 18% de humedad de la mezcla.

**T6:** 10% de harina de bazo bovino con 90% de mezcla base y 18% de humedad de la mezcla.

También se utilizara para la interpretación de pruebas de DMS que se realizó al factor A (Proporción de harina de bazo bovino),

**Dónde:**

A1: 0 % de harina de bazo bovino.

A2: 5 % de harina de bazo bovino.

A3: 10 % de harina de bazo bovino.

#### 4.1. EVALUACION Y COMPOSICIÓN DE LAS HARINAS

##### 4.1.1. Composición de la harina de bazo bovino

La composición proximal de la harina de bazo bovino, se presenta en el cuadro 13.

**Cuadro 13.** Composición de la harina de bazo bovino en 100g

Composición	% (base seca)*
Proteína	84.5 ± 0.37
Grasa	4.9 ± 0.20
Ceniza	6.9 ± 0.23
Fibra	0.0 ± 0.00
Carbohidratos totales**	3.7 ± 0.10
Hierro (mg)	13.08 ± 0.47

Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del cusco (UNSAAC).

\*Valores representan promedio ± desviación estándar; n = 3.

\*\*Determinado por diferencia

La harina de bazo bovino presentó un tenor de hierro, 130.8 mg, semejante al valor relatado por [10] que es de 131.0 mg, representando el 0.13% de la composición en base seca (b.s).

#### 4.1.2. Composición de la harina de tarwi

La composición de la harina de Tarwi se describe en el cuadro 14.

**Cuadro 14.** Composición de la harina de Tarwi en 100g

Composición	% (base seca)*
Proteína	39.38 ± 0.33
Grasa	19.04 ± 0.80
Ceniza	4.31 ± 0.16
Fibra	3,43 ± 0.20
Carbohidratos totales**	37.60 ± 0.72
Hierro (mg)	2.01 ± 0.16

Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

\*Valores representan promedio ± desviación estándar; n = 3.

\*\*Determinado por diferencia

La harina de tarwi presentó 2.01mg de hierro, semejante al valor relatado por [10], 3.21 mg, representando el 0.002% de la composición en base seca (b.s.).

#### 4.1.3. Composición de Grits de kiwicha

La composición de la harina de kiwicha se presenta en el cuadro 15.



**Cuadro 15. Composición del grits de Kiwicha en 100g**

composición	% (base seca)*
Proteína	14.23 ± 0.39
Grasa	6.55 ± 0.41
Ceniza	1.96 ± 0.09
Fibra	3.76 ± 0.52
Carbohidratos totales**	77.11 ± 0.28
Hierro (mg)	7.8 ± 0.31

Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del cusco (UNSAAC)

\*Valores representan promedio ± desviación estándar; n = 3.

\*\*Determinado por diferencia.

La harina de kiwicha presentó 7.76 mg de hierro, semejante al valor relatado por [10], 8.21 mg, representando el 0.008 % de la composición en base seca (b.s.).

#### 4.1.4. Composición de los grits de maíz

La composición de la harina de maíz se presenta en el cuadro 16

**Cuadro 16. Composición de harina de maíz en 100g**

Composición	% (base seca)*
Proteína	0.65 ± 0.05
Grasa	0.75 ± 0.08
Ceniza	0.26 ± 0.04
Fibra	1.22 ± 0.06
Carbohidratos totales**	96.07 ± 0.57
Hierro (mg)	1.6 ± 0.06

Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

\*Valores representan promedio ± desviación estándar; n = 3.

\*\*Determinado por diferencia.

La harina de maíz presentó 1.60 mg de hierro, semejante al valor relatado por [10], 2.05 mg, representando el 0.002 % de la composición en base seca (b.s.).

#### 4.2 COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA BASE

La composición proximal de la mezcla base (grits de maíz, grits de kiwicha y harina de tarwi), se presenta en el cuadro 17

**Cuadro 17.** Composición de la harina de la mezcla base en 100g

Composición	% (base seca)*
Proteína	13.02 ± 0.53
Grasa	6.39 ± 0.09
Ceniza	1.66 ± 0.36
Fibra	2.59 ± 0.46
Carbohidratos totales	7.20 ± 0.61
Hierro (mg)	0.36 ± 0.54

Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

\*Valores representan promedio ± desviación estándar; n = 3.

\*\*Determinado por diferencia

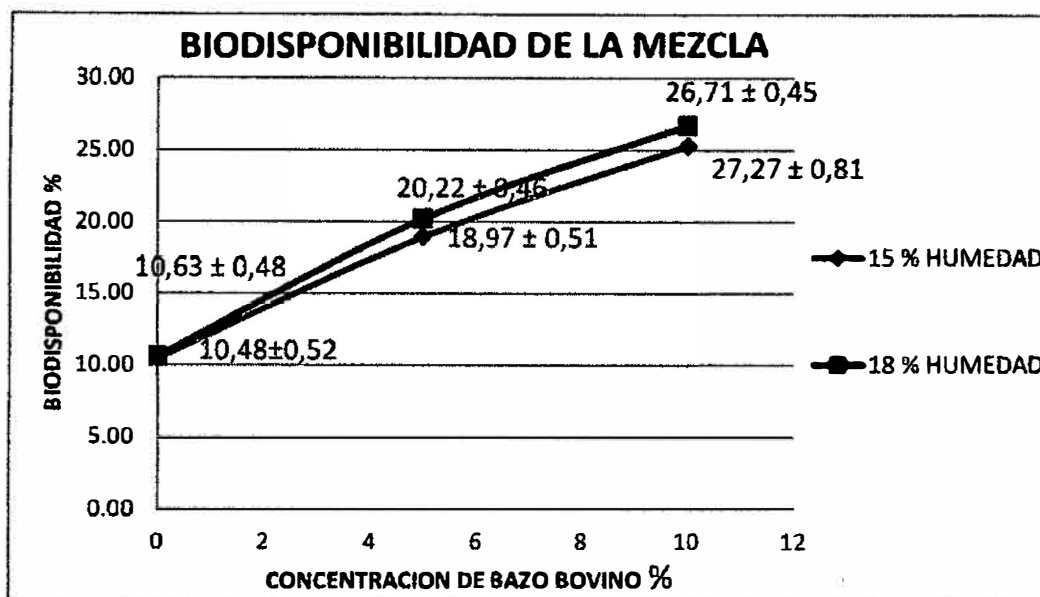
La harina de maíz presentó 0.36 mg de hierro, semejante al valor relatado por [10], 0.5 mg, representando el 0.0012 % de la composición en base seca (b.s.).

#### 4.3. HIERRO BIODISPONIBLE EN LAS MEZCLAS A EXTRUIR

Los resultados muestran que a medida que aumenta la concentración de harina de bazo bovino en la mezcla aumenta la biodisponibilidad de hierro en la misma, observándose mayor biodisponibilidad de hierro para las mezclas con 10% de harina de bazo bovino, seguido por 5% y 0% de harina de bazo bovino, respectivamente. Estos resultados son

independientes del porcentaje de humedad de la mezcla. La biodisponibilidad de hierro en la mezcla se presenta en el grafico 1.

**Grafico 1.** Resultados de la biodisponibilidad de la mezcla



Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Los tratamientos en estudio presentaron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para los tres porcentajes de harina de bazo bovino en la mezcla, cuadro 18.

**Cuadro 18.** Análisis de varianza (ANOVA) de la biodisponibilidad de hierro de la mezcla

Fuente	Suma de cuadrados	de GI	Cuadrado Medio	Razon-F	Valot-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
B:HUM MEZCLA	1.3254	1	1.3254	5.58	0.1421
A:CONC BAZO	240.862	2	120.431	506.76	0.0020
RESIDUOS	0.4753	2	0.23765		
TOTAL CORREGIDO	242.663	5			

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

La medias de biodisponibilidad de hierro en las mezclas (cuadro 19) fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). Observándose mayor biodisponibilidad de

hierro en las mezclas tratadas con 10% de harina de bazo bovino y menor biodisponibilidad en mezclas sin % de harina de bazo bovino.

**Cuadro 19.** Pruebas de Tukey para biodisponibilidad del hierro en la mezcla

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS
T3	A3B1	27.27 ± 0.81	a
T6	A3B2	26.71 ± 0.45	a
T5	A2B1	20.22 ± 0.46	b
T2	A2B2	18.97 ± 0.51	c
T4	A1B2	10.63 ± 0.48	d
T1	A1B1	10.48 ± 0.52	d

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

**Cuadro 20.** Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de harina de bazo bovino)

FACTORES/NIVELES	MEDIAS	RANGOS
A1	10.555	a
A2	19.595	b
A3	26.000	c

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Al realizar DMS para el factor A se observa que existe tres rangos (a, b, c), siendo el mejor rango (c), dentro del nivel A3 (10% de bazo bovino), debido a que existe mayor biodisponibilidad de hierro en su composición del producto extruido.

Los productos extruidos presentan un pequeño aumento en la biodisponibilidad de hierro, porque al ser sometidos a alta temperatura y esfuerzos de corte en la composición de los productos reaccionan cambiándolo su forma química del hierro haciéndolo más soluble, asíéndolo más asimilable por el organismo citado por [59]. Además [50]. En su investigación encontró que al extruir una mezcla de frijol nativo con maíz en una proporción de (15%,85%), resulto con un 20.3% de disponibilidad de hierro. En el presente trabajo se encontró al tratamiento T6, con la

biodisponibilidad más alta presentando un 26.71% de biodisponibilidad.

#### **4.4. RENDIMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS AL TRANSFORMARSE EN HARINAS**

El rendimiento del bazo bovino fue de 18.75% debido a que durante el proceso de secado y molienda el bazo bovino perdió humedad de 78.10 % a 12.10 %, en el caso del tarwi se obtuvo un rendimiento del 90%, porque el tarwi inicialmente tenía una humedad de 13.80%, después del proceso de deslupinización, secado y molienda llegó hasta 9.60% de humedad, el kiwicha solamente pasó por un proceso de molienda obteniéndose un rendimiento de 98%, al igual que el kiwicha los granos de maíz pasaron por un proceso de molienda donde se obtuvo un rendimiento del 98%.

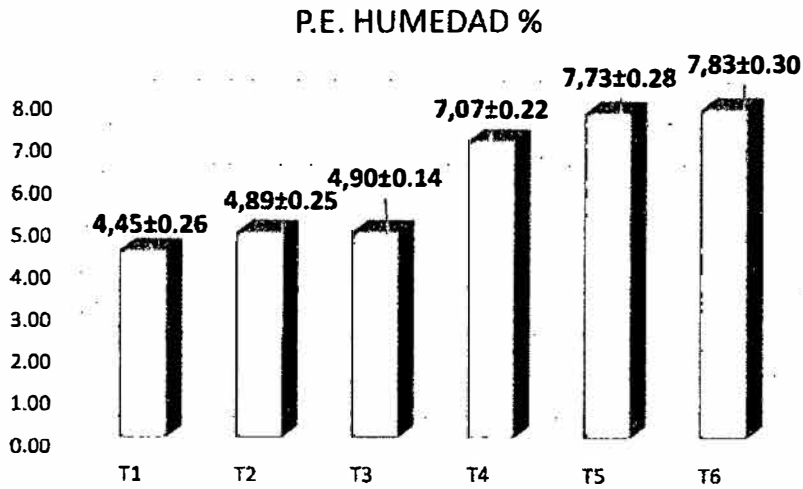
#### **4.5. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO EXTRUIDO**

Los resultados obtenidos por el análisis proximal, determinación de humedad, índice de expansión, índice de adsorción de agua, índice de solubilidad en agua, hierro total, biodisponibilidad y PER del producto extruido se presentan en las siguientes tablas.

##### **4.5.1. Resultados de Humedad**

La humedad del producto extruido, con acondicionamiento de la mezcla base, con proporciones de harina de bazo bovino (0%, 5% y 10%) a humedades de 15% y 18%, se presentan en los tratamientos T1 a T6 (gráfico 2)

**Gráfico 2. Resultados del análisis de la humedad del producto extruido**

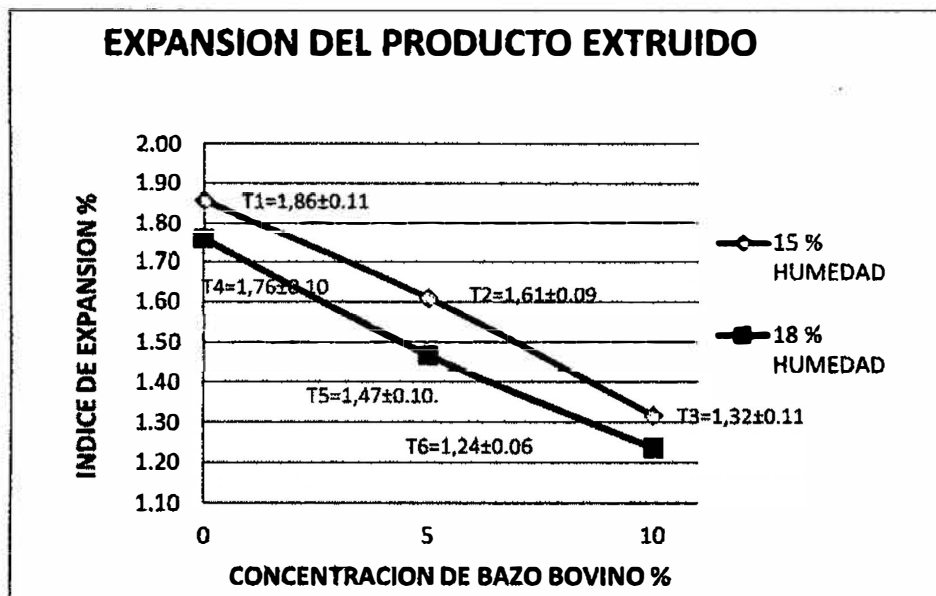


Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

#### 4.5.2. Índice de expansión

Los valores obtenidos del análisis, se expresan el siguiente gráfico.

**Gráfico 3. Índice de expansión del producto extruido.**



Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

No se observa diferencia significativa, a un nivel de significancia de 5% ( $p < 0.05$ ), tanto para las humedades y las proporciones de harina de bazo bovino.

**Cuadro 21.** Análisis de varianza (ANOVA) para el índice de expansión del producto extruido

Fuente	Suma de cuadrados	de	Gl	Cuadrado Medio	Razon-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES						
B: HUM MEZCLA	0.0170667		1	0.0170667	36.57	0.0263
A: CONC BAZO	0.280933		2	0.140467	301.00	0.0033
RESIDUOS	0.000933333		2	0.000466667		
TOTAL CORREGIDO	0.298933		5			

Fuente: Resultados del análisis estadístico

**Cuadro 22.** Pruebas de Tukey para comparación de medias del índice de expansión

Tratamientos		Medias $\pm$ desviación estándar	Rangos*
T1	A1B1	1.86 $\pm$ 0.11	a
T4	A1B2	1.76 $\pm$ 0.07	a
T2	A2B2	1.61 $\pm$ 0.09	b
T5	A2B1	1.47 $\pm$ 0.10	c
T3	A3B1	1.32 $\pm$ 0.11	d
T6	A3B2	1.24 $\pm$ 0.06	d

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

\*Medias de cada línea con diferente letra se diferencian significativamente ( $p < 0.05$ ), de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey.

T1 y T4 (sin harina de bazo y diferentes humedades) igual índice de expansión, T3 y T6 (igual concentración de harina de bazo y diferentes humedades) no hubo diferencias significativas, T2 y T5 (igual concentración de harina de bazo y diferentes humedades) hubo diferencias significativas en el índice de expansión del producto extruido.

En el cuadro 23, los mejores tratamientos estadísticamente ( $p < 0.05$ ), fueron el T1 (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 15% de humedad) y T4 (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 18% de humedad).

**Cuadro 23.** Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de harina de bazo bovino)

FACTORES/NIVELES	MEDIAS	RANGOS
A1	1.81	a
A2	1.54	b
A3	1.28	c

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Al realizar DMS para el factor A se observa que existe tres rangos (a, b, c), siendo el mejor rango (a), dentro del nivel A1 (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base), por que influye de mejor y diferente manera en el índice de expansión, ya que para productos expandidos se desea obtener la mayor expansión en el producto final.

**Cuadro 24.** Pruebas de DMS para el factor B (Humedad de la mezcla)

FACTORES/NIVELES	MEDIAS	RANGOS
B1	1.60	a
B2	1.49	b

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

B1: 15 % de humedad de extrusión de la mezcla.

B2: 18 % de humedad de extrusión de la mezcla.

Al realizar DMS para el factor B se observa que existen dos rangos (a, b), siendo el mejor rango (a), dentro del nivel B1 (15% de humedad de la mezcla), porque influye de mejor y diferente manera en el índice de expansión, ya que para productos expandidos se desea obtener la mayor expansión en el producto final.

Para los residuos, no se realiza de DMS por reflejar sus datos no significativos.

El índice de expansión del tratamiento T1 y T4 fueron los que alcanzaron el máximo valor siendo  $1,86 \pm 0.11$  y  $1,76 \pm 0.10$  respectivamente, esto debido al gran porcentaje de carbohidratos presentes en su composición a diferencia de los demás tratamientos.[59]. Afirma que los productos extruidos deben de contener más del



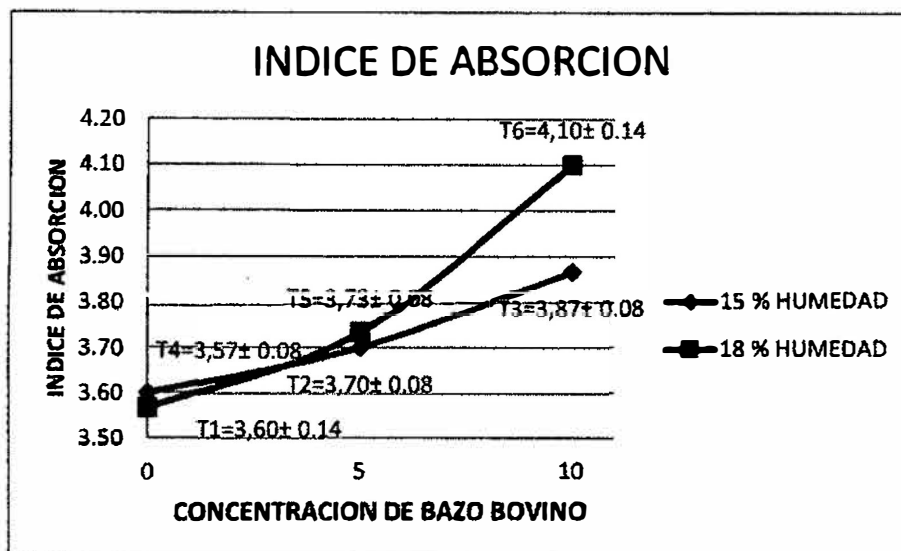
60% de carbohidratos en la composición de la mezcla a extruir, facilitando la expansión del producto a extruirse.

En el presente trabajo se encontró que el tratamiento T1 seguido por T4, resultaron con valores de 1.86 y 1.76, respectivamente. Los resultados muestran que a medida que se incrementa la proporción de harina de bazo bovino y el porcentaje de humedad de la mezcla, disminuye el índice de expansión del producto extruido, este fenómeno es coherente con lo observado con estudio realizado por [33], el trabajo de investigación de un producto extruido a partir de maíz y frejol citado por [34], obtiene como resultado una óptima expansión de 3.42 con 150°C y 15% de humedad.

#### **4.5.3. Análisis del Índice de Absorción de Agua**

Todos los tratamientos en estudio, presentaron valores semejantes del índice de absorción de agua para el producto extruido, en relación al porcentaje de humedad de la mezcla. Sin embargo, si hubo diferencias entre los índices de absorción de agua en relación a la proporción de harina de bazo bovino, observándose que a medida que se incrementa la proporción de bazo bovino en la mezcla también se incrementa la absorción de agua del producto extruido. El tratamiento sin porcentaje de harina de bazo bovino no difiere del 5% de bazo, observándose que si hubo diferencias de estos porcentajes en relación al 10% de harina de bazo bovino en la mezcla.

**Gráfico 4. Resultados del índice de absorción de agua**



**Fuente:** Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

El análisis estadístico del índice de absorción de agua del producto extruído no presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) tanto para la humedad de la mezcla como para las proporciones de harina de bazo bovino, cuadro 25.

**Cuadro 25. Análisis de varianza (ANOVA) del índice de absorción de agua del producto extruído**

Fuente	Suma cuadrados	de	Gl	Cuadrado Medio	Razon-F	Valot-P
EFECTOS PRINCIPALES						
B:HUM MEZCLA	0.00166667	1		0.00166667	0.08	0.8075
A:CONC BAZO	0.143333	2		0.0716667	3.31	0.2321
RESIDUOS	0.0433333	2		0.0216667		
TOTAL CORREGIDO	0.188333	5				

**Fuente:** Resultados del análisis estadístico.

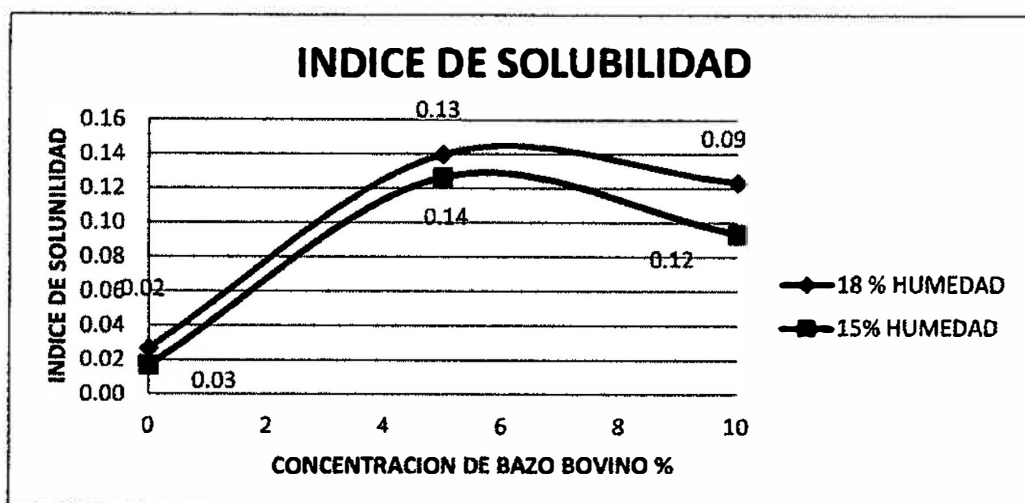
El índice de absorción evaluado con humedades de 15% y 18% no presentaron diferencia significativa porque estas humedades fueron muy próximas, por lo que no se pudo observar diferencia alguna.[59]. Menciona que durante la extrusión los

alimentos almidonosos incrementan su humedad por adición de agua y el almidón es sometido a elevadas temperaturas e intensas fuerzas de cizalla.

#### 4.5.4. Índice de Solubilidad en Agua

Los datos obtenidos se representan en el siguiente gráfico.

**Gráfico 5. Resultados del índice de solubilidad**



Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

El análisis estadístico del índice de solubilidad de agua del producto extruído no presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) considerando tanto la humedad de la mezcla como las proporciones de harina de bazo bovino.

**Cuadro 26. Análisis de varianza (ANOVA) del índice de solubilidad de agua del producto extruído**

Fuente	Suma de cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razon-F	Valot-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
B:HUM MEZCLA	0.0170667	1	0.0170667	1.51	0.3443
A:CONC BAZO	0.00303333	2	0.00151667	0.13	0.8818
RESIDUOS	0.0226333	2	0.0113167		
TOTAL CORREGIDO	0.0427333	5			

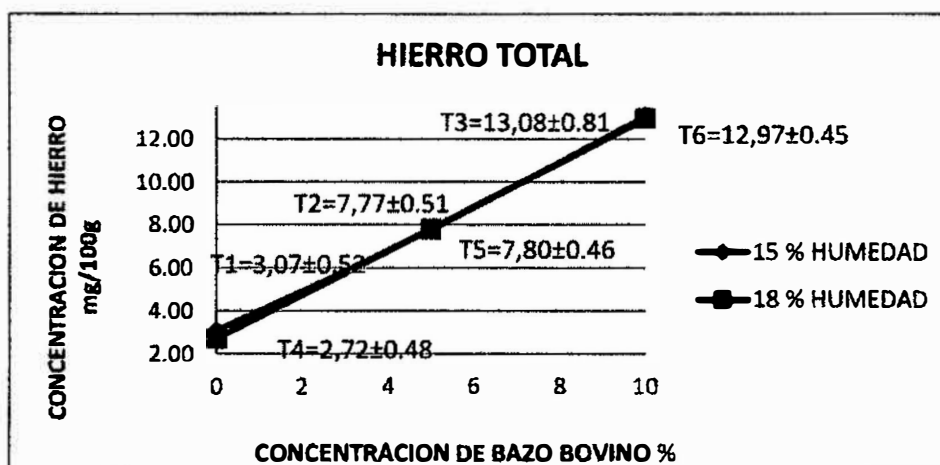
Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Los tratamientos con humedad de mezcla 15% (T1, T2 y T3) presentaron valores de índice de solubilidad estadísticamente iguales a los tratamientos con humedad de mezcla 18% (T4, T5 y T6).

#### 4.5.5. Hierro total del producto extruido

A continuación se presenta los resultados obtenidos.

Gráfico 6. Hierro total del producto extruido



Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

Los productos extruidos en estudio presentaron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones de hierro para las tres proporciones de bazo bovino en la mezcla, independiente del factor humedad (cuadro 27).

Cuadro 27. Análisis de varianza (ANOVA) del índice concentración de hierro total en el producto extruido

Fuente	Suma de cuadrados	de GI	Cuadrado Medio	Razon-F	Valot-P
EFECTOS PRINCIPALES					
B:HUM MEZCLA	0.0308167	1	0.0308167	1.67	0.3256
A:CONC BAZO	102.658	2	51.3289	2779.54	0.0004
RESIDUOS	0.0369333	2	0.0184667		
TOTAL CORREGIDO	102.725	5			

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

La concentración de hierro en los tratamientos T3 y T6 (10% de harina de bazo bovino) fue significativamente mayor debido a que presentaron una concentración de 13.08 mg/100g y 12.97 mg/100g respectivamente en comparación a los tratamientos T2 y T5 (5% de harina de bazo bovino) y tratamientos T1 y T4 (0% de harina de bazo bovino). Porque dichos tratamientos presentan menor proporción de harina de bazo bovino en su formulación de mezcla que se extruyó.

**Cuadro 28.** Pruebas de Tukey para concentración de hierro del producto extruido

Tratamientos		Medias $\pm$ desviación estándar	Rangos*
T3	A3B1	13.08 $\pm$ 0.58	a
T6	A3B2	12.97 $\pm$ 0.55	a
T5	A2B1	7.80 $\pm$ 0.47	b
T2	A2B2	7.77 $\pm$ 0.54	b
T1	A1B1	3.07 $\pm$ 0.35	c
T4	A1B2	2.72 $\pm$ 0.27	c

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

\*Medias de cada línea con diferente letra se diferencian significativamente ( $p < 0.05$ ), de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey.

En el cuadro 28. Para tratamientos se puede observar que existe tres rangos (a, b y c), considerando como mejores estadísticamente al (a), dentro de los cuales se encuentra a los tratamientos T3, compuesto de (10% de bazo bovino, 90% de mezcla base y 15% de humedad), T6, compuesto de (10% de bazo bovino, 90% de mezcla base y 18% de humedad), siendo los mejores tratamientos estadísticamente.

**Cuadro 29.** Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de harina de bazo bovino)

FACTORES/NIVELES	MEDIAS	RANGOS
A1	2.895	a
A2	7.785	b
A3	12.025	c

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Al realizar DMS para el factor A se observa que existe tres rangos (a, b, c), siendo el mejor rango (c), dentro del nivel A3 (10% de bazo bobino,), debido a que existe mayor porcentaje de hierro en su composición del producto extruido.

De lo anterior se puede deducir que la concentración de hierro en el producto extruido se incrementó con el aumento de la concentración de harina de bazo bovino en la mezcla, independiente de la humedad. Por lo que a mayor concentración de harina de bazo bovino en la mezcla (10%) mayor fue la concentración de hierro en el producto extruido.

Comparado con el estudio que realizo [51]. En un extruido de encontró que al extruir una mezcla de frijol con maíz en una proporción de (15%,85%) y humedad de mezcla del 15% temperatura de extrusión de 180°C, resulto con un contenido de hierro de 0.013 mg en base seca.

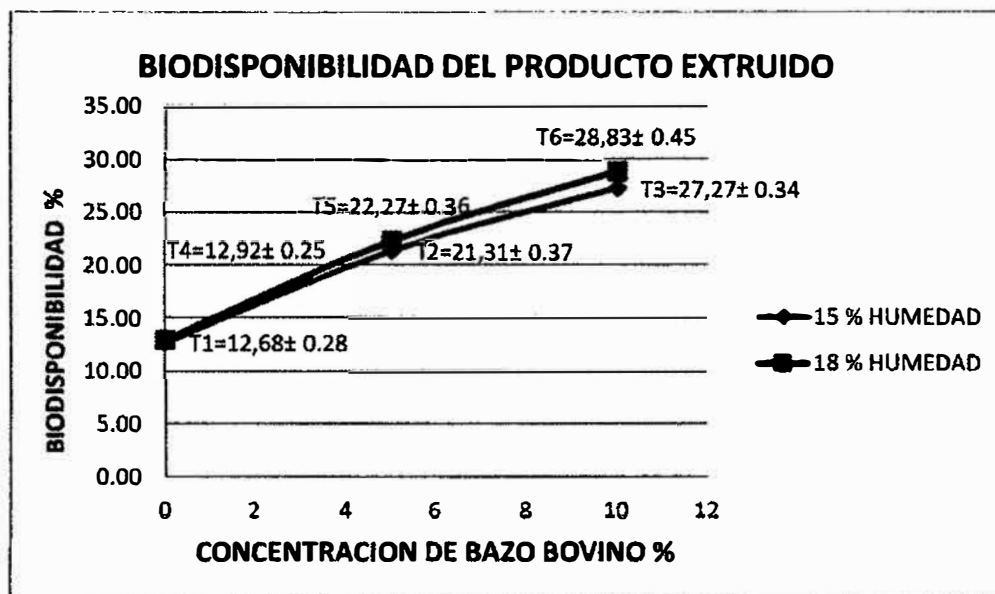
Por otro lado [37]. En su trabajo de investigación realiza una fortificación con sangre bovina a una mezcla instantánea, obteniendo 31.87mg/100g con una fortificación del 10% y de 38.08mg/100g, con un fortificado de 15%, afirmando que a mayor concentración de sangre bovina mayor la concentración de hierro.

#### **4.5.6. Hierro biodisponible en el extruido**

La biodisponibilidad del hierro se incrementó de la mezcla para el producto extruido, variando alrededor 8% en el tratamiento T3 y T6 (10% de proporción de harina de bazo bovino) para 21% en los tratamientos T1 y T4 (sin proporción de harina de bazo bovino). Sin embargo, también se puede observar que este incremento de la absorción de hierro en el producto extruido disminuye con el aumento de la proporción de harina de bazo bovino en la mezcla, observándose una

relación inversa entre ambas variables de estudio. Los tratamientos T1 y T4 (sin proporción de harina de bazo bovino o grupo control de Fe) presentaron el mayor incremento de la biodisponibilidad de hierro.

**Gráfico 7.** Resultados de la biodisponibilidad del producto extruido.



Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

El análisis estadístico confirma la significancia del factor proporción de bazo bovino en la mezcla ( $p < 0.05$ ), cuadro 30.

**Cuadro 30.** Análisis de varianza (ANOVA) del índice de solubilidad de agua

Fuente	Suma cuadrados	de	Gl	Cuadrado Medio	Razon-F	Valot-P
EFECTOS PRINCIPALES						
B:HUM MEZCLA	1.2696		1	1.2696	5.81	0.1374
A:CONC BAZO	235.047		2	117.523	538.11	0.0019
RESIDUOS	0.4368		2	0.2184		
TOTAL CORREGIDO	236.753		5			

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

En el gráfico 7. Muestra diferencias significativas para las medias de tratamientos en función de las proporciones de harina de bazo bovino en la mezcla. Disminuyendo

la biodisponibilidad del producto extruido a medida que se incrementa la proporción de hierro en la mezcla ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 31.** Pruebas de Tukey para medias de tratamientos en la biodisponibilidad del producto extruido

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS*
T6	A3B2	28.83 ± 0.45	a
T3	A3B1	27.27 ± 0.34	b
T5	A2B1	22.27 ± 0.36	c
T2	A2B2	21.31 ± 0.37	d
T4	A1B2	12.92 ± 0.25	e
T1	A1B1	12.68 ± 0.28	e

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

\*Medias de cada línea con diferente letra se diferencian significativamente ( $p < 0.05$ ), de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey.

**Cuadro 32.** Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de harina de bazo bovino)

FACTORES/NIVELES	MEDIAS	RANGOS
A1	12.8	a
A2	21.79	b
A3	28.05	c

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Al realizar DMS para el factor A se observa tres rangos (a, b, c), siendo el mejor rango (c), dentro del nivel A3 (10% de bazo bovino), debido a que existe mayor biodisponibilidad de hierro en su composición del producto extruido.

Comparado con el estudio que realizo [51], al extruir una mezcla de frijol con maíz en una proporción de (15%,85%) y humedad de mezcla del 15% temperatura de extrusión de 180°C, resulto con una biodisponibilidad de 20.6%.

Por otro lado [37]. En su trabajo de investigación realizó una fortificación con sangre bovina a una mezcla instantánea, obteniendo,4.93% de biodisponibilidad con una fortificación del 10% y de 5.94% de biodisponibilidad, con un fortificado de 15%, siendo ambos resultados favorables; todo estos resultados tomando un factor



de inhibición de hierro de 1 para 10% y 15% de mezcla.

#### **4.6. EVALUACION SENSORIAL Y PRUEBA DE ACEPTABILIDAD DEL PRODUCTO EXTRUIDO EDULCORADO CON JARABE DE YACÓN EN NIÑOS DE 3-5 AÑOS.**

##### **4.6.1. Evaluación de aceptabilidad del producto extruido edulcorado**

La prueba de aceptabilidad basada en la escala hedónica no se realizó a los seis tratamientos en estudio. Esta decisión fue tomada en función de los mejores resultados obtenidos para índice de expansión del producto extruido en los diferentes tratamientos ( $p < 0.05$ ), 1.86 para 15% de humedad (T1) y 1.76 para 18% de humedad (T4), así como los resultados de biodisponibilidad del hierro tanto en la mezcla como en el producto extruido que no fueron afectados significativamente por la humedades ( $p < 0.05$ ).

En consideración a esta decisión se procedió a edulcorar los tratamientos T1 (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 15% de humedad), T2 (5% de bazo bovino, 95% de mezcla base y 15% de humedad), T3 (10% de bazo bobino, 90% de mezcla base y 15% de humedad) en dos concentraciones diferentes de jarabe de yacón (50°Brix y 60°Brix), para evaluar los nuevos tratamientos E1 (T1 con 50°Brix), E2 (T2 con 50°Brix), E3 (T3 con 50°Brix), E4 (T1 con 60°Brix), E5 (T2 con 60°Brix) y E6 (T3 con 60°Brix). En el cuadro 33, se presentan las respuestas de los niños de 3-5 años de la Institución Educativa Inicial Privada Cuna Jardín Pikokos Kids, ubicada en el Jr. Huancavelica N° 700, distrito de Abancay.

A continuación se muestra el cuadro 33. Donde se presentan los datos obtenidos de la prueba de aceptabilidad aplicados en niños de 3-5 años.

**Cuadro 33. Respuestas de la prueba de aceptabilidad del producto extruido  
edulcorado con jarabe de yacón realizado por los panelistas**

N° PANELISTA	PUNTAJES DE CATEGORIAS TABULADAS PARA LA PRUEBA HEDONICA					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
1	3	3	1	2	3	2
2	3	2	2	2	2	1
3	3	1	2	3	1	2
4	2	3	2	2	2	1
5	3	3	2	2	2	2
6	2	3	2	2	2	2
7	3	2	1	3	2	2
8	3	2	1	3	3	1
9	2	2	1	3	3	1
10	3	1	2	3	2	3
11	2	1	2	3	3	1
12	2	2	2	2	2	1
13	3	2	2	3	2	2
14	3	1	3	3	2	2
15	3	2	2	3	2	2
16	3	1	1	3	2	1
17	2	2	1	2	3	2
18	3	3	1	3	2	1
19	2	1	2	2	3	2
20	3	1	1	3	2	2
21	2	2	1	2	3	2
22	3	3	2	2	2	2
23	2	3	2	3	3	1
24	3	1	2	3	2	1
25	2	2	2	3	3	1
26	3	3	3	3	2	2
27	1	2	1	3	3	2
28	3	3	1	3	1	2
29	3	2	2	3	1	3
30	3	1	1	3	3	1

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

**DONDE:**

**E1:** 0% de bazo bovino, 100%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 50 °Brix.

**E2:** 5% de bazo bovino, 95%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 50 °Brix.

**E3:** 10% de bazo bovino, 90%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 50 °Brix.

**E4:** 0% de bazo bovino, 100%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 60 °Brix.

**E5:** 5% de bazo bovino, 95%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 60 °Brix.

**E6:** 10% de bazo bovino, 90%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 60°Brix.

Ahora los valores designados de 1,2 y 3, en la evaluación sensorial se detallan a continuación:

**1:** Me disgusta mucho

**2:** No me gusta ni me disgusta

**3:** Me gusta mucho

El análisis de varianza de los seis tratamientos para la evaluación hedónica con 30 panelistas se presenta en el cuadro 34.

**Cuadro 34.** Análisis de varianza para la prueba hedónica del panel

ANVA PARA LA PRUEBA HEDONICA						
F. VARIACION	GL	SC	CM	F cal	F tab	significación
TOTAL	179	3225.800				
TRATAMIENTO	5	102.200	20440	37.259	2,27	**
PANELISTA	29	15.667	0.547	0.027	1,54	
ERROR	154	3107.733	20.180			

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

El análisis de varianza para la prueba de aceptabilidad del producto extruído mostró significación estadística para los tratamientos ( $p < 0.05$ ). Los resultados de la prueba de Tukey para comparar las diferencias entre las medias de los tratamientos se presentan en el cuadro 35.

**Cuadro 35.** Tukey para comparación de medias de tratamientos en la aceptabilidad

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
E4	4.57	a
E5	4.53	a
E1	4.40	a
E6	4.20	b
E2	3.90	c
E3	3.80	c

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Los resultados de la evaluación estadística ( $p < 0.05$ ) mostraron mayor aceptación del producto extruído para los tratamientos edulcorados con 60°Brix de jarabe de yacón y 0% y 5% de proporción de bazo bovino en la mezcla a extruir, seguido por los tratamientos edulcorados a 50°Brix de jarabe de yacón. A mayor proporción de bazo bovino en la mezcla y menor porcentaje de jarabe de yacón en el producto extruído se observó menor aceptación del producto extruído. No se observó diferencias en la aceptabilidad del producto extruído ( $p < 0.05$ ) para los tratamientos T1, T4 y T6, quienes presentaron mayor aceptabilidad por parte de los niños. Este mismo

comportamiento fue observado para los tratamientos T2 y T3, que presentaron menor aceptabilidad del producto extruido por los niños del centro educativo.

#### 4.4.2. Respuestas de la prueba organoléptica del producto extruido edulcorado

**Cuadro 36.** Datos Obtenidos de la Evaluación organoléptica del producto extruido

PRUEBA ORGANOLEPTICA DEL PRODUCTO EDULCORADO CON JARABE DE YACÓN																									
N°	Sabor						Olor						Crocantes						Aspecto						
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	
1	5	5	3	5	5	4	4	3	4	4	4	3	4	5	3	5	4	3	3	4	3	3	4	4	
2	4	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3	5	5	2	4	3	2	4	3	2	4	3	3	
3	4	3	3	3	2	3	5	4	4	3	5	3	4	4	2	3	4	3	2	5	3	3	4	4	
4	5	5	4	4	4	2	2	4	3	3	4	4	5	4	4	4	4	4	4	2	4	5	4	4	
5	5	5	2	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	5	5	2	4	3	3	4	4	3	
6	4	5	5	4	3	3	4	3	3	3	4	4	3	4	3	5	4	3	3	4	4	3	3	4	
7	3	4	3	3	2	2	2	3	2	4	3	3	3	4	3	4	4	2	3	5	3	4	4	3	
8	5	5	4	4	5	3	5	4	3	3	4	3	4	4	2	5	4	2	3	4	2	5	5	2	
9	4	4	3	4	3	2	3	3	4	4	3	4	3	5	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	
10	4	4	2	5	4	3	4	2	5	5	4	4	3	4	2	2	3	4	3	4	4	4	3	3	
11	5	5	4	4	5	4	2	3	4	4	5	3	4	4	3	4	4	3	4	5	3	5	4	4	
12	5	3	4	5	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	2	5	5	3	3	4	2	3	3	4	
13	5	4	2	5	4	2	4	5	3	4	3	3	3	4	3	3	4	2	3	3	3	4	4	3	
14	4	3	4	4	3	4	5	5	3	4	4	4	5	4	2	4	4	3	3	4	4	5	5	3	
15	5	5	3	5	5	3	4	5	2	3	4	4	3	5	3	5	3	3	3	5	3	5	4	4	
16	4	5	3	5	5	4	3	3	2	5	3	4	4	4	2	4	4	2	3	3	2	4	3	3	
17	4	4	4	5	4	3	2	3	2	5	5	5	2	4	3	3	5	3	3	4	3	5	3	3	
18	5	4	3	4	5	4	3	3	3	4	4	5	3	3	2	5	4	4	3	4	4	4	4	3	
19	3	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	5	4	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	2	
20	4	4	3	3	4	3	4	4	3	3	4	4	5	3	4	3	4	2	3	5	2	4	4	3	
21	5	5	2	5	5	1	5	4	4	4	5	5	5	3	4	4	2	2	3	3	3	5	3	4	
22	5	5	3	5	5	3	5	3	4	5	4	4	5	4	3	5	5	3	2	5	3	4	4	3	
23	5	4	4	5	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4	2	5	3	2	2	4	2	3	3	2	
24	4	5	4	1	5	2	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	
25	5	4	2	3	2	4	3	4	3	5	2	5	4	3	2	3	3	3	2	4	4	4	3	2	
26	5	5	3	5	5	3	3	3	3	4	4	4	5	3	3	4	4	3	3	4	3	5	4	3	
27	5	5	4	4	3	4	3	3	3	3	5	3	5	4	4	5	3	2	2	3	2	4	4	3	
28	4	4	2	5	4	2	4	2	3	5	5	3	4	4	3	4	3	2	3	5	3	3	3	2	
29	5	4	4	5	3	4	4	4	4	5	4	2	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3	
30	5	4	3	5	4	2	2	5	3	4	4	3	4	3	2	3	3	2	3	3	2	4	4	3	
X	4.5	4	3	4.2	3.9	3.1	3.5	4	3	4	3.9	3.7	3.9	3.8	2.8	4.1	4	2.7	3	4	2.9	3.93	3.7	3.1	

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

**DONDE:**

**E1:** 0% de bazo bovino, 100%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 50 °Brix.

**E2:** 5% de bazo bovino, 95%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 50 °Brix.

**E3:** 10% de bazo bovino, 90%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 50 °Brix.

**E4:** 0% de bazo bovino, 100%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 60 °Brix.

**E5:** 5% de bazo bovino, 95%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 60 °Brix.

**E6:** 10% de bazo bovino, 90%de mezcla base, 15% de humedad, jarabe de yacón a 60 °Brix.

Ahora los valores designados de 1,2, 3,4 y 5 en la evaluación sensorial se detallan a continuación:

**1:** Me disgusta mucho

**2:** Me disgusta

**3:** Ni me gusta ni me disgusta

**4:** Me gusta

**5:** Me gusta mucho

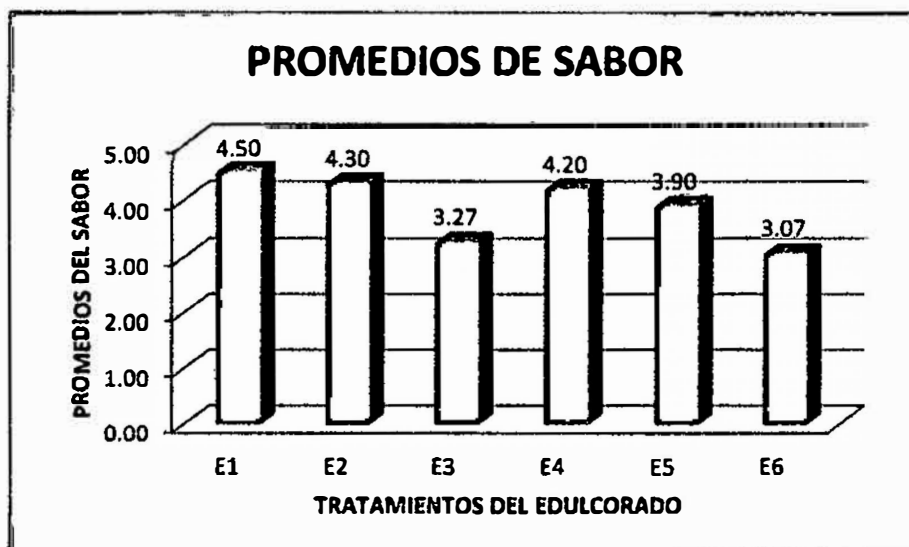
**Cuadro 37.** Comparación estadística de las variables de la evaluación organoléptica del producto extruido

Variable	valor calculado X2	Valor tabular X2		Significancia
		5%	1%	
Sabor	44.7	37.4	40.3	**
Olor	46.3	37.4	40.3	**
Crocantes	47.6	37.4	40.3	**
Aspecto	40.1	37.4	40.3	NS

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Al realizar la prueba de chi cuadrado, se observa que el chi calculado es mayor al chi tabulado, para las características organolépticas sabor, olor, crocantes del producto extruido existe diferencia estadística significativa, pero no para el atributo del aspecto del producto extruido.

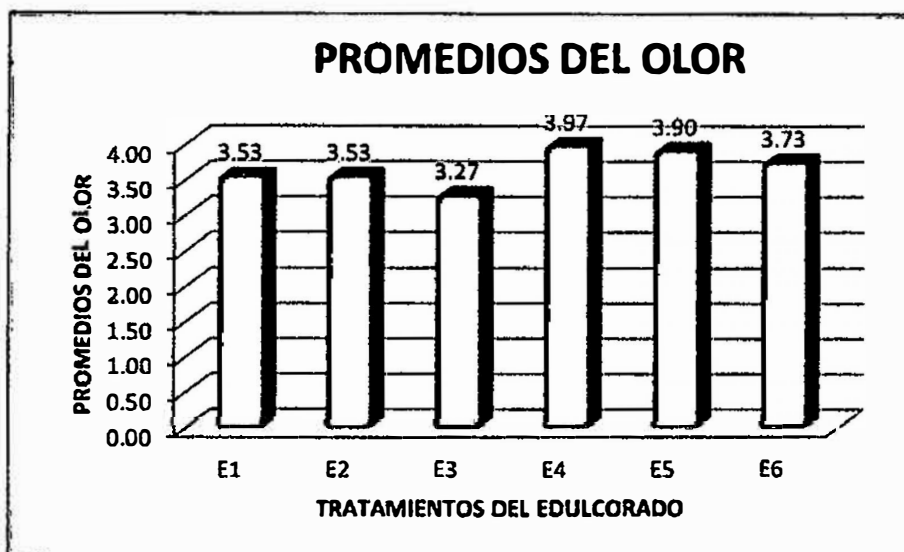
**Gráfico 8.** Datos estadísticos organolépticos promedio del sabor.



Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

Al analizar el grafico 8, los rangos correspondientes a los tratamientos E1, compuesto de (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 50 °Brix) E2 compuesto de (5% de bazo bovino, 95% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 50 °Brix), E4 compuesto de (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base, 15% de humedad y edulcorado a 60 °Brix), se puede concluir, que existió diferencia estadística entre los 6 tratamientos evaluados. Los tratamientos que mejor aceptabilidad demostraron fueron los edulcorados a 50 °Brix.

**Grafico 9.** Datos estadísticos organolépticos promedio del Olor.



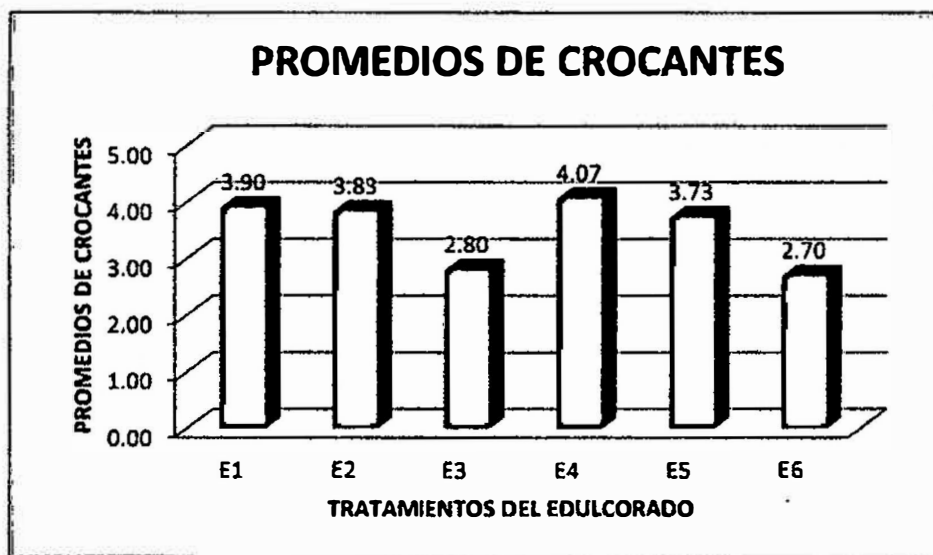
Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

Al analizar el grafico 9, los rangos correspondientes a los tratamientos E4, compuesto de (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 60 °Brix), E5 compuesto de (5% de bazo bovino, 95% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 60 °Brix), se puede concluir, que existió diferencia estadística entre los 6 tratamientos evaluados. Los tratamientos que mejor



aceptabilidad en cuanto al olor demostraron fueron los edulcorados a 60 ° Brix.

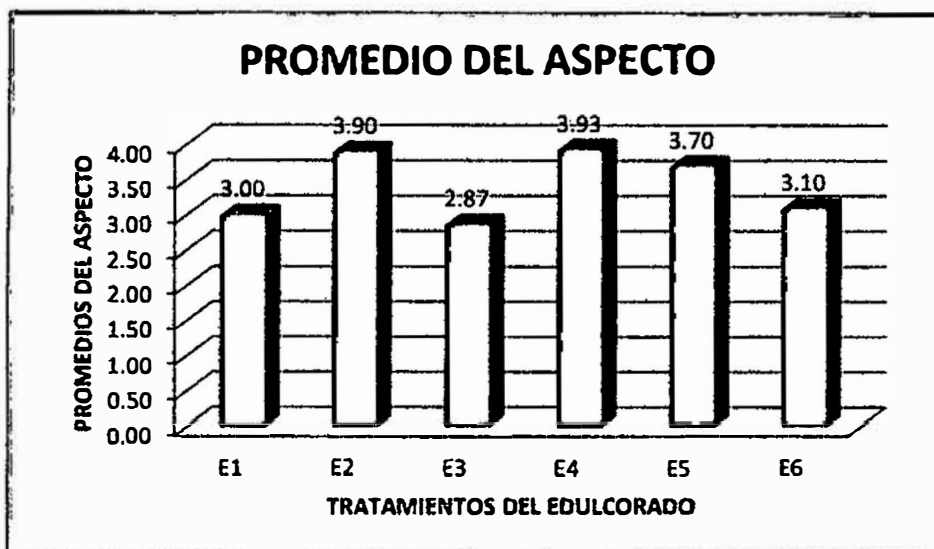
**Gráfico 10.** Datos estadísticos organolépticos promedio del Crocantes



Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

Al analizar el gráfico 10, los rangos correspondientes a los tratamientos E1, compuesto de (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 50 °Brix), E2 compuesto de (5% de bazo bovino, 95% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 50 °Brix), E4 compuesto de (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 60 °Brix), y E5 (5% de bazo bobino, 95% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 60 °Brix), se puede concluir, que existió diferencia estadística entre los 6 tratamientos evaluados. Los tratamientos que mejor aceptabilidad en índice de Crocantes demostraron fueron los edulcorados a 50 ° Brix y a 60 Brix.

**Grafico 11.** Datos estadísticos organolépticos promedio del Aspecto



Fuente: Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

Al analizar el grafico 11, los rangos correspondientes a los tratamientos) E2 compuesto de (5% de bazo bovino, 95% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 50 °Brix), E4 compuesto de (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 60 °Brix), y E5 (5% de bazo bovino, 95% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 60 °Brix), se puede concluir, que existió diferencia estadística entre los 6 tratamientos evaluados. Los tratamientos que mejor aceptabilidad en cuanto al aspecto fueron los edulcorados a 50 ° Brix.

## 4.5. DETERMINACIÓN DEL PER EN EL PRODUCTO ANTES DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN

### 4.5.1. Determinación del PER en el producto antes del proceso de extrusión

Los valores obtenidos del análisis de la relación de eficiencia proteica, se expresan en el siguiente cuadro 38

**Cuadro 38.** Análisis de varianza (ANOVA) de la variable PER inicial del producto sin extruir

Fuente	Suma de cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razon-F	Valot-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
B:HUM MEZCLA	0,0870613	1	0,0870613	206,19	0.0263
A:CONC BAZO	0,231418	2	0,1156	273,09	0.2142
RESIDUOS	0,0008444	2	0,00042222		
TOTAL CORREGIDO	0,30045	5			

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

El cuadro ANOVA descompone la variabilidad de PER INIC en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre PER INIC con un 95.0% de nivel de confianza.

**Cuadro 39.** Pruebas de Tukey para tratamientos en la variable PER INICIAL

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS
T3	A3B1	1.75	a
T6	A3B2	1.73	a
T2	A2B1	1.33	b
T5	A2B2	1.30	b
T1	A1B1	1.04	c
T4	A1B2	1.03	c

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

En el cuadro 39. Para tratamientos se puede observar que existe tres rangos, considerando como mejores estadísticamente al (a), dentro de los cuales se encuentra a los tratamiento T3, compuesto de (10% de bazo bovino, 90% de mezcla base y 15% de humedad), T6 está compuesto de (10% de bazo bovino, 90% de mezcla base y 18% de humedad), siendo los mejores tratamientos estadísticamente.

**Cuadro 40.** Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de harina de bazo bovino)

FACTORES/ NIVELES	MEDIAS	RANGOS
A1	1.04	a
A2	1.32	b
A3	1.74	c

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Al realizar DMS para el factor A se observa que existe tres rangos (a, b, c), siendo el mejor rango (a), dentro del nivel A1 (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base), por que influye de mejor y diferente manera en la relación de eficiencia proteica, ya que este producto está orientado para niños de 3 a 5 años de edad ya que sus proteínas deben tener un alto PER.

**Cuadro 41.** Pruebas de DMS para el factor B (Humedad de la mezcla)

FACTORES/NIVELES	MEDIAS	RANGOS
B1	1.37	a
B2	1.35	a

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Al realizar DMS para el factor B se observa que existen un solo rango (a), lo que quiere decir que la humedad no influye en el contenido del PER presente en la mezcla.

#### 4.5.2. Determinación del PER en el producto extruido

Los valores obtenidos del análisis de la relación de eficiencia proteica, se expresan en el siguiente cuadro 42.

**Cuadro 42.** Análisis de varianza (ANOVA) de la variable PER FINAL del producto extruido

Fuente	Suma cuadrados	de	Gl	Cuadrado Medio	Razon-F	Valot-P
EFECTOS PRINCIPALES						
B:HUM MEZCLA	0,1879621		1	0,1879621	404,31	0.0263
A:CONC BAZO	0,314189		2	0.15709	170,75	0.2142
RESIDUOS	0,001848443		2	0.00092422		
TOTAL CORREGIDO	0,593651		5			

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

El cuadro ANOVA descompone la variabilidad de PER FINAL, en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre PER FIN con un 95.0% de nivel de confianza.

**Cuadro 43.** Pruebas de Tukey para el PER del producto extruido

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS
T3	A3B1	2.19	a
T6	A3B2	2.18	a
T2	A2B1	1.94	b
T5	A2B2	1.94	b
T4	A1B2	1.74	c
T1	A1B1	1.70	c

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

En el cuadro 43. Para tratamientos se puede observar que existe tres rangos, considerando como mejores estadísticamente al (a), dentro de los cuales se encuentra a los tratamiento T3, compuesto de (10% de bazo bovino, 90% de mezcla base y 15% de humedad), T6 está compuesto de (10% de bazo bovino, 90% de mezcla base y 18% de humedad), siendo los mejores tratamientos estadísticamente.

**Cuadro 44.** Pruebas de DMS para el factor A (Proporción de harina de bazo bovino)

FACTORES/NIVELES	MEDIAS	RANGOS
A1	1.72	a
A2	1.94	b
A3	2.18	c

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Al realizar DMS para el factor A se observa que existe tres rangos (a, b, c), siendo el mejor rango (c), dentro del nivel A3 (10% de bazo bovino, 90% de mezcla base), por que influye de mejor y diferente manera la relación de eficiencia proteica.

**Cuadro 45.** Pruebas de DMS para el factor B (Humedad de la mezcla)

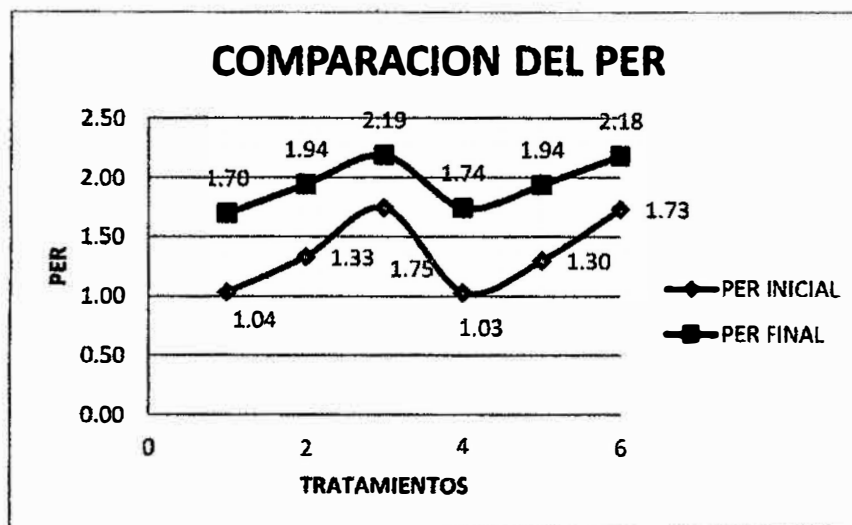
FACTORES/NIVELES	MEDIAS	RANGOS
B1	1.94	a
B2	1.95	a

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

Al realizar DMS para el factor B se observa que existen un solo rango (a), lo que quiere decir que la humedad no influye en el contenido del PER presente en el producto extruido.

A continuación se compara el PER inicial con el PER final para observar el efecto del proceso de extrusión sobre las mezclas con diferentes humedades y al mismo tiempo diferentes proporciones de bazo bovino presente en la mezcla.

**Grafico 12.** Comparación del PER inicial con el PER final.



Me diante el grafico 12, observar que el PER es final es mayor al PER inicial, osea que el proceso de extrusion influye directamente el la asimilacion de las proteinas, en este caso fue probado en las ratas, y podemos decir que el tratamiento T3 resultado con un PER inicial de 1.75 y un PER final de 2.19, teniendo un 20 % de aumento en la biodisponibilidad de la proteina, este aumento se da por el proceso de extrusion.

En comparación al PER obtenido de la investigación del efecto de la extrusión sobre las características funcionales y calidad proteica de la quinua se obtuvo un valor del PER de 2.16 citado por [75-76]. Esta diferencia puede ser atribuida a varios factores, tales como la estructura proteica más compacta en las leguminosas, la presencia de otros componentes (minerales, hemicelulosa), la formación de complejos de proteína y almidón de enlaces entrecruzados entre proteínas [77].

#### 4.5.3. Evaluación microbiológica de los tratamientos edulcorados.

Al analizar los seis tratamientos E1, (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 50 °Brix), E2 (5% de bazo bovino, 95% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 50 °Brix), E3 (10% de bazo bovino, 90% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 50 °Brix), E4 (0% de bazo bovino, 100% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 60 °Brix), E5(5% de bazo bovino, 95% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 60 °Brix), E6 (10% de bazo bovino, 90% de mezcla base y 15% de humedad y edulcorado a 60 °Brix), mostraron los siguientes resultados de tal como se muestra en el siguiente cuadro 46. Adjuntando los análisis de laboratorio en el anexo 16.

**Cuadro 46.** Resultado de análisis microbiológico a los extruidos edulcorados

TRATAMIENTOS	RESULTADOS
E1	APTO
E2	APTO
E3	APTO
E4	APTO
E5	APTO
E6	APTO

**Fuente:** Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

El análisis microbiológico de los seis producto extruidos y edulcorados presentan resultados indicando que son aptos para el consumo humano teniendo valores de  $15 \times 10^6$  en mesófilos aerobios (UFC/g), mohos y levaduras  $10^4$  (UFC/g), *Coliformes* (NMP/g) menores a 3, ausencia de *Ecoli*, *Bacillus cereus* y *Salmonella s.p.*



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Se logró formular y elaborar un producto extruido a partir de una mezcla base (compuesta por harina de tarwi, kiwicha seleccionada y gritz de maíz) y harina de bazo bovino, extruidos a diferentes humedades, que luego fueron edulcoradas con jarabe de yacón; donde se determinó el mejor tratamiento que fue E5 (5% de harina de bazo bovino con 95% de mezcla base y 15% de humedad de la mezcla y 60°Brix)

Donde la formulación obtenida para realizar un producto extruido, que prevenga la anemia y sea de calidad aceptable, para niños de 2 a 5 años es la siguiente:

- Grits de maíz 43.79%
- Grits de kiwicha 32.21%
- Harina de tarwi 19%
- Harina de bazo bovino 5%

Dicha formulación tiene un contenido de 7.77 mg de hierro por cada 100g de producto extruido, con lo que se podría cubrir los requerimientos diario de contenido de hierro para un niño en un 100.10%, con referencia a lo recomendado por la FAO.

Pero si tomamos en consideración el porcentaje de asimilación que en este estudio fue determinado por la biodisponibilidad de este mineral, siendo de 21.31% y que las recomendaciones por la FAO son teniendo en cuenta un 10% de biodisponibilidad, entonces la recomendación diaria convirtiendo a este nuevo porcentaje de biodisponibilidad sería de 3.28 mg de hierro esto considerando que el niño consuma una ración de 35g; entonces se cubrirá un 82.93% del requerimiento diario para un

niño de 3 a 5 años.

Además tiene un índice de expansión de 1.61 y un PER de 1.94. Por todos los aspectos anteriormente mencionados se puede afirmar que este alimento extruido es excelente a diferencia de otros productos extruidos elaborados y comercializados.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

De los resultados obtenidos en la presente investigación, se sugiere lo siguiente:

- Edulcorar con otros edulcorantes a los productos extruidos obtenidos a partir de los tratamientos T2 o T3, ya que son los que presentaron mayor biodisponibilidad; por consiguiente estos ayudan a prevenir la anemia en niños de 2 a 5 años, consumiendo 40 g de este producto se cubrirá la recomendación diaria que es de 8mg y también lo puede consumir cualquier persona.
- También se recomienda realizar investigaciones a este producto extruido con respecto a la composición de las proteínas a nivel de los aminoácidos y cómo interactúan con los demás componentes de este alimento extruido.
- Realizar estudios para determinar la vida útil o el uso de preservantes para este alimento extruido.
- Y durante el proceso siempre es necesario calibrar la humedad y temperatura de extrusión, eso mediante pruebas de pre corrida por para cada mezcla varían estos parámetros.
- Se recomienda hacer mezclas bases a partir de un cereal y una leguminosa, esto para obtener un mejor balance de nutrientes.

## BIBLIOGRAFIA

1. Estrategia Mundial del Secretario General de las Naciones Unidas para la Salud de la Mujer y el Niño. Alianza para la Salud de la Madre, el Recién Nacido y el Niño. Ginebra. Organización Mundial de la Salud. 2012.  
<http://who.int/pmnch/activities/jointactionplan/en/>
2. Evaluación Basal de Anemia Por Deficiencia de Hierro y Folatos En Mujeres En Edad Fértil y Niños De 24 A 59 Meses en Lima Metropolitana- 2006 Hernán A. Sanabria 1 ; Patricia Velarde 1 , Nelly Zavaleta 2 , Sunny Kim<sup>3</sup> , Rubén Grajeda 3 , Kevin Sullivan 4 , Juan Pablo Peña-Rosas 4, Andrés G. Lescano 1
3. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI), 2014.
4. Rangel L. Cambios hematológicos en escolares anémicos tratados con un producto cármico fortificado con glóbulos rojos de bovinos. Universidad del Zulia, Venezuela. Revista Científica 2006; 13(2):96-102.
5. Tribelhorn, E.R. and Harper, M.J. 1980. "Extruder-Cooker Equipment", Cereal Foods World, 25(4):154-156
6. Torricela, R.; Zamora, E.; Pulido, H., 1989. "Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de calidad en la industria alimentaria", Habana-Cuba, pp.: 11, 33, 95. 72.
7. Sheldon F, Croom R D, Meyer A. Bazo Sabiston. Tratado de Patología Quirúrgica.3ra edición. (Vol III). Acribia ed., España.pp 250-264, 2001.

8. Volk HD, Eckert R, Diamantstein T, Schmitz H. Immunorestitution by a bovine spleen hydrosylate and ultrafiltrate. *Revis de Journal of Medicine new yorkArzneimittelforschung*, 10(3): 41-47, 1991
9. Frasnado F E. EnfermedadesdelBazo. Fárreras y Rozman. *Revista de Medicina Interna Harcourt*, 14(2): 231-235, 2011
10. Collazos Carlos Ch, Alvistur Enrique J. *Tablas Peruanas de Composición de los Alimentos, séptima edición 1996.*
11. Jacobsen SE, Mujica A. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Revista, Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés*, 14(3): 458-482. 2006.
12. Ortega-David E, Rodríguez-Vargas A, Zamora-Burbano Á. Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Revista de ciencias agrícolas*, 59(1): 111-118, 2010.
13. Ruiz M A, Lopez-Ramón J, Rodrigez-Macías M. Evaluacionquimico nutricional de (*Lupinus mutabilis*), como fuente potencial de forraje. *Revista de ciencia agrícolas*, 59(1):122-128, 2010.
14. Castañeda-Castañeda B, Manrique M, Gamarra-Castillo F, Muñoz-Jáuregui A, Ramos E, Lizaraso-Caparó F, Martínez Hilly E. Probiótico elaborado en base a las semillas de (*Lupinus mutabilis*), chocho otarwi, *Revista Acta Médica Peruana*, 25(4): 210-215, 2008.
15. Rodriguez-Basantes A. Evaluacion invitro de la actividad antimicrobiana de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.). *Revista ciencias agrícolas*, 12 (1): 45-49, 2001.

16. Caicedo, C, Villacrés E, Peralta E. Disfrute cocinando con chocho. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Recuperado el 24 de Septiembre del 2009.
17. Villacrés E, Peralta E, Álvarez M. *Recetario de Chochos en su Punto*. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Recuperado el 22 Septiembre 2009, de:  
[http://www.iniapecuador.gov.ec/archivos/variedades\\_publicaciones/62.pdf](http://www.iniapecuador.gov.ec/archivos/variedades_publicaciones/62.pdf)
18. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas 2009. *Investigación y producción del tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) en el Perú*. INIAA, PICA. Lima. Reporte anual. pp 60-65.
19. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 1982. El Cultivo y la Utilización del Tarwi: (*Lupinus mutabilis*), Issue 36 of Plant Production and Protection Papers. Reporte anual. pp 236.
20. Sumar L. (*Amaranthus caudatus*), el pequeño gigante. Revista UNICEF, 14(26): 1241-1268, 1996.
21. Fast RB, Trugo L, Wink M. "Manufacturing Technology of Ready-to-Eat Cereals". En: *Breakfast Cereal and How They Are Made*. Journal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA, 5(3): 15-42, 1998.
22. Rojas-Sánchez R, Sánchez-Urdaneta A. Efecto de la época de recolecta y órgano de la planta sobre el contenido de metales de (*Amaranthus caudatus*). Revista Mart. exTheil. INTERCIENCIA, 36(5): 386-391, 2011.

23. Silva-Sanchez C, Carrillo-Bustamante F. Característica físicoquímicas y nutriceuticas de amaranto (*Amaranthus caudatus*), cultivado en san luis potosí. Revista ciencias agrícolas, 10(2): 122-127, 2007.
24. Grain E, Bran-Ritva R, Carrasco-Valencia A, Acevedo de La Cruz JC, Icochea - Alvarez D, Heikki K. Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*): Journal Food Comp, 9(2):114-120, 20005.
25. Anderson E, Cutler H. 1942. Races of Zea mays I: their recognition and classification. Ann Missouri Bot Gard, 21: 69–88
26. Montarroyos-Padilha V, Moura-Rolin P, Magalhaes-Salgado A, Sousa-Livera V. Tempo de secagem e da atividade de óxido-redutases de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Revista ciencia rural 1(2): 24-29, 1997.
27. Mansilla C R, López C, Blas R, et al. Analisis de la Variabilidad Molecular de una Colección Peruana de *Smallanthus sonchifolius* (POEPP & ENDL) H. ROBINSON “Yacón”. Revista Peruana de Ecología Aplciada 5(2): 75-80, 2006
28. Santana I, Cardoso H.M. Raiz Tuberosa de Yacón (*Smallanthus sonchifolius*): Potencialidad de Cultivo, Aspectos Tecnológicos y Nutricionales. Revista Brasileira Ciencia Rural 38(3): 898-905, 2008.
29. Montarroyos-Padilha V, Moura- Rolim P, Magalhães Saigado S, Souza- Livera A V, Galindo- Oliveira M. Tempo de secagem e da atividade de óxido-redutases de yacon (*Smallanthussonchifolius*) sob tratamento químico. Revista Ciência Rural, 39 (11): 2178-2184, 2001
30. Guy, R. Materias primas para la cocción por extrusión. En Extrusión de los alimentos, Cap 2, Editor Guy, R, Acribia SA, Zaragoza. (2001).

31. Linko P, Colonna P, Mercier CH. High Temperature Short Time Extrusion Cooking Advance in Cereal, Journal Science and Tecnology 1 (4): 4-12, 1981.
32. HARPER J, Extrusion of Foods, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, Printed in the United States, Journal Science and Tecnology, 1 (3): 25-31, 1981.
33. HOSENEY R, Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales Revista Ciencia y Tecnología, 4(2): 89-92, 1991.
34. Martínez, F. H. E. 1993. Elaboración de un alimento extruido, expandido, tipo cereal para desayuno, con base en maíz y pastas de soya y cartamo., pp 22-29.
35. Kokini, J.L.; Moraru, C.I. (2003). "Nucleation and Expansion During Extrusion and Microwave Heating of Cereal Foods". Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2: 120-138.
36. Maroulis, Z..B.; Thymi, S.; Krokida, M.K.; Pappa, A. (2004). "Structural properties of extruded corn starch". Journal of Food Engineering. 68(4): 519-526.
37. Galarza R, R; (2011). Calidad nutricional de un producto extruido fortificado con dos niveles de hierro proveniente harina de sangre bovina, pp 105.
38. Mecier and Feillet . (1975). "Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. Cereal Chemistry. 52: 283-297.
39. Park, J.; Rhee, K.S.; Kim, B.K and Rhee, K.C. (1993). "Single -screw extrusion of defatted soy flour, corn starch and raw beef blends". Journal of Food Science 58 (1):9-19.
40. Percibaldi, N.M. (2003). Tesis de Magister en Ciencias y Tecnología de Alimentos.
41. "Variación de la composición lipídica en germen y endospermo de variedades de maíz argentino y su asociación con el proceso de extrusión". UNL-FIQ-ITA.

42. Zobel HF, Young S N, Rocca L A. Starch gelatinization: an X-ray diffraction study. *Cereal Chemistry. Journal Science and Tecnology* 6(2), 443-446. 1988.
43. Watson S A, Harper J, Hosenev R. Measurement and maintenance of quality. En: *Journal Chemistry and Technology*, 5(1): 54-59, 1990.
44. Molina, Edgar; González Redondo, Pedro; Montero, Keyla; Ferrer, Rosa; Moreno Yeoung V R, Watson S A, Harper J, Hosenev R. Soy protein in relation to human protein and amino. *Journal Chemistry and Technology*, 4(2): 44-49, 2001.
45. Szczecniak A S (1979). Recent Developments in Solving Consumer Oriented Texture Problems. *Journal Food Technology*, 33(10): 61-66.
46. Tecson M E, Adachi M. Mugbean *Vigna radiata* (L.) Wilczek globulins: Purification and Characterization. *Journal. Agric. Food Chem.* 49(8): 1552-1558, 2001.
47. Gimferrer, N., 2009, "Extrusión de alimentos, dar nuevas formas y texturas", <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2009/03/09/183869.php>, (Mayo, 2009).
48. Wastke J H. Impact of processing on bioavailability examples of minerals in food *Journal Food Science and Technology* 9(3): 320-327, 2001.
49. Watson, S A. Structure and composition. En: *Corn: Chemistry and Technology.* *Journal Food Science and Technology*, 2(2):53-82. 1998
50. Silvina R. Drago, Rolando J. González y otros. *Revista de información tecnológica*, 18 (1): 41 - 46, vol.18 no.1 La Serena 2007.
51. Pérez C, Cruz R, Chel D. Caracterización física de extrudidos preparados con mezclas de harinas de maíz QPM (*Zea mays l.*) y frijol lima (*Phaseolus lunatus l.*)



52. Maroulis Z B, Thymi S, Krokida M K, Pappa A. . Structural properties of Extruded corn starch. *Journal of Food Engineering*, 68(4): 519-526, 2004.
53. García, M., 2008, “Aperitivos obtenidos a partir de cereales”, <http://www.ugr.es/~mgroman/materiales/t8.pdf>, (Noviembre, 2008) 123
54. García, J., s.f., “Revisión de aplicaciones de extrusión”, <http://www.ainia.es/pdf/extrusion/aplicacionesdeextrusion.pdf>, (Mayo, 2009).
55. Schumacher, H. 1985 "Technology for full-fat soya products and extrated meal with different contents of water soluble protein". pp 91-93. Soy Protein Council. 1987. Productos de Proteínas de Soya.
56. Astuhuaman, L. 2007. “Efecto de la cocción-extrusión en la fibra dietaria y en algunas propiedades funcionales de 4 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)”. Tesis para optar el título de ingeniero de Industrias Alimentarias. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. pp 51-53.
57. Benito, P and Miller, D. . Iron absorption and bioavailability: an updated review. *Nutrition Research* 18(3):581-603. 1998.
58. Wolfgor, R.; Drago, S.R.; Rodriguez, V.; Pellegrino, N.; Valencia, M. In vitro measurement of available iron in fortified foods. *Food Res. Internat.*, 35, 85-90. (2002)
59. South, P.K.; and Miller, D.D. (1997). “Iron binding by tannic acid: effects of selected
60. Hurrell, R.F. Bioavailability of iron. *European Journal of Clinical Nutrition*. Suppl 1, 84-88. 1997.

61. Hazell, T and Johnson, I. T. Effects of food processing and fruit juices on *in vitro* estimated iron availability from cereals, vegetables and fruits. *Journal. Science. Food Agric.* 38:73-82. 1997
62. Gil A. Bases Fisiológicas y Bioquímicas adsorción de hierro en la Nutrición. España: Acción Médica; 2005.
63. Kane, A.P. y Miller, D.D. *In vitro* estimation of the effects of selected proteins on iron bioavailability". *Am. Journal. Clin. Nutr.* 39:393-401. (1984)."
64. ligands" *Food Chemistry* 63(2) 167-172. Snape, W.J. (1987). "Is exact correlation between *in vivo* and *in vitro* measurements important" *Dig. Dis. Sci* 32:547-549.
65. Wastke, J.H. (1998). "Impact of processing on bioavailability examples of minerals in food" *Food Science and Technology* 9: 320-327
66. Gaitán D, Olivares M, Arredondo M, Pizarro F. Biodisponibilidad de hierro en humanos. *Rev. Chil. Nutr.* 2006;33(2):142-148.
67. González R. Biodisponibilidad del hierro. *Rev. Costarric. Salud Pública* 2005(14):16.
68. Wolfgor, R.; Drago, S.R.; Rodriguez, V.; Pellegrino, N.; Valencia, M. (2002) *In vitro* measurement of available iron in fortified foods". *Food Res. Internat.*, 35, 85-90
69. Gaitán D, Olivares M, Arredondo M, Pizarro F. Biodisponibilidad de hierro en humanos. *Rev. Chil. Nutr.* 2006;33(2):142-148.
70. González R. Biodisponibilidad del hierro. *Rev. Costarric. Salud Pública* 2005(14):16.

71. Watts, B.; Ylimaki, G., Jeffery, L.; Elias, L., “Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos”, Centro nternacional de investigación para el Desarrollo, Ottawa-Canadá, pp.: 66, 70.
72. Madrid, A. y Madrid, J., 2001, “Normas de Calidad de Alimentos y Bebidas”, Primera edición, AMV Ediciones, Madrid-España, pp.: 511
73. Benitez B, Archile A, Rangel L, Ferrer K, Márquez E, Barboza Y. Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. Revista de Ciencia y Tecnología de las Américas 2008;33 (1): 61-65.
74. Behrman Kliegman (1997).Nelson Tratado de Pediatría” Volumen 2 Harbin 15° Edición Interamericana-EEUU.
75. Romero A, Bacigalupo A, Bressani R. Efecto de la extrusión sobre las características funcionales y la calidad proteínica de la quinoa (*Chenopodium quinoa*). Arch. Latinoam. Nutr, 35(1):148-62, Mexico. mar. 1985.
76. Nielsen PM, D. Petersen and C. Dambmann, Improved method for determining food protein degree of hydrolysis. J Food Sci. 66 (5): 642- 646 (2001).
77. Balandrán-Quintana, R.R., G.V. BarbosaCánovas, J.J. Zazueta-Morales, A. AnzaldúaMorales y A. Quintero-Ramos, Functional and Nutritional Properties of Extruded Whole Pinto Bean Meal (*Phaseolus Vulgaris* L.). J Food Sci. 63(1),113-116 (1998)

## ANEXO 01. METODO DE DETERMINACION DE HUMEDAD AOAC 925.09

Método 925.09, A.O.A.C (1996). Adaptado en el departamento de nutrición y calidad del INIAP.

### Fundamento

Se basa en la determinación de la cantidad de agua existente en la muestra. Se realiza para poder expresar los resultados en base seca. Por diferencia se obtiene el contenido de materia seca en la muestra.

### Equipos y Materiales

- Estufa
- Balanza analítica
- Crisoles
- Pinza metálica
- Espátula
- Desecador

### Procedimiento

- Lavar los crisoles con agua destilada, secar en una estufa a 105°C por 8 horas, secar en un desecador y una vez frío pesar.
- Se pesa de 1 a 2 gramos de muestra molida en los crisoles, se lleva a la estufa a 105°C por 12 horas (preferible una noche), se saca los crisoles con la muestra en un desecador hasta que estén fríos y se pesan.

### Cálculos:

Se usa la ecuación:

$$\%H = \frac{Pcmh - Pcms}{Pcmh - Pc} \times 100$$

Donde,

*%H* : Porcentaje de humedad

*Pc*: Peso crisol.

*Pcmh*: Peso del recipiente mas muestra húmeda.

*Pcms*: Peso del recipiente más muestra seca.

## ANEXO 02. METODO DE DETERMINACION DE MINERALES (CENIZA)

### AOAC 930.05

Previa la determinación de minerales las muestras se incineran hasta obtener cenizas.

#### **CENIZA**

Método A.O.A.C. (1984). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad

#### **Principio**

La muestra se incinera en una mufla a 600° C, previa pre-calcinación en la placa calentadora, para eliminar todo material orgánico. El material inorgánico que no se destruye se llama ceniza o residuo remanente.

#### **Procedimiento**

- Pesar 2 gramos de muestra en un crisol. Colocar en una mufla a 600° C y mantener a esta temperatura por 2 horas, hasta que la ceniza adquiera un color blanco o grisáceo.
- Transferir la cápsula a un desecador, enfriar a temperatura ambiente y pesar inmediatamente.
- 

#### **Cálculos:**

$$\%C = \frac{P_{cz} - P_c}{P_{cm} - P_c} \times 100$$

Donde:

C = Contenido de cenizas.

P<sub>c</sub> = Peso de crisol.

P<sub>cz</sub> = Peso de crisol más ceniza.

P<sub>cm</sub> = Peso de crisol más muestra

## ANEXO 03. DETERMINACIÓN DE PROTEINA AOAC 955.39

### Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado (92%)
- Ácido clorhídrico 0.02 N
- Hidróxido de sodio al 50 %
- Ácido bórico al 4 %
- Indicador mixto: rojo de metilo al 0.1 % y verde de bromocresol al 0,2 % en alcohol al 95 %.
- Mezcla catalizadora: 800 g de sulfato de potasio o sodio, 50 g de sulfato cúprico penta hidratado, y 50 g de dióxido de selenio.
- Agua desmineralizada

### Digestión

- Pesar exactamente alrededor de 0,04 g de la muestra, colocar dentro del balón de digestión y añadir 0,5 g de catalizador y 2 ml de ácido sulfúrico al 92 %.
- Colocar los balones en el digestor micro Kjeldahl en los calentadores a 500 °C hasta que la solución adquiera una coloración verde. Retirar los balones del digestor y enfriar.

### Destilación

- Colocar la muestra en el destilador, añadir 10 ml de hidróxido de sodio al 50 %, destilar recogiendo el destilado en 6 ml de ácido bórico al 4 % hasta obtener 60 ml de volumen.

### Titulación

Método 955.39. A.O.A.C. (1984). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP.

### Principio

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición, el residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio y se procede a destilar. El amoniaco presente se desprende y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido clorhídrico estandarizado.

- Al destilado se agrega 4 gotas del indicador mixto y se titula con ácido clorhídrico 0,02 N hasta que la solución cambie de color. Se realiza también una titulación con un blanco.

**Cálculos:**

Se utiliza la ecuación:

$$\%P = \frac{(Ma - Mb) \times N \times 0.014 \times 6.25}{Pm} \times 100$$

$$\% P = \frac{(Ma - Mb) \times F}{Pm} \times 100$$

Donde:

P = Contenido de proteína (%)

N = Normalidad del ácido titulante

Ma = ml de ácido gastados en la titulación de la muestra

Mb = ml de ácido gastados en la titulación del blanco

Pm = Peso de la muestra en gramos

6.25 = Factor de conversión de nitrógeno a proteína

## ANEXO 12.1. INSTRUCCIONES PARA PRUEBA ORGANOLEPTICA

Buenos días

Se está realizando una investigación sobre la formulación de un extruido a base de tarwi, kiwicha, maíz y bazo bovino, edulcorado con jarabe de yacón.

Para lo cual necesito contar con su valiosa colaboración, para que colabore el presente formato de prueba organoléptica, con el fin de evaluar la influencia de los factores en estudio en las propiedades organolépticas.

**INSTRUCCIONES:** Sírvase evaluar cada muestra, elija una carita según a su agrado de los atributos que crea que esta correcto basándose en la siguiente información.

**SABOR:** El producto extruido debe tener un sabor característico a yacón. Se recomienda que se tome en cuenta presencia de sabores que no correspondan al extruido.

**OLOR:** El producto extruido debe tener un olor característico a yacón. Se recomienda que se tome en cuenta presencia del olor a bazo bovino en el producto.

**CROCANTES:** El producto extruido debe tener unos crocantes crujientes similares al de un chizitos o producto extruido.



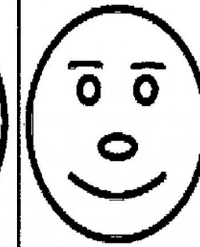
**ASPECTO:** El producto extruido debe tener un aspecto característico a un chizitos o un producto expandido de apariencia agradable para el degustador.



## ANEXO 12.2: FORMATO DE PRUEBA ORGANOLEPTICA

		N°:
		Fecha:
Nombre:	Edad:	
Grado:	Sección:	

**INSTRUCCIONES:** Por favor anote el número de muestra de cada producto y pruebe uno de ellos, luego anote el número de la carita para cada característica organoléptica de acuerdo a su opinión, de igual manera con los dos productos siguientes.

GRADO DE ACEPTABILIDAD				
Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5
				

Característica organoléptica	Producto		
	N° de muestra:	N° de muestra:	N° de muestra:
Sabor			
Olor			
Crocantés			
Aspecto			

Aceptabilidad		
---------------	--	--

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ANEXO 13.1: FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

### El Propósito

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, en su afán de formar profesionales pos modernos, para optar el título de Ingeniero Agroindustrial cuenta con la modalidad de tesis, tal es así, que se formuló un proyecto de tesis para prevenir la anemia por deficiencia de hierro en los niños de 2 a 5 años, puesto que en nuestro departamento y país los índices de la anemia continua siendo elevada trayendo como consecuencia la inhibición del desarrollo cognitivo y físico de los niños, afectando su rendimiento escolar limitando su capacidad de aprendizaje y productividad. Por tal motivo se desarrolló un producto extruido a base de tarwi, kiwicha, maíz y bazo bovino, edulcorado con jarabe de yacón.

### La Participación

Si usted permite que su hijo(a) de la I.E.I Pikokos Kids, participe de este estudio, únicamente tendrá que probar una pequeña porción de este producto que será similar a un chizito y anotar en hoja si le gusta o no este producto. También se tendrá el permiso y la colaboración de los profesores de aula para la verificación del estudio.

### Riesgo del estudio

Este estudio no representa ningún riesgo para su hijo(a), así mismo el producto se le ha realizado los análisis microbiológicos y fisicoquímicos correspondientes por lo que es biológicamente seguro y apto para el consumo humano.

### Beneficios del estudio

Es importante mencionar que con la participación de su hijo(a), ustedes contribuyen a mejorarlos conocimientos.

### Confidencialidad

Toda información obtenida en el estudio es completamente confidencial, solamente el investigador conocerá los resultados de la prueba de aceptabilidad y el nombre de su hijo(a) se le asignará un código y este número se utilizará para el análisis de datos, presentación de resultados y publicaciones, de tal manera que el nombre de su hijo(a) quedará totalmente reservado.

### Declaración voluntaria

Yo he sido informado(a) del propósito del estudio, he conocido los riesgos, beneficios y la confidencialidad de la información que se obtendrá. Entiendo que la participación de mi hijo(a) en el estudio es gratuita como también haber sido informado de la forma como se realizará el estudio y que puede participar o no continuar en el estudio en el momento que lo considere necesario.

Nombre del padre o tutor: \_\_\_\_\_

Nº DNI: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Edad del alumno: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_












## ANEXO 13.2: FORMATO DE PRUEBA DE ACEPTABILIDAD

N°:
Fecha:

<b>Nombre:</b>	<b>Edad:</b>
<b>Grado:</b>	<b>Sección:</b>

**INSTRUCCIONES:** Por favor anote el número de muestra de los 3 productos y pruebe uno de ellos, luego marque la carita según su opinión, de igual manera con los dos productos siguientes.

PRODUCTO	GRADO DE ACEPTABILIDAD		
	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta
	1	2	3
N° de muestra: _____			
N° de muestra: _____			
N° de muestra: _____			

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

## ANEXO 14. PANEL FOTOGRAFICO BAZO BOVINO



Trozado de bazo bovino diámetro de 0.2\*0.2 cm aproximadamente



Trozado de bazo bovino diámetro de 0.2\*0.2 cm aproximadamente



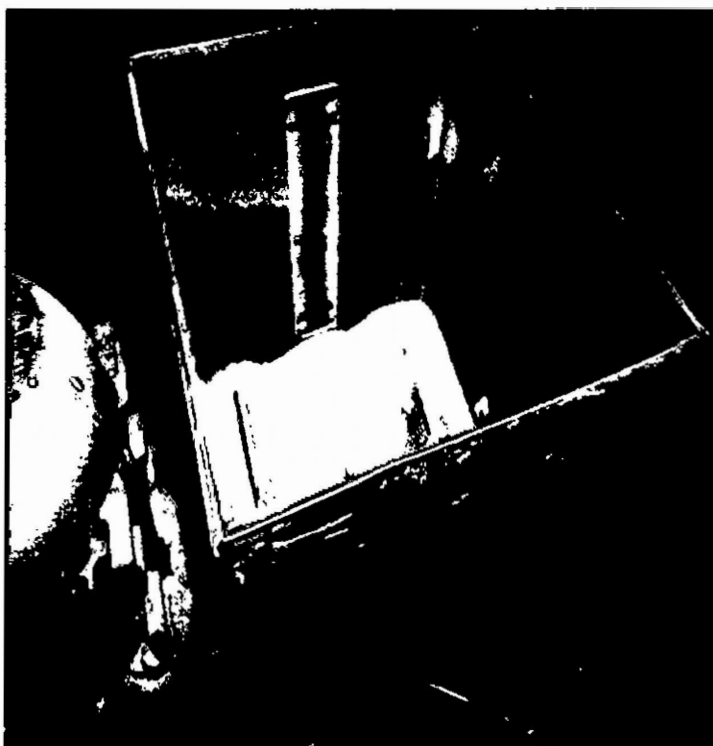
Preparación de mezcla base a partir de harina de tarwi grits de maíz y kiwicha partida



Mezclado y acondicionado de la mezcla base adicionando harina de bazo bovino en diferentes concentraciones y humedades requeridas según requiera cada ensayo



Calibrado y acondicionado del extrusor, diámetro de boquilla, longitud del tubo de extrusión, temperatura de extrusión

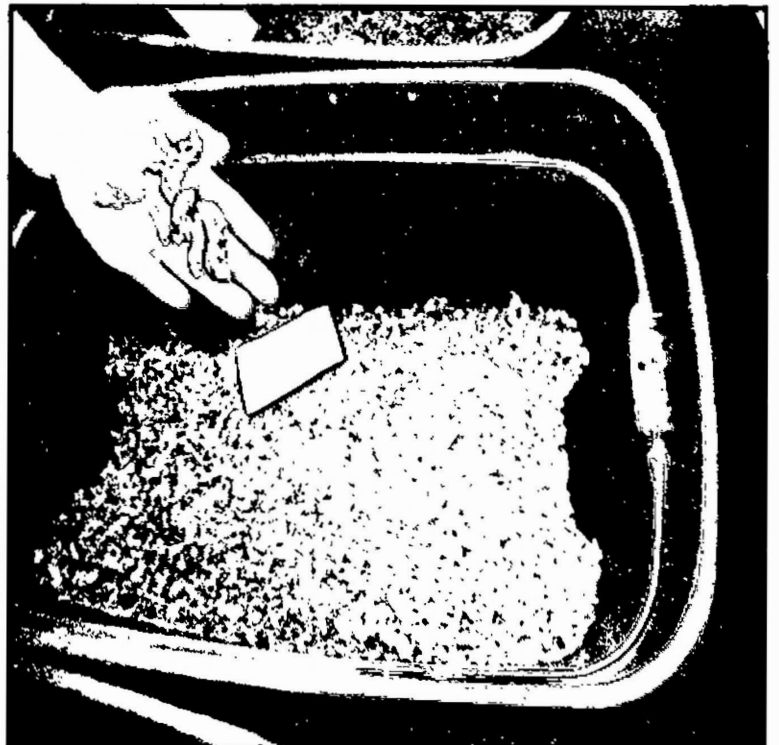


Calibrado y acondicionado del extrusor, humedad de la mezcla a extruirse según requiera cada ensayo del proyecto de investigación

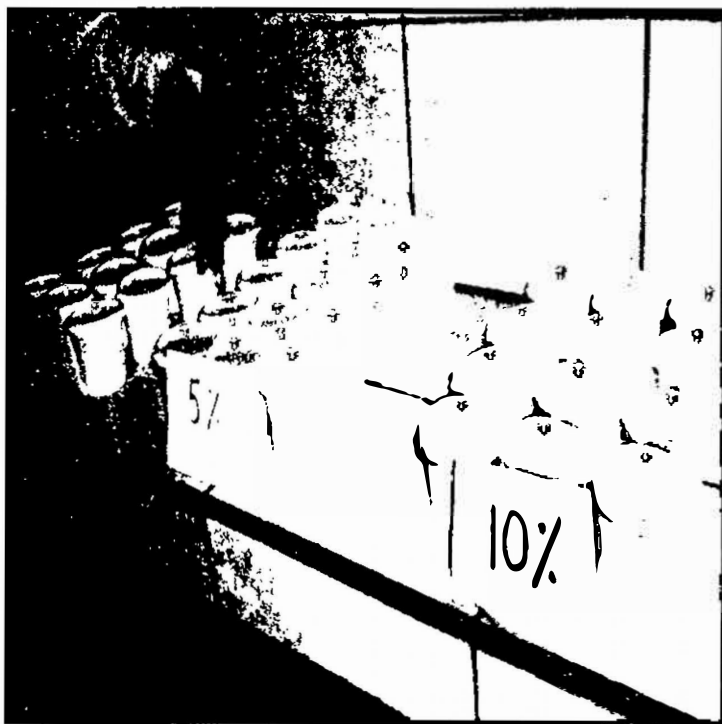
## PANEL FOTOGRAFICO PRODUCTO EXTRUIDO



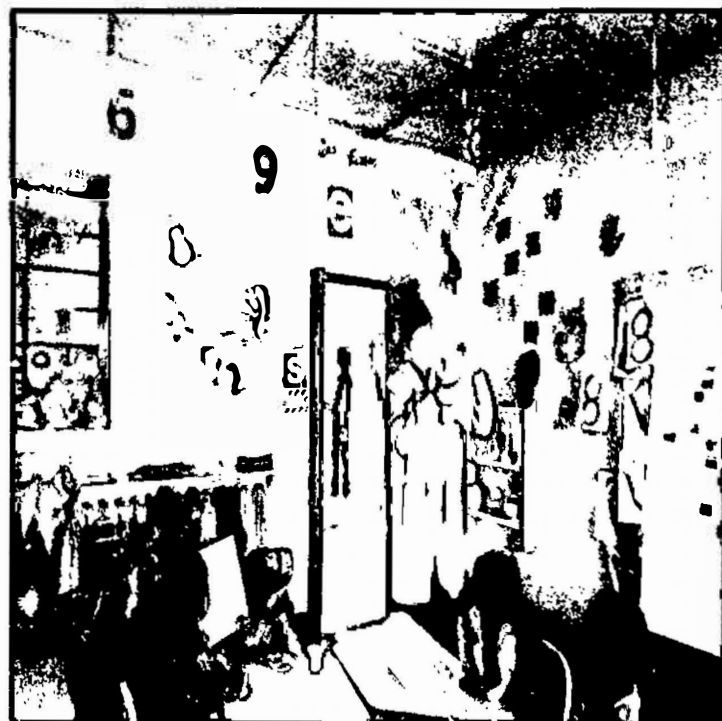
Rotulado del producto extruido según requiera cada ensayo



En la siguiente fotografía se puede observar la expansión de dos ensayos a diferentes humedades y porcentajes de bazo bovino

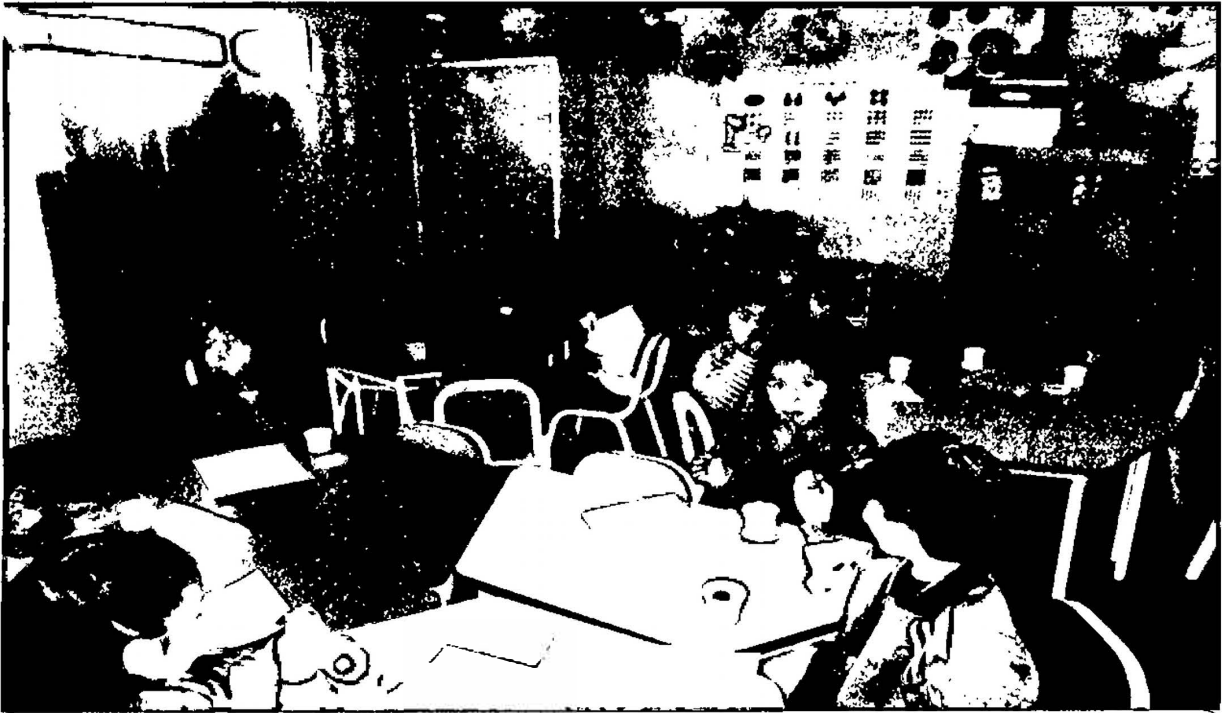


Muestras listas para ser evaluadas con diferentes concentraciones de bazo bovino 0%, 5% y 10%



Evaluación sensorial dirigida a niños de 5 años de edad del centro educativo inicial particular Pikokos Kids





Evaluación sensorial dirigida a niños de 5 años de edad del centro educativo inicial particular  
Pikokos Kids



Evaluación sensorial dirigida a niños de 5 años de edad del centro educativo inicial particular  
Pikokos Kids

**ANEXO 15. NORMA TECNICA PERUANA NTP 3659 PARA PRODUCTOS EXTRUIDIDOS**

Requisitos	Tipo	
	Salado	Dulce
Humedad % máx.	4	6
Proteína (Nx6,25) % mín.	3	3
Carbohidratos % máx.	95	95
Grasa % máx.	50	30

Requisitos Microbiológicos	n	c	m	M
Recuento aeróbios mesófilos UFC/g	3	1	5000	100000
Recuento mohos y levaduras/g	3	1	200	300

## ANEXO 04. METODO DE DETERMINACION DE GRASA AOAC 920.39

Método Nº 920.39C de la A.O.A.C. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP.

### Principio

El solvente utilizado se condensa continuamente extrayendo materiales solubles al pasar a través de la muestra. El extracto se recoge en un vaso que al completar el proceso se destila quedando en el vaso el extracto graso de la muestra.

### Reactivos

- Hexano ( grado técnico)
- Sulfato de sodio anhidro

### Procedimiento

- Lavar los vasos de destilación con agua destilada y llevar a la estufa a 105°C por 2 horas, retirar los vasos en un desecador, enfriar, pesar, y añadir 200 ml de hexano.
- Pesar de 1 a 2 gramos de muestra, mezclar con 2 a 3 gramos de sulfato de sodio anhidro, colocar en un cartucho limpio y tapar con algodón.
- Depositar el cartucho con la muestra dentro del dedal de vidrio y colocar dentro del vaso con hexano, montar el equipo Goldfish, abrir la llave de agua fría para el refrigerante, extraer la grasa por 4 horas.
- Secar el vaso de destilación con el residuo en una estufa a 105° C por 7 horas retirarlos de la estufa en un desecador, se enfria y se pesa.

### Cálculos:

Se utiliza la ecuación:

$$EE = \frac{P_{vr} - P_v}{P_m} \times 100$$

Donde:

EE = Extracto etéreo (%)

P<sub>v</sub> = Peso del vaso tarado

P<sub>vr</sub> = Peso del vaso más residuo

P<sub>m</sub> = Peso de la muestra

## ANEXO 05. DETERMINACION DE CARBOHIDRATOS TOTALES (CLEGG-ANTHONE)

Este método determina la cantidad de carbohidratos totales, basándose en su contenido de almidones hidrolizables y azúcares solubles.

### Reactivos

- Solución de ácido perclórico al 52 %. 279ml de ácido perclorico (grado específico 1.70) en 100 ml de agua destilada; deje enfriar antes de usar.
- Solución de ácido sulfúrico. 760ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (grado específico 1.84) en 330ml de agua destilada; deje enfriar antes de usar.
- Reactivo Anthrone. Prepare suficiente reactivo Anthrone preparando una solución de ácido sulfúrico al 0.1 % con el fin de usarla el mismo día.
- Solución estándar de glucosa. Disuelva 100mg de glucosa en 100ml de agua.
- Solución estándar de glucosa diluida. Diluya 10ml del estándar de glucosa a 100 ml de agua destilada (1ml = 0.1mg de glucosa).

### Materiales y Equipo

- Espectrofotómetro.
- Papel filtro Wathman no. 542 o Schleicher y Schill no. 150.

### Procedimiento

#### Extracción:

1. Pese con aproximación de 0.001g 1.0g de muestra seca ó 2.5g de muestra húmeda conteniendo aproximadamente de 60 a 300 mg de carbohidratos totales disponibles.
2. Transfiera cuantitativamente a una probeta graduada de 100 ml con tapón.
3. Adicione 10 ml de agua y agite con una varilla de vidrio para dispersar la muestra.
4. Adicione 13 ml de la solución de ácido perclórico. Agite constantemente con la varilla de vidrio durante 20 minutos.
5. Enjuague la varilla con agua destilada y lleve el volumen a 100 ml. Mezcle y filtre a un matraz volumétrico de 250 ml.
6. Enjuague la probeta graduada con agua destilada y adicione al matraz volumétrico. Afore el matraz con agua destilada y agite.

#### Determinación:

1. Diluya 10 ml del extracto a 100 ml con agua destilada. Con una pipeta pase a un tubo de ensaye 1 ml del filtrado diluido.
2. Tome con la pipeta dos muestras de 1 ml de agua destilada que servirán como blancos por duplicado y coloque cada uno de ellos en un tubo de ensaye.
3. Tome dos blancos duplicados de 1 ml usando la solución de glucosa diluida.
4. Agregue rápidamente a todos los tubos 5ml de reactivo de anthrone recién preparado. Tape los tubos y mezcle vigorosamente. Colóquelos en un baño maría y caliente durante 12 minutos.

## **ANEXO 06. METODO DE DETERMINACION DE FIBRA BRUTA AOAC 930.10**

**Método de Asp. *Et al.*, J., (1984). Adaptado por la Escuela Politécnica Nacional**

### **Principio**

El almidón y las proteínas son digeridos por pequeños fragmentos por medio de enzimas. La fracción de fibra dietética soluble es recuperada por filtración luego de precipitar con etanol.

### **Materiales y equipos:**

- Estufa
- Balones Kjedah!
- P-2 filtros – crisol (40 – 60  $\mu\text{m}$  porosidad)
- Celita 545. FLUKA AG, BUCHS Switzerland, artículo
- Bomba de vacío
- Desecador

### **Reactivos:**

- Solución buffer 0.1 M pH 6.0 Fosfato de Sodio
- Solución 0,2 M. HCl
- Solución 5,0 M. HCl
- Solución 1,0 M. HCl
- Solución 5,0 M. NaOH
- Solución 1,0 M. NaOH
- Etanol al 95%
- Etanol al 76%
- Acetona

### **Enzimas:**

- Pepsin 200 FIP U/g MERK, N°7190, Darmstadt, W. Germany
- Pancreatina Fluka AG N°76190 Buchs. Switzerland
- Termamyl 120 L Novo A/S, Copenhagen, Denmark

### **Preparación de las soluciones enzimáticas**

Termamyl ya viene en solución, pero la pepsina y la pancreatina son polvos secos.

La máxima desviación sugerida entre muestras paralelas, para la exactitud, corresponde a:

Muestra contenido 0-10% fibra dietética no corregida 0.5%

Muestra contenido 10-50% fibra dietética no corregida 0.85%

Muestra contenido 50% fibra dietética no corregida 1.50%

### Cálculos

De acuerdo con Proxy *et al.*, (1985.) Assoc. Anal. Chem. Vol. 68 N° 4.

Cálculos para el análisis de fibra dietética:

Los siguientes cálculos son necesarios para reportar los valores de fibra dietética y se refieren a los pesos expresados en mg.

#### 1. Fibra no corregida

$$(crisol + celita + fibra) - (crisol + celita)$$

#### 2. % de Fibra no corregida

$$\frac{Fibra\ no\ corregida(mg)}{peso\ de\ muestra(mg)} * 100$$
$$(crisol + ceniza + cenizas) - (crisol + ceniza)$$

#### 4. Proteína no corregida

$$\frac{Normalidad\ de\ HCl * ml\ HCl * 14.007 * 6.25}{Peso\ de\ muestra}$$

#### 5. Ceniza corregida

$$\frac{Valor\ promedio(mg)\ fibra\ no\ corregida * Pr\ oteina\ no\ corregida(mg)}{Contenido\ de\ fibra\ en\ crisol\ antes\ de\ incinerarlo(mg)}$$

#### 6. Proteína corregida

$$\frac{Valor\ promedio(mg)\ fibra\ no\ corregida * mg\ proteina\ no\ corregida}{Contenido\ de\ fibra\ en\ crisol\ usado\ para\ Kjeldahl(mg)}$$

#### 7. Blanco corregido

$$(promedio\ (mg)\ fibra\ en\ blanco) - (ceniza\ corregida + proteina\ corregida)$$

#### 8. Fibra dietética corregida

$$(valor\ promedio\ (mg)\ FD\ no\ corregida) - (ceniza + proteina + blanco\ corregido)$$

VERIFICANDO EL CONTENIDO DE FIBRA EN LA MUESTRA.

## ANEXO 07.METODO DE DETERMINACION DE HIERRO AOAC. 930.10

Previo la determinación de minerales las muestras se incineran hasta obtener cenizas.

### **CENIZA**

Método A.O.A.C. (1984). Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad

### **Principio**

La muestra se incinera en una mufla a 600° C, previa pre-calcinación en la placa calentadora, para eliminar todo material orgánico. El material inorgánico que no se destruye se llama ceniza o residuo remanente.

### **Procedimiento**

- Pesar 2 gramos de muestra en un crisol. Colocar en una mufla a 600° C y mantener a esta temperatura por 2 horas, hasta que la ceniza adquiera un color blanco o grisáceo.
- Transferir la cápsula a un desecador, enfriar a temperatura ambiente y pesar inmediatamente.

### • **DETERMINACION DE HIERRO**

- Preparar la curva estándar de Fe de 0 a 5 ppm:  
En tubos de ensayo colocar la solución estándar de Fe 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%.
- Tomar 5 ml de la muestra y leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama.

**Nota:** En caso de ser lecturas altas, realizar diluciones de 1/10.

### **Cálculos:**

$$Fe(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

C = Concentración (ppm)

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)



## ANEXO 08. METODO DE ESTIMACION DE LA BIODISPONIBILIDAD DE HIERRO (METODO AOCA-1457.008).

El método utilizado fue el descrito por Miller et al., (1981), que se basa en la simulación de la digestión gástrica e intestinal de las muestras mediante tratamiento enzimático *in vitro*, con modificaciones introducidas por Bosscher et al., (2001 b) y Jovaní et al., (2001) en las que se reducen las concentraciones de enzimas digestivas utilizadas para simular las condiciones gastrointestinales presentes en las primeras etapas de la vida. Para determinar la bioaccesibilidad se emplean dos técnicas con una primera etapa en común consistente en el tratamiento enzimático de la muestra con enzimas gástricas e intestinales, para posteriormente, analizar la fracción soluble de cada mineral que quedaría en la muestra tras su centrifugación; o bien, la fracción dializable o proporción de mineral que atravesaría una membrana de diálisis con un diámetro de poro de más de 12.000 Da.

### Procedimiento

#### *-Digestión gástrica*

Se pesaron 20 g de papilla infantil y se mezclaron con 100 mL de agua bidestilada desionizada o fórmula de continuación hasta obtener una papilla homogénea. A continuación se midió el pH de la mezcla y se ajustó a un valor de pH 4 (pH gástrico en niños menores de 6 meses de edad) empleando HCl 6 N (Bosscher *et al.*, 2001 b).

Posteriormente se añadió a la muestra 0,02 g de pepsina /g de muestra, preparada previamente (0,125 g de pepsina en 6 mL de HCl 0,1 N). La muestra fue entonces incubada en un baño a 37°C en agitación durante 2 horas. Transcurrido este tiempo, el proceso de digestión gástrica fue detenido sumergiendo la muestra durante 10 minutos en un baño de hielo.

#### *-Digestión intestinal*

El pH del digerido procedente de la etapa anterior se ajustó a 5,0 mediante la adición de  $\text{NaHCO}_3$  1M. A continuación se añadieron 0.005 g de pancreatina y 0.03 g de sales biliares/g de muestra a partir de una disolución preparada en la siguiente proporción: 0.05 g de pancreatina y 0.310 g de sales biliares en 12,5 mL de  $\text{NaHCO}_3$  0,1 M. La muestra fue a continuación incubada durante 2 horas a 37°C en agitación. Finalizado este período se detuvo la reacción enzimática sumergiendo la muestra en un baño de hielo durante 10 minutos, el pH fue ajustado a un valor de 7 mediante la adición de NaOH 0.5 M.



### ***Fracción soluble de mineral***

Una vez finalizada la digestión intestinal, se tomaron alícuotas de 20 g de homogenizado se llevaron a tubos de centrifuga de 50 mL y se centrifugaron a 3500 g durante 1 hora a 4°C. Previa incineración de la muestra, se midió el contenido en hierro, calcio y cinc del sobrenadante siguiendo el método descrito en el apartado III.2 de este trabajo. Los porcentajes de mineral soluble se calcularon según Pyanert *et al.*, (2006):

***Mineral soluble (%)= (Mineral soluble (mg/100 g)/Mineral total (mg/100 g)) x 100 Fracción dializable de mineral***

La digestión gástrica para la obtención de la fracción de mineral dializado se realizó del mismo modo al descrito en el apartado VI.1.a. La digestión intestinal incluye una etapa de diálisis. Para ello, se tomaron alícuotas de 20 g de digerido procedente de la etapa de digestión gástrica, y se introdujeron las bolsas de diálisis, mantenidas previamente durante 12 horas en agua desionizada a 4°C, conteniendo 50 ml de agua bidestilada desionizada y NaHCO<sub>3</sub> en cantidad equivalente a la acidez titulable, calculada mediante el número de equivalentes de NaOH 0.5 N necesarios para obtener un pH de 7.5.

***g NaHCO<sub>3</sub>= (2 x ml NaOH 0.5 N x 84)/1000***

La incubación se prolongó durante 30 minutos más, se midió el pH y se comprobó que se mantenía en un valor de 5.0. Transcurrido este tiempo, se le adicionó 0.001 g de pancreatina y 0.006 g de sales biliares/ g de alícuota a partir de 0.05 g de pancreatina y 0,310g de sales biliares en 12,5 mL de NaHCO<sub>3</sub> y los frascos se llevaron a incubación durante 2 horas en agitación a 37°C. Finalizado el proceso, se extrajeron las bolsas de diálisis conteniendo el dializado, se lavaron con agua destilada-desionizada y se determinó el pH de su contenido, cuantificando el hierro, calcio y cinc de los dializados obtenidos mediante aspiración directa por espectrofotometría de absorción atómica.

Los porcentajes de mineral dializado se calcularon según Cámara *et al.* (2005). El *porcentaje de mineral dializado* se calcula como  $100 \times D/C$ , donde D es la cantidad de mineral presente en el dializado, y C es el mineral presente en la muestra.

## ANEXO 09. METODO DE DETERMINACION DEL INDICE DE ADSORCION DE AGUA Y SOLUBILIDAD

Anderson y col., 1969

### Fundamento

Las propiedades funcionales del almidón son la capacidad de absorción de agua del gránulo de almidón, y la exudación de fracciones de almidón, a medida que se incrementa la temperatura del medio circundante.

### Materiales y Equipo

- Cajas petri
- Tubos de centrífuga (50 ml) de vidrio o plástico
- Agitadores magnéticos
- Probeta de 50 ml
- Plancha de agitación
- Baño de temperatura controlada a 30°C
- Centrifuga
- Tubos de centrifuga graduados
- Papel filtro de poro delgado
- Embudos
- Vasos de precipitados
- Pipetas de 10 ml
- Desecador

### Método

- Tarar las cajas petri a 90°C por 4 horas ó a 75°C por una noche.
- Pesar 2.5 g de muestra en un tubo de centrífuga que contiene un agitador magnético. Realizar el análisis por duplicado.
- Mientras se pesa las muestras, calentar 30 ml de agua destilada, a 30°C, y también tener el baño a temperatura controlada de 30°C.
- Agregar 30 ml de agua a cada tubo, y agitar bien en el equipo de agitación.
- En lo posible debe evitarse utilizar una varilla de vidrio.
- Incubar en el baño con agitación durante 30 minutos.
- Secar bien los tubos y ponerlos en la centrifuga.
- Centrifugar a 5000 rpm. durante 20 minutos.
- Después de centrifugar se deben tener separados el gel y el sobrenadante.
- Si no es así centrifugar por 10 minutos más a 6000 rpm.
- Decantar el sobrenadante en un tubo de centrifuga graduado y medir el volumen. No descartar el gel del tubo.
- Filtrar el sobrenadante.

- Descartar lo que queda en el papel filtro.
- Tomar 10 ml del filtrado y secar por 4 horas a 90°C en las cajas petri.
- Pesar el gel que quedó en el tubo.
- En el caso de que no se haya separado el sobrenadante, pesar todo lo que queda en el tubo.

**Realizar una Tabla donde se registran los siguientes valores:**

- Nombre de la muestra
- Peso del tubo con agitador
- Peso de la muestra
- Volumen del sobrenadante
- Peso del tubo con el gel y agitador
- Peso de la caja petri tarada
- Peso de la caja petri con la muestra seca

### **Cálculos**

Índice de absorción de agua (IAA):

$$IAA = \frac{\text{Peso de gel (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

Índice de solubilidad en agua (ISA):

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$$

Poder de hinchamiento (PH):

$$PH = \frac{\text{Peso de gel}}{\text{Peso muestra} - \text{Peso solubles}}$$

## ANEXO 10. METODO DE DETERMINACION DEL INDICE DE EXPANSION

### DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE EXPANSIÓN

Se determinó el diámetro promedio de la muestra de los productos extruidos y finalmente se midió el diámetro de la boquilla del troquel utilizado. (15) En esta investigación se utilizó un troquel de 4 orificios o boquillas cuya medida fue 0,47 cm cada una.

### CÁLCULO:

El índice de expansión se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Expansión} = \frac{\text{Diámetro promedio de la muestra (cm)}}{\text{Diámetro de la boquilla (cm)}}$$

### EXPANSIÓN:

- Baja: Índice de expansión menor a 1,5
- Mediana: Índice de expansión entre 1,6 a 2
- Alta: Índice de expansión: mayor a 2

## ANEXO 11. METODO DE ANALISIS DE RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

### Relación de Eficiencia Proteica (PER)

Este método fue desarrollado por Osborne *et al.* (1919), y es más conocido como PER. Es una medición que determina la capacidad de la proteína dietario para promover crecimiento bajo ciertas condiciones estándar.

El principio de su determinación es bastante simple y consiste en controlar el crecimiento de los animales jóvenes alimentados con la proteína del alimento problema para relacionar los gramos de peso ganado con los gramos de proteína consumida por un grupo de ratas.

$$PER = \frac{\text{Gramos de peso ganado}}{\text{Consumo de alimento} \times \% \text{ proteína}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

El PER se mide en una escala que va del 1 a 4. El valor central de la diferencia usualmente es 2.5 que corresponde al de la caseína de la leche

### Procedimiento Experimental

Se utilizaron 12 ratas machos de 22 días de nacido raza Holtzman, de los cuales 6 ratas se utilizaron para la evaluación de la harina sin extruir y 6 ratas para el producto extruido, de los cuales cada grupo de 6 ratas se colocaron al azar en las jaulas metabólicas individuales, para la permanencia de las unidades experimentales.

#### 3.4.3.1. Dieta

La dieta fue preparada suministrada fue en base a la composición de harina sin extruir (compuesta de harina de bazo bovina, kiwicha, tarwi y maíz) para hacer la diferencia con el producto extruido compuesto por los mismos ingredientes.

**Cuadro 6.** Composición porcentual y valor nutritivo de la dieta formulada para la determinación de la calidad en harina extruida.

<b>INGREDIENTES</b>	<b>(%)</b>
Harina sin extruida	71.32
Sales minerales	4.00
Vitaminas	5.00
Grasa vegetal	3.20
Azúcar	6.51
Maicena	7.61
Fibra	2.36
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

**Cuadro 7.** Composición porcentual y valor nutritivo de la dieta formulada para determinar de la calidad en harina de quinua sin extruir.

<b>INGREDIENTES</b>	<b>(%)</b>
Harina extruida	71.32
Sales minerales	4.00
Vitaminas	5.00
Grasa vegetal	4.29
Azúcar	5.00
Maicena	8.70
Fibra	1.69
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

La dieta fue suministrada en un peso de 15 gramos de cada muestra y se colocaron en los comederos, se proporcionó durante las primeras horas de la mañana en los días de estudio.

#### **3.4.3.2. Conducción experimental**

La etapa experimental tuvo una duración de 7 días, además del periodo de acostumbamiento duro 4 días. Se registró individualmente la ganancia de peso y consumo diario de alimento durante 45 días registrando la ganancia de peso semanal.

Considerando el registro de la ganancia de peso y consumo diario de alimento se procedió a calcular la Relación de Eficiencia Proteica PER