

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**OPTIMIZACIÓN POR DISEÑO DE MEZCLA DE UN
SNACK DE GRITS DE MAÍZ AMARILLO (*Zea mays*),
HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y HARINA
DE GARBANZO (*Cicer arietinum*) OBTENIDO MEDIANTE
EXTRUSIÓN.**

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

AUTORES:

Bach. Jeniffer Estefania Lázaro Cajusol

Bach. Medali Génesis Sotelo Herrera

ASESOR:

Dr. Cesar Moreno Rojo

**Nuevo Chimbote - Perú
2017**

DEDICATORIA

Dedicado a todos mis seres queridos que estuvieron apoyándome en todo el transcurso de mi tesis y siempre me impulsaron a superarme, a cumplir los objetivos que me trazo y nunca dejar de seguir aprendiendo, porque todo esfuerzo tiene su recompensa.

Jeniffer

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico con mucho amor a Dios, mis padres queridos Jesús y Carmen, mi hermana Deysi, familiares y amigos por su apoyo, consejos y ánimos para alcanzar mis metas.

Medali

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Victor y Victoria, porque fueron una de mis principales motivaciones y siempre estuvieron a mi lado apoyándome en cada pequeña cosa que necesite a los largo de mi vida, porque siempre me dieron lo mejor de ellos.

A mis hermanas por comprenderme y sacarme una sonrisa cuando lo necesitaba.

A mis abuelos Simón y Margarita por tratarme siempre como una hija más y darme confort y cariño sin pedir nada a cambio.

A mi amiga y compañera de tesis Medali, por haber compartido gratos momentos durante nuestros 6 años de amistad y durante el desarrollo de nuestra tesis, porque cuando necesite de alguien siempre estuvo para apoyarme.

A mis amigas por el apoyo brindado, mientras desarrollamos la tesis y por siempre impulsarme ejecutar y concluir con esta investigación.

A mis amigas del IITA, porque a pesar de todo nos divertimos mucho trabajando juntas, a Deysi por siempre aconsejarme y apoyarme en todo momento, y motivarme a superarme siempre y a no conformarme con poco.

A mi asesor el Dr. Cesar Moreno Rojo por el apoyo brindado durante todo el desarrollo de la tesis.

Jeniffer

AGRADECIMIENTOS

A Dios, Mi buen amigo por guiarme, sostenerme, ayudarme en mi camino y concederme los deseos de mi corazón.

A Mis padres Jesús y Carmen, por su muestra de amor al apoyarme constantemente con mucha abnegación y sacrificio.

A mi querida Deysi por compartir muchos momentos especiales y por brindarme su cariño y apoyo en todo momento.

A mi amiga Jeniffer una excelente persona con grandes virtudes por su apoyo incondicional, su paciencia y comprensión.

A mis familiares y amigos por su valoración, ayuda y confianza depositada en mi persona.

Al Dr. Cesar Moreno Rojo por su ayuda a lo largo del desarrollo de esta Tesis.

Medali

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue optimizar la mezcla de grits de maíz (*Zea mays*), Harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y Harina de garbanzo (*Cicer arietinum*) para obtener un extruido que genere los mayores valores en la evaluación sensorial, características físicas y nutricionales para lo cual la granulometría con que se trabajó para el caso de los grits de Maíz fue el porcentaje retenido en la malla N° 60 y para la harina de quinua y garbanzo el % que pasa por la malla N°80. Así también se usó para esta investigación un diseño de mezclas de la metodología de respuestas los cuales tiene las siguientes formulaciones : F1 70:25:5, F2 55:40:5, F3 55:25:20, F4 63:32:5, F5 63:25:12, F6 55:33:12, F7 60:30:10, F8 65:27:8, F9 57:35:8, F10 57:28:15 de grits de maíz, harina de quinua y harina de garbanzo respectivamente.

Estas formulaciones fueron sometidos en un extrusor de doble tornillo que trabajo con 7 temperaturas diferentes, que van desde 30, 40, 50, 60,70, 90, 110°C a una velocidad de tornillo de 267 rpm, aplicando un caudal de agua que va desde 0 a 5 cc/min.

Los extruidos se sometieron a análisis físicos y sensoriales teniendo a la formulación F4 como la óptima la cual tiene como composición proximal: Humedad de 4.945 ± 0.183 %, Proteína de 10.851 ± 0.592 %, Grasa de 6.512 ± 0.632 %, Fibra dietética 7.434 ± 0.104 % y Cenizas 2.439 ± 0.008 %, y características físicas como el IE de 2.753 ± 0.117 , IAA 7.248 ± 0.231 gel gel/ g ms y un ISA de 0.025 ± 0.066 g solidos / g solidos totales. Así también fue la F4 la que obtuvo mayor puntuación en la evaluación sensorial.

Por otro lado la vida útil estimada del snack extruido con formulación óptima basándose en el criterio sensorial y microbiológico es de 27 días.

ABSTRACT:

The objective of this work was to optimize the mixture of corn grits (*Zea mays*), Quinoa flour (*Chenopodium quinoa*) and Garbanzo flour (*Cicer arietinum*) to obtain an extrudate that generates the highest values in sensory evaluation, physical characteristics and nutritional for which the granulometry with which it was worked for the case of corn grits was the percentage retained in the mesh N ° 60 and for the flour of quinoa and chickpea the% that passes through the mesh N ° 80. Thus, a mixture design of the response methodology was used for this research, which has the following formulations: F1 70: 25: 5, F2 55: 40: 5, F3 55:25:20, F4 63: 32: 5 , F5 63:25:12, F6 55:33:12, F7 60: 30: 10, F8 65: 27: 8, F9 57: 35: 8, F10 57:28:15 of corn grits, quinoa flour and chickpea flour respectively.

These formulations were subjected in a twin screw extruder working at 7 different temperatures, ranging from 30, 40, 50, 60, 70, 90, 110 ° C at a screw speed of 267 rpm, applying a flow rate of water goes from 0 to 5 cc / min.

The extrudates were subjected to physical and sensory analysis, having the F4 formulation as the optimum, which has as its proximal composition: Moisture of $4.945 \pm 0.183\%$, Protein of $10.851 \pm 0.592\%$, Fat of $6.512 \pm 0.632\%$, Dietary fiber $7.434 \pm 0.104 \%$ and Ash $2.439 \pm 0.008\%$, and physical characteristics such as IE of 2.753 ± 0.117 , IAA 7.248 ± 0.231 gel gel / g ms and an ISA of 0.025 ± 0.066 g solids / g total solids. Thus, it was F4 that obtained the highest score in sensory evaluation.

On the other hand the estimated useful life of the extruded snack with optimal formulation based on the sensorial and microbiological criterion is of 27 days.

INDICE

I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA:.....	2
2.1. Maíz Amarillo:.....	2
2.1.1. Composición química:.....	3
2.1.1.1. Almidón:.....	3
2.1.1.2. Proteínas:.....	5
2.1.1.3. Fibra:	5
2.2. Quinoa:.....	6
2.2.1. Composición química:.....	7
2.2.1.1. Carbohidratos:	7
2.2.1.2. Proteínas:.....	8
2.2.1.3. Lípidos:.....	10
2.2.1.4. Fibra:	12
2.2.2. Factores Nutricionales:.....	12
2.2.2.1. Saponinas:	12
2.3. Garbanzo:.....	13
2.3.1. Composición Química:.....	14
2.3.1.1. Carbohidratos:	15
2.3.1.2. Proteínas:.....	15
2.3.1.3. Lípidos:.....	16
2.3.1.4. Vitaminas:	17
2.3.1.5. Minerales:.....	17
2.4. Extrusión:.....	18
2.4.1. Extrusor	20
2.4.2. Tipos de extrusores.....	20
2.5. Efectos y cambios químicos en la materia prima durante el Proceso de extrusión.....	21
2.5.1. Carbohidratos	21
2.5.2. Fibras	22
2.5.3. Lípidos	22
2.5.4. Proteínas	23
2.5.5. Vitaminas y minerales	23

III. MATERIALES Y METODOS;	25
3.1. Lugar de ejecución:	25
3.2. Materiales y equipos:	25
3.2.1. Materia Prima:	25
3.2.2. Materiales de laboratorio:	26
3.2.4. Reactivos:	26
3.2.5. Equipos:	27
3.3. Métodos:	28
3.3.1. Caracterización de Materias Primas:	28
3.3.1.1. Determinación de humedad.....	28
3.3.1.2. Determinación de Grasas:	29
3.3.1.3. Determinación de Proteínas:	30
3.3.1.4. Determinación de fibra dietética :	31
3.3.1.5. Determinación de Cenizas:.....	31
3.3.2. Análisis de cada Formulación:	33
3.3.2.1. Determinación de Aw:	33
3.3.2.2. Determinación del índice de Absorción:	34
3.3.2.3. Índice de Solubilidad en Agua:	34
3.3.2.4. Determinación del Índice de Expansión:	35
3.3.2.5. Determinación de Densidad Aparente:	35
3.3.2.6. Determinación de Textura:	36
3.3.2.7. Determinación de Color:	37
3.3.2.8. Análisis Sensorial:.....	37
3.3.3. Caracterización del extruido con formulación óptima:	38
3.3.3.1. Determinación de Vida Útil mediante análisis Sensorial:.....	38
3.3.3.2. Determinación de Vida Útil mediante Análisis Microbiológico:.....	39
3.4. Diseño Experimental:	40
3.5. Metodología Experimental:	43
3.5.1. Obtención de Harina de Quinoa:	43
3.5.2. Obtención de Harina de Garbanzo:	43
3.5.3. Obtención de Grits de Maíz:.....	44
3.5.4. Descripción de la obtención del snack:	44

IV. RESULTADOS Y DISCUSION:	45
4.1. Composición Proximal de las Materias Primas:	45
4.1.1. Grits de Maíz	45
4.2. Granulometría de las materias primas:	48
4.2.1. Maíz Amarillo:	48
4.2.2. Harina de Quinoa:.....	49
4.2.3. Harina de Garbanzo:.....	50
4.3. Análisis de las formulaciones:	51
4.3.1. Aw:	51
4.3.2. Colorimetría:.....	52
4.3.3. Índice de Expansión (IE):.....	53
4.3.4. Densidad Aparente (DA):.....	57
4.3.5. Textura Instrumental:	60
4.3.6. Índice de Absorción de Agua (IAA):	64
4.3.7. Índice de Solubilidad en Agua (ISA):	67
4.4. Evaluación Sensorial de las formulaciones:	69
4.5. Optimización de las muestras de snack extruido:.....	70
4.6. Determinación y Caracterización del Snack Extruido con Formulación óptima:	71
4.6.1. Vida útil:.....	73
4.6.2. Análisis Microbiológico:	76
V. CONCLUSIONES	79
VI. RECOMENDACIONES	80
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	81
VII.ANEXOS	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química del maíz amarillo (<i>Zea mays</i>).....	3
Tabla 2: Composición química de la quinua (<i>Chenopodium quínoa</i>).....	7
Tabla 3: Composición de aminoácidos de la quinua	10
Tabla 4: Composición de ácidos grasos de la quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i>).....	11
Tabla 5: Composición Química del Garbanzo	14
Tabla 6: Contenido de Minerales del garbanzo (mg)	17
Tabla 7: Límites de cada uno de los componentes	40
Tabla 8: Formulaciones del Diseño Experimental	40
Tabla 9: Esquema del Diseño Experimental.....	41
Tabla 10: Análisis de Varianza (ANOVA).....	41
Tabla 11: Composición Proximal de los Grits de Maíz.....	45
Tabla 12: Composición Proximal de la Harina de Quinoa.....	46
Tabla 13: Composición Proximal de la Harina de Garbanzo	47
Tabla 14: Análisis Granulométrico del Maíz Amarillo Molido	48
Tabla 15: Granulometría de la Harina de Quinoa.....	49
Tabla 16: Granulometría de la Harina de Garbanzo.....	50
Tabla 17: Aw de cada una de las Formulaciones	51
Tabla 18: Valores de L*, a*, C* y h* para cada una de las Formulaciones	52
Tabla 19: Resultados del Índice de Expansión.....	53
Tabla 20: ANOVA del Índice de Expansión	53
Tabla 21: Coeficientes de Regresión para el Índice de Expansión.....	54
Tabla 22: Valores de Densidad Aparente (DA).....	57
Tabla 23: ANOVA para la Densidad Aparente (DA).....	57
Tabla 24: Coeficientes de regresión para la Densidad Aparente.....	58
Tabla 25: Resultado de textura Instrumental	60
Tabla 26: ANOVA para la Textura Instrumental	61
Tabla 27: Coeficientes de Regresión para la textura instrumental	61
Tabla 28: Resultados del Índice de Absorción de Agua.....	64
Tabla 29: ANOVA del Índice de Absorción de Agua.....	64
Tabla 30: Coeficientes de Regresión para el IAA	65
Tabla 31: Resultados para el Índice de Solubilidad en Agua	67
Tabla 32: ANOVA del Índice de Solubilidad en Agua	68

Tabla 33: Puntaje obtenido para las formulaciones en el Análisis Sensorial	69
Tabla 34: criterios para la optimización de las mezclas	70
Tabla 35: Mezcla óptima	71
Tabla 36: Composición nutricional del Snack Óptimo	71
Tabla 37: IE, IAA, ISA de la Snack Optimo	72
Tabla 38: Resultados análisis microbiológico	76
Tabla 39: Regresión de los datos microbiológico de los mejores tratamientos.....	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de la morfología del grano de maíz (Zea Mays)	2
Figura 2: Sección longitudinal media del grano de quinua.....	6
Figura 3: Esquema de un extrusor de doble tornillo	20
Figura 4: Materias primas: a. Grits de Maíz b. Harina de Quinoa c. Harina de Garbanzo.....	25
Figura 5: Estufa	28
Figura 6: Equipo para determinación de Grasa (Soxhlet)	29
Figura 7: Equipo para determinación de Proteínas (Kjeldahl).....	30
Figura 8: Equipo para determinación de fibra.....	31
Figura 9: Mufla	32
Figura 10: Evaluación de tamizado	33
Figura 11: Centrifuga	34
Figura 12: Texturometro Brookfield.....	36
Figura 13: Colorímetro.....	37
Figura 14: Análisis Sensorial	38
Figura 15: Diagrama de Flujo obtención de Harina de Quinoa	43
Figura 16: Diagrama de Flujo obtención de Harina de Garbanzo.....	43
Figura 17: Diagrama de Flujo obtención de Grits de Maíz.....	44
Figura 18: Diagrama de Flujo obtención del extruido	44

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Superficie de Respuesta (b) Grafico de Contorno de la respuesta del Índice de Expansión	56
Gráfica 2: a). Superficie de Respuesta (b). Gráfico de Contorno de la densidad aparente.....	59
Gráfica 3: Superficie de Respuesta (b). Grafica de Contorno de la respuesta de la Textura Instrumental.....	63
Gráfica 4: (a). Superficie de respuesta (b) Gráfico de Contorno para la respuesta del Índice de Absorción en Agua	66
Gráfica 5: Respuestas del Atributo de Olor durante análisis de vida útil	73
Gráfica 6: Respuestas del Atributo de Color durante análisis de vida útil.....	74
Gráfica 7: Respuestas del Atributo de Sabor durante análisis de vida útil	74
Gráfica 8: Respuestas del Atributo de Textura durante análisis de vida útil	75
Gráfica 9: Grafica de regresión de los datos microbiológicos en función al tiempo para reacción de primer orden F1	77
Gráfica 10: Grafica de regresión de los datos microbiológicos en función al tiempo para reacción de primer orden F4	78

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculos para determinación de Humedad.....	28
Ecuación 2: Cálculos para determinación de Grasas.....	29
Ecuación 3: Cálculo para determinación de % de Proteína.....	30
Ecuación 4: Cálculo para determinación de fibra	31
Ecuación 5: Cálculo para determinación de cenizas	32
Ecuación 6: Cálculo para el % de retención.....	33
Ecuación 7: Calculo para el % cernido.....	33
Ecuación 8: Cálculos para determinación de IAA.....	34
Ecuación 9: Cálculo para determinación de ISA.....	35
Ecuación 10: Cálculo para el IE	35
Ecuación 11: Cálculo para la determinación de la DA.....	36
Ecuación 12: Ecuación para el Índice de Expansión.....	54
Ecuación 13: Ecuación para la densidad aparente.....	58
Ecuación 14: Ecuación para la Textura Instrumental.....	62
Ecuación 15: Ecuación para el Índice de Absorción de Agua.....	65
Ecuación 16: Ecuación de Regresión para la F4	78
Ecuación 17: Ecuación de Regresión para la F1	78

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Procedimiento para la obtención de los grits de maíz, harina de Quinoa y Harina de Garbanzo	88
Anexo 2: Obtención del snack extruido	90
Anexo 3: Procedimiento para la determinación de la composición proximal de la MP y del snack extruido.....	91
Anexo 4: Procedimiento para la determinación de las Características Físicas del Snack Extruido	95
Anexo 5: Cálculos de la composición de las materias primas y formulación óptima....	97
Anexo 6: Ficha de Análisis Sensorial e Intención de Compra.....	99
Anexo 7: Resultados del Análisis Sensorial.....	100
Anexo 8: Resultados de la Evaluación de Vida Útil del Snack Óptimo	104
Anexo 9: Cálculos para la determinación de las características Físicas	109
Anexo 10: Criterios Fisicoquímicos que debe cumplir un producto extruido	113
Anexo 11: Criterios Microbiológicos que debe cumplir un producto extruido	114
Anexo 12: Computo Químico	115

I. INTRODUCCION

La alimentación en la actualidad es un tema relevante ya que la malnutrición ha causado un aumento progresivo de enfermedades en la mayoría de los países como obesidad, diabetes, cáncer de estómago, hipertensión arterial entre otros. Es por ello la preocupación por el exigente estudio de alimentos.

Siendo los snacks extruidos como un alimento de consumo masivo y de aceptabilidad alrededor del mundo por su ventaja respecto al bajo costo y almacenamiento. Es por ello que en esta investigación se planteó desarrollar un producto extruido a base de grits de maíz amarillo, harina de quinua y harina de garbanzo que tenga la mayor aceptabilidad y las mejores características del producto.

Por lo que la harina de quinua contiene un alto porcentaje de proteínas (Rojas , 2010) y la harina de garbanzo a su vez tiene alta contenido de grasas respecto a los otros componentes (Grusak, 2007) por lo que al consumir estaría incorporando nutrientes necesario para regular y llevar a cabo una buena alimentación.

El presente proyecto se propone estudiar la optimización de la mezcla de grits de maíz (*Zea mays*), harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y harina de garbanzo (*Cicer arietinum*) para obtener un extruido que genere los mayores valores en la evaluación sensorial, características físicas y nutricionales que un extruido debe tener.

Considerando como objetivos específicos lo siguientes:

- Determinar la granulometría de las materias primas (maíz amarillo, quinua, garbanzo) mediante tamizado.
- Caracterizar los extruidos mediante análisis físicos y sensoriales.
- Determinar la composición químico – proximal del extruido con formulación óptima.
- Determinar la vida útil del extruido optimo basándose en el análisis sensorial y microbiológico.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA:

2.1. Maíz Amarillo:

El maíz es una forma doméstica de una cepa de teosinte (*Zea mays ssp. Parviglumis*), un “pasto” salvaje que pertenece a la familia de las gramíneas y cuyo nombre científico es *Zea mays*. Este cereal, junto con el trigo y el arroz, es uno de los más importantes en el mundo. Su relevancia se debe a que suministra elementos nutritivos al hombre y a los animales y es materia prima básica para la industria, ya que con él se producen almidón, aceites, proteínas, bebidas alcohólicas y edulcorantes alimenticios, entre otros productos. Como alimento puede utilizarse todo el grano, maduro o no; también procesarse con técnicas de molienda en seco para obtener un número relativamente grande de productos intermedios, entre los que podemos mencionar la sémola con partículas de diferentes tamaños y la sémola en escamas y harinas, que a su vez tienen muchos usos en una amplia variedad de alimentos. (Benítez et al., 2006).

El grano del maíz está compuesto por un 70 a 75 % de almidón, 8 a 10 % de proteína y 4 a 5 % de aceite, contenidos en tres estructuras: el germen (embrión) que constituye el 10 al 12% del peso seco, el endosperma que constituye el 80 % y contiene el 98 % del almidón y el 74 % de proteínas, el pericarpio que constituye el 5 al 10 % del peso seco que incluye todos los tejidos de cobertura exterior, con un 100 % de fibra vegetal. (Álvarez, 2006)

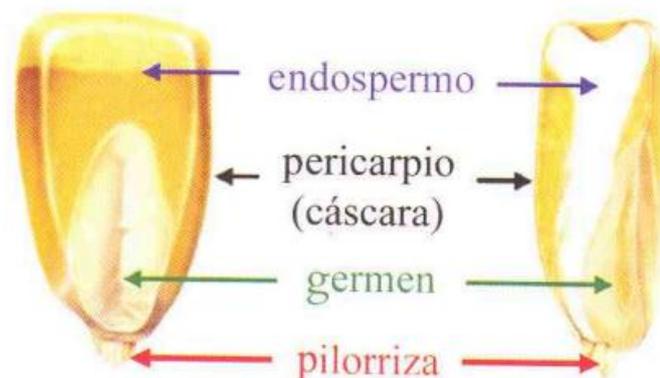


Figura 1: Esquema de la morfología del grano de maíz (*Zea Mays*)

Fuente: Benítez, 2006

2.1.1. Composición química:

Debido a su ingesta relativamente elevada en los países en desarrollo, a los cereales no se les considera solo una fuente de energía proporcionada por el almidón, sino que además suministran cantidades notables de proteínas y otros nutrimentos. Vale la pena mencionar que cada una de las partes del grano de maíz, difiere considerablemente en su composición química, que a su vez varía ampliamente por causas tanto genéticas como ambientales. (Benítez et al., 2006)

Tabla 1: Composición química del maíz amarillo (*Zea mays*)

Componente Químico	(g/100 g)
Humedad	13.5
Proteínas	6.7
Grasa	4.8
Carbohidratos	73.6
Fibra cruda	3.8
Cenizas	1.4

Fuente: Tablas de composición Peruanas

2.1.1.1. Almidón:

El almidón es el principal componente del grano de maíz (*Zea mays*) y por tanto influye mucho en la funcionalidad como ingrediente en los diferentes usos de la industria alimentaria. El almidón existe como gránulos discretos con diferentes formas, tamaños y composición, en función del genotipo del maíz. Las propiedades específicas del almidón en cada genotipo, afectan características como textura, volumen, consistencia, humedad y la vida de anaquel de los alimentos (Reyes, 2003).

Las propiedades físicas (Chiotelli y Le Meste, 2002) y la composición química (Geera et al, 2006) de los gránulos de

almidón son afectados por su tamaño, el cual también afecta la funcionalidad del grano y permite una amplia variabilidad de usos. Según (Tang et al, 2000), los gránulos más grandes se localizan cerca de la superficie externa del grano, mientras que los más pequeños tienden a ubicarse cerca del centro.

El granulo de almidón está compuesto por 2 polímeros: amilosa y amilopectina. (Darrah et al, 2007). La amilosa representa cerca del 25 a 30 % del almidón, siendo formada por un estructura esencialmente lineal por enlaces α 1 – 4 entre unidades de D- glucosa y que tienes un peso molecular aproximadamente de 10^5 Da. La amilopectina representa entre el 70 al 75 % del almidón, siendo compuesto por estructuras lineales (enlaces α 1 – 4) y ramificadas (enlaces α 1 – 6) con un peso molecular de aproximadamente 10^8 Da (Shelton e Lee, 2000).

Dentro de las propiedades fisicoquímicas y reológicas del almidón, los aspectos más importante son: morfología del granulo, contenido de amilosa, cristalinidad, temperatura de gelatinización, retrogradación y digestibilidad (White e Tziotis, 2004). Además, este polisacárido es responsable de la textura, apariencia, sabor, Índice de Expansión y densidad de los productos extruidos (Huber, 2001)

Las diferencias en las características de la composición del endospermo son debido a la separación del almidón de la matriz proteica durante la molienda y están directamente relacionadas con la dureza y la variedad del maíz. Cuanto mayor sea la dureza presentada por el maíz, mayor será la compactación de la matriz proteica sobre el almidón y, durante el proceso de molienda, la proteína tiende a quedarse adherida al gránulo de almidón. (Singh et al., 2009)

2.1.1.2. Proteínas:

Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11 % del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. (Gutiérrez, 2008).

Normalmente fracciones con mayor granulometría tiende a presentar mayor contenido proteico en las variedades de maíz con mayor dureza, quedando evidenciado en variedades que presentan mayor proporción de endospermo vítreo. (Duensing et. al ,2007)

2.1.1.3. Fibra:

La fibra dietética es el cuarto componente mayoritario localizándose fundamentalmente en el pericarpio y en la piloriza. La fibra insoluble está en mayor proporción que la fibra soluble, mientras que los granos enteros tendrán mayor cantidad de fibra que los granos descascarados (Sánchez, 2014).

2.2. Quinua:

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un pseudo-cereal que se cultiva en la región andina desde hace miles de años. La quinua es una planta anual con un tallo erecto y puede cultivarse desde el nivel del mar hasta una altitud de 3800 m. La quinua está recibiendo cada vez más atención debido al valor nutritivo de sus proteínas ricas en aminoácidos como la lisina y la metionina que son deficientes en los cereales. Debido a la alta proporción de D-xilosa, maltosa y fructosa, la quinua sería también un ingrediente útil en formulaciones de bebidas de malta. (Abugoch, 2009). La importancia de la quinua reside en la alta calidad como alimento, la utilización completa de la planta y su amplia adaptación a condiciones agroecológicas. Su utilización racional está orientada a rescatar el sistema tradicional del cultivo de quinua, que es el manejo ecológico de suelos, plagas y enfermedades con la perseverancia en el sistema tradicional de los agricultores de este cultivo. La quinua está considerada como el alimento más completo para la nutrición humana basada en proteínas de la mejor calidad en el reino vegetal por el balance ideal de sus aminoácidos esenciales, ácidos grasos como omega 3, 6 y 9, en forma equilibrada, vitaminas, y minerales como el calcio y el hierro. (Mujica, 2006)

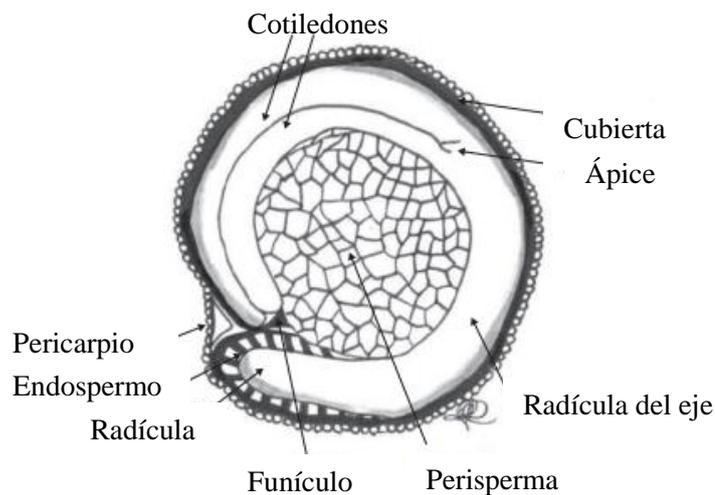


Figura 2: Sección longitudinal media del grano de quinua
Fuente: Arendt & Zannini, 2013

2.2.1. Composición química:

La quinua, *Chenopodium quínoa*, es un grano andino que se caracteriza por el alto contenido de proteína y la presencia de aminoácidos esenciales, necesarios para la síntesis de proteínas con otros nutrientes. Este grano forma parte de la dieta de la población de los países andinos, debido a que ayudan a satisfacer los requerimientos nutricionales reemplazando a la proteína animal. (López, 2012)

La quinua es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo, es decir que presenta un adecuado balance de proteínas, carbohidratos y minerales, necesarios para la vida humana. El valor proteico de un alimento se mide con base en dos factores: el balance de los aminoácidos y el contenido de los llamados aminoácidos esenciales. La quinua sobresale en estos dos factores, pues contiene 16 de los 24 aminoácidos existentes (Villacrés et al., 2011).

Tabla 2: Composición química de la quinua (*Chenopodium quínoa*)

Componente Químico	(g/100g)
Proteínas	12.3
Carbohidratos	67.1
Grasa	7.2
Fibra	7.0
Cenizas	2.4
Humedad	11.0

Fuente: Tabla Peruana de Composición de Alimentos (2009)

2.2.1.1. Carbohidratos:

Los componentes principales de la quinua son los hidratos de carbono, lo que representa 60 a 74% de la materia seca (Wright et al, 2002). El almidón es de aproximadamente 58,1 a 64,2% de la materia seca (Repo-Carrasco et al., 2003), de los cuales 10-21% (dependiendo de la variedad)

es amilosa (Lorenz y Coulter, 1991; Araujo-Farro et al., 2010). Los gránulos de almidón de quinoa, situado en el perisperma de la semilla, tienen una forma poligonal con un diámetro de 0,4 a 2,0 micras, siendo menor que los reportados para el maíz (1-23 micras) y para el trigo (2-40 micras). El tamaño extremadamente pequeño y alta viscosidad del gránulo de almidón pueden ser beneficiosamente explotados para aplicaciones industriales especializadas (Ramos, 2002), incluyendo aquellos fuera de la industria alimentaria. Almidones que tienen gránulos de pequeño tamaño podrían servir como quitar el polvo de los almidones en cosméticos y como agentes de liberación del molde de caucho de neumáticos. También es posible usar como un material de carga biodegradable en envases de polímero (Gonzales ,2013). Además, de acuerdo con (Araujo-Farro, 2006), almidón de quinua es capaz de formar películas biodegradables comestibles transparentes sin ningún pretratamiento químico. Su excelente estabilidad a la congelación-descongelación hace que sea un espesante ideales en alimentos congelados y otras aplicaciones, donde se desea resistencia a la retrogradación (Gonzales ,2013).

2.2.1.2. Proteínas:

Entre el 16% y el 20% del peso de una semilla de quinua los constituyen proteínas de alto valor biológico, entre ellas todos los aminoácidos, incluidos los esenciales, es decir los que el organismo es incapaz de fabricar y por lo tanto requiere ingerirlos por la alimentación. Y no olvidemos que los aminoácidos son los elementos que forman las proteínas. La proteína cumple un papel fundamental dando forma a las células, tejidos y órganos y participando en todos los procesos biológicos. (Llorante, 2006).

La calidad nutricional de un producto depende tanto de la cantidad como de la calidad de sus nutrientes. La quinua según Bo (1991) y Morón (1999), citados por Jacobsen y Sherwood (2002) presenta el valor de 13,81 g/100 g. En general, si se hace una comparación entre la composición de nutrientes de la quinua y los del trigo, arroz y maíz (que tradicionalmente se mencionan en la bibliografía como los granos de oro) se puede corroborar que los valores promedios que reportan para la quinua son superiores a los tres cereales en cuanto al contenido de proteína, grasa y ceniza (Rojas et al., 2010).

El contenido de proteína de la quinua varía entre 13.81 y 21.9% dependiendo de la variedad. Debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO. Al respecto (Egas,2010) acota que el balance de los aminoácidos esenciales de la proteína de la quinua es superior al trigo, cebada y soya, comparándose favorablemente con la proteína de la leche.

Establece que el contenido proteico del grano de quinua es entre 11% - 21%, con un promedio de 15%. En comparación con otros cereales, las proteínas de la quinua son particularmente altas en lisina, aminoácido limitado en la mayoría de los cereales. (Repo – Carrasco, 2003)

La cantidad de proteínas en la quinua depende de la variedad, con un rango comprendido entre un 10,4 % y un 17,0 % de su parte comestible. Aunque generalmente tenga una mayor cantidad de proteínas en relación con la mayoría de granos, la quinua se conoce más por la calidad de las mismas. La proteína está compuesta por

aminoácidos, ocho de los cuales están considerados esenciales tanto para niños como para adultos. (FAO, 2013).

Tabla 3: Composición de aminoácidos de la quinua

Componente Químico	Promedio Composición AAE (%)
Acido aspártico	7.8
Treonina	3.4
Serina	3.9
Ácido glutámico	13.2
Prolina	3.4
Glicina	5.0
Alanina	4.1
Valina	4.2
Isoleucina	3.4
Leucina	6.1
Tirosina	2.5
Fenilalanina	3.7
Lisina	5.6
Histidina	2.7
Arginina	8.1
Metionina	3.1
Cistina	1.7
Triptófano	1.1
% N del grano	2.05
% proteína	12.8

Fuente: Repo - Carrasco et al. (2003)

2.2.1.3. Lípidos:

El contenido de lípidos en el grano de quinua es de 6.1 % y la mayor parte se hallan en el embrión. La composición del aceite de la quinua es parecida a la del aceite de soya, los principales ácidos grasos que conforma la grasa de la quinua son el linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3), que constituyen entre el 55-63% de la grasa de la quinua

(Kozior, M., 2002). Cabe mencionar que la grasa de quinua es baja en colesterol (GTZ et al, 2001).

El contenido de aceite en la quinua oscila entre el 1.8 % y el 9.5 % con un comedio promedio de 5.0 – 7.2 % superior a la del maíz (3 -4 %) (Koziol M, 1992).

La quinua contiene más grasas (6.3 g) por cada 100 g de peso en seco en comparación con los frijoles (1.1 g), el maíz (4.7 g), el arroz (2.2 g) y el trigo (2.3 g). Las grasas son una importante fuente de calorías y facilitan la absorción de vitaminas liposolubles. Del contenido total de materias grasas de la quinua, más del 50 % viene de los ácidos grasos poliinsaturados esenciales linoleico (omega 6) y linolénico (omega 3). Los ácidos linoleico y linolénico se consideran ácidos grasos esenciales, ya que no los puede producir el cuerpo. Se ha demostrado que los ácidos grasos de la quinua mantienen la calidad debido al alto valor natural de la vitamina E, que actúa como antioxidante natura. (FAO, 2013)

Tabla 4: Composición de ácidos grasos de la quinua
(*Chenopodium Quinoa*)

Componente Químico	(%)
Ácido Mirístico (C14:0)	0.14
Ácido Palmítico (C16:0)	8.5
Ácido Esteárico (C18:0)	0.66
Ácido Oleico (C18:1 ω_9)	23
Ácido Linoleico (C18:2 ω_6)	52.3
Ácido Linolénico (C18:3 ω_3)	8.07
Ácido Araquídico (C20:0)	0.56
Ácido Gadoleico (C20:1 ω_9)	1.66
Eicosadienoico (C20:2 ω_6)	0.16
Ácido Behénico (C22:0)	0.98
Ácido Úrico (C22:1 ω_9)	1.89
Ácido Linocerico (C24:0)	0.45
Otros	1.43

Fuente: Wood et.al (1993) & Chung et. Al (2009)

2.2.1.4. Fibra:

En un estudio reciente de cuatro variedades de quinua se mostró que la fibra dietética en la quinua cruda varía entre los 13.6 g y los 16.0 g por cada 100 g de peso en seco. La mayoría de la fibra dietética era insoluble, con un intervalo de 12.0 g a 14.4 g en comparación con el contenido comprendido entre 1.4 g y 1.6 g de la fibra soluble por cada 100 g de peso en seco. De modo similar al valor proteico total de la quinua, el valor de la fibra dietética es por lo general mayor al de la mayoría de granos e inferior al de las legumbres. La fibra dietética constituye la parte de los alimentos vegetales que no se puede digerir y es importante para facilitar la digestión y prevenir el atasco fecal del intestino. (FAO, 2013)

2.2.2. Factores Nutricionales:

Por definición, los factores anti nutricionales son los compuestos biológicos presentes en los alimentos humanos o animales que reducen la utilización de nutrientes o la ingesta de alimentos, lo que contribuye a deteriorar el rendimiento gastrointestinal y metabólico (Dunlop, 2004). Se han encontrado varios factores anti nutricionales en la quinua, como las saponinas, los taninos, los inhibidores de la proteasa y el ácido fítico, que pueden ejercer un efecto negativo sobre el rendimiento y la supervivencia de los animales monogástricos cuando se utiliza como fuente primaria de energía alimentaria (Nsimba et al. , 2008).

2.2.2.1. Saponinas:

Las saponinas son glicoalcaloides, factor antinutricional, que se encuentran en el epispermo de los granos de diversas variedades comerciales de quinua, que le dan un sabor amargo que impide su consumo directo. Producen espuma estable en soluciones acuosas, bajan el nivel de plasma del colesterol y causan hemólisis en las células

sanguíneas. Son solubles en metanol y agua y son tóxicas para especies acuáticas (de sangre fría). El contenido de saponinas varía entre 0-3% pp en granos secos. Granos muy amargos se clasifican entre 1 y 3%, granos de contenido medio entre 0.1 y 1% y variedades dulces, de 0.0 a 0.1%. (T.E. de la Cruz, 2003). Estas saponinas son responsables del sabor astringente o amargo característico asociado con la quinua (Tarade et al., 2006). Para ser comestible, la saponina debe ser eliminada de las semillas de quinua. Tradicionalmente, la saponina se ha eliminado laboriosamente fregando a mano la quinua con agua alcalina. El contenido de saponina se verifica colocando el grano en un tubo, añadiendo agua y agitando vigorosamente durante 30 s. Si no se produce espuma, se supone que todas las saponinas han sido eliminadas. (Karwe et al., 2007).

2.3. Garbanzo:

El garbanzo (*Cicer arietinum*) es una especie de leguminosa, muy extendida en la India y en el ámbito mediterráneo. Se trata de una planta herbácea, de aproximadamente 50 cm de altura, con flores blancas o violetas que desarrollan una vaina en cuyo interior se encontrarán 2 o 3 semillas como máximo (Osorio, 2008)

Según las estadísticas de la FAO, la producción mundial anual y la superficie cosechada de garbanzos de 1961 a 2003 se ha mantenido relativamente estable en torno a 7 millones de toneladas y 10 millones de hectáreas, respectivamente. (Bejiga et al .2006)

El garbanzo es una buena fuente de proteínas y carbohidratos; además, posee importantes cantidades de algunas vitaminas (niacina, tiamina, ac. ascórbico) y minerales (Ca, P, Fe, K, Mg), el contenido de vitaminas es bajo destacan la vitamina K ,E Así mismo el contenido en fibras es importante tanto como soluble o insolubles lo cual contribuye al tránsito intestinal y ayuda a combatir el estreñimiento y el contenido de folatos a

su vez es una excelente fuente de ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico). (Reyes et al. 2006)

Las características físicas del grano de garbanzo dependen de la variedad (genotipo) y de las condiciones ambientales durante su desarrollo. El conocimiento de las propiedades físicas es indispensable para el adecuado diseño del equipamiento, para el manejo, transporte y acondicionamiento de los granos. En un estudio realizado por (Ravi, 2005) reportó datos de diámetro perpendicular (7.58 ± 0.07 mm) y diámetro paralelo al cotiledón (9.47 ± 0.14) para el grano tipo kabuli. Por su realizaron mediciones de las dimensiones de longitud (7.92 -8.14 mm), ancho (6.10 – 6.37 mm) y grosor (6.34 – 6.84 mm).

Tienen concentraciones bajas de componentes antinutritivos como saponinas, taninos y fitatos que producen efectos beneficiosos. Las leguminosas consumidas habitualmente en nuestras regiones contienen concentraciones no tóxicas de estos componentes y trabajos recientes ponen de manifiesto que concentraciones no tóxicas de saponinas reducen la absorción de colesterol en el tracto digestivo. (Wood, 2007)

2.3.1. Composición Química:

La composición química del garbanzo está basado en un alto contenido de grasa y fibra así mismo la cantidad de proteínas esta alrededor del 22 %.(Aguilar et al ,2013). Las semillas maduras de garbanzo por 100 g de porción comestible son como indica la tabla.

Tabla 5: Composición Química del Garbanzo (*Cicer arietinum*)

Componente químico	(g/100g)
Agua	7.68
Proteínas	20.47
Grasa	6.04
Carbohidratos	62.95
Fibra	12.2

Fuente: Muhammad et al. (2013)

2.3.1.1. Carbohidratos:

El garbanzo es una gran fuente de carbohidratos y proteínas, representando aproximadamente el 80% del peso total del grano siendo la concentración de monosacárido tales como la galactosa (0.05%), ribosa (0.01%), fructuosa (0.25%) y glucosa (0.7%). Los oligosacáridos están presentes en una concentración altas en los garbanzos los cuales no son absorbidos y digeridos por el sistema digestivo humano pero son fermentados por las bacterias del colon liberando gases (flatulencia). Así mismo posee un 62% de α -galactosidos de los azúcares totales. (Jukanti et al, 2012).

El contenido de amilosa varía entre 30 y 40% en el almidón además esto se asocia con la digestibilidad. (Aguilar, et al ,2003).

2.3.1.2. Proteínas:

Los garbanzos son una excelente fuente de triptófano y fenilalanina, aminoácidos esenciales que una vez ingeridos aumentan el nivel de satisfacción y saciedad, nutrientes esenciales para el buen funcionamiento del cerebro (Kerem, 2007). Es rico en proteínas, consideradas como las de mayor valor biológico entre las que poseen las leguminosas además contiene fibra, minerales (cobre, manganeso, hierro y zinc) y vitaminas (en orden de importancia B, C, A, E y K). En ese sentido, dado su elevado valor nutritivo, es un excelente complemento de los cereales (Mazzufer, 2000).

La calidad de la proteína resulta ser mejor que otras leguminosas tales como frijol negro, judía y frijol rojo.

La mayor cantidad de proteínas que se encuentran en el garbanzo son principalmente de reserva y se clasifican con base a sus propiedades de solubilidad, como

albuminas, globulinas y glutelinas. Las albuminas corresponden al 10-20% de la proteína total y las glutelinas están entre el 10 y el 20% (Roy, Boye y Simpson, 2010).

La composición esencial de aminoácidos por 100 g de porción comestible es: triptófano 185 mg, lisina 1291 mg, metionina 253 mg, fenilalanina 1034 mg, treonina 716 mg, valina 809 mg, leucina 1374 mg e isoleucina 828 mg. Los ácidos grasos principales son por 100 g de porción comestible: ácido linoleico 2593 mg, ácido oleico 1346 mg, ácido palmítico 501 mg, ácido linolénico 101 mg y ácido esteárico 85 mg (USDA, 2004).

El contenido de proteína en el garbanzo varía significativamente cuando se considera la masa total del grano seco (17 – 22 %) y cuando es descascarado incrementa (25.3 – 28.9 %). (Wood y Grusak, 2007)

2.3.1.3. Lípidos:

En cuanto al contenido de grasa es mayor que otras leguminosas lo cual oscila entre los 3-8.5 %. El contenido de lípidos comprende de ácidos grasos poliinsaturados (62-67%), ácidos grasos monoinsaturados (19-26%) y grasas saturadas (12-14%) (Aguilar et al ,2013).

El garbanzo presenta mayor contenido de grasa que otras leguminosas. La concentración total de lípidos de los tipos desi y kabuli oscila entre 2.9 – 7.4 % y 3.4 – 8.8 % respectivamente. El contenido total de lípidos en el garbanzo comprende principalmente ácidos grasos poliinsaturados (62 – 67 %), ácidos grasos monoinsaturados (19-26%) y grasas saturadas (12 -14%) (Wood y Grusak, 2007)

2.3.1.4. Vitaminas:

El garbanzo es un alimento relativamente barato y buena fuente de ácido fólico y tocoferoles y contiene vitaminas hidrosolubles y liposolubles así pues del grupo del complejo B destacan la riboflavina (vitamina B2) , la niacina (vitamina B3) ,y se asocia con el contenido de proteínas por lo mismo que los alimentos ricos en proteínas además son fuentes importantes de niacina. Además posee una alta concentración de carotenoides hasta 49 mg/100 g de β -carotenos, precursor de la vitamina A. (Jukanti et al, 2012).

2.3.1.5. Minerales:

El garbanzo aporta alrededor del 40% de magnesio y cobre así como el 15 % de hierro y el zinc y un 7 % de selenio. (Aguilar, et al ,2013). En la tabla 6 se considera algunas cantidades de macronutrientes del garbanzo.

**Tabla 6: Contenido de Minerales del garbanzo
(*Cicer Arietinum*)**

Mineral	Cantidad (mg)	
	Mínima	Máxima
Calcio	40.0	267.0
Magnesio	10.0	239.0
Fosforo	159.0	930.0
Potasio	220.0	1330.0
Sodio	2.1	64.0
Azufre	160.0	200.0
Hierro	3.2	14.3
Magnesio	0.1	9.4
Cobalto	6.0	41.0
Zinc	2.0	5.4
Selenio	0.5	10.0

Fuente: Wook & Cruzak (2007)

2.4.Extrusión:

La extrusión consiste en un proceso donde el producto alimenticio es forzado a fluir a través de un tornillo sinfín de acuerdo a las condiciones de mezcla, dándole forma al producto deseada por la inducción de calor a elevada temperatura en un corto tiempo (cocción) así mismo usando un troquel de corte. Permite obtener una gran variedad de alimentos e ingredientes con una alta productividad a costo bajo de operación ahorrando la energía consecuentemente obteniendo productos de alta calidad. Así mismo se produce la mejora sustancial en la digestibilidad y el valor biológico de las proteínas ya que en el proceso se produce una mínima degradación de nutrientes (Reyes, 2002).

En la extrusión los parámetros importantes como la velocidad de alimentación, velocidad y configuración del tornillo, geometría del dado, temperatura y presión influyen a contenido de humedad y el tiempo de residencia estos a la vez influyen a la calidad de producto terminado. Así mismo las variables relacionadas con el equipo y la composición de las materias primas intervinientes generan la aceptabilidad de los atributos sensoriales de los extruidos (Pérez ,2006).

Durante el proceso de extrusión ocurre un calentamiento excesivo a una alta presión formando un sistema fluido que al pasar por la matriz sufre de expansión causada por la caída la presión de vapor de agua. Asi mismo como para el extruido se usa materias primas con alto contenido de almidones y proteínas por lo que requieren el acondicionamiento de mayor humedad debido a la hidrofilia de algunas proteínas, que causan la retención de vapor de agua por lo cual puede generar la disminución de expansión del material. (Guy, 2001).

Se combina operaciones unitarias en el proceso de extrusión tales como mezcla, acondicionamiento, transporte, homogenización, cocción, eliminación de humedad, desgasificación, estabilización enzimática, texturización, pasteurización esterilización los cuales general productos de alta calidad (Schmiele ,2009).

El sistema de alimentación debe ser constante sin interrupción pues es fundamental para el correcto funcionamiento del extrusor así mismo para que obtener productos extruidos homogéneos. El tornillo es una de las partes más importantes del sistema ya que esta se encarga de dar el cocimiento es decir la gelatinización del almidón lo cual tienen que ver con la calidad del producto final. La caja de la extrusora donde el tornillo gira tiene ranuras internas para mejorar el grado de cocimiento del material a procesar estas pudiendo ser paralelas o en forma de espiral. Las ranuras en forma de espiral aumentan el grado de gelatinización de material. La cocción o cizallamiento es altamente influenciado por la proporción de la longitud y el diámetro del cilindro. (L/D – longitud/diámetro). Para cilindros L/D menor que 10 ocurre una alta cocción, característica deseada en los productos extruidos ya que requiere menor tiempo de residencia de material. (Fellow, 2000).

Según (Guy, 2001), (Fellow, 2000) las mayores ventajas de proceso se extrusión en la industria son:

- Versatilidad: permite el uso de diversos tipos de materias primas, condiciones de operación, permitiendo el valor agregado en el desarrollo de nuevos productos.
- Costo: bajo costo de producción comparado con una alta productividad.
- Productividad: proceso continuo con alto rendimiento y totalmente automatizado.
- Calidad de producto: por ser considerado como un proceso HTST (alta temperatura a corto tiempo) preserva los componentes sensibles a altas temperaturas, aumenta la digestibilidad de proteínas y almidones, también puede inactivar factores anti nutricionales (ejemplo inhibidores de la tripsina), enzimas (lipasa y la lipoxinasa) y microorganismos.
- Proceso "amigo" de la naturaleza: el proceso no produce efluentes, reduciendo costos y evitando la contaminación ambiental.

2.4.1. Extrusor

El extrusor es un equipo constituido por una tolva de alimentación, cilindro, camiseta, tornillo, cabezal, boquilla tal como se observa en la figura siguiente

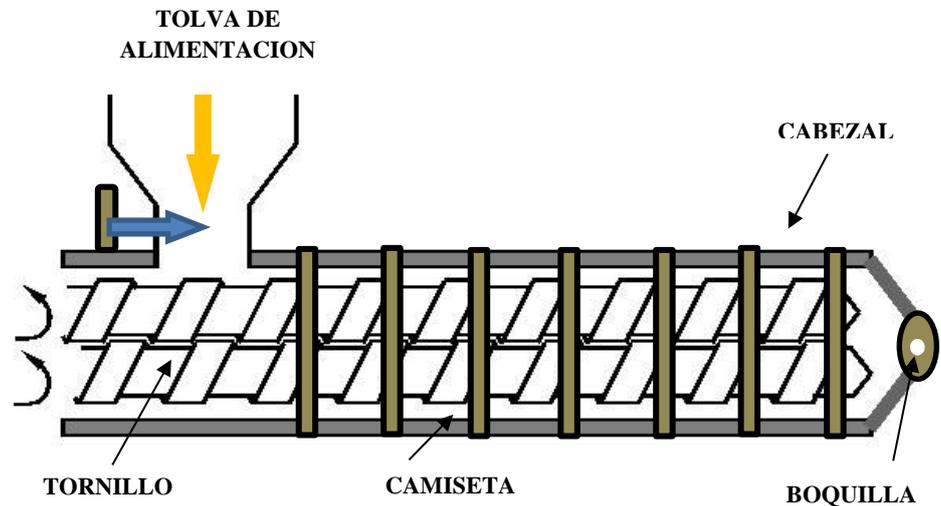


Figura 3: Esquema de un extrusor de doble tornillo

El tornillo o husillo es una de las partes más importantes ya que contribuye a realizar las funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material. La estabilidad del proceso y la calidad del producto final dependen mucho del diseño del tornillo. Siendo los parámetros más importantes dentro de sus diseño como longitud, diámetro, Angulo del flete y el paso de la rosca. (Beltrán, Marcilla, 2012)

2.4.2. Tipos de extrusores

Los extrusores usados para la producción de productos expansión son los de un solo tornillo y doble tornillo y también las multitornillos que, como su nombre lo indica, posee más de un tornillo dentro de los cuales existen gran variedad dependiendo de si los tornillos tienen giro contrario (los más corriente ya que generan mayor fuerza de cizalla) o

paralelo y del grado de interpenetración entre los mismos. Las extrusoras de doble tornillo presentan posibilidades que a menudo superan en gran medida a los de un solo tornillo. Entre las ventajas que presentan se incluye una buena capacidad de mezclado, desgasificado y un buen control del tiempo de residencia del material. Viendo algunas desventajas como su precio, superior a las de tornillo único. (Beltrán & Marcilla, 2012).

2.5. Efectos y cambios químicos en la materia prima durante el Proceso de extrusión.

Durante el proceso de extrusión, el material sólido con baja humedad se transforma en un fluido de alta viscosidad. Como en el caso de las harinas durante el proceso se destaca los cambios en la estructura y composición inicial del endospermo, degradación térmica, polimerización de fragmentos y la complejidad de las moléculas. Sin embargo algunas sustancias no sufren ninguna degradación y permanecen como partículas dentro de la fase dispersa. (Lee et al ,2006).

Los cambios que experimenta el alimento al pasar a través del extrusor involucran toda su estructura interna y externa, de modo que si hablamos de los cambios que afectan internamente, podríamos decir que desnaturaliza a las proteínas volviéndolas más digeribles y si hablamos de los cambios que sufre de manera externa la expansión sería el principal cambios. (Colina, 2012)

2.5.1. Carbohidratos

Durante el proceso de extrusión ocurre la gelatización parcial o total de las partículas de almidones en presencia de agua, calor y tiempo de retención dentro del extrusor. Varía de acuerdo a la granulometría ya que a partículas menores ocurre una mayor absorción de agua por tanto resultada productos de diferentes grados de cocción. (Aschieri, 2007). El almidón sufre cambios

ya que en el proceso sufre el hinchamiento de los gránulos , la pérdida de la cristalinidad y Birrefringencia resultando la disminución de la viscosidad y la solubilización de la amilosa (Schmiele , 2006).

La gelatinización de almidón ocurre en cantidades reducidas de agua (Aprox. 12-22%) en relación con otros procesos convencionales de cocimiento. Existen varias propiedades en productos extruidos que podemos analizar y controlar tales como IAA (Índice de absorción de agua), ISA (índice de solubilidad en agua), IE (índice de expansión), viscosidad de pasta y propiedades de textura (Camire, 2000).

El contenido de la amilosa y amilopectina también influyen sobre todo en el índice de expansión en función de la temperatura utilizada así la amilosa necesita temperaturas próximas a 225C° para la máxima expansión y en cuando a la amilopectina es a 135C° ambos con aproximadamente 14 % de humedad. A mayores concentración de amilopectina resultan extruidos con células menores en la estructura y menor densidad específica en cuanto a los valores altos de amilosa resultan con menores índices de expansión , mayor dureza y mayor resistencia a la absorción de agua.(Schmiele ,2006).

2.5.2. Fibras

Las condiciones de extrusión no afectan las cantidades de fibra total presente en la materia prima pero si la fracción soluble aumenta (Túpaca, 2012).

2.5.3. Lípidos

Los productos con alto contenido en grasas no son procesados en el extrusor pero si en presencia de cantidades menores que 3% que no afecta la expansión del producto pero si se usa en cantidades mayores que 5% produce una reducción de la expansión. (Camire, 2000).

El tipo de almidón y lípido presente en la materia prima influencia en el proceso de formación del complejo amilosa-lípido, siendo los ácidos grasos libres y monosacáridos los más propensos a la formación del complejo en relación a los triglicéridos (Reyes, 2003).

Al analizar diferentes granulometrías del grano de maíz, Sémola M80 y Grits de Maíz, reportaron un contenido grasas de 0.7 % y 4.1 % respectivamente, con lo cual concluyeron que el tamaño de la partícula y sobre todo la parte del grano, de donde provenga influyen en el contenido de grasa que tiene la muestra, y este afecta al proceso de extrusión al actuar como lubricante entre las partículas alimentadas y el tornillo del extrusor. (Guy, 2001)

2.5.4. Proteínas

Las proteínas son biopolímeros que contienen grandes números de agrupaciones químicas en relación a los polisacáridos por tanto son más reactivos y sufren diversas alteraciones durante el proceso de extrusión siendo lo más importante la desnaturalización (Guy, 2011).

La mayoría de las enzimas pierden su actividad después de ser sometidas al proceso de extrusión debido a altas temperaturas en la cocción. Ya que ocurre la ruptura de la matriz proteica y la liberación de proteínas, las interacciones hidrofóbicas y electrostáticas favorecen a la formación de agregados insolubles los cuales favorecen a la textura de los extruidos, los productos con alto contenido en proteínas siendo procesadas a altas temperaturas favorecen a la reacción de Maillard (Ramos, 2002).

2.5.5. Vitaminas y minerales

Las vitaminas siendo el componente más sensible a tratamientos térmicos y por tanto sufren degradación, dentro de las vitaminas liposolubles, las vitaminas D y K son más estables sin embargo las vitaminas A y E (están presentes en carotenoides y

tocoferoles) presentan menor estabilidad térmica en presencia del oxígeno (Camire, 2000).

Por ser un proceso HTST las vitaminas se pierden durante el proceso. Así las vitaminas hidrosolubles son más susceptibles a la degradación térmica como por ejemplo la tiamina (vitamina o complejo B) teniendo una pérdida entre el 5-100%. Otras vitaminas como el caso de la Riboflavina y niacina sufren alteraciones así como la vitamina C altamente sensible al calor pierde su valor (Schmiele, 2006).

En un estudio realizado a harinas de maíz y garbanzo extruido se encontraron que las muestras presentan un contenido de cenizas del 2.01 % y 3.13% respectivamente y la mezcla optimizada (50 % de Harina de Maíz y 50 % Harina de Garbanzo) de ambos obtuvo un porcentaje de 3.09 % (Gutiérrez et. al, 2008)

III. MATERIALES Y METODOS;

3.1.Lugar de ejecución:

- Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la UNS (IITA)
- Instalaciones de Evaluación Sensorial de la Planta Piloto Agroindustrial de la UNS
- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la EAPIA

3.2.Materiales y equipos:

3.2.1.Materia Prima:

Para la realización del presente estudio se utilizaron 20 kg de maíz amarillo, 10 kg de Quinoa y 5 kg de garbanzo.

- Maíz Amarillo (*Zea mays*): Variedad: Morocho, Procedencia: Valle del Santa – Ancash.
- Quinoa (*Chenopodium Quinoa*): Variedad: Rosada de Junín, Procedencia: Caraz – Ancash.
- Garbanzo (*Cicer Arietinum*): Variedad: Kabulli, Procedencia: Valle del Santa – Ancash.



Figura 4: Materias primas: a. Grits de Maíz b. Harina de Quinoa c. Harina de Garbanzo

3.2.2. Materiales de laboratorio:

- Placas Petri
- Mortero
- Vasos de precipitado 50, 100 mL
- Fiolas de 250, 1000 mL
- Probetas de 50, 100 mL
- Pipetas de 1, 10 mL
- Pizetas
- Pinzas metálicas
- Coladores
- Crisoles
- Embudo de vidrio
- Matraz Erlenmeyer 250, 500 mL
- Termómetro

3.2.3. Otros Materiales:

- Papel filtro
- Papel toalla
- Papel aluminio
- Marcadores
- Ficha de análisis sensorial
- Vasos descartables

3.2.4. Reactivos:

- Ácido Sulfúrico
- Ácido Clorhídrico
- Ácido Bórico
- Hexano
- Hidróxido de sodio

3.2.5. Equipos:

- **Balanza Gramera:**

Marca: Precisa Mod: XB4200C Proc: Suiza

- **Secador de Bandejas**

Marca: CORP. JARCON Mod: STB-10X10 Proc: Peru

- **Analizador De Humedad (TERMOBALANZA)**

Marca: PRECISA Mod: XM50 Proc: Suecia

- **Equipo de Aw:**

Marca: ROTRONIC Mod: Hygrolab2 Proc: Perú

- **Texturometro**

Marca: BROOKFIELD Mod: CT3-4500 Proc: USA

- **Unidad de destilación automática para el análisis Kjeldahl de nitrógeno/proteína**

Marca: FOSS Mod: Kjeltex™ 8200 Proc: Dinamarca.

- **Extrusor De Doble Tornillo**

Marca: INBRAMAQ Mod: PQ DRX-50 Proc: Brasil

- **Colorímetro:**

Marca: Konica Minolta Mod: CR-400/CR-410 Proc: Japón

- **Balanza analítica:**

Marca: PRECISA Mod: LX 220A SCS Proc: Suiza

- **Estufa:**

Marca: POL-EK Mod: CLW115TOP Proc: Polonia

- **Centrifuga:**

Marca: POL-EK Mod: CLW115TOP Proc: Polonia

- **Equipo extractor de grasa:**

Marca: FOSS Mod: SOXTEC Proc: China

- **Mufla**

Marca: THERMOLYNE Proc: Alemania

- **Analizador de fibra**

Marca: FOSS Mod: Fibertec™1023 Proc: Alemania

3.3.Métodos:

3.3.1. Caracterización de Materias Primas:

3.3.1.1. Determinación de humedad

Las muestras fueron secadas en una estufa a 100 ° C por 24 horas, se pesaron 5 gr aproximadamente de muestra según el método AOCS Ca 2c-25, con 3 repeticiones. Este procedimiento se realizó tanto para las muestras de grits de maíz, harina de quinua y harina de garbanzo como para las mezclas de cada formulación, una vez cumplido el tiempo fueron colocadas en el desecador, para su posterior pesado.

Cálculos:

Ecuación 1: Cálculos para determinación de Humedad

$$\% H = 100 * \left(\frac{\text{Peso Húmedo} - \text{Peso seco de la muestra}}{\text{Peso Húmedo}} \right)$$



Figura 5: Estufa

3.3.1.2. Determinación de Grasas:

El Método AOCS Ab 3-49 nos dice que para determinar el contenido de aceite de una muestra se necesitan 5 g de muestra pulverizada, este método usa como solvente al éter de petróleo (90°C) durante 2 horas de calentamiento a reflujo.

Para el cálculo del contenido de aceite, en base al peso fresco del fruto, se usó la siguiente fórmula

Ecuación 2: Cálculos para determinación de Grasas

$$\% \text{ Aceite P. F} = \frac{\text{EE} * (\mathbf{100 - \text{Porcentaje de Humedad}})}{\mathbf{\text{Gramos de Materia seca}}}$$

Donde:

% Aceite P.F: % de aceite de la muestra en peso fresco

EE: Peso del aceite extraído de la muestra deshidratada (extracto etéreo)

Porcentaje de Humedad: Porcentaje de humedad del grits, harina de quinua, harina de garbanzo.



Figura 6: Equipo para determinación de Grasa (Soxhlet)

3.3.1.3. Determinación de Proteínas:

El método AOCS Ac 4-91 se basa en 3 operaciones: Digestión, Neutralización – Destilación y Titulación. En esta técnica se digieren las proteínas y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. El nitrógeno orgánico total se convierte mediante esta digestión en sulfato de amonio. La mezcla digerida se neutraliza con una base y se destila posteriormente. El destilado se recoge en una solución de ácido bórico. Los aniones del borato así formado se titulan con HCl (o H₂SO₄) estandarizado para determinar el nitrógeno contenido en la muestra

Cálculos:

Ecuación 3: Cálculo para determinación de % de Proteína

$$\%Proteína = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times factor}{(m \times 1000)}$$

Donde:

V: mL HCl 0.1 N y m: masa de la muestra, en gr.



Figura 7: Equipo para determinación de Proteínas (Kjeldahl)

3.3.1.4.Determinación de fibra dietética :

Se realizó mediante el método (AOAC 991.43, 1997). Muestras en duplicado de alimentos secos y desgrasados son gelatinizadas con α – amilasa térmicamente estable y luego digerida enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble es precipitada por la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava, se seca y se pesa. En el residuo en duplicado se determina proteína, y en el otro cenizas.

Ecuación 4: Cálculo para determinación de fibra

Fibra dietética total = Peso del residuo – Peso (proteína + cenizas)



Figura 8: Equipo para determinación de fibra

3.3.1.5.Determinación de Cenizas:

Las cenizas en los alimentos están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que pueden existir pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes.

Cálculos:

Ecuación 5: Cálculo para determinación de cenizas

$$\% \text{ Contenido de Cenizas} = \frac{\text{Peso de Cenizas (g)}}{(\text{Peso de la Muestra (g)})} \times 100$$



Figura 9: Mufla

3.3.1.6. Granulometría:

Para el análisis granulométrico se usa la tamización con tamices acoplados en cascada. Para realizarlo se coloca el juego de tamices ordenados de arriba abajo por orden decreciente de abertura de malla. Luego el producto se añade sobre el primer tamiz es decir el de mayor abertura y se somete a un conjunto de movimiento vibratorio.

Luego la harina queda distribuida en diferentes fracciones según el tamaño de partícula denominándose:

- Retenido: producto que queda sobre el tamiz
- Cernido: Producto que atraviesa el tamiz

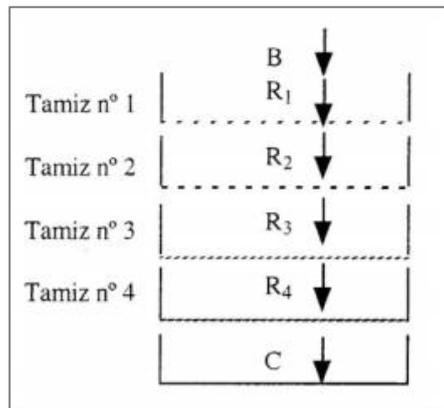


Figura 10: Evaluación de tamizado

Siendo B el producto por lo tanto $B = \sum R + C$ conociendo estos datos se puede calcular el % de retención y % cernido

Ecuación 6: Cálculo para el % de retención

$$\%R = \frac{R}{B} \times 100$$

Ecuación 7: Calculo para el % cernido

$$\%C = \frac{C}{B} \times 100$$

3.3.2. Análisis de cada Formulación:

3.3.2.1. Determinación de Aw:

La actividad de agua (Aw) fue realizada por método AOAC 978.18 usando un higrómetro de punto de rocío marca Rotronic, Modelo: Hygrolab2 con precisión: a 23 °C ± 0.015 aw

El análisis consiste en colocar la muestra dentro del equipo y esperar a que este se estabiliza aproximadamente por 10 minutos, luego de ello lectura en la pantalla la aw de la muestra.

3.3.2.2.Determinación del índice de Absorción:

Se pesó 2,5 g de muestra de harina del producto extruido y se agregó 30 ml de agua destilada (se pesó en los tubos de centrifuga previamente tarados). Luego se atemperó en Baño María a 30°C sometiéndolo a agitación intermitente por 30 minutos, luego se colocó en una centrifuga de 3000 rpm por 10 minutos, el sobrenadante se pasó a una placa petri previamente tarado y se tomó el peso del gel .

Cálculo:

El gel que quedó dentro del tubo se pesó para determinar el índice de absorción que está dado por la siguiente fórmula:

Ecuación 8: Cálculos para determinación de IAA

$$\text{Indice de Absorcion de Agua} = \frac{\text{Peso del Gel (gr)}}{(\text{Peso de la muestra (gr)})}$$



Figura 11: Centrifuga

3.3.2.3.Índice de Solubilidad en Agua:

En esta prueba se pesó 2,5 g de muestra de harina del producto extruido y se agregó 30 ml de agua destilada (se pesó en los tubos de centrifuga previamente tarados). Luego se atemperó en Baño María a 45°C sometiéndolo a agitación intermitente por 30 minutos, posteriormente se colocó en una centrifuga de 3 000 rpm por 10 minutos, el sobrenadante se

pasó a una placa petri previamente tarado y fue colocado en una estufa a 45°C para concentrar por evaporación

Cálculo:

Se determinó el peso del sólido soluble y para calcular el índice de solubilidad en agua se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 9: Cálculo para determinación de ISA

$$\text{Índice de Solubilidad en Agua} = \frac{\text{Sólidos Solubles (gr)}}{(\text{Peso de la muestra (gr)})}$$

3.3.2.4.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. En esta investigación se utilizara un troquel de 1 orificio o boquilla cuya medida es 0,6 mm cada una.

Cálculo:

Ecuación 10: Cálculo para el IE

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

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

3.3.2.5.Determinación de Densidad Aparente:

La densidad de un sólido consiste en pesar una muestra del mismo (con lo que se averigua su masa) y hallar el volumen que esta muestra ocupe, permitiendo así verificar la uniformidad del proceso.

Cálculo:

Ecuación 11: Cálculo para la determinación de la DA

$$D.A \left(\frac{\text{gr}}{\text{ml}} \right) = \frac{\text{Peso Muestra}(\text{gr})}{\text{Volumen del Balón} (\text{ml})}$$

3.3.2.6. Determinación de Textura:

Para la evaluación de perfiles de textura se usan equipos los cuales analizan las propiedades como comprensión, extrusión, penetración y fuerzas de dureza, etc. El texturómetro Brookfield CT3 mide la fuerza máxima de penetración en el alimento llevado a cabo hasta la profundidad tal que cause un aplastamiento irreversible midiendo de la firmeza o consistencia del producto. Su medida es en mJ o kgf unidades de fuerza.



Figura 12: Texturometro Brookfield

3.3.2.7. Determinación de Color:

La determinación del color a través de la espectrofotometría de reflectancia tiene una estrecha correlación con la percepción visual humana. El Comité Internacional de Iluminación (CIE) estableció un sistema de color universal denominado CIE-LAB basado en la teoría de la percepción tricromática de Young (coordenadas X, Y y Z), así como en la teoría de los colores opuestos. La determinación del color se realizó sometiendo cada muestra al colorímetro.



Figura 13: Colorímetro

3.3.2.8. Análisis Sensorial:

Las pruebas sensoriales constituyen los siguientes atributos color, sabor, olor, textura y aceptabilidad. Los resultados se estimaran con un panel de jueces cuyo número será de 30 personas estudiantes semi-entrenados se utilizara una escala hedónica (es una técnica de tipo afectiva, variable es decir que cambia con el tiempo, método de elaboración, etc.) de 1 a 5 para apreciar cada uno de los atributos mencionados.



Figura 14: Análisis Sensorial

3.3.3. Caracterización del extruido con formulación óptima:

A la formulación óptima se le realizaron todos los análisis descritos en los puntos 3.3.1 y 3.3.2, determinando también cual es el tiempo de vida útil que este tiene y el análisis microbiológico.

3.3.3.1. Determinación de Vida Útil mediante análisis Sensorial:

Para la estimación del tiempo de vida útil, se basó en un análisis sensorial realizado a un grupo de 10 panelistas entrenados basados en la encuesta mostrada en el Anexo: 08 donde se hace uso de la escala hedónica para atribuir valores de acuerdo a la percepción del panelista.

Los cuales percibirían los cambios que se producen en el alimento cuando este llega al fin de su vida útil.

3.3.3.2. Determinación de Vida Útil mediante Análisis Microbiológico:

Este análisis consistió en un análisis donde se usa placas Petrifilm 3M para el recuento de mohos y levaduras este contiene un medio de cultivo selectivo listo para usar. Violeta rojo bilis (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría y un indicador que facilita la enumeración de colonias.

Los criterios microbiológicos considerados para la evaluación serán de acuerdo a la norma sanitaria respecto al grupo de alimentos: granos de cereales, leguminosa y subgrupo de productos instantáneos extruidos o expandido proteinizado o no. Los cuales indican los resultados en UFC/g.

Este parámetro se evaluó hasta que sobrepasaron los límites permitidos, es decir hasta que las UFC/g sean mayores a 100 UFC/g, permitiendo estimar la vida útil del producto.

3.4. Diseño Experimental:

Se realizó un Diseño Simplex con Centroide ampliado que corresponde a un diseño de mezclas de la metodología de superficie de respuesta. El diseño consiste en un triángulo que represente todo el universo de posibilidades de mezcla de los tres componentes evaluados. Se trabajaron con 3 variables en diferentes porcentajes como se muestra en la Tabla N° 7, estableciendo límites para cada componente.

Tabla 7: Límites de cada uno de los componentes

COMPONENTE	LÍMITES (%)	
	Mínimo	Máximo
Grits de Maíz	55	70
Harina de Quinoa	25	40
Harina de Garbanzo	5	20

Se realizaron 10 ensayos con 3 puntos en los bordes del triángulo, 3 puntos medios de las aristas definidas por cada dos vértices, 3 centroides de las caras definidas por cada tres vértices y 1 Centroide global. La Tabla N° 8, presenta el planeamiento experimental utilizado.

Tabla 8: Formulaciones del Diseño Experimental

N°	% Grits de Maíz	% Harina de Quinoa	% Harina de Garbanzo
1	70	25	5
2	55	40	5
3	55	25	20
4	63	32	5
5	63	25	12
6	55	33	12
7	60	30	10
8	65	27	8
9	57	35	8
10	57	28	15

Los resultados fueron analizados según la metodología del Diseño de mezclas, utilizando el programa STATISTICA 12.0 mediante el test p (grado de significancia estadística), después se realizó el análisis de varianza del modelo (ANOVA). Finalmente, a partir de la ecuación de regresión obtenida se obtuvo el gráfico tridimensional de superficie de respuesta y curvas de contorno para cada análisis.

Tabla 9: Esquema del Diseño Experimental

Formulación	Repetición	Variables respuestas				
		Vr1	Vr2	Vr3	Vr4	Vrn
F1	1					
	2					
	3					
F2	1					
	2					
	3					
F3	1					
	2					
	3					
Fn	1					
	2					
	3					

Tabla 10: Análisis de Varianza (ANOVA)

Fuente de Variación (F.V)	Grados de Libertad (G.L)	Suma de Cuadrados (S.C)	Cuadrados Medios (C.M)	F _o
Tratamiento	t-1	$\sum_{i=1}^t n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$	$\frac{S.C.TRAT.}{t-1}$	$\frac{C.M.TRAT}{C.M.ERROR}$
Error	$\sum_{i=1}^t n_i - t$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	$\frac{S.C.ERROR}{\sum_{i=1}^t n_i - t} = \sigma^2$	
Total	$\sum_{i=1}^t n_i - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2$		

Modelo que se pueden ajustar al proceso:

- Lineal:

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3$$

- Cuadrático:

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3$$

- Cubico Espacial

$$= \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{123} x_1 x_2 x_3$$

- Cubico:

$$= \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{123} x_1 x_2 x_3 + \delta_{12} x_1 x_2 (x_1 - x_2) + \delta_{13} x_1 x_3 (x_1 - x_3) + \delta_{23} x_2 x_3 (x_2 - x_3)$$

Donde:

Y = Variable Respuesta

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = Coeficientes de la ecuación

x_1, x_2, x_3 = Componentes de las formulaciones

3.5. Metodología Experimental:

3.5.1. Obtención de Harina de Quinua:

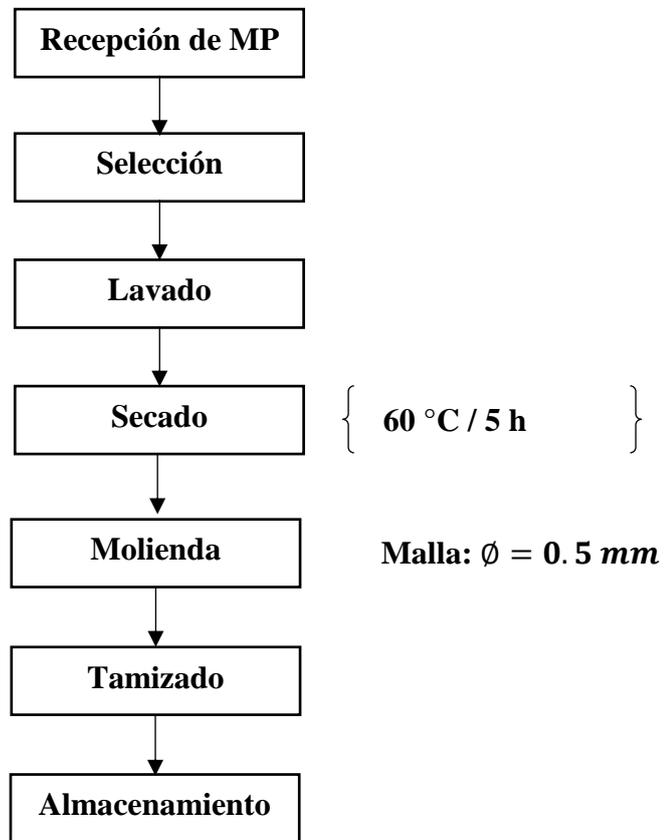


Figura 15: Diagrama de Flujo obtención de Harina de Quinua

3.5.2. Obtención de Harina de Garbanzo:

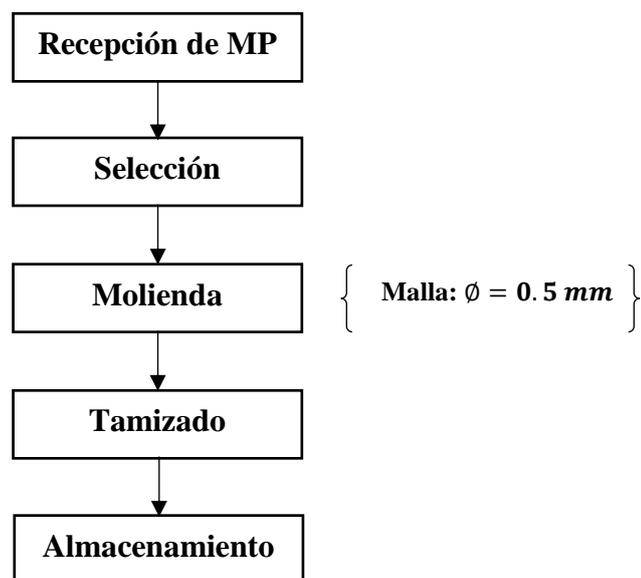


Figura 16: Diagrama de Flujo obtención de Harina de Garbanzo

3.5.3. Obtención de Grits de Maíz:

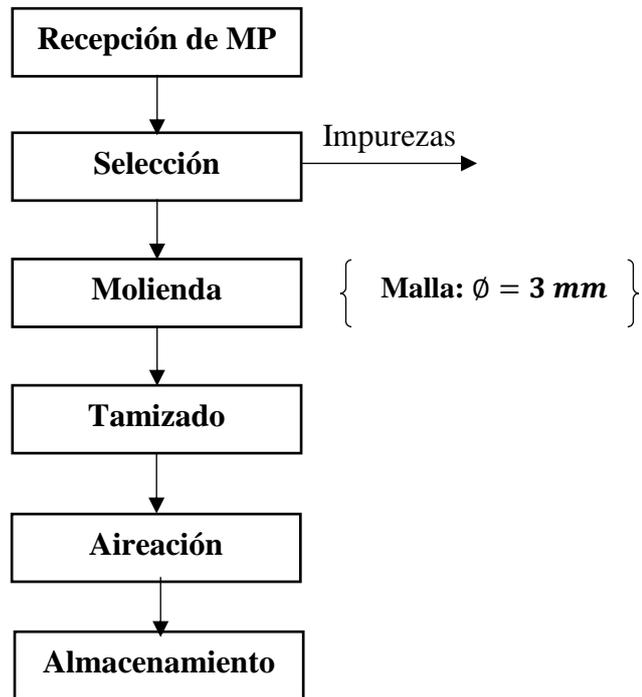


Figura 17: Diagrama de Flujo obtención de Grits de Maíz

3.5.4. Descripción de la obtención del snack:

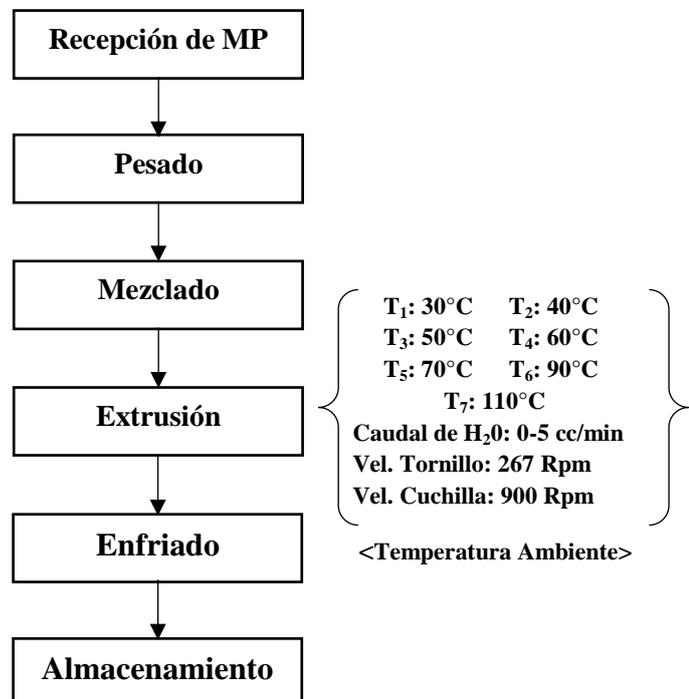


Figura 18: Diagrama de Flujo obtención del extruido

IV. RESULTADOS Y DISCUSION:

4.1.Composición Proximal de las Materias Primas:

Cada una de las materia prima utilizadas (Grits de Maíz, Harina de Quinua y Harina de Garbanzo) presenta componentes en diferentes cantidades, los cuales se muestran en la tabla N°11, 12 y 13.

4.1.1. Grits de Maíz

La tabla N°11 muestra los valores de cada componente presente en la estructura de los grits de maíz. Esta muestra una humedad del 13.820 % valor que concuerda con lo propuesto por Adisa (2010), el cual nos indica que la humedad de los grits de maíz no debe ser superior al 13%, también se destaca su alto contenido en fibra dietética, siendo este el cuarto componente mayoritario el cual tiene efectos positivos una vez que es ingerido, y que según Valencia (2004) ayuda a disminuir los niveles de colesterol y glucosa.

Tabla 11: Composición Proximal de los Grits de Maíz

Componente (%)	Grits de Maíz
Humedad	12.820 ± 0.012
Proteína	12.259 ± 0.009
Grasa	3.731 ± 0.035
Carbohidratos	60.756 ± 0.022
Fibra dietética	8.199 ± 0.043
Cenizas	1.235 ± 0.002

En nuestra investigación al trabajar con una parte del total del maíz (grits) y al ser esta mayor cantidad de endospermo, arrojaron valores altos en su contenido proteico y bajo contenido de grasa, ya que la mayoría de este componente se encuentra en el germen, como nos indicó Benítez (2006), el cual se separa para la

producción de los grits de maíz, lo que conlleva a que estos porcentajes sean bajos.

La harina de quinua presenta un % de cenizas de 2.38 % mientras que los grits de maíz presentan un contenido de 0.53 %, de igual forma los porcentaje de proteínas, lípidos y fibra varían conforme a las condiciones climática de cultivo así como a la variedad de los granos afirma Collares (2011).

4.1.2. Harina de Quinua:

Los resultados del análisis de composición de la harina de quinua se muestran en la tabla N°12, estos valores concuerdan con los valores de las Tablas peruanas de composición de alimentos (2009), donde indican que la Harina de Quinua tiene un contenido de humedad máx. del 13%, un contenido de proteína del 16.5 % y un contenido de grasa que oscila entre 5 – 10 %.

Tabla 12: Composición Proximal de la Harina de Quinua

Componente (%)	Harina de Quinua
Humedad	12.272 ± 0.047
Proteína	16.088 ± 0.018
Grasa	7.239 ± 0.043
Carbohidratos	56.124 ± 0.014
Fibra dietética	7.116 ± 0.053
Cenizas	1.111 ± 0.003

El componente más importante de la Quinua es la proteína siendo así que es el segundo componente mayoritario presente en este grano, con un 16.088%, lo cual tiene concordancia con lo investigado por los Llorante (2006) y Rojas (2010), los cuales indican que la quinua puede tener un porcentaje de proteínas de 13.31 % a 21 %, al ser este grano andino uno de los más rico en cuanto contenido a proteico se refiere.

4.1.3. Harina de Garbanzo:

Los resultados del análisis de composición de la harina de quinua se muestran en la tabla N°13, estos valores concuerdan con los valores de las Tablas peruanas de composición de alimentos (2009) donde indican que la Harina de Garbanzo tiene un contenido de humedad máx. del 11 %, un contenido de proteína del 19.2 % y un contenido de fibra dietética de 17.4 %.

Tabla 13: Composición Proximal de la Harina de Garbanzo

Componente (%)	Harina de Garbanzo
Humedad	10.099 ± 0.045
Proteína	11.114 ± 0.013
Grasa	6.278 ± 0.026
Carbohidratos	60.676 ± 0.035
Fibra dietética	10.373 ± 0.032
Cenizas	3.162 ± 0.003

Destacándose el alto contenido de grasas respecto a otras leguminosas con la concentración total de lípidos que oscila entre 3.4-8.8% en cuanto a la variedad kabuli contrastado según Grusak (2007)

De entre las 3 materias primas estudiadas de acuerdo al análisis proximal y en cuanto a su contenido de cenizas, destaca el garbanzo, el cual según Carreras (2012), esta leguminosa destaca por su contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio

4.2. Granulometría de las materias primas:

4.2.1. Maíz Amarillo:

Los valores presentados en la tabla N° 14, representan las diferentes granulometrías que tuvo el maíz amarillo producto de la molienda, siendo así que se trabajó para el proceso de extrusión con la granulometría que se queda retenida en la malla N°60 , que en su mayoría es parte del endospermo el cual tiene mayor porcentaje de almidón, lo que favorece el proceso de extrusión.

Tabla 14: Análisis Granulométrico del Maíz Amarillo Molido

Malla N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
18	1.000	22.056	1.472	1.472	98.528
60	0.250	806.257	53.819	55.292	44.708
80	0.177	280.173	18.702	73.994	26.006
100	0.149	334.414	22.323	96.316	3.684
120	0.125	49.251	3.288	99.604	0.396
FONDO	< 0.125	5.932	0.396	100.000	0.000
TOTAL		1498.083			

La fracción que se quedó retenida en la malla N°18, estuvo compuesta por la piloriza, parte del germen, y las partículas de mayor tamaño del grano de maíz amarillo.

Por otra parte los grits usados tuvieron una coloración amarilla en comparación con la fracción de maíz de granulometría superior (N°80,100 y 120) que presentaron un color amarillo opaco, por tanto al usar la fracción que quedo retenida en la malla N°60, favoreció al color del producto final.

La granulometría afecta de manera significativa el proceso de extrusión, ya que según lo citado por Pérez (2009) y Colonna (1998) las fracciones muy finas, causas problemas en la zona de alimentación del extrusor y consecuentemente en el flujo de

proceso de extrusión, mientras que los grits favorecen el proceso, gelatinización, alteran la textura y la expansión del producto final.

4.2.2. Harina de Quinua:

Producto de la molienda se obtuvieron diferentes fracciones de harina de quinua, lo cual se puede observar de manera detallada en la Tabla N°15. Las fracciones que quedaron retenidas en la malla N° 18, 60 y 80, están conformadas por la capa externa del grano de quinua, presentando una apariencia de cascarilla y textura áspera, por lo cual se trabajó con la granulometría del acumulado que pasa la malla N°80, la cual representa el 86.899 % del total y con el color crema y textura suave característico de la harina de quinua.

Tabla 15: Granulometría de la Harina de Quinua

Malla N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
18	1.000	3.232	0.216	0.216	99.784
60	0.250	50.456	3.369	3.585	96.415
80	0.177	142.53	9.516	13.101	86.899
100	0.149	953.364	63.652	76.753	23.247
120	0.125	342.251	22.851	99.604	0.396
FONDO	< 0.125	5.932	0.396	100.000	0.000
TOTAL		1497.765			

4.2.3. Harina de Garbanzo:

De igual forma en el proceso de molienda del garbanzo la granulometría que pasa la malla N° 80, era la que representaba mayor porcentaje (64.420 %) como se puede apreciar en la Tabla N°16.

Tabla 16: Granulometría de la Harina de Garbanzo

Malla N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
18	1.000	7.256	0.484	0.484	99.516
60	0.250	43.237	2.887	3.371	96.629
80	0.177	153.64	10.259	13.630	86.370
100	0.149	964.796	64.420	78.050	21.950
120	0.125	323.985	21.633	99.683	0.317
FONDO	< 0.125	4.754	0.317	100.000	0.000
TOTAL		1497.668			

Las fracciones que quedaron retenidas en la malla N° 18, 60 y 80, están conformadas por el pericarpio del grano de garbanzo, presentando un color marrón oscuro y textura áspera, por lo cual se trabajó con la granulometría del acumulado que pasa la malla N°80, la cual representa el 86.370 % del total y con el color marrón claro y textura suave característico de la harina de garbanzo.

4.3. Análisis de las formulaciones:

4.3.1. Aw:

Los resultados presentados en la Tabla N°17, muestra que los valores de Aw para las diferentes formulaciones son muy similares presentando un valor promedio de 0.5, valor que según otras investigaciones se considera estable al producto con esta Aw, donde no se da la proliferación de microorganismos que aceleren el deterioro del producto final y por ende generen la pérdida de la calidad del extruido. Según el análisis estadístico, no existen diferencias significativas al 5 % en cuanto a la Aw de la muestras.

Tabla 17: Aw de cada una de las Formulaciones

F	Aw
F1	0.500 ± 0.012
F2	0.488 ± 0.033
F3	0.500 ± 0.052
F4	0.482 ± 0.025
F5	0.497 ± 0.003
F6	0.543 ± 0.064
F7	0.500 ± 0.022
F8	0.499 ± 0.016
F9	0.500 ± 0.013
F10	0.488 ± 0.027

Los snack se caracterizan por su actividad de agua inferior a 0.5. En estas condiciones, son improbables las alteraciones microbianas según lo contrastado por Roberson (1998).

Al extruir un muestra de quinua y maíz en diferentes porcentajes, y a diferentes condiciones de humedad, obtuvo valores de Aw que oscilaban entre 0.28 y 0.49, Revelo (2010) los cuales exhibieron mayor durabilidad al ser reducidas las posibilidades de alteración biológica y velocidades de otros mecanismo de deterioro.

4.3.2. Colorimetría:

La tabla N° 18, muestra los valores L, a*, b*, C* y h* para cada una de las formulaciones evaluadas, el valor de L* representa la luminosidad, C* la cromaticidad y h* el ángulo de tonalidad de la muestra. Según el análisis estadístico, no existen diferencias significativas al 5 % en cuanto a la Luminosidad (L*) de la muestra.

Tabla 18: Valores de L*, a*, C* y h* para cada una de las Formulaciones

F	L*	a*	b*	C*	h*
F1	103.54 ± 0.02	0.10 ± 0.19	35.93 ± 0.33	1.93 ± 0.04	87.03 ± 0.34
F2	103.76 ± 0.13	0.27 ± 0.34	35.89 ± 0.27	1.91 ± 1.54	81.87 ± 1.07
F3	103.69 ± 0.05	0.60 ± 1.26	34.95 ± 1.17	2.04 ± 0.47	72.90 ± 0.25
F4	103.84 ± 1.08	0.75 ± 0.43	36.03 ± 1.23	2.07 ± 1.83	68.76 ± 1.86
F5	103.92 ± 0.21	0.54 ± 0.65	35.02 ± 0.05	2.07 ± 0.87	74.89 ± 0.26
F6	103.61 ± 0.04	0.61 ± 0.73	34.96 ± 0.34	2.05 ± 0.04	72.71 ± 1.02
F7	103.56 ± 0.09	0.60 ± 1.45	35.94 ± 0.03	2.03 ± 0.63	72.81 ± 0.94
F8	103.72 ± 1.14	0.62 ± 0.28	34.93 ± 1.05	2.03 ± 1.04	72.19 ± 0.07
F9	103.62 ± 0.23	0.58 ± 0.66	34.97 ± 0.04	2.05 ± 0.93	73.59 ± 1.84
F10	103.59 ± 0.42	0.59 ± 0.45	35.08 ± 0.06	2.07 ± 1.02	73.41 ± 0.37

Como vemos no existen diferencias significativas en cuanto a la luminosidad de las muestras esto se sustenta a que no se usaron ningún colorante más bien teniendo al color de las materias primas bien acentuadas como el caso del maíz (amarillo) al estar en mayor proporción influyo en la coloración similar de todas las formulaciones. Este color se ubica dentro de las coordenadas del diagrama de cromaticidad del espacio CIELAB.

En una investigación realizada por Pérez (2010) aportó que dentro del acondicionamiento como el caso de la molienda y el tamizado puede tener ventajas o no en el color del producto final por tanto en este caso al usar los grits donde se encuentra parte del endospermo favorece a la coloración amarilla de los extruidos.

4.3.3. Índice de Expansión (IE):

Los resultados mostrados en la tabla N°19 expresan los valores del Índice de expansión de las 10 formulaciones estudiadas. Estos valores oscilan entre 1.7 y 2.8 aproximadamente, el valor máximo lo tuvo la formulación F1 y F4, las cuales presentaron menor contenido de Harina de Garbanzo (5%), la formulación F3 fue la que obtuvo menor valor de IE (1.745), la cual a diferencia de las dos formulaciones anteriormente mencionadas (F1 y F4) presenta mayor contenido de Harina de Garbanzo (20%).

Tabla 19: Resultados del Índice de Expansión

Formulación	Índice de Expansión
F1	2.761 ± 0.115
F2	2.431 ± 0.032
F3	1.745 ± 0.034
F4	2.753 ± 0.117
F5	1.922 ± 0.021
F6	1.977 ± 0.046
F7	2.095 ± 0.035
F8	2.168 ± 0.056
F9	2.121 ± 0.033
F10	1.963 ± 0.065

Las formulaciones F1 y F4 presentan mayor contenido de grits de maíz el cual al contener mayor % de almidón y sobre todo de amilopectina generan mayor valores de IE.

Tabla 20: ANOVA del Índice de Expansión

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F _{cal}
Regresión	1.02057	5	0.20411	13.35375
Residuos	0.06114	4	0.01528	
TOTAL	1.08170	9	0.12019	

Al realizar el análisis de varianza (Tabla N°20) el valor F_{cal} (13,354) resultó ser mayor al F_{tab} (6.256), lo cual nos conlleva a deducir que alguna de las variable independientes estudiadas

tiene un efecto significativo sobre el Índice de Expansión, para lo cual procedemos a realizar el análisis de regresión, el cual es muestra en la Tabla N°21.

Tabla 21: Coeficientes de Regresión para el Índice de Expansión

Factor	Coefficiente de Regresión	Error Estándar	t(4)	P
Grits de maíz (A)	0.02738	0.03057	0.89565	0.42107
Harina de Quinoa (B)	-0.07521	0.10482	-0.71750	0.51273
Harina de Garbanzo (C)	0.45195	0.14589	3.09779	0.03629
AB	0.00192	0.00250	0.76753	0.48557
AC	-0.00739	0.00245	-3.01017	0.03954
BC	-0.00274	0.00242	-1.13538	0.31963

En el análisis estadístico de regresión, los datos mostrados en la Tabla N°21, permitieron la elaboración de la ecuación que describe el comportamiento de los resultados, siendo así que el modelo matemático que mejor se ajusta es el de una ecuación cuadrática considerándose válido por tener un valor R^2 de 0.9435.

Ecuación 12: Ecuación para el Índice de Expansión

$$IE = 0.027GM - 0.075HQ + 0.452HG + 0.002 GM * HQ - 0.007GM * HG - 0.002HQ * HG$$

Así también de la tabla N° 21, podemos deducir que la variable Harina de Garbanzo estudiada de forma individual tienen un efecto significativo en el IE, al tener valor p (0.03629) inferior a 0.05, notándose también que la interacción de la variables Grits de Maíz y Harina de Garbanzo en las formulaciones genera un efecto significativo en la textura de los extruidos.

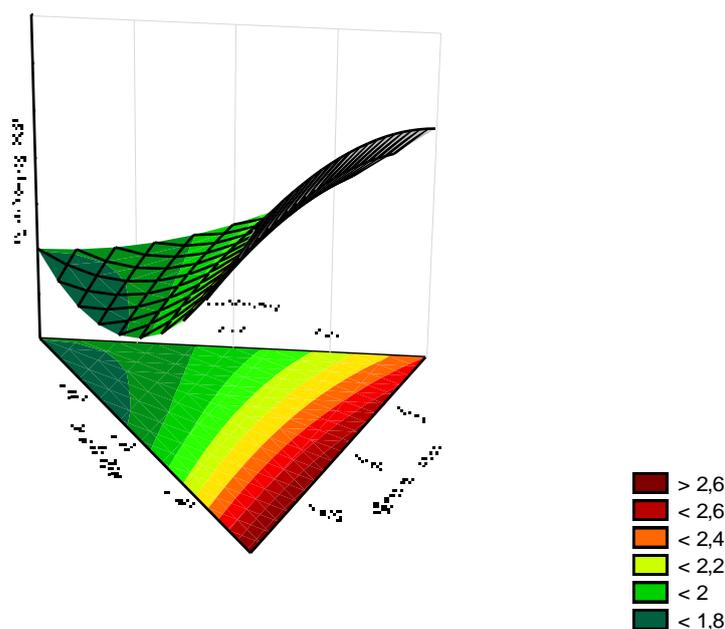
El índice de expansión se ve directamente afectado por el contenido de almidón que tiene una muestra, y sobre todo por el

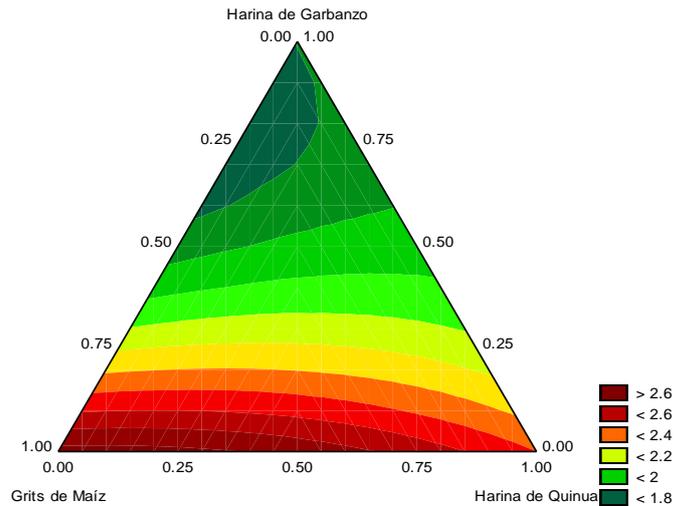
% de amilosa y amilopectina, ya que materias primas como el caso de los grits de maíz y la harina de quinua rica en almidón y sobre todo en amilopectina ya cual favorece a proceso de extrusión, generando un producto con un mayor grado de expansión.

El contenido de grasa de una muestra también afecta la transformación de la materia ya que Kokini (2013) al trabajar con muestra de alto contenido graso, demostró que la presencia de grasa disminuye el % de material gelatinizado, lo cual puede deberse al efecto lubricante de la grasa, que como consecuencia reduce el torque.

Así también Pastor (2011) trabajó adicionando leguminosas a productos extruidos basados en maíz y arroz, donde los resultados mostraron que las leguminosa disminuyen la expansión de la muestras, ya que a mayor contenido de proteína menor expansión.

A continuación se presentan el grafico de superficie de respuesta Gráfica 1 (a), y la gráfica de contorno 1(b), donde se puede observar que son las formulaciones que tienen mayor porcentaje de grits de maíz y menor porcentaje de Harina de Garbanzo (Zona Roja) las que presentan mayor valor para el IE





Gráfica 1: Superficie de Respuesta (b) Grafico de Contorno de la respuesta del Índice de Expansión

Así también podemos deducir que para la variable Harina de Quinoa se establecen valores altos de IE a lo largo de los límites inferior y superior propuestos, lo cual concuerda con los valores reportados por Repo & Carrasco (2011) quienes obtuvieron valores de IE de 1.33 al extruir una mezcla de 50% de Grits de Maíz y 50 % de Harina de Quinoa y un IE de 2.49 al extruir una mezcla de 70% de Harina de Quinoa y 30 % de Grits de Maíz

La presencia de fibras y proteína en la mezcla de materias primas forma productos con menor índice de expansión por la interacción de estos componentes y el almidón, además, la fibra puede romper las paredes celulares, evitando la formación de burbujas de aire en su máximo potencial (Anton et al. 2008). Por ellos los extruidos que tenían en su formulación mayor contenido de garbanzo como lo vemos en la gráfica 1 tuvieron menores valores de IE al tener alto contenido de fibra y proteína.

4.3.4. Densidad Aparente (DA):

Los resultados presentados en la tabla N°22 muestra los valores de densidad aparente para cada una de las formulaciones, donde la formulación F1 y F4 las que obtienen menor densidad aparente, mientras que las formulaciones F3 y F10 las que obtienen mayor valores.

Tabla 22: Valores de Densidad Aparente (DA)

F	DA (kg/ m³)
F1	167.00 ± 0.293
F2	250.00 ± 0.574
F3	314.00 ± 0.604
F4	149.00 ± 0.450
F5	310.00 ± 0.258
F6	301.00 ± 0.095
F7	300.00 ± 0.062
F8	267.00 ± 0.174
F9	286.00 ± 0.107
F10	306.00 ± 0.342

Al realizar el análisis de varianza (Tabla N°23) el valor Fcal (14,588) resultó ser mayor al Ftab (6.256), lo cual nos conlleva a deducir que alguna de las variable independientes estudiadas tiene un efecto significativo sobre el Densidad Aparente, para lo cual procedemos a realizar en el análisis de regresión, el cual se muestra en la Tabla N°24.

Tabla 23: ANOVA para la Densidad Aparente (DA)

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Fcal
Regresión	0.030676	5	0.006135	14.58769
Residuos	0.001682	4	0.000421	
TOTAL	0.032358	9	0.003595	

En el análisis estadístico de regresión los datos mostrados en la Tabla N°24 , permitieron la elaboración de la ecuación que describe el comportamiento de los resultados, siendo así que el

modelo matemático que mejor se ajusta es el de una ecuación cuadrática considerándose valido por tener un valor R^2 de 0.948.

Tabla 24: Coeficientes de regresión para la Densidad Aparente

Factor	Coefficiente de Regresión	Error Estándar	t(4)	P
Grits de maíz (A)	-0.00095	0.005037	-0.18867	0.85954
Harina de Quinoa (B)	0.019943	0.017271	1.1547	0.312501
Harina de Garbanzo (C)	-0.099312	0.024039	-4.13136	0.014478
AB	-0.000269	0.000412	-0.6515	0.550258
AC	0.001766	0.000404	4.36506	0.012014
BC	0.000544	0.000398	1.36596	0.243712

Ecuación 13: Ecuación para la densidad aparente

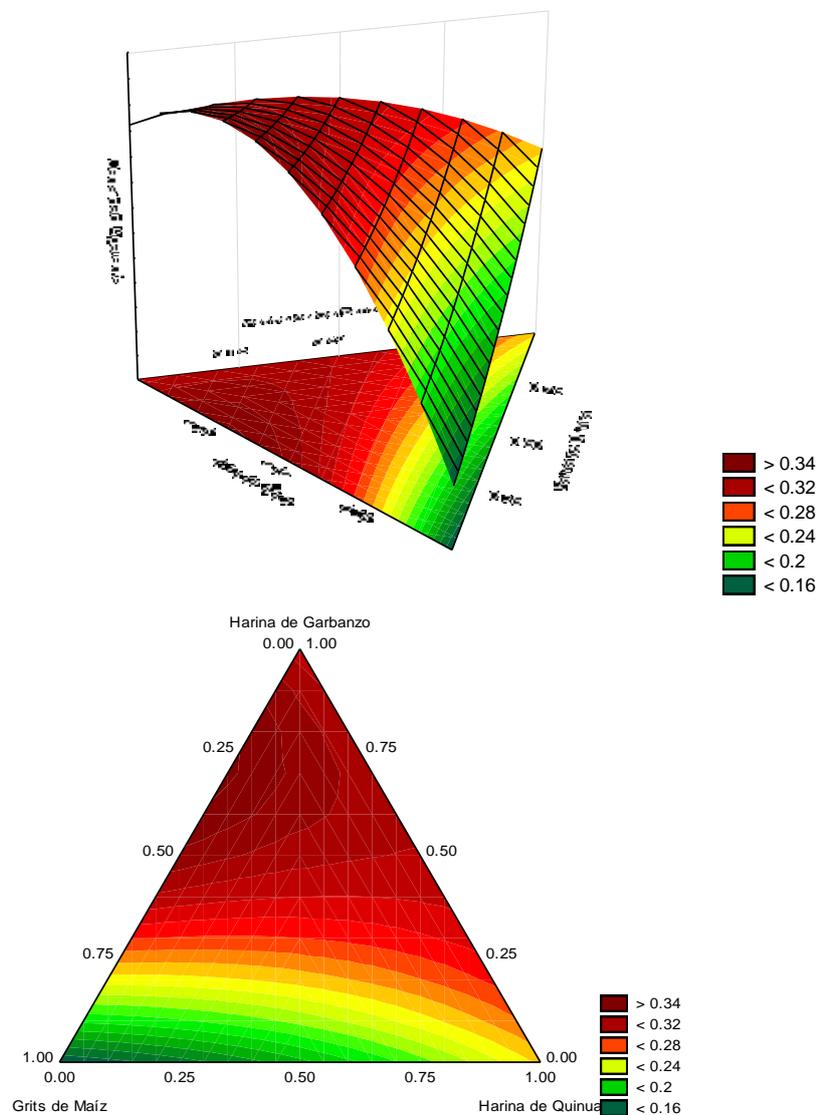
$$DA = -0.0009 GM + 0.020 HQ - 0.099 HG - 0.0003GM * HQ + 0.002 GM * HG + 0.0005 HQ * HG$$

Así también de la tabla N°24, podemos deducir que la variable Harina de Garbanzo estudiada de forma individual tienen un efecto significativo en el DA, al tener valor p (0.014478) inferior a 0.05, notándose también que la interacción de las variables Grits de Maíz y Harina de Garbanzo en las formulaciones genera un efecto significativo en el DA de los extruidos.

La harina de garbanzo contiene mayor porcentaje de amilosa que las otras 2 materias primas estudiadas, lo cual corrobora Miranda (2013) indicando que el garbanzo tiene un contenido de amilosa del 41.8 %, la cual no favorece al proceso de extrusión, por el contrario según indica Pérez (2007), la amilosa forma el complejo amilosa – lípido los cuales se someten a un ordenamiento conformacional de espiral a hélice haciéndolos estables térmicamente e insolubles, razón por la cual,

posiblemente se redujo la disponibilidad de almidón en esas mezclas que impiden la expansión del producto lo cual se traduce en una DA relativamente baja.

En la Gráfica de superficie 2 (a), y la gráfica de contorno 2(b), donde se puede observar que son las formulaciones que tienen mayor porcentaje de Harina de Garbanzo y menor porcentaje de Grits de Maíz (Zona Roja) las que presentan mayores valores para la DA, así también podemos deducir que para la variable Harina de Quinoa se establecen valores altos de DA a lo largo de los límites inferior y superior propuestos.



Gráfica 2: a). Superficie de Respuesta (b). Gráfico de Contorno de la densidad aparente

Valores bajos de DA se ven reflejados en la Gráfica de Contorno 2 (b), en la zona de color verde donde se tiene menor porcentaje de harina de garbanzo y mayor porcentaje de quinua y maíz, los cuales tienen mayor contenido de amilopectina la cual favorece al proceso de extrusión al obtener productos más expandidos.

4.3.5. Textura Instrumental:

Los resultados mostrados en la tabla N° 25, expresan los valores del Textura Instrumental de las 10 formulaciones estudiadas. Estos valores oscilan entre 57 y 82 mJ aproximadamente, el valor máximo lo tuvo la formulación F3 interpretándose como la muestra más dura y poco expandida, por el contrario la muestra F4 fue la que obtuvo menores valores, lo que se interpreta como una muestra de textura suave y bien expandida, ya que como más adelante podremos observar la textura y el índice de expansión tienen o presentan una relación inversa.

Tabla 25: Resultado de textura Instrumental

F	Fuerza de Compresión (mJ)
F1	59.19 ± 0.367
F2	64.17 ± 0.453
F3	82.34 ± 0.657
F4	57.32 ± 0.482
F5	80.27 ± 0.367
F6	70.05 ± 0.213
F7	70.02 ± 0.115
F8	67.37 ± 0.056
F9	69.88 ± 0.025
F10	70.43 ± 0.679

Tabla 26: ANOVA para la Textura Instrumental

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Fcal
Regresión	371.5222	5	74.3044	9.40662
Residuos	31.5967	4	7.8991	
TOTAL	403.1188	9	44.7909	

Al realizar el análisis de varianza (Tabla N°26) el valor Fcal (9.407) resultó ser mayor al Ftab (6.256) lo cual nos conlleva a deducir que alguna de las variable independientes estudiadas tiene un efecto significativo sobre la Textura Instrumental, para lo cual procedemos a realizar en el análisis de regresión, el cual es muestra en la Tabla N°27

Tabla 27: Coeficientes de Regresión para la textura instrumental

Factor	Coefficiente de Regresión	Error Estándar	t(4)	P
Grits de maíz (A)	0.7930	0.690274	1.14889	0.314630
Harina de Quinoa (B)	4.6607	2.366929	1.96907	0.120298
Harina de Garbanzo (C)	-12.8551	3.294434	-3.90207	0.017511
AB	-0.0776	0.056496	-1.37357	0.241529
AC	0.2418	0.055431	4.36158	0.012047
BC	0.0199	0.054592	0.36373	0.734467

En el análisis estadístico de regresión los datos mostrados en la Tabla N°27, permitieron la elaboración de la ecuación que describe el comportamiento de los resultados, siendo así que el modelo matemático que mejor se ajusta es el de una ecuación cuadrática considerándose valido por tener un valor R^2 de 0.9216.

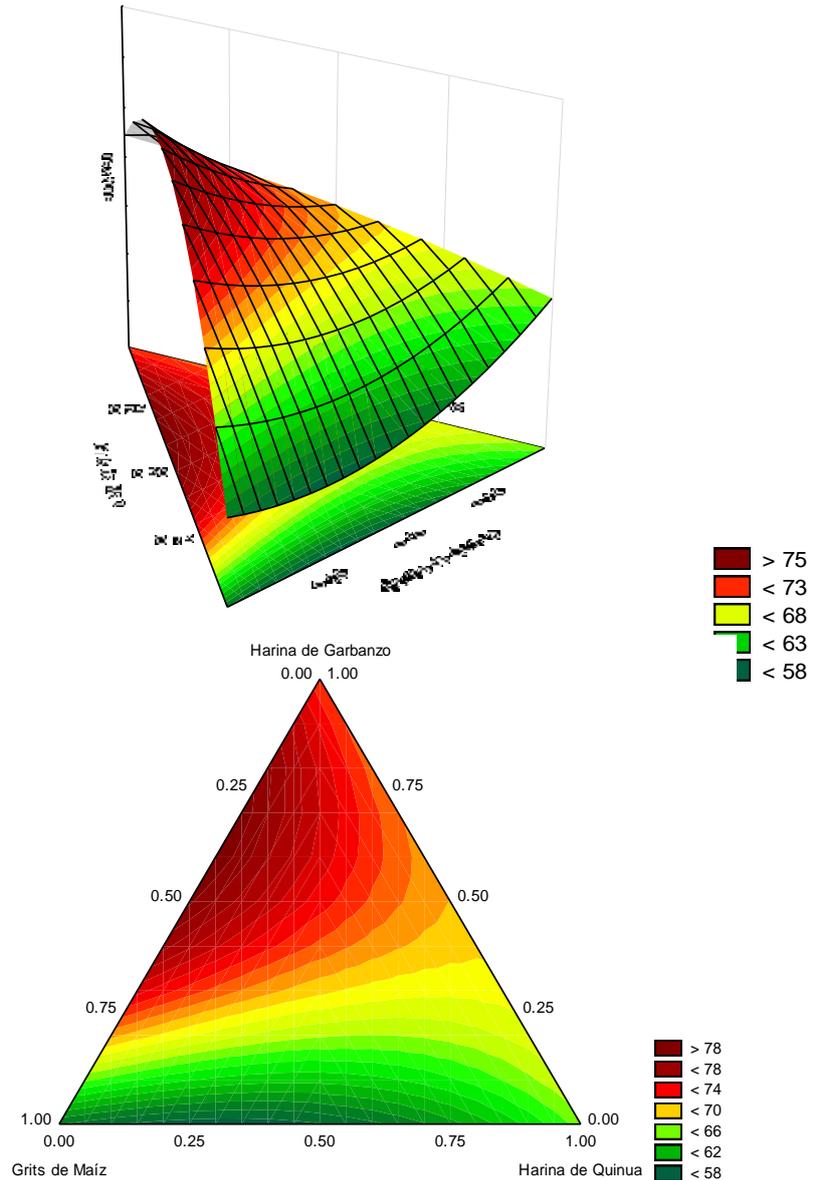
Ecuación 14: Ecuación para la Textura Instrumental

$$T = 0.793GM + 4.660HQ - 12.855HG - 0.078 GM * HQ + 0.242 * HG + 0.020HQ * HG$$

Así también de la tabla N°27, podemos deducir que la variable Harina de Garbanzo estudiada de forma individual tienen un efecto significativo en la textura, al tener valor p (0.017511) inferior 0.05, así mismo se nota también que la interacción de las variables Grits de Maíz y Harina de Garbanzo en las formulaciones genera un efecto significativo en la textura de los extruidos.

La textura según Jin et al. (1995) se ve influenciada por la adicción de fibra y proteína resultando productos con mayor densidad y dureza por su efecto en la resistencia y el espesor de la pared de la burbuja de aire, el garbanzo tiene un efecto significativo sobre esta variable ya que tiene alto contenido en fibra en comparación con las otras dos variables.

En la gráfica de superficie de respuesta 3 (a), y la gráfica de contorno 3(b), se puede observar que son las formulaciones que tienen mayor porcentaje de grits de maíz y menor porcentaje de Harina de Garbanzo (Zona Roja) las que presentan menores valor para la textura, de manera inversa cuando estos mismos componentes se presentan en alto y bajo porcentaje respectivamente se registran los mayores valores de Textura, lo cual resulta como un producto duro y poco expandido al necesitarse mayor fuerza de compresión.



Gráfica 3: Superficie de Respuesta (b). Grafica de Contorno de la respuesta de la Textura Instrumental

Al observa la gráfica 3 (b) vemos que la zona verde representa valores bajos de textura, pertenecientes a los porcentajes altos de grits de maíz y harina de quinua, gracias a que estos tienen un alto grado de expansión lo cual permite que la fuerza de compresión necesaria para la ruptura de los extruidos sea menor.

4.3.6. Índice de Absorción de Agua (IAA):

Los resultados presentados en la Tabla N°28, muestran que los valores de IAA para cada formulación evaluada varían entre 7.2 y 5.3 aproximadamente, notándose que la formulación F4 es la que presenta mayor IAA con un valor de 7,248 la cual tiene mayor porcentaje de Harina de Quinua, mientras que las formulaciones F3, F5 y F10 presentan valores relativamente bajos.

Tabla 28: Resultados del Índice de Absorción de Agua

Formulación	Índice de Absorción de Agua
	(g gel / g materia seca)
F1	6.788 ± 0.356
F2	6.692 ± 0.512
F3	5.396 ± 0.157
F4	7.248 ± 0.231
F5	5.497 ± 0.283
F6	5.800 ± 0.313
F7	6.410 ± 0.245
F8	6.667 ± 0.436
F9	6.548 ± 0.367
F10	5.558 ± 0.278

Tabla 29: ANOVA del Índice de Absorción de Agua

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F _{cal}
Modelo Cuadrático	3.62288	5	0.72458	23.93259
Error	0.12110	4	0.03027	
TOTAL	3.74398	9	0.41599	

Al realizar el análisis de varianza (Tabla N°29) el valor F_{cal} (23,932) resultó ser mayor al F_{tab} (4,882), lo cual nos conlleva a deducir que alguna de las variable independientes estudiadas tiene un efecto significativo sobre el IAA, para lo cual procedemos a realizar en el análisis de regresión, el cual es muestra en la Tabla N°30

En el análisis estadístico de regresión los datos mostrados en la Tabla N°30, permitieron la elaboración de la ecuación que describe el comportamiento de los resultados, siendo así que el modelo matemático que mejor se ajusta es el de una ecuación cuadrática considerándose valido por tener un valor de R^2 de 0.9677

Tabla 30: Coeficientes de Regresión para el IAA

Factor	Coefficiente de Regresión	Error Estándar	t(4)	P
Grits de maíz (A)	-0.0395	0.04273	-0.92426	0.40765
Harina de Quinoa (B)	-0.42117	0.14653	-2.87418	0.04527
Harina de Garbanzo (C)	0.65255	0.20395	3.1995	0.03291
AB	0.01153	0.00349	3.29871	0.02997
AC	-0.00843	0.00343	-2.45775	0.06986
BC	-0.00318	0.00338	-0.94074	0.40010

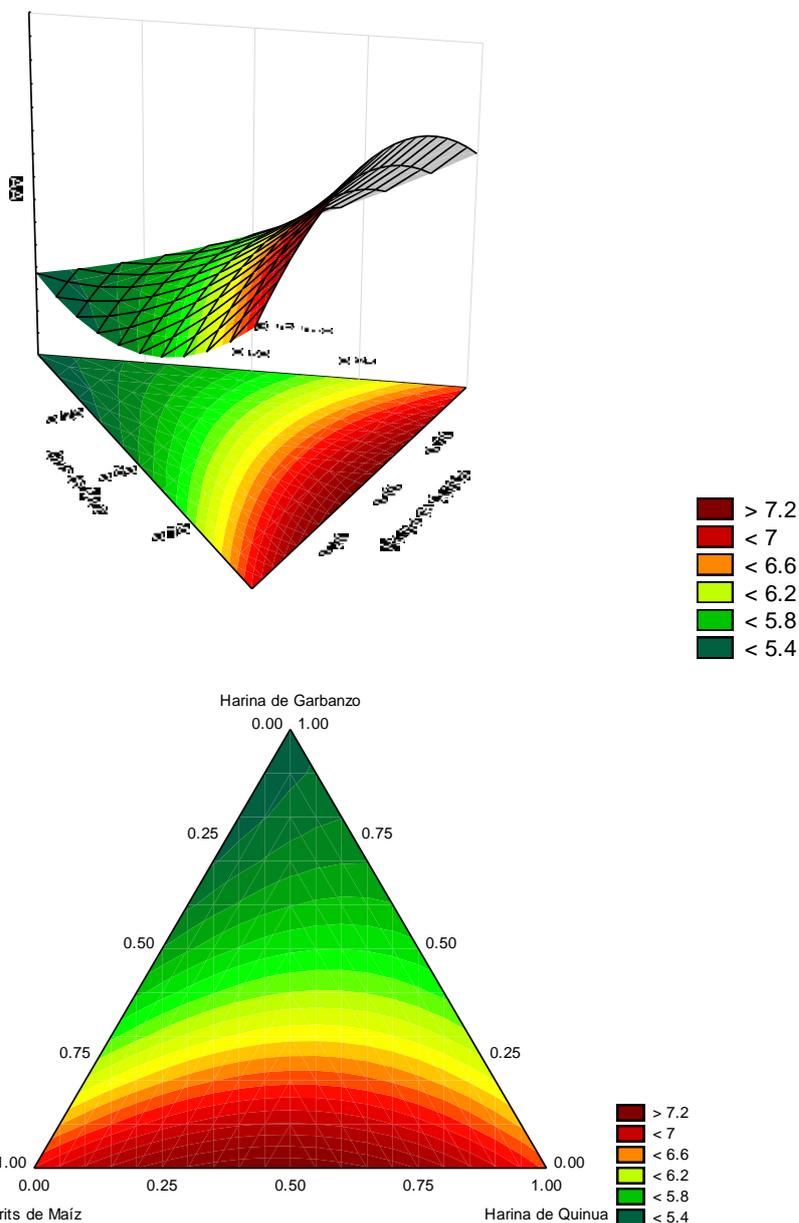
Ecuación 15: Ecuación para el Índice de Absorción de Agua

$$IAA = -0.390GM - 0.421HQ - 0.652HG + 0.011 GM * HQ - 0.008GM * HG - 0.003HQ * HG$$

Así también de la tabla N°30, podemos deducir que de las 3 variables estudiadas, solo 2 de ellas de forma individual tienen un efecto significativo en el IAA, al tener valores p (0.03291) inferiores a 0.05, así mismo se notó también que la interacción de las variables Harina de Quinoa y Grits de Maíz en las formulaciones genera un efecto significativo en el IAA de los extruidos.

Según Gonzales (2007) los valores bajos de IAA se deben posiblemente a que el almidón no sufrió un alto grado de dextrinización durante la extrusión, y valores altos el fenómeno contrario, lo cual provocó un aumento en la capacidad de absorción de agua.

Según Hoover (2001) La desnaturalización de proteínas, la gelatinización del almidón e hinchamiento de la fibra cruda, que ocurren durante la extrusión, podrían ser responsables del incremento de IAA de productos extruidos



Gráfica 4: (a). Superficie de respuesta (b) Gráfico de Contorno para la respuesta del Índice de Absorción en Agua

En la Gráfica de superficie 4 (a), y la gráfica de contorno 4(b), se puede observar que son las formulaciones que tienen mayor porcentaje de quinoa (Zona Roja) las que presentan mayor valor

para el IAA. Y esto contrasta con lo indicado por Repo & Carrasco (2011) quienes extruyeron quinua y maíz, encontrando que el IAA de agua, varía en función a los porcentajes de sustitución y la humedad de la mezcla, encontrándose que a mayor porcentaje de quinua mayor es el IAA y cuando la muestra presenta 70% de Harina de Quinua, 30 % de Grits de Maíz y una humedad de 14 %, se logra obtener mayores valores de IAA.

4.3.7. Índice de Solubilidad en Agua (ISA):

Los resultados presentados en la Tabla N° 31, muestran que para formulaciones con alto % de Harina de Garbanzo se obtienen valores de ISA relativamente altos, lo contrario ocurre cuando los % de Grits de Maíz y Harina de Quinua son mayores, el ISA es bajo, como es el caso de la formulación F2 y F4 con valores de ISA de 0,153 y 0,135 respectivamente.

Tabla 31: Resultados para el Índice de Solubilidad en Agua

Formulación	ISA
	(g sólido / g sólido totales)
F1	0.033 ± 0.012
F2	0.060 ± 0.249
F3	0.135 ± 0.112
F4	0.025 ± 0.066
F5	0.108 ± 0.069
F6	0.103 ± 0.013
F7	0.059 ± 0.043
F8	0.030 ± 0.062
F9	0.044 ± 0.033
F10	0.153 ± 0.017

Esto se explica ya que las formulaciones F2 y F4 al presentar dentro de su composición mayores % de Grits de maíz y Harina de Quinua, presentan mayor cantidad de amilopectina, lo que se traduce como mayor ISA.

En la Tabla N° 32, se puede observar los valores del ANOVA realizado, donde el Fcal (4.666) fue menor al Ftab (9.746), lo cual indica que ninguna de las variables, ni la interacción de estas tiene un efecto significativo por el ISA

Tabla 32: ANOVA del Índice de Solubilidad en Agua

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Fcal
Modelo Cuadrático	0.016465	5	0.003293	4.666124
Error	0.002823	4	0.000706	
TOTAL	0.019288	9	0.002143	

Repo y Carrasco (2011) al extraer una mezcla de Grits de maíz y harina de quinua obtuvieron valores similares de ISA, que oscilan entre 0.16 y 0.44, de igual forma no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados.

Según Dogan y Karwe (2003) Las interacciones moleculares entre el almidón degradado, componentes proteicos, lipídicos y fibra pueden aumentar el peso molecular provocando la disminución de la solubilidad.

4.4.Evaluación Sensorial de las formulaciones:

La tabla N°33, presenta las respuesta dadas a un grupo de 35 panelistas, los cuales según su agrado calificaron a las 10 formulaciones estudiadas.

Tabla 33: Puntaje obtenido para las formulaciones en el Análisis Sensorial

F	Puntaje *			
	Olor	Color	Sabor	Textura
F1	3.48 ± 0.68	3.73 ± 0.97	3.67 ± 0.91	4.32 ± 0.93
F2	3.52 ± 0.75	3.30 ± 0.89	3.71 ± 0.72	4.37 ± 1.11
F3	3.19 ± 0.81	2.84 ± 0.72	3.62 ± 0.67	3.11 ± 0.88
F4	3.33 ± 0.97	3.17 ± 0.98	3.95 ± 0.70	4.54 ± 1.04
F5	3.29 ± 0.78	3.87 ± 0.98	3.90 ± 0.70	3.24 ± 0.97
F6	3.52 ± 0.60	3.43 ± 0.87	3.43 ± 0.75	3.82 ± 0.93
F7	3.62 ± 0.67	3.53 ± 0.97	3.76 ± 0.70	3.68 ± 1.03
F8	3.24 ± 0.62	3.60 ± 0.55	3.67 ± 0.48	3.53 ± 0.91
F9	3.48 ± 0.81	3.86 ± 0.85	3.57 ± 0.81	3.97 ± 1.02
F10	3.57 ± 0.60	3.12 ± 0.93	3.62 ± 0.80	3.39 ± 1.17

*Media de los 35 Panelistas evaluados ± SD

De los puntajes obtenidos por las muestras respecto al color y sabor se observó que no presentan diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre las formulaciones estudiadas.

La formulación que mayor puntaje respecto al color fue la formulación la F7 seguidamente de la F10 lo cual posiblemente sea por altos porcentajes de harina de garbanzo casi como respecto al color la F5 obtuvo un puntaje mayor así mismo la F3 que tienen un porcentaje menor de grits de maíz obtuvo un valoración menor y en cuanto al sabor la F4 obtiene un puntaje mayor siendo este atributo uno de los más importantes para la aceptación del producto y por último en textura obteniendo la F4 el más alto puntaje entonces podemos decir que la F4 es la mejor de acuerdo a los características importantes como sabor y textura.

Los panelistas distinguen mejor las formulaciones en cuanto a la textura porque hay un rango de diferencia de 2.42 entre los puntajes pues la F4 obteniendo el puntaje más alto. Si bien es cierto que no existen diferencias en todo el análisis sensorial pero al realizar las pruebas de aceptación en cuanto a la textura y sabor hay diferencias que indican la preferencia de las formulaciones.

Espinoza Ramona (2011) realizaron un extruido de una mezcla de maíz y garbanzo (60 % y 40 %) y fue calificado sensorialmente con una aceptación de 4.3 con una escala hedónica de 6 puntos donde se encuentran entre “me gusta mucho” y “me gusta”.

4.5. Optimización de las muestras de snack extruido:

De acuerdo a las conclusiones de los diferentes análisis como actividad de agua (Aw), densidad aparente (DA), textura instrumental, índice de expansión (IE), Índice de absorción de agua (IAA) ,Índice de solubilidad en agua (ISA), así también teniendo en cuenta la evaluación sensorial se analizara la formulación óptima.

Dentro de las características hay variables que difieren por ello usamos el programa de Minitab 17 que ofrece la posibilidad de contraponer estos datos y buscar un nivel óptimo para las variables de estudio en las 10 formulaciones por tanto se analiza tanto al maximizar y minimizar los variables de respuestas .

Tabla 34: criterios para la optimización de las mezclas

	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Sabor	Max.	3.43	3.95	3.95	1	1
Densidad aparente	Min.	149	149	314	0.9	0.9
Textura	Min.	57.32	57.32	82.34	1	1
Índice de expansión	Max.	1.75	2.76	2.76	1	1

En la Tabla 34, se muestran los valores inferiores, objetivos y superiores para cada una de las variables dependientes, dándole la misma ponderación e importancia (1.0) para sabor, textura e índice de expansión los cuales son los más importantes seguidamente de la densidad aparente con ponderación e importancia de (0.9).

Resultando la mezcla optima como se muestran en el Tabla 35:

Tabla 35: Mezcla óptima

Componentes	%
% Grits de maíz	63.0
% Harina de quinua	32.0
% Harina de garbanzo	5.0

Por tanto de acuerdo a este resultado la formulación óptima es la F4 con componentes de 63% de grits de maíz, 32 % de harina de quinua y 5 % de harina de garbanzo. Por tanto se procedió al análisis de la formulación óptima.

4.6. Determinación y Caracterización del Snack Extruido con Formulación optima:

Una vez realizado el análisis sensorial, y en funciones de las demás características de calidad que debe presentar un extruido, se obtuvo como mejor formulación a la F4 la cual presentó los mayores valores en puntuación en cada uno de los análisis realizados.

Tabla 36: Composición nutricional del Snack Óptimo

Componente (%)	Formulación Óptima (F4)
Humedad	4.945 ± 0.183
Proteína	10.851 ± 0.592
Grasa	6.512 ± 0.632
Fibra dietética	7.434 ± 0.104
Cenizas	2.439 ± 0.008

Tabla 37: Características Físicas del Snack Óptimo

Característica	Formulación Óptima (F4)
IE	2.753 ± 0.117
DA	149.000 ± 0.450
Textura Instrumental	57.320 ± 0.482
IAA	7.248 ± 0.231
ISA	0.025 ± 0.066

Según la norma sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos, dispone que la humedad máxima que debe tener el producto es de 5 %, nuestro producto tiene un humedad de 4.945 %, por lo que se considera dentro de los límites establecidos.

El porcentaje de humedad de la mezcla en un principio es del 13 % aproximadamente, pero al pasar esta a través del extrusor, se logra que se dé la evaporación de gran contenido de agua de la mezcla al ser los valores de presión del interior y el exterior diferentes lo que causa la evaporación instantánea y por ende la disminución del contenido de humedad del producto final.

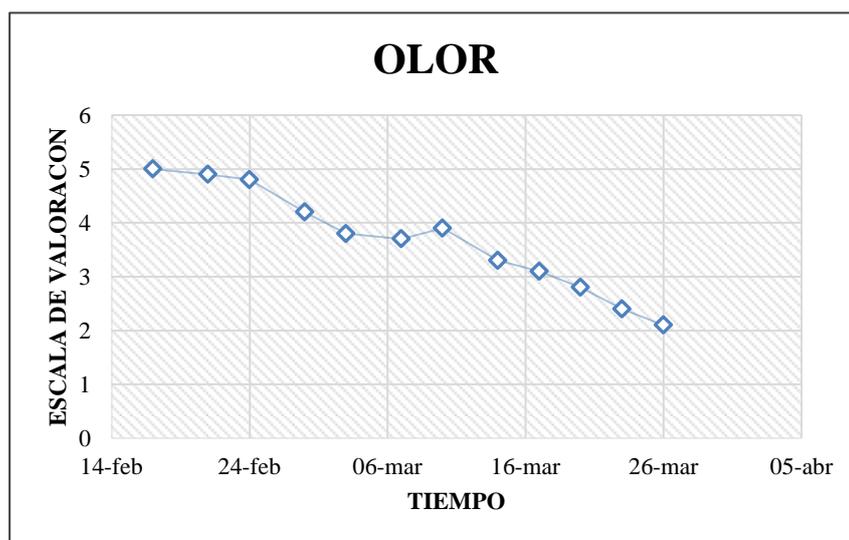
El porcentaje de proteínas es del 11 %, valor que oscila entre los porcentajes de sus 3 componentes, su porcentaje de grasa es de 6.512 similar al contenido de grasa de Harina de Garbanzo, menor que el contenido de grasa de la Harina de quinua (7.2394), pero superior al contenido de Grasa de los Grits de Maíz

4.6.1. Vida útil:

La vida útil de snack se determinó por la evaluación sensorial mediante la metodología establecida usando la escala Hedónica de 5 puntos y mediante el análisis microbiológico del snack.

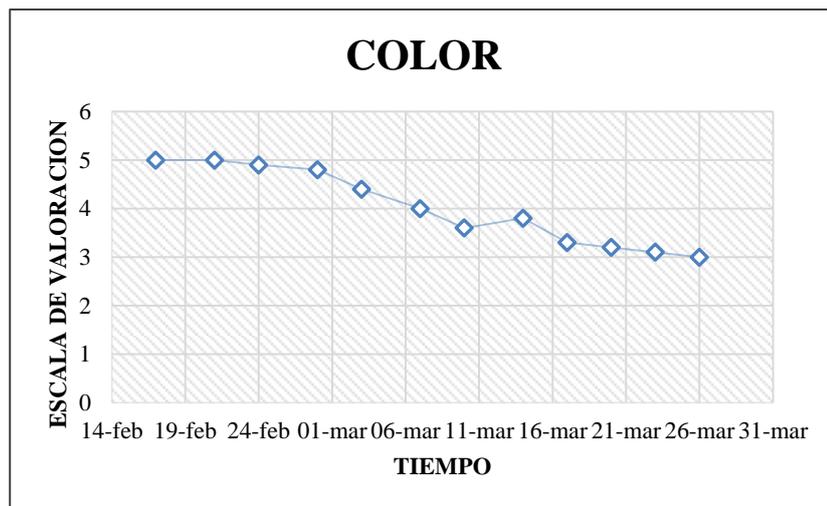
El tiempo de evaluación por parte de los 10 panelista fue 6 semanas donde se realizan las pruebas de las características sensoriales como olor, color, sabor, textura y aceptabilidad general.

En cuanto al olor se mantuvo por 2 semanas el puntaje de 5 como valor promedio “me encanta” luego a las 3 semanas el puntaje de 4.2 que corresponde a “me gusta” y para la semana 4 los puntaje de 3.3 con “no me gusta ni me disgusta” finalmente para para la semana 6 calificaron con “no me gusta.



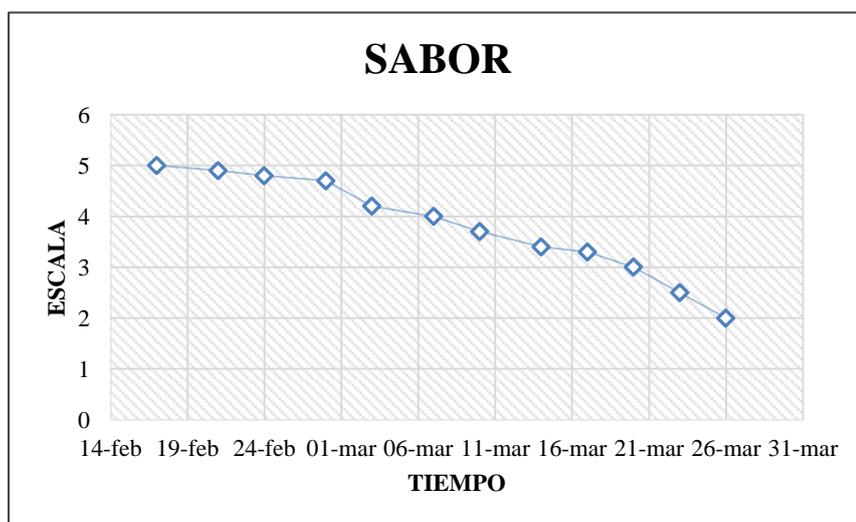
Gráfica 5: Respuestas del Atributo de Olor durante análisis de vida útil

En cuanto al color se mantuvo por 3 semanas el puntaje entre 5 y 4 como valor promedio “me encanta” y “me gusta” luego para la semana 4 los puntaje fueron de 3.8 con una tendencia a me gusta finalmente para para la semana 6 calificaron disminuyeron a un puntaje de 3 los cual “no les gusta ni les disgusta”.



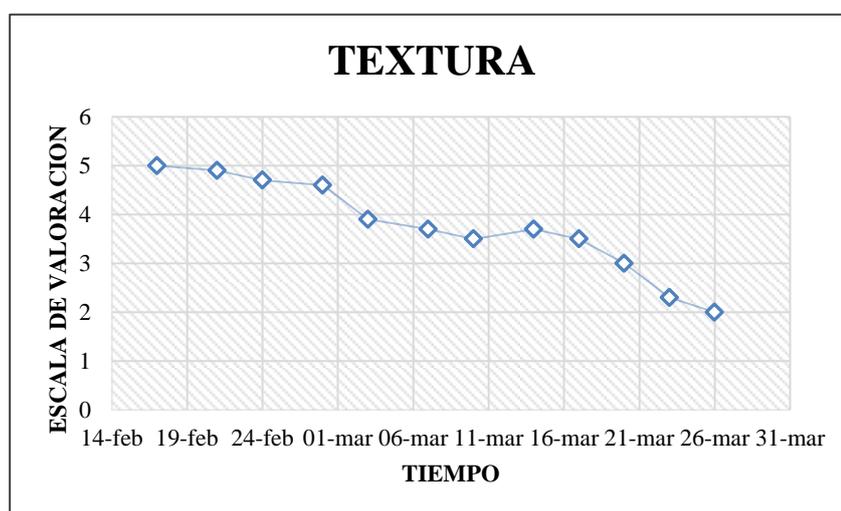
Gráfica 6: Respuestas del Atributo de Color durante análisis de vida útil

En cuanto al sabor un de las características imprescindibles que exige el consumidor en los extruidos durante las 2 semanas de evaluación se obtuvo la puntuación de 4.7-5.0 lo cuales tienen la valoración del “me encanta” y para la semana 3 de puntaje de 4 “me gusta” y para la semana 4 se mantuvo por semanas el puntaje entre 5 y 4 como valor promedio “me encanta” y “me gusta” luego para la semana 4 los puntajes fueron de 3.8 con una tendencia a me gusta finalmente los puntajes estuvieron por debajo de los 3 los cuales muestran la valoración de “no me gusta ni me disgusta”.



Gráfica 7: Respuestas del Atributo de Sabor durante análisis de vida útil

Así mismo la textura es otra de las características importantes de la calidad de los extruidos siendo este parámetro fundamental que tienen que ver con la crujibilidad, el atributo más deseable y en el campo de análisis sensorial detectable por los panelistas. Por tanto el producto hasta las 2 semanas de análisis se mantuvo la puntaje promedio de 4.6-5.0 con la valoración de “me encanta” para la semana 3 y 4 con el puntaje de 3.7-4.5 los cuales indican la valoración de “me gusta” luego para adelante se observa las puntajes de 3 y menores los cuales indican que ya no son aceptables para el consumidor.



Gráfica 8: Respuestas del Atributo de Textura durante análisis de vida útil

Por tanto podríamos decir que hasta la semana 4 en cuanto a la aceptación de las características sensoriales producto alcanza puntuaciones que nos dicen que es aceptado y es preferido por los consumidores.

Según Revelo (2010) las calidad de snack extruidos que fueron envasado en polipropileno biorientado (BOPP) y almacenados en condiciones normales al cabo de 30 días alcanzaron valores no deseables como el aumento de actividad de agua de 0.51 así como el de humedad los cuales afectaron la calidad de los productos. Además estando relacionado a diversos factores

como tipo de materia prima, la formulación del producto, el proceso aplicado, las condiciones sanitarias del proceso, envasado, almacenamiento y distribución y las prácticas de los consumidores como lo menciona Valdez (2014).

4.6.2. Análisis Microbiológico:

Para análisis microbiológico se realiza el recuento de mohos y levaduras, bajos las condiciones de almacenamiento ambientales los cuales se muestras en el tabla N° 38 y tomando la referencia de los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano R.M. N°591-2008-MINSA que establece como máximo un recuerdo de mohos y levaduras de 10^2 .

Tabla 38: Resultados análisis microbiológico

Almacenamiento (días)	Recuento total de mohos y levaduras (UFC/g)	
	F1	F4
1	$1 \times 10^{\pm 1.03}$	$1 \times 10^{\pm 2.01}$
17	$3 \times 10^{\pm 2.04}$	$2 \times 10^{\pm 1.84}$
31	$14 \times 10^{\pm 2.15}$	$15 \times 10^{\pm 2.17}$
46	$67 \times 10^{\pm 2.04}$	$72 \times 10^{\pm 1.84}$

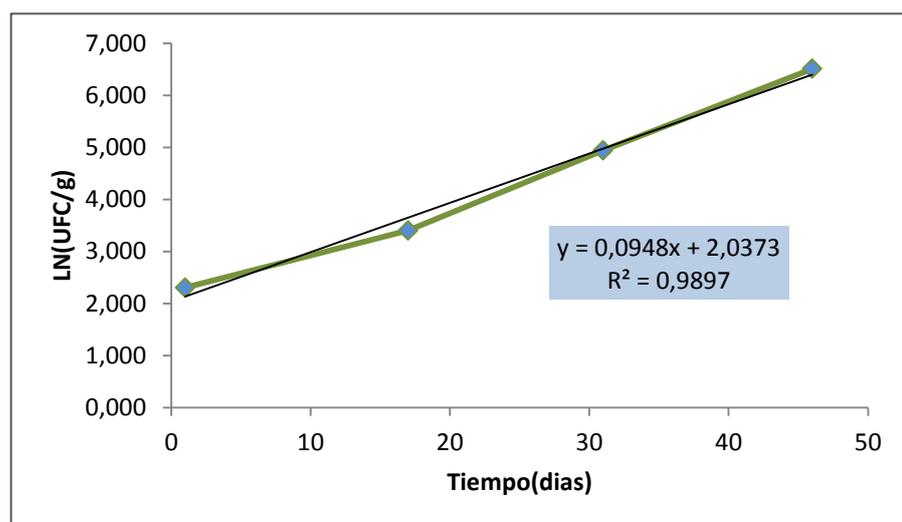
Por tanto se muestra los recuentos microbiológicos alcanzados los cuales al compararse con datos obtenidos por Galarza (2011) en su estudio del análisis microbiológico de los productos extruidos observo la presencia de los mohos y levaduras cuando el recuento era de 140 (UFC/g) lo cual es apto para el consumo humano. Así mismo Higino (2011). Realizo una análisis microbiológico a la muestra que contenía un cómputo químico de mejor resultado a las mezclas de harinas extruidas con un

valor de 20 UFC/g en mohos y levaduras los cuales cumplen con los requisitos establecidos por los criterios microbiológicos establecidos por la MINSA y la ICMSF que suelen ser tomados en cuenta para estos productos en todos los programas de asistencia alimentaria dirigidos a todos los niños en edad escolar establecidos por el mismo Gobierno.

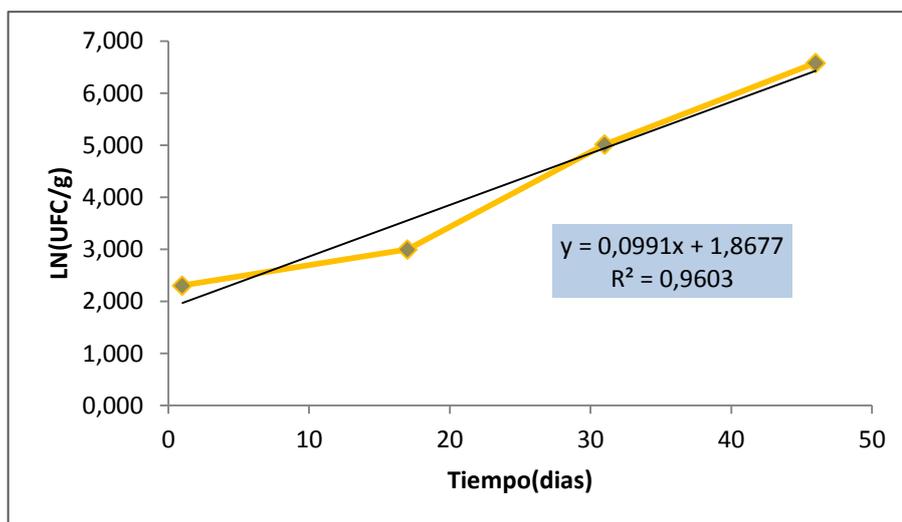
Para el orden de reacción del recuento microbiológico de mohos y levaduras asumimos el primer orden por la velocidad de crecimiento siendo el cambio en número de células o masa celular por unidad de tiempo. Madigan (1999).

Tabla 39: Regresión de los datos microbiológico de los mejores tratamientos

Tiempo (días)	LN(ufc/g)	
	F1	F4
1	2.303	2.303
17	3.401	2.996
31	4.942	5.011
46	6.507	6.579



Gráfica 9: Grafica de regresión de los datos microbiológicos en función al tiempo para reacción de primer orden F1



Gráfica 10: Grafica de regresión de los datos microbiológicos en función al tiempo para reacción de primer orden F4

Considerando que el límite máximo de UFC/g de acuerdo a la R.M. N°591-2008-MINSA es 100.

Entonces al aplicar el $\text{Ln}(\text{UFC/g máximo}) = 4.6052$

Por tanto al despejar la ecuación de regresión resultara.

Ecuación 16: Ecuación de Regresión para la F4

$$F4 = x = \frac{y - 1.8677}{0.0991}$$

Ecuación 17: Ecuación de Regresión para la F1

$$F1 = x = \frac{y - 2.0373}{0.0948}$$

Y al remplazar en y el $\text{Ln}(\text{UFC/g máximo})$ nos da el resultado de vida útil según el análisis microbiológico de 27 días.

Por tanto la vida útil del producto es de aproximadamente 4 semanas siendo visto según la evaluación sensorial y por el análisis microbiológico alcanzando el producto a las óptimas característica de aceptación del consumidor.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permitieron concluir que:

- Mediante el análisis de granulometría: para el maíz, se utilizó la materia retenida en la malla N° 60, la cual representó el 53.819% del total; para la quinua y el garbanzo se utilizó la materia que pasó a través de la malla N° 80 y representó el 86.899 % para la quinua y el 86.370 % para el garbanzo.
- Los extruidos presentaron una Aw promedio de 0.500, un IE que osciló entre 1.922 y 2.753, una DA entre 149.00 y 314 kg/m³, una Textura Instrumental entre 57.32 y 82.34 mJ, un IAA entre 5.396 y 7.248 g gel/ g materia seca y un ISA entre 0.025 y 0.153 g solido/ g solidos totales y que tuvo como puntuación en el análisis sensorial: 3 puntos para el olor, color y de 4 puntos para el sabor y textura.
- La formulación óptima tuvo la composición de humedad 4.945%, proteínas 10.851%, grasa 6.152%, fibra dietética 7,4343 % , cenizas 2.439 %, IE de 2.753 , DA de 149 kg/m³ , Textura Instrumental de 57.32 mJ, IAA 7.248 (g gel/g ms) , ISA 0.025 (g solidos/g solidos totales)
- Se determinó la vida útil de 27 días, mediante análisis sensorial y microbiológico.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas biológicas respecto a la evaluación del extruido óptimo como la digestibilidad aparente en vivo (DA), relación de eficiencia proteica (PER) y utilización neta proteica (NPU), para determinar la eficiencia relativa de las diferentes proteínas en cuanto a requerimientos de aminoácidos esenciales respecta.
- Realizar un análisis de factibilidad para la elaboración del extruido con la formulación óptima, ya la materia prima principal del extruido es maíz amarillo el cual tiene bajo costo, y la quinua y el garbanzo ingresan en la mezcla en cantidades módicas, necesarias para aumentar el valor nutricional del extruido.
- Realizar un aminograma del extruido con formulación óptima para contrastar el contenido de aminoácidos real de la muestra, con lo obtenido mediante cómputo químico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abugoch, E. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1–31.
- Acioli, R. 2000. Efeito das variaveis de extrusao e da incorporacao de gluten. Amilose e farinha de milho na qualidade tecnologica da farinha de rosca extrusada em base de trigo. UNICAMP. Campinas – Brasil. 34 - 47
- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales*. 1-15
- Aguilar, V. 2013. Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Universidad de la América Puebla. México. 25-34
- Anzaldúa, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: Editorial Acribia. 45-56
- Baú, C. 2008. Alteracoes metabólicas benéficas em ratos Wistar decorrentes do consumo do amaranto extrusado. UNICAMP. Campinas – Brazil. 28-32
- Benítez, Claudia. 2006. El maíz: Origen, composición química y morfología. UNAM. Núm. 7. 15-20
- Cadena, C. 2010. Elaboración de un snack extruido expandido a base de chocho y gritz de maíz. Quito. 78 – 98.
- Cárdenas, M., Rodobaldo, T. Ortiz Pérez, F. 2012 .Characterization and selection of chickpea lines (*Cicer arietinum* L) introduced in Cuba. Instituto Nacional de ciencias agrícolas (INCA). 58 – 59.
- Chauhan, G. S., Eskin, N. A y Tkachuk, R. 1992. Nutrients and antinutrients in quinoa seed. *Cereal Chemistry*, 69, 85–88.
- Chiotelli E, Le Meste M. 2002. Effect of small and lage wheat starh granules on thermomechanicl behavior of starch.*Cereal Chem*. 83. 286-293
- Collazos, C.P. White, H.S., 1975 “La Composición de los alimentos peruanos” Instituto de Nutrición-Ministerio de Salud. 5-27
- Coulter, L. y Lorenz, K. 1990. Quinoa–composition, nutritional value, food applications. *Lebensmittel Wissenschaft & Technologie*, 23, 203–207.

- DIGESA, MINSA. 2006. Norma Sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos y otros, destinados a Programas Sociales de Alimentación. 1-9
- Dutra, I. 2001. Efeito da Extrusao Termoplastica sobre propiedades funcionáis e nutricionais de farinhas a base de milho, caseína e derivados de levedura. UNICAMP. Campinas. 51-70
- Egas, L., Villacres, E., Salazar, D., Peralta, E., Ruilova, M. 2010. Elaboración de un cereal para desayuno con base a quinua (*Chenodium Quinoa willd*) Expandida .Instituto Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Guaranda. Ecuador.37, 49.
- FAO. 1993. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y Nutrición
- Fritz, M 2005. “Selección de las condiciones de extrusión para una mezcla maíz-fríjol: aspectos sensoriales y operativos”. CYTED BRASIL”. Brazilian Journal of Food Tech. III JIPCA.67. 4-7
- Francois, P. 1996. Physical and Functional Properties of Twin-screw Extruded Whey Protein Concentrate–Corn Starch Blends. University of Nebraska-Lincoln. USA.30, 359-366.
- Geera. B, Nelson J, Souza E, Huber K. 2006. Composition and properties of A and B type starch granule of wild – type, partial waxy, and waxy soft wheat. Cereal Chem. 83. 551 - 557
- Gonzales, R. 2013. Extrusion conditions and amylose content affect physicochemical properties of extrudates obtained from brown rice grains. International Journal of Food Science, 1-8.
- Gusjka, E. 1990. Effect of temperatura on Properties of extrudates from high starch fractions of navy, Pinto and Garbanzo Beans. Journal of Fodd Sciencie. Volume 55. 466- 469
- Gutierrez, R. 2008. Alimento para niños preparado con Harinas de Maíz de Calidad Proteínica y Garbanzo Extruidos. México. 3- 11
- Guy, R. 2001. Introduction. In: GUY, R. Extrusion cooking. Technologies and applications. Ed. CRC Press. England, 3-4,
- Guy, R. 2002. Extrusión de Alimentos: Tecnología y aplicaciones. España: Editorial Acribia S.A. 5-8

- INIFAP. 1999. QPM Maíz de Alta Calidad Proteica. Doble de Proteína del Maíz Normal. INIFAP Produce. SAGAR. México.
- James, L. E. A. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1–31.
- Jovanovich, G. 1997. “Estudio de las interacciones entre almidón y lípidos en harina de trigo”, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. 2- 5
- Koziol, M. 1992 Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*.4-9
- Martel, R. 2011. Calidad nutricional de un producto extruido fortificado con dos niveles de hierro proveniente de harina de sangre bovina”. Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Perú. 56-79
- Martínez. 2012. Desarrollo de alimentos pre cosidos por extrusión a base de maíz y leguminosas. Colombia. 54-57
- Martinez-Bustos, F. 1999. A Tecnologia de extrusão como instrumento no desenvolvimiento de novos produtos. Apoyo del curso principios teóricos e práticos na elaboração de “snacks” por extrusão termoplástico. 36-38
- Mercier, C., Fillet, P. 1975. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. *Cereal Chemistry*. 3-6
- Miranda – Villa. 2012. Caracterización Funcional del Almidón de Frijol Zaragoza ((*Phaseolus Lunatus* L.) y Cuantificación de su Almidón Resistente. UNIAGRARIA. Bogotá – Colombia. 18-28.
- Morrison, W. & Laignelet, B.1983. An improved procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches, *Cereal Science*, 1, 9-20.
- Mujica, A., J. Izquierdo & J.P. Marathe, C. 2001. Origen y descripción de la quinua. pp. 9-29 En: Mujica, A., S. E. Jacobsen, J. Izquierdo & J. P. Marathe (eds.) *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro*. FAO, UNA, Puno, CIP. Santiago de Chile. 46-52

- Mujica A. 2004. Descriptores para la caracterización de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). pp.121-136 En: Memorias del Seminario Taller Nacional sobre Caracterización de los Cultivos Nativos y sus Parientes Silvestres en el Perú. INIA, PNUD-Proyecto In situ. Chosica, 19-20 mayo 2004, Lima. 65- 69
- Núñez, M. 2002. Optimización de múltiples respuestas por el método de la función de conveniencia para diseño de mezclas, Instituto de Investigaciones para la industria alimenticia .Habana. 47. 63- 65.
- Pérez, N.C., Cruz, E.R., Chel, G.L. & Betancur, A.D., 2006. Caracterización física de extrudidos preparados con mezclas de harina de maíz QPM (*Zea Mays* L.) y frijol lima (*Phaseolus Lunatus*). Revista Mexi-cana de Ingeniería Química, 145-155.
- Prakash, D. & Pal, M. 1998. *Chenopodium*: seed protein, fractionation and amino acid composition. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 49, 271–275.
- Ramírez, J. 1994. Efeito das variaveis de extrusao nas características física e químicas de producto intermediarios (Half- Products). UNICAMP. Campinas. 27-39
- Ramos, L. 2002. “Aspectos tecnológicos para la extrusión de cereales andinos”. Monografía. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 34 – 42.
- Repo -Carrasco, R., Espinoza, C. and Jacobsen, S.E. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. Vol. 19. 207- 219.
- Revelo, A. 2010. Desarrollo y Evaluación de las Tecnologías de un Snack Laminado a partir de Quinoa. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito. 55-86
- Reyes. C, Milán. J, Gutiérrez. R, Paredes. O, Cuevas. E, Garzón. J. 2003. Instant flour from quality protein maize (*Zea mays* L). Optimization of the extrusion process. 45- 48
- Reyes - Moreno. C, Romero. J, Milán. R. Gómez. G. 2000,”Chemical composition and nutritional quality of fresh anda hardened chickpea(*cicer arietinum* L) afther the solid state

fermentation(SSF),Universidad autonoma de Sinaloa, Culiacan,Sinaloa ,México. 3-7

- Reyes Moreno, C., Milan, J., Rouzaud, O. 2002. Descascarillado/suavización /extrusión (DSE) Alternativa tecnológica para mejorar la calidad nutricional del Garbanzo (*cicer arietinum L.*). Instituto politécnico Nacional. México. 3-8
- Ruales, J. y Fair, B.1992. Nutritional quality of the proteins in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) Plant Foods for Human Nutrition. 42: 1-11.
- Sánchez, I. 2014. Maíz (*Zea Maíz*). Universidad Complutense de Madrid. España. 3-5.
- Schmiele, M. 2009. Caracterização das frações com diferentes granulometrias de milho dentado e duro e avaliação na qualidade de extrusados expandidos, UNICAMP. Campinas - Brasil. 47 – 109
- Siche, R. 2016.El Diseño Simplex-Centroide y la Función de Deseabilidad en la optimización de la aceptabilidad sensorial de pan dulce enriquecido con *Chenopodium quinoa*. Trujillo – Perú. 70 – 81
- Velásquez, L., Aredo, V., Caipo, Y. & Paredes, E. 2014. Optimization by mixtures design of the acceptability of an enriched cookie with quinoa (*Chenopodium quinoa*), soybean (*Glycine max*) and cocoa (*Theobroma cacao L.*). Agroindustrial Science, 4(1), 35 – 42.
- Tang H, Ando H, Watanabe K, Takeda Y, Mitsinaga T. 2000. Some physicochemical properties of small – médium and large - granule starches in fractions of waxy barley grain. Cereal Chem. 77. 27-31.
- Tovar, A. 2012. Caracterización Física y Mecánica de Sémola de Maíz Extruida bajo diferentes condiciones de operación. Sartenejas. 6-20.
- Tovar, J., 1992. La biodisponibilidad del almidón en leguminosas procesadas. Importancia de la inaccesibilidad física y la retrogradación del almidón, grado de la tesis de Doctorado, Universidad de Lund, Departamento de Nutrición Aplicada y Química de los Alimentos, Lund, Suecia.
- Túpaca, V. 2012. Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (*Lepidium meyenii Walp*). Lima. 45, 78.

- Wahli, C. 1990. Quinoa-hacia su cultivo comercial. Latinreco S.A., Quito. 23, 47.
- Zazueta - Morales, J. 2011. Extrusión cocción en el Procesamiento de Maíz: Cambios Físicos, Químicos y Calidad de Productos. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencia Químico Biológicas. México. 58, 127.

ANEXOS

Anexo 1: Procedimiento para la obtención de los grits de maíz, harina de Quinua y Harina de Garbanzo

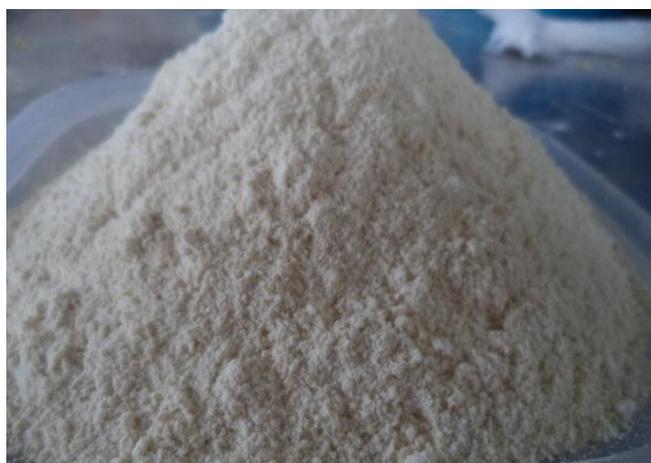
GRITS DE MAÍZ



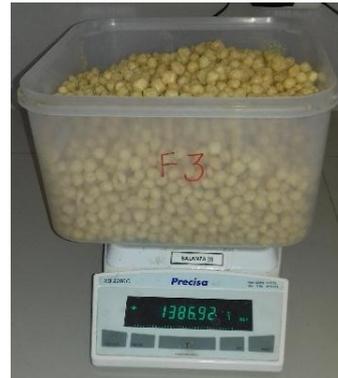
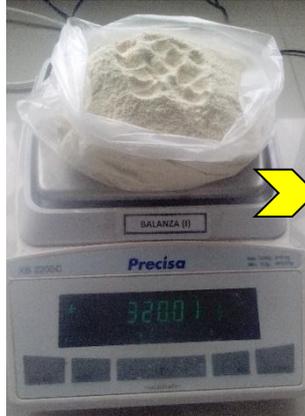
HARINA DE GARBANZO:



HARINA DE QUINUA



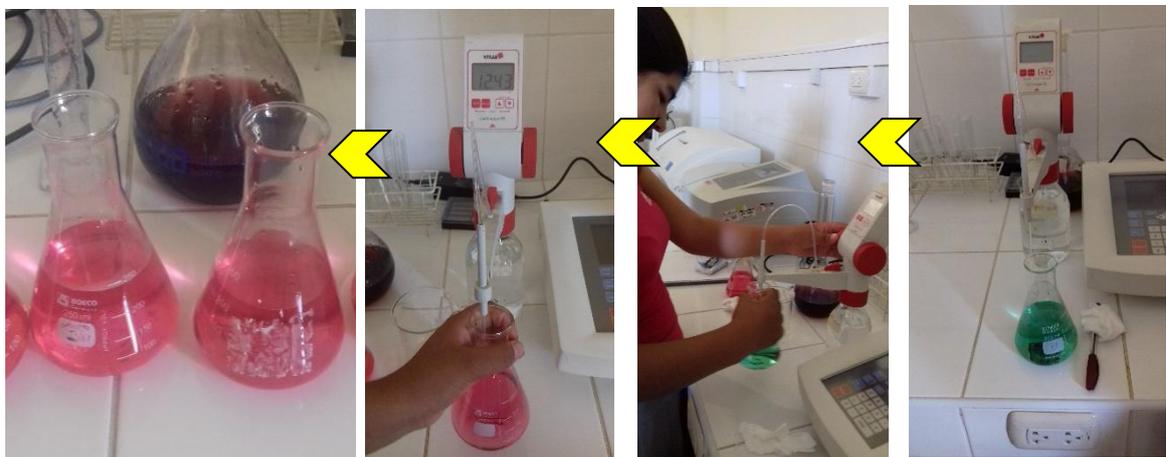
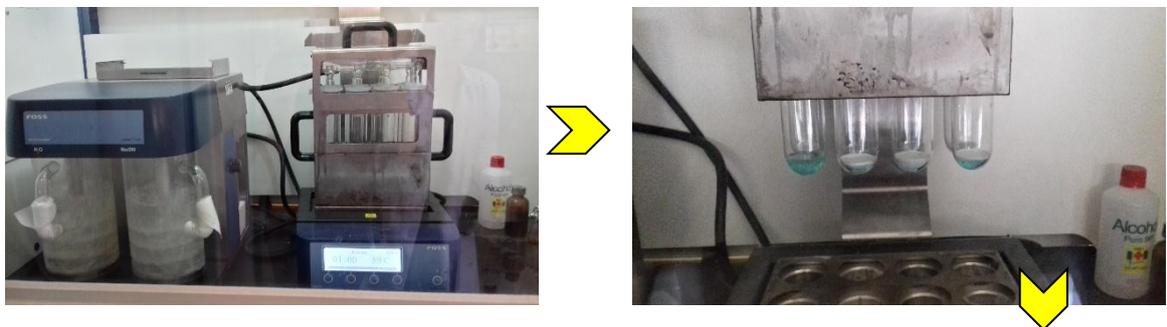
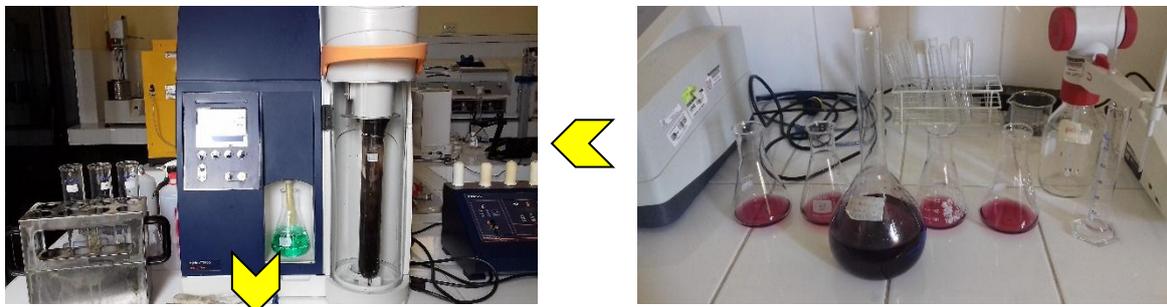
Anexo 2: Obtención del snack extruido



Anexo 3: Procedimiento para la determinación de la composición proximal de la MP y del snack extruido
GRASA

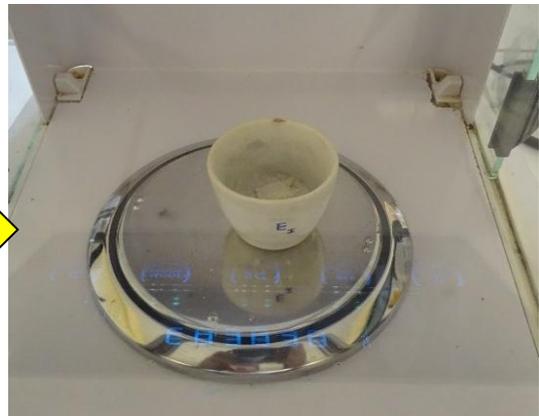
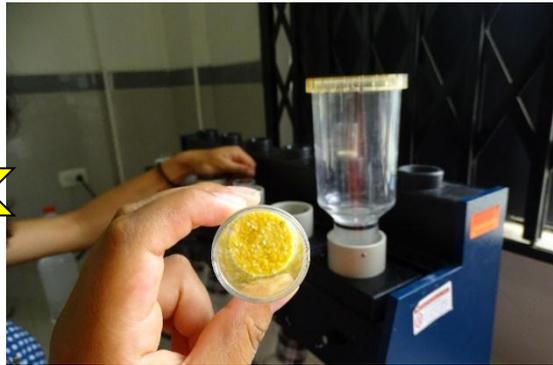
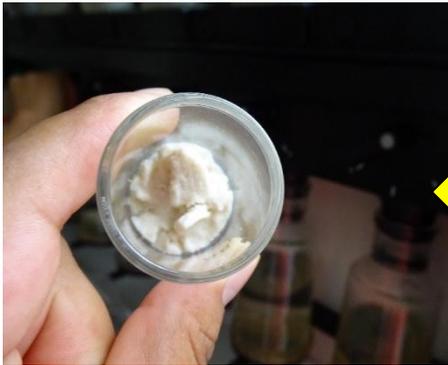
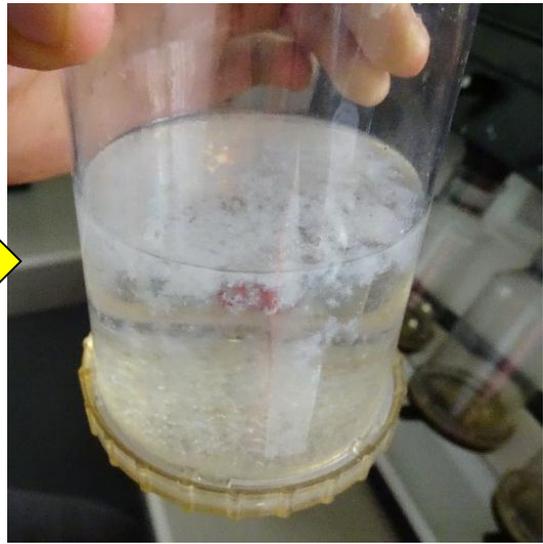


PROTEINAS



FIBRA





Anexo 4: Procedimiento para la determinación de las Características Físicas del Snack Extruido

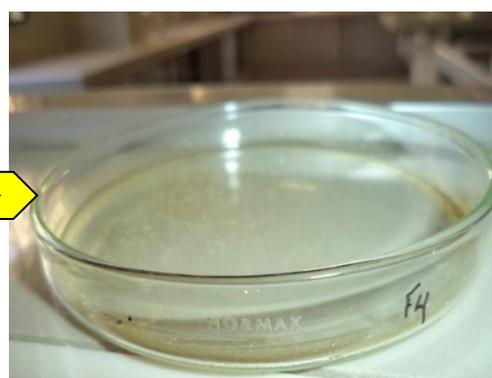
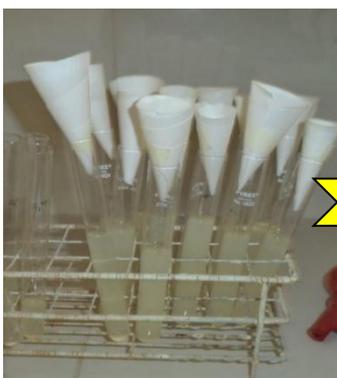
DENSIDAD APARENTE:



INDICE DE EXPANSION:



IAA e ISA:



Anexo 5: Cálculos de la composición de las materias primas y formulación óptima**1. Proteínas:**

MUESTRA	PESO (gr)	GASTO (mL)	N (%)	PROTEÍNAS (%)
Grits de Maíz	1.0057	14.09	1.961	12.259
Harina de Quinoa	1.0069	20.3	2.823	16.088
Harina de Garbanzo	1.0052	15.47	2.155	13.466
Form. Optima	1.0023	12.43	1.736	10.851

2. Grasas:

MUESTRA	VASO (gr)	VASO + MUESTRA (gr)	(gr)	GRASA (%)
Grits de Maíz	27.5194	27.6493	3.254	3.4403
Harina de Quinoa	27.998	28.589	3.008	19.651
Harina de Garbanzo	27.991	28.201	3.134	6.685
Form. Optima	27.826	28.123	3.453	8.581

3. Cenizas:

MUESTRA	CRISOL (kg)	MUESTRA (kg)	CRISOL + CENIZAS (kg)	CENIZAS (kg)	% CENIZAS
Grits de Maíz	41.82	4.05	41.87	0.05	1.235
Harina de Quinoa	38.24	4.50	38.29	0.05	1.111
Harina de Garbanzo	47.72	3.49	47.76	0.04	1.146
Form. optima	28.39	2.05	28.44	0.05	2.439

4. Fibra dietética total (FDT):

TIPO	MUESTRA	CRISOL	CRISOL + MUESTRA	R1	CRISOL	MUESTRA	CRISOL+ MUESTRA	CENIZA	MUESTRA	FIBRA DIETETICA
TOTAL	GM	30.5588	30.9784	0.4196	48.1103	0.6401	48.4471	0.3368	1.0098	8.1996
	HQ	30.4932	31.0455	0.5523	38.2560	0.6881	38.7363	0.4803	1.0117	7.1167
	HG	30.1345	30.6842	0.5497	38.2470	0.6153	38.6923	0.4453	1.0064	10.3736
	E	29.7109	30.1714	0.4605	28.4385	0.5513	28.8243	0.3858	1.0048	7.4343
INSOLUBLE	GM	30.3446	30.8377	0.4931	47.7043	0.6438	48.1429	0.4386	1.0086	5.4035
	HQ	30.4238	30.9604	0.5366	41.7476	0.5519	42.2398	0.4922	1.0121	4.3869
	HG	30.4829	31.0609	0.5780	41.8064	0.6391	42.3023	0.4959	1.0120	8.1126
	E	30.3389	30.8664	0.5275	27.2101	0.6235	27.6888	0.4787	1.0125	4.8198

Anexo 6: Ficha de Análisis Sensorial e Intención de Compra

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

Nombre: _____ Fecha: _____

Sírvase usted evaluar las siguientes muestras de snack, dando valores del 1 al 5 de acuerdo a su gusto. Enjuáguese la boca con agua antes de degustar v también entre una muestra v otra.

1 Me disgusta

2 No me gusta

3 No me gusta ni me disgusta

4 Me gusta

5 Me encanta

CODIGO	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	ACEPTA. GENERAL

INTENSION DE COMPRA

Coloque **SI** o **NO** de acuerdo a sus preferencia si ¿Compraría usted la muestra o no?

CODIGO	RESPUESTA

Anexo 7: Resultados del Análisis Sensorial
ATRIBUTO: OLOR

PANELISTA	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	2	3	4	4	4	3	4	4	4	3
3	3	2	3	3	3	4	3	3	3	2
4	4	4	3	3	2	4	5	3	4	4
5	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5
6	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3
7	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
8	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	3	4	4	3	4	3	4	3	4	3
12	4	5	3	3	3	3	3	3	3	3
13	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3
14	4	4	5	4	3	4	4	3	3	4
15	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
16	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3
17	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
18	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
19	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3
20	4	1	1	2	3	3	2	2	4	3
21	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5
22	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3
23	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
24	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
25	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3
26	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
27	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
28	3	2	3	3	3	4	3	3	3	2
29	2	3	4	2	1	4	4	2	3	1
30	3	4	4	3	4	3	4	3	4	3
31	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3
32	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
33	3	4	4	3	4	3	4	3	4	3
34	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3
35	2	3	3	2	1	4	4	2	2	1
PROMEDIO	3.48	3.52	3.18	3.33	3.29	3.52	3.62	3.24	3.48	3.57
DESVIACION	0.68	0.75	0.81	0.97	0.78	0.69	0.67	0.60	0.81	0.60

ATRIBUTO: COLOR

PANELISTA	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1	5	5	3	4	4	2	2	4	4	4
2	3	4	2	3	4	3	5	3	4	3
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	5	4	3	2	4	2	4	4	2	4
5	3	5	4	5	5	5	4	4	5	4
6	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
7	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4
11	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3
12	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4
13	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4
14	4	4	5	4	4	4	4	3	3	3
15	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3
16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
17	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5
18	4	2	3	4	4	3	3	3	2	3
19	4	2	3	3	4	3	4	3	3	4
20	2	3	4	3	2	3	2	4	2	2
21	3	5	4	5	5	5	4	4	5	4
22	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
23	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
25	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
26	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5
27	4	2	3	4	4	3	3	3	2	3
28	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
29	3	3	2	3	5	3	4	3	4	3
30	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3
31	3	4	2	4	4	4	4	4	4	4
32	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5
33	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3
34	4	2	3	4	4	3	3	3	2	3
35	3	3	2	3	5	3	4	3	4	3
PROMEDIO	3.73	3.30	2.84	3.17	3.87	3.43	3.53	3.60	3.86	3.12
DESVIACION	0.97	0.89	0.72	0.98	0.98	0.87	0.97	0.55	0.85	0.93

ATRIBUTO: SABOR

PANELISTA	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4
2	2	2	3	4	2	3	4	3	4	3
3	3	1	3	2	3	3	2	3	3	1
4	2	4	4	4	1	2	3	3	4	4
5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5
6	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4
7	3	4	3	4	4	3	3	2	2	2
8	2	4	4	3	4	3	3	3	2	3
9	3	3	4	3	3	3	2	3	3	4
10	4	4	4	5	4	5	4	4	3	3
11	3	4	4	5	3	3	3	3	4	4
12	4	5	5	5	5	5	4	3	4	3
13	4	2	2	3	4	2	4	3	3	3
14	4	4	5	4	3	4	4	3	3	4
15	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
16	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
17	4	4	5	4	3	3	5	4	3	5
18	3	4	4	4	2	2	3	3	2	3
19	3	4	4	2	3	4	4	3	2	3
20	4	3	4	5	4	4	1	2	2	2
21	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5
22	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4
23	3	4	3	4	4	3	3	2	2	2
24	2	4	4	3	4	3	3	3	2	3
25	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
26	4	4	5	4	3	3	5	4	3	5
27	3	4	4	4	2	2	3	3	2	3
28	3	1	3	2	3	3	2	3	3	1
29	1	3	2	4	3	3	2	2	2	2
30	3	4	4	5	3	3	3	3	4	4
31	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
32	4	4	5	4	3	3	5	4	3	5
33	3	4	4	5	3	3	3	3	4	4
34	3	4	4	4	2	2	3	3	2	3
35	1	3	2	4	3	3	2	2	2	2
PROMEDIO	3.67	3.71	3.62	3.95	3.90	3.43	3.76	3.67	3.57	3.57
DESVIACION	0.91	0.72	0.67	0.70	0.70	0.75	0.70	0.48	0.81	0.80

ATRIBUTO: TEXTURA

PANELISTA	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1	4	4	3	3	3	2	2	2	4	2
2	2	2	3	4	4	4	5	3	4	3
3	2	2	3	5	3	3	2	2	3	1
4	2	5	3	4	2	2	4	4	5	2
5	3	5	3	5	5	5	3	4	5	5
6	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4
7	2	4	2	4	4	4	4	2	2	2
8	1	4	3	5	4	2	4	2	3	3
9	4	3	4	4	3	4	2	2	4	4
10	3	3	3	4	4	4	3	3	4	5
11	3	5	3	5	3	3	3	3	4	4
12	3	5	4	5	5	5	3	4	3	4
13	4	2	4	3	3	3	4	3	2	4
14	3	3	5	3	3	5	4	2	3	3
15	3	3	4	3	3	4	2	2	3	2
16	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4
17	5	4	3	4	4	5	5	4	3	4
18	4	4	3	5	2	3	3	2	2	1
19	4	5	3	3	4	4	5	2	3	4
20	2	2	2	3	2	3	4	4	3	3
21	3	5	4	5	5	5	3	4	5	5
22	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4
23	2	4	2	4	4	4	4	2	2	2
24	1	4	3	5	4	2	4	2	3	3
25	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4
26	5	4	2	4	4	5	5	4	3	4
27	4	4	2	5	2	3	3	2	2	1
28	2	2	3	5	3	3	2	2	3	1
29	3	5	3	4	2	5	3	3	4	3
30	3	5	3	5	3	3	3	3	4	4
31	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4
32	5	4	3	4	4	5	5	4	3	4
33	3	5	3	5	3	3	3	3	4	4
34	4	4	3	5	2	3	3	2	2	1
35	3	5	3	4	2	5	3	3	4	3
PROMEDIO										3.3
DESVIACIO	4.32	4.37	3.11	4.54	3.24	3.82	3.68	3.53	3.97	9
N	0.93	1.11	0.88	1.04	0.97	0.93	1.03	0.91	1.02	1.1
										7

Anexo 8: Resultados de la Evaluación de Vida Útil del Snack Óptimo

		ATRIBUTO : OLOR											
PANELISTA	F	17/02/201	21/02/201	24/02/201	28/02/201	03/03/201	07/03/201	10/03/201	14/03/201	17/03/201	20/03/201	23/03/201	26/03/201
		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1	F2	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3
2	F2	5	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	2	2
3	F2	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	2
4	F2	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2
	F4	5	4	4	4	3	2	4	3	3	3	3	2
5	F2	5	4	4	4	3	3	4	3	3	3	2	2
	F4	5	5	4	5	3	3	4	3	3	3	2	2
6	F2	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	3	3	2	2	2
7	F2	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2
8	F2	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	2
9	F2	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	3	3	2	2	2
10	F2	5	4	4	4	3	3	4	3	3	2	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2
PROM.	F2	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2

ATRIBUTO : COLOR													
PANELISTA	F	17/02/201	21/02/201	24/02/201	28/02/201	03/03/201	07/03/201	10/03/201	14/03/201	17/03/201	20/03/201	23/03/201	26/03/201
		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1	F2	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3
	F4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3
2	F2	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3
	F4	5	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3
3	F2	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3
4	F2	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
	F4	5	5	5	5	5	4	3	4	4	4	4	3
5	F2	5	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3
	F4	5	5	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3
6	F2	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3
	F4	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3
7	F2	5	4	4	5	4	4	3	3	3	3	3	3
	F4	5	5	5	5	5	4	3	4	3	4	3	3
8	F2	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3
	F4	5	5	5	5	4	4	4	4	2	3	3	3
9	F2	5	5	5	5	5	4	3	3	3	3	3	3
	F4	5	5	5	5	4	4	3	4	4	3	3	3
10	F2	5	5	5	4	4	4	3	4	4	3	3	3
	F4	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3
PROM.	F2	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3
	F4	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3

ATRIBUTO : SABOR

PANELISTA	F	17/02/201	21/02/201	24/02/201	28/02/201	03/03/201	07/03/201	10/03/201	14/03/201	17/03/201	20/03/201	23/03/201	26/03/201
		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1	F2	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2
2	F2	5	5	5	5	4	4	4	4	3	2	2	2
	F4	5	5	5	5	4	4	4	3	4	3	2	2
3	F2	5	5	5	5	4	3	3	3	3	2	2	1
	F4	5	5	5	5	4	4	3	4	4	3	3	2
4	F2	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	2
	F4	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2
5	F2	5	4	5	5	4	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	2	2
6	F2	5	5	5	5	4	4	3	3	3	2	2	2
	F4	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	2	2
7	F2	5	5	5	5	5	4	3	3	3	2	2	1
	F4	5	5	5	5	5	4	3	3	3	3	2	2
8	F2	5	4	5	5	3	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2
9	F2	5	5	5	5	4	4	4	4	3	2	2	2
	F4	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	2
10	F2	5	5	5	5	4	3	3	3	3	2	2	1
	F4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	2	2
PROM.	F2	5	5	5	5	4	4	3	3	3	2	2	2
	F4	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2

ATRIBUTO : TEXTURA

PANELISTA	F	17/02/201	21/02/201	24/02/201	28/02/201	03/03/201	07/03/201	10/03/201	14/03/201	17/03/201	20/03/201	23/03/201	26/03/201
		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1	F2	5	5	4	4	3	4	4	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2
2	F2	5	5	4	4	3	4	3	4	3	2	2	2
	F4	5	5	5	5	3	3	4	4	4	3	2	2
3	F2	5	5	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	2
4	F2	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2
	F4	5	5	5	4	4	4	3	4	3	3	2	2
5	F2	5	5	4	4	4	3	3	3	2	3	2	2
	F4	5	4	4	4	3	3	3	3	4	3	2	2
6	F2	5	5	4	4	2	3	3	3	3	2	2	2
	F4	5	5	4	5	4	4	3	3	3	3	2	2
7	F2	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2
	F4	5	5	5	5	3	3	3	3	4	3	2	2
8	F2	5	5	4	4	4	3	3	3	2	3	2	2
	F4	5	5	5	5	4	4	3	4	3	3	2	2
9	F2	5	5	5	4	4	3	3	3	2	3	2	2
	F4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2
10	F2	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	1
	F4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3	2	2
PROM.	F2	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	2	2

ATRIBUTO :ACEPTABILIDAD GENERAL

PANELISTA	F	17/02/201	21/02/201	24/02/201	28/02/201	03/03/201	07/03/201	10/03/201	14/03/201	17/03/201	20/03/201	23/03/201	26/03/201
		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1	F2	5	4	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	2
2	F2	5	4	4	4	4	3	4	4	3	2	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	2	2
3	F2	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	2	2
4	F2	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	2	2
5	F2	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	2	2
6	F2	5	4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	1
	F4	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	2	2
7	F2	5	4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	1
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	2
8	F2	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	2	2
9	F2	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	2	2
10	F2	5	4	4	4	4	3	4	4	3	2	2	1
	F4	5	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	2
PROM.	F2	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2
	F4	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	2	2

Anexo 9: Cálculos para la determinación de las características Físicas
Densidad Aparente

FORMULACION	R1	R2	R3	R4	R5	PROMEDIO	g/ml	kg/m³
F1	8.20	8.86	8.12	8.32	8.26	8.35	0.17	167.04
F2	11.65	13.10	12.36	12.43	12.96	12.50	0.25	250.00
F3	15.21	15.40	16.75	15.56	15.62	15.71	0.31	314.16
F4	7.57	8.06	6.82	7.42	7.28	7.43	0.15	148.60
F5	15.07	15.56	15.65	15.72	15.59	15.52	0.31	310.36
F6	15.02	15.15	15.01	15.17	14.95	15.06	0.30	301.20
F7	14.92	14.93	15.00	15.07	15.01	14.99	0.30	299.72
F8	13.63	13.31	13.21	13.22	13.27	13.33	0.27	266.56
F9	14.38	14.20	14.27	14.42	14.18	14.29	0.29	285.80
F10	15.74	15.00	15.02	15.23	15.62	15.32	0.31	306.44

- Índice de Expansión:

FORMULACION	INDICE DE EXPANSION										PROMEDIO	IE
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10		
F1	1.472	1.570	1.620	1.820	1.700	1.640	1.782	1.800	1.660	1.500	1.656	2.761
F2	1.450	1.480	1.510	1.472	1.450	1.442	1.410	1.462	1.500	1.410	1.459	2.431
F3	1.010	1.112	1.002	1.002	1.070	1.045	1.061	1.074	1.062	1.030	1.047	1.745
F4	1.560	1.700	1.840	1.580	1.500	1.520	1.608	1.810	1.618	1.780	1.652	2.753
F5	1.170	1.127	1.156	1.120	1.150	1.189	1.159	1.170	1.162	1.130	1.153	1.922
F6	1.190	1.170	1.210	1.210	1.220	1.213	1.210	1.220	1.060	1.160	1.186	1.977
F7	1.260	1.250	1.210	1.240	1.290	1.300	1.290	1.300	1.210	1.220	1.257	2.095
F8	1.370	1.370	1.280	1.332	1.334	1.310	1.320	1.280	1.200	1.210	1.301	2.168
F9	1.256	1.270	1.280	1.290	1.200	1.236	1.300	1.320	1.300	1.272	1.272	2.121
F10	1.170	1.112	1.210	1.230	1.220	1.213	1.110	1.290	1.060	1.160	1.178	1.963

- Índice de Solubilidad en Agua y Absorción de Agua

FORM	Rept	PESO DEL TUBO (gr)	PESO DE LA MUESTRA (gr)	VOL. SOBREDON (mL)	PESO DEL TUBO + GEL (gr)	PESO PLACA PETRI (gr)	PESO PLACA PETRI + MS (gr)	GEL TUBO (gr)	PESO SOLUBL ES (gr)	IAA	ISA	IAA	ISA
F1	1	10.3515	2.5028	18.5000	23.8506	45.7411	46.0257	13.4991	0.2846	5.3936	0.1729		
	2	10.4025	2.5036	18.5000	25.2937	37.1075	37.3890	14.8912	0.2815	5.9479	0.1418	5.7998	0.1532
	3	10.3177	2.5013	17.5000	25.4703	44.8379	45.0796	15.1526	0.2417	6.0579	0.1449		
F2	1	10.5776	2.5018	17.6000	23.0033	43.1678	43.6003	12.4257	0.4325	4.9667	0.1137		
	2	10.4399	2.5026	17.0000	25.1631	33.1304	33.4852	14.7232	0.3548	5.8832	0.1124	5.5578	0.1076
	3	10.6210	2.5011	17.5000	25.1860	41.9884	42.3507	14.5650	0.3623	5.8234	0.0966		
F3	1	10.4373	2.5018	17.0000	26.7671	42.5907	42.8699	16.3298	0.2792	6.5272	0.0329		
	2	10.4575	2.5023	17.0000	27.3254	43.1079	43.3460	16.8679	0.2381	6.7410	0.0210	6.5679	0.0254
	3	10.4390	2.5017	17.0000	26.5391	35.5071	35.7644	16.1001	0.2573	6.4357	0.0223		
F4	1	10.4407	2.5031	17.0000	24.7223	33.5727	33.9109	14.2816	0.3382	5.7056	0.1351		
	2	10.5131	2.5027	17.5000	23.6495	34.5412	34.8786	13.1364	0.3374	5.2489	0.1348	5.4970	0.1349
	3	10.3179	2.5044	17.5000	24.1834	41.7884	42.1256	13.8655	0.3372	5.5365	0.1346		
F5	1	10.5449	2.5036	15.0000	23.8981	35.7339	35.9854	13.3532	0.2515	5.3336	0.0330		
	2	10.4390	2.5013	16.0000	23.8451	35.1213	35.4026	13.4061	0.2813	5.3597	0.0292	5.3963	0.0325
	3	10.3898	2.5020	16.5000	24.1401	42.9115	43.1521	13.7503	0.2406	5.4957	0.0352		

FORM.	Rept.	PESO DEL TUBO (gr)	PESO DE LA MUESTRA (gr)	VOL. SOBREDON. (mL)	PESO DEL TUBO + GEL (gr)	PESO PLACA PETRI (gr)	PESO PLACA PETRI + MS (gr)	GEL TUBO (gr)	PESO SOLUBLES (gr)	IAA	ISA	IAA	ISA
F6	1	10.4385	2.5063	16.5000	26.5701	35.0701	35.1955	16.1316	0.1254	6.4364	0.0500		
	2	10.5028	2.5044	16.0000	26.5641	43.7544	43.8999	16.0613	0.1455	6.4132	0.0581	6.4099	0.0586
	3	10.5232	2.5075	16.0000	26.5213	52.1179	52.2875	15.9981	0.1696	6.3801	0.0676		
F7	1	10.4232	2.5031	19.0000	28.3195	44.8421	44.9482	17.8963	0.1061	7.1497	0.0424		
	2	10.5478	2.5064	17.0000	27.0977	43.3165	43.4223	16.5499	0.1058	6.6031	0.0422	6.7878	0.0441
	3	10.5496	2.5032	17.0000	27.0977	53.1253	53.2449	16.5481	0.1196	6.6108	0.0478		
F8	1	10.4037	2.5046	16.0000	28.7317	44.0729	44.1571	18.3280	0.0842	7.3177	0.1116	7.2480	0.1072
	2	10.4957	2.5050	15.0000	28.4775	42.8589	42.9398	17.9818	0.0809	7.1784	0.1029		
F9	1	10.5390	2.5030	16.5000	27.0101	43.9912	44.1405	16.4711	0.1493	6.5805	0.0596	6.6927	0.0600
	2	10.5235	2.5064	16.0000	27.5791	43.7781	43.9292	17.0556	0.1511	6.8048	0.0603		
F10	1	10.6140	2.5051	16.0000	27.7668	37.2290	37.3365	17.1528	0.1075	6.8472	0.0336	6.6669	0.0330
	2	10.6553	2.5047	16.0000	26.9024	43.1597	43.1770	16.2471	0.0173	6.4866	0.0323		

Anexo 10: Criterios Fisicoquímicos que debe cumplir un producto extruido

CRITERIOS FISICO QUÍMICO DE IMPLICANCIA SANITARIA	Máximo % de Humedad
Extruidos y/o expandidos proteinizados o no, hojuelas, que no requieren cocción	5
Hojuelas a base de granos (gramíneas) que requieren cocción	12 -12.5
Hojuelas a base de granos (quenopodiáceas) que requieren cocción	13.5
Harinas a base de granos, tubérculos, raíces, frutas que requieren cocción	15

Anexo 11: Criterios Microbiológicos que debe cumplir un producto extruido

AGENTE MICROBIANO	Categoría	Clase	N	c	Limites por g/mL	
					M	M
Aerobios Mesófilos	3	3	5	1	10 ⁴	10 ⁵
Coniformes	5	3	5	1	10	10 ²
<i>Bacillus cereus</i>	8	3	5	2	10 ²	10 ⁴
Mohos	5	3	5	2	10 ²	10 ³
Levaduras	5	3	5	2	10 ²	10 ³
Salmonella /25g	10	2	5	0	0	-

Anexo 12: Computo Químico

MEZCLA	% MEZCLA	Proteína alimento (%)	Proteína mezcla (g)	Proteína mezcla (%)	Factor	Nitrógeno mezcla (g)	Isoleucina mg AA/g N	Leucina mg AA/g N	Lisina mg AA/g N	Met+Cis mg AA/g N	Fen+Tir mg AA/g N	Treonina mg AA/g N	Triptófano mg AA/g N	Valina mg AA/g N	Histidina mg AA/g N
Grits de Maíz	63	9.6	6.048	0.593	6.25	0.968	228	716	150	221	540	228	52	280	150
Quinoa	32	12.0	3.840	0.353	6.25	0.614	225	375	350	125	431	219	66	281	150
Garbanzo	5	19.9	0.995	0.091	6.25	0.159	579	983	898	293	1133	495	111	592	345
TOTAL	100		10.198	100		1.741	175	275	275	130	138	175	56	156	119

MEZCLA	% MEZCLA	Proteína mezcla (%)	Nitrógeno mezcla (g)	Isoleucina mg AA/g N	Leucina mg AA/g N	Lisina mg AA/g N	Met+Cis mg AA/g N	Fen+Tir mg AA/g N	Treonina mg AA/g N	Triptófano mg AA/g N	Valina mg AA/g N	Histidina mg AA/g N
Grits de Maíz	63	0.556	0.968	221	693	145	214	523	127	50	271	145
Quinoa	32	0.353	0.614	138	230	215	77	265	135	41	173	92
Garbanzo	5	0.091	0.159	92	157	143	47	180	79	18	94	55
TOTAL	100	100	1.741	451	1080	503	338	968	340	109	538	292
		mg AA/ g N		259	620	289	194	556	195	62	309	168