

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



**“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN
EN LA CALIDAD DE UN SNACK ELABORADO A BASE
DE PALLAR (*Phaseolus lunatus*) Y ARROZ (*Oryza sativa*)”**

PRESENTADO POR:

Bach. LAURA ELISA LAUREANO CARBAJAL

Bach. MARIA ROXANA AVELLANEDA TEJADA

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

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

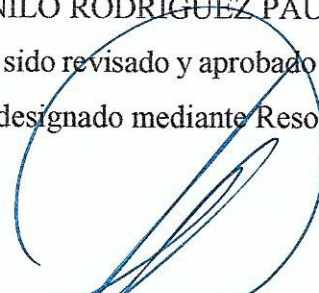
2018

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

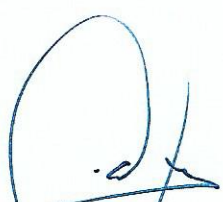


HOJA DE AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado: “**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN EN LA CALIDAD DE UN SNACK ELABORADO A BASE DE PALLAR (*Phaseolus lunatus*) Y ARROZ (*Oryza sativa*)**”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. LAURA ELISA LAUREANO CARBAJAL y Bach. MARIA ROXANA AVELLANEDA TEJADA, que tienen como asesor al docente Dr. GILBERT NILO RODRIGUEZ PAUCAR designado por Resolución Decanal N° 678-2016-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 29 de Noviembre del 2018 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante Resolución N° 581-2018-UNS-CFI:



Dr. Víctor Castro Zavaleta
Presidente



Dr. Gilbert Rodríguez Paucar
Secretario (Asesor)



Ing. Vicente Carranza Varas
Integrante



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las diecisiete horas del veintinueve de Noviembre del dos mil dieciocho se instaló en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 581-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Dr. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar** (Secretario)
- **Ing. Vicente Carranza Varas** (Integrante); para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN EN LA CALIDAD DE UN SNACK ELABORADO A BASE DE PALLAR (*Phaseolus lunatus*) Y ARROZ (*Oryza sativa*)”, elaborada por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **LAURA ELISA LAUREANO CARBAJAL**
- **MARIA ROXANA AVELLANEDA TEJADA**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar**

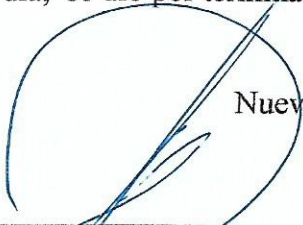
Finalizada la sustentación, los Tesisistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
LAURA ELISA LAUREANO CARBAJAL	19	EXCELENTE

Siendo las dieciocho y quince del mismo día, se dió por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.


Nuevo Chimbote, 29 de Noviembre del 2018



Dr. Víctor Castro Zavaleta
Presidente



Dr. Gilbert Rodríguez Paucar
Secretario



Ing. Vicente Carranza Varas
Integrante



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las diecisiete horas del veintinueve de Noviembre del dos mil dieciocho se instaló en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 581-2018-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Dr. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar** (Secretario)
- **Ing. Vicente Carranza Varas** (Integrante); para dar inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN EN LA CALIDAD DE UN SNACK ELABORADO A BASE DE PALLAR (*Phaseolus lunatus*) Y ARROZ (*Oryza sativa*)”, elaborada por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **LAURA ELISA LAUREANO CARBAJAL**
- **MARIA ROXANA AVELLANEDA TEJADA**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar**

Finalizada la sustentación, los Tesisistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 39° y 40° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
MARIA ROXANA AVELLANEDA TEJADA	19	EXCELENTE

Siendo las dieciocho y quince del mismo día, se dió por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.


Nuevo Chimbote, 29 de Noviembre del 2018



 Dr. Víctor Castro Zavaleta
 Presidente



 Dr. Gilbert Rodríguez Paucar
 Secretario



 Ing. Vicente Carranza Varas
 Integrante

DEDICATORIA

A Dios por brindarme sabiduría, por darme fortalezas para seguir adelante cuando desisto ante pequeños tropiezos y por guiarme cada día para lograr mis metas.

A mis padres Carmela y Piero por ser mi ejemplo a seguir, por ser mis motores de vida e inspiración, por su apoyo incondicional en todo momento, por su sacrificio y esfuerzo al haberme brindado una carrera profesional creyendo en mi capacidad.

A mi hermana Yanira por alentarme y apoyarme incondicionalmente, por ser mi inspiración de superación cada día y que siga al igual que yo con su desarrollo profesional porque el que persevera alcanza.

A Henry, una gran persona que desde su humilde posición fortaleció mis pasos con solo estar ahí, en las buenas y en las malas, creyendo en mí incondicionalmente.

Laura L.C

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida, la oportunidad de conocer su camino de infinito amor, compasión, misericordia y salvación, por ser la luz de mi existir y mi Padre eterno.

A mis padres Jesús Avellaneda y María Tejada porque creyeron en mí, velando siempre por mi bienestar y educación brindándome su apoyo incondicional en todo momento, por su amor, abnegación, dedicación, dándome ejemplos dignos de superación motivándome cada día a seguir adelante, por sus consejos que me orientaron a tomar las mejores decisiones y luchar por un futuro mejor.

A mis hermanas Sharo y Patricia por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Sharo, para agradecerte tu apoyo, comprensión y consejos en los momentos difíciles que la vida nos puso en el camino obstáculos superados puedes ver hoy amada hermana y metas por cumplir.

María A.T

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor Gilbert Rodríguez Paucar por su apoyo constante durante todo el desarrollo de nuestra tesis, quien con sus conocimientos, experiencias y orientaciones hemos logrado concluir nuestra investigación.

A todos los docentes de la E. P. de Ingeniería
Agroindustrial, por haber contribuido
con sus conocimientos durante nuestra formación académica.

A nuestras amigas Jeniffer, Elizabet, Yulissa y nuestro amigo Carlos que nos ayudaron en la realización de nuestra investigación y culminación de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICAS	3
2.1.	Arroz	3
2.1.1.	Generalidades del Arroz	3
2.1.2.	Taxonomía y morfología	5
2.1.3.	Producción nacional del Arroz.....	6
2.1.4.	Composición Química del Arroz.....	8
2.2.	Pallar	10
2.2.1.	Generalidades del Pallar	10
2.2.2.	Taxonomía y Morfología.....	10
2.2.3.	Producción nacional del Pallar.....	12
2.2.4.	Composición química del Pallar.....	14
2.3.	Mezclas alimenticias	15
2.3.1.	Computo químico	15
2.4.	Tecnología de Extrusión para elaboración de snack	16
2.4.1.	Snack.....	16
2.4.2.	Cereales y legumbres extruidas.....	16
2.4.3.	Proceso de extrusión de alimentos	17
2.4.4.	Extrusor de doble tornillo.....	18
2.4.5.	Efectos en la materia prima durante el proceso de extrusión	18
2.4.5.1.	Efecto de la extrusión sobre la fibra.....	18
2.4.5.2.	Efecto de la extrusión sobre los lípidos	19
2.4.5.3.	Efecto de la extrusión sobre el almidón y proteína.....	19
2.4.5.4.	Efecto de la extrusión sobre los carbohidratos	21
2.4.5.5.	Efecto de la extrusión sobre la grasa.....	21
2.4.5.6.	Efecto de la extrusión sobre las vitaminas.....	22
2.4.6.	Rol de los antinutrientes de los alimentos en el proceso de extrusión	22
2.4.7.	Extrusión de los alimentos	24
2.5.	Control de calidad en snacks extruidos	24
2.5.1.	Definición.....	24

2.5.2.	Calidad del Snack Extruido.....	25
2.6.	Evaluación sensorial	25
2.7.	Análisis microbiológico.....	26
2.8.	Vida útil	27
2.9.	Evaluación biológica	28
2.9.1.	Dieta de los roedores	28
2.9.2.	Digestibilidad de los alimentos	29
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1.	Lugar de ejecución.....	30
3.2.	Materia prima e insumos	30
3.2.1.	Materia Prima.....	30
3.2.2.	Insumos.....	30
3.3.	Equipos, materiales y reactivos.	30
3.3.1.	Elaboración de harina de arroz y pallar	30
3.3.2.	Elaboración del snack extruido	31
3.3.3.	Para la evaluación fisicoquímica del snack.....	31
3.4.	Métodos.....	34
3.4.1.	Procedimiento para la obtención de Harina de Arroz y Pallar.....	34
3.4.1.1.	Harina de Arroz	34
3.4.1.2.	Harina de Pallar	38
3.4.2.	Evaluación de las harinas	41
3.4.2.1	Análisis químico proximal.....	41
3.4.2.2	Colorimetría	42
3.4.2.3	Actividad de agua (Aw)	42
3.4.3.	Diseño estadístico experimental	43
3.4.3.1.	Definición de variables independientes.....	43
3.4.3.2.	Definición de variables dependientes	43
3.4.3.3.	Modelo estadístico	43
3.4.3.4.	Esquema del diseño estadístico para los tratamientos de los snacks	44
3.4.3.5.	Esquema experimental	45
3.4.4.	Cómputo químico	46
3.4.5.	Procedimiento para la elaboración de snacks extruidos.....	46
3.4.6.	Evaluación de la calidad de los snacks extruidos	49

3.4.6.1.	Evaluación sensorial	49
3.4.6.2.	Caracterización fisicoquímica	50
3.4.7.	Evaluación de los snacks óptimos	56
3.4.7.1.	Caracterización químico proximal.....	56
3.4.7.2.	Vida útil	57
3.4.7.3.	Evaluación biológica de la calidad proteica	58
3.4.7.4.	Análisis microbiológico.....	60
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	61
4.1.	Análisis químico proximal de la Harina de Arroz y Pallar.....	61
4.1.1.	Caracterización proximal de Harina de Arroz.....	61
4.1.2.	Caracterización proximal de Harina de Pallar.....	62
4.2.	Análisis Fisicoquímico de la harina de arroz y pallar	63
4.2.1.	Colorimetría de la harina de arroz y pallar	63
4.2.2.	Actividad de agua en la harina de arroz y pallar	64
4.3.	Producción de snacks extruidos.....	64
4.3.1.	Formulaciones de snack a extruir	64
4.4.	Cálculo del Cómputo Químico de las Formulaciones.....	65
4.4.1.	Score Químico para las formulaciones	65
4.5.	Evaluación de la calidad de los snacks.....	67
4.5.1.	Análisis sensorial	67
4.5.1.1	Color.....	67
4.5.1.2	Olor	70
4.5.1.3	Sabor	71
4.5.1.4	Textura.....	73
4.5.2.	Análisis fisicoquímicos del snack	75
4.5.2.1.	Colorimetría	75
4.5.2.2.	Textura Instrumental	76
4.5.2.3.	Porcentaje de Humedad	80
4.5.2.4.	Actividad de agua (Aw)	84
4.5.2.5.	Índice de absorción de agua (IAA)	88
4.5.2.6.	Índice de solubilidad en agua (ISA)	92
4.5.2.7.	Grado de gelatinización (GG).....	96
4.5.2.8.	Volumen Específico (VE)	101

4.5.2.9.	Índice de expansión (IE).....	104
4.5.3.	Elección de los mejores tratamientos.....	109
4.6.	Evaluación de los mejores tratamientos de snack.....	110
4.6.1.	Análisis químico proximal	110
4.6.2.	Características Fisicoquímicas	112
4.6.3.	Vida Útil	115
4.6.3.1.	Determinación de vida útil por evaluación sensorial.....	115
4.6.3.2.	Determinación de vida útil por análisis fisicoquímico.....	123
4.6.4.	Evaluación biológica.....	130
4.6.4.1.	Relación de eficiencia proteica (PER)	130
4.6.4.2.	Digestibilidad aparente (DA)	131
4.6.4.3.	Valor biológico (VB)	132
4.6.5.	Análisis microbiológico de los mejores tratamientos	133
V.	CONCLUSIONES	134
VI.	RECOMENDACIONES	136
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
VIII.	ANEXOS.....	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Perú: consumo promedio per cápita anual de cereal por ámbito geográfico, según tipos de cereal (kg/persona).....	4
Tabla 2: Composición química del arroz en base a 100 g de alimento	8
Tabla 3: Composición nutricional de la harina de arroz.....	9
Tabla 4: Pallar seco por región según variables productivas Marzo 2015/2016	13
Tabla 5: Composición química del pallar (por 100 gramos de alimento)	14
Tabla 6: Requisitos organolépticos y fisicoquímicos para los snacks.....	25
Tabla 7: Límites de tolerancia para el recuento de m/o de varios productos	27
Tabla 8: Niveles de las variables independientes	44
Tabla 9: Valores codificados y valores reales del Diseño factorial 3 ²	44
Tabla 10: Parámetros de extrusión del snack	48
Tabla 11: Programación de temperaturas de extrusión	48
Tabla 12: Composición porcentual de harina de arroz	61
Tabla 13: Composición porcentual de harina de pallar	62
Tabla 14: Colorimetría de las materias primas	63
Tabla 15: Actividad del agua en las materias primas	64
Tabla 16: Formulaciones de snacks a extruir	64
Tabla 17: Perfil de AA de la harina de arroz, harina de pallar y formulaciones	66
Tabla 18: Score químico de la harina de arroz, harina de pallar y formulaciones	66
Tabla 19: Comparación de medias Duncan - Color	68
Tabla 20: Significancia de la comparación de medias Duncan - Color.....	68
Tabla 21: Comparación de medias Duncan - Textura	73
Tabla 22: Significancia de la comparación de medias Duncan - Textura	73
Tabla 23: Resultado de colorimetría de los tratamientos	75
Tabla 24: Resultado de Textura Instrumental.....	76
Tabla 25: Análisis de Varianza para Textura Instrumental	78
Tabla 26: Resultados de porcentaje de Humedad.....	80
Tabla 27: Análisis de Varianza para % de Humedad	82
Tabla 28: Resultados de Aw	84
Tabla 29: Análisis de Varianza para Actividad de agua (Aw)	86
Tabla 30: Resultados de Índice de absorción de agua	88
Tabla 31: Análisis de Varianza para Índice de absorción de agua (IAA)	90

Tabla 32: Resultados de Índice de solubilidad en agua.....	93
Tabla 33: Análisis de Varianza para Índice de solubilidad en agua (ISA).....	94
Tabla 34: Resultados de Grado de Gelatinización.....	97
Tabla 35: Análisis de Varianza para Grado de Gelatinización (GG)	99
Tabla 36: Resultado de Volumen específico	101
Tabla 37: Análisis de Varianza para Valor específico (VE)	103
Tabla 38: Resultados de Índice de expansión.....	105
Tabla 39: Análisis de Varianza para Índice de expansión (IE)	106
Tabla 40: Elección de los mejores tratamientos de acuerdo a sus atributos de mayor importancia.....	109
Tabla 41: Composición porcentual de los mejores tratamientos.....	110
Tabla 42: Características fisicoquímicas de los mejores tratamientos	112
Tabla 43: Colorimetría de los mejores tratamientos.....	114
Tabla 44: Actividad de agua de los mejores tratamientos durante 49 días de almacenamiento	123
Tabla 45: % Humedad de los mejores tratamientos durante 49 días de almacenamiento	125
Tabla 46: Textura (mJ) de los mejores tratamientos durante 49 días de almacenamiento	127
Tabla 47: Análisis realizados durante el estudio de vida útil	129
Tabla 48: Resultados de la evaluación biológica	130
Tabla 49: Determinación microbiológica de los mejores tratamientos	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura interna y externa de la semilla de arroz	6
Figura 2: Principales regiones productoras de arroz en cáscara en el 2016 en Perú	7
Figura 3: Pallar (<i>Phaseolus Lunatus</i>).....	12
Figura 4: Selección y limpieza del arroz	34
Figura 5: Secado de la materia prima	35
Figura 6: Molienda de la harina.....	35
Figura 7: Envasado y sellado de la harina de arroz	36
Figura 8: Diagrama de flujo para la obtención de harina de arroz	37
Figura 9: Tamizado de la harina de pallar	38
Figura 10: Harina de pallar envasada y sellada	39
Figura 11: Almacenamiento de las harinas.....	39
Figura 12: Diagrama de flujo para la obtención de harina de pallar	40
Figura 13: Esquema experimental utilizado en la elaboración y evaluación de snacks extruidos a base de harina de arroz y harina de pallar.....	45
Figura 14: Recepción de la materia prima en harina	46
Figura 15: Mezclas de las harinas para los 9 tratamientos	47
Figura 16: Extrusor de doble tornillo, proceso de extrusión	48
Figura 17: Snacks envasados en bolsas de polietileno	49
Figura 18: Snacks envasados en bolsas de polipropileno.....	49
Figura 19: Análisis sensorial	50
Figura 20: Lectura de la actividad de agua.....	51
Figura 21: Medición de textura instrumental del snack	51
Figura 22: Determinación del colorímetro de los snacks	52
Figura 23: Gel del snack para determinar el IAA.....	53
Figura 24: Placas Petri con sólidos solubles para determinar ISA	54
Figura 25: Boquilla del extrusor.....	55
Figura 26: Análisis sensorial para evaluación de vida útil del snack	57
Figura 27: Instalación de las jaulas metabólicas y acondicionamiento del ambiente	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Perú: Producción nacional de arroz en cáscara (2001-2016).....	7
Gráfico 2: (a) Media de la Temperatura (b) Media de la Formulación para el atributo color.....	69
Gráfico 3: (a) y (b) Interacción entre temperatura y formulación para el atributo color	69
Gráfico 4: (a) Media de la Temperatura (b) Media de la Formulación para el atributo olor.....	70
Gráfico 5: (a) y (b) Interacción entre temperatura y formulación para el atributo olor .	71
Gráfico 6: (a) Media de la Temperatura (b) Media de la Formulación para el atributo sabor	72
Gráfico 7: (a) y (b) Interacción entre temperatura y formulación para el atributo sabor	72
Gráfico 8: (a) Media de la Temperatura (b) Media de la Formulación para el atributo textura.....	74
Gráfico 9: (a) y (b) Interacción entre temperatura y formulación para atributo Textura	74
Gráfico 10: Interacción entre temperatura y formulación con Textura Instrumental.....	77
Gráfico 11: Diagrama de Pareto estandarizado para Textura Instrumental.....	77
Gráfico 12: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de Textura Instrumental.....	79
Gráfico 13: Interacción entre temperatura y formulación con % de Humedad.....	80
Gráfico 14: Diagrama de Pareto estandarizado para Humedad.....	81
Gráfico 15: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de % de Humedad...	83
Gráfico 16: Interacción entre temperatura y formulación con Aw.....	85
Gráfico 17: Diagrama de Pareto estandarizado para Aw	85
Gráfico 18: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de Aw.....	87
Gráfico 19: Interacción entre temperatura y formulación con IAA	88
Gráfico 20: Diagrama de Pareto estandarizado para IAA	89
Gráfico 21: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de IAA	91
Gráfico 22: Interacción entre temperatura y formulación con ISA	93
Gráfico 23: Diagrama de Pareto estandarizado para ISA.....	94
Gráfico 24: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de ISA.....	95
Gráfico 25: Interacción entre temperatura y formulación con GG (%).....	97
Gráfico 26: Diagrama de Pareto estandarizado para GG	98
Gráfico 27: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de GG.....	100

Gráfico 28: Interacción entre temperatura y formulación con VE (ml/g).....	102
Gráfico 29: Diagrama de Pareto estandarizado para VE (ml/g).....	102
Gráfico 30: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de VE (ml/g).....	104
Gráfico 31: Interacción entre temperatura y formulación con IE.....	105
Gráfico 32: Diagrama de Pareto estandarizado para IE	106
Gráfico 33: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de IE.....	107
Gráfico 34: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo color sensorial	116
Gráfico 35: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo color sensorial	117
Gráfico 36: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo olor sensorial	118
Gráfico 37: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo olor sensorial	119
Gráfico 38: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo sabor sensorial	120
Gráfico 39: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo sabor sensorial	121
Gráfico 40: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo textura sensorial.....	122
Gráfico 41: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo textura sensorial.....	122
Gráfico 42: Variación de la Aw de los mejores tratamientos de snack en función del tiempo	124
Gráfico 43: Variación del % Humedad de los mejores tratamientos de snack en función del tiempo	126
Gráfico 44: Variación de la Textura (mJ) de los mejores tratamientos de snack en función del tiempo	127
Gráfico 45: Relación de eficiencia proteica de los mejores tratamientos (PER).....	130
Gráfico 46: Digestibilidad aparente de los mejores tratamientos (DA)	131
Gráfico 47: Valor biológico para los mejores tratamientos (VB)	132

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo, evaluar la influencia de la temperatura y formulación en la calidad sensorial y fisicoquímica de un snack extruido elaborado a base de pallar (*Phaseolus lunatus*) y arroz (*Oryza sativa*), para ello se trabajó con dos factores: temperatura con sus tres niveles 90, 95 y 100°C y formulación con tres niveles F1 95:5, F2 90:10 y F3 85:15 de harina de arroz y harina de pallar de los cuales se obtuvieron 9 tratamientos los cuales fueron sometidos a un extrusor de doble tornillo a una velocidad de cuchilla de 1068 rpm, velocidad de tornillo 375 rpm, con caudal de agua 10 ml/min, velocidad de alimentación: 1 kg/min y el diámetro de boquilla 4 mm.

Para la evaluación de las variables respuestas (análisis sensorial y características fisicoquímicas) se empleó el diseño factorial 3^2 utilizando el programa STATGRAPHICS CENTURION XVI.I con un nivel de significancia de 5%. Se evaluaron los tratamientos mediante la caracterización fisicoquímica y el análisis sensorial con 30 panelistas para los atributos color, olor, sabor y textura siendo los mejores tratamientos snack T5 y T7, a los cuales se determinó su análisis químico proximal, se evaluó la vida útil mediante la caracterización sensorial y fisicoquímica y la evaluación biológica proteica. Luego de la ejecución del estudio se determinó que el mejor tratamiento es el T5 el cual tiene una composición proximal: Humedad 4.550 ± 0.016 %, Proteína 10.100 ± 0.020 %, Grasa 1.170 ± 0.0153 %, Fibra 2.853 ± 0.274 %, Ceniza 0.766 ± 0.021 % y Carbohidratos 80.561 ± 0.062 % y características fisicoquímicas: Textura instrumental: 46.707 ± 0.274 mJ, Aw: 0.465 ± 0.012 , IAA: 4.781 ± 0.081 , ISA: 0.193 ± 0.023 , GG: 94.585 ± 2.080 %, VE: 11.375 ± 0.158 ml/g y IE: 2.428 ± 0.034 , el T5 fue el snack de mayor aceptabilidad sensorial, la evaluación biológica fue para: PER 2.302 ± 0.137 , DA: 85.482 ± 0.082 % y VB: 67.513 ± 0.275 %. El tiempo de vida útil estimado para el mejor tratamiento de snack extruido basándose en la Aw es de 27 días.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the influence of temperature and formulation on the sensory and physicochemical quality of an extruded snack made from pallar (*Phaseolus lunatus*) and rice (*Oryza sativa*), for which two factors were used: temperature with its three levels 90, 95 and 100 ° C and formulation with three levels F1 95: 5, F2 90:10 and F3 85:15 of rice flour and floured flour of which 9 treatments were obtained which were subjected to a twin screw extruder at a blade speed of 1068 rpm, screw speed 375 rpm, with water flow rate 10 ml / min, feed rate: 1 kg / min and nozzle diameter 4 mm.

For the evaluation of the response variables (sensory analysis and physicochemical characteristics), the factorial design 3^2 was used using the STATGRAPHICS CENTURION XVI.I program with a level of significance of 5%. The treatments were evaluated by physicochemical characterization and sensory analysis with 30 panelists for the attributes color, smell, taste and texture being the best snack treatments T5 and T7, to which their proximal chemical analysis was determined, the useful life was evaluated by means of the sensory and physicochemical characterization and the biological protein evaluation. After the execution of the study it was determined that the best treatment is T5 which has a proximal composition: Moisture $4.550 \pm 0.016\%$, Protein $10.100 \pm 0.020\%$, Fat $1.170 \pm 0.0153\%$, Fiber $2.853 \pm 0.274\%$, Ash $0.766 \pm 0.021 \%$ and Carbohydrates $80.561 \pm 0.062\%$ and physicochemical characteristics: Instrumental texture: 46.707 ± 0.274 mJ, Aw: 0.465 ± 0.012 , IAA: 4.781 ± 0.081 , ISA: 0.193 ± 0.023 , GG: $94.585 \pm 2.080\%$, VE: 11.375 ± 0.158 ml / g and IE: 2.428 ± 0.034 , T5 was the snack with the highest sensory acceptability, the biological evaluation was for: PER 2.302 ± 0.137 , DA: $85.482 \pm 0.082\%$ and VB: $67.513 \pm 0.275\%$. The estimated shelf life for the best extruded snack treatment based on Aw is 27 days.

I. INTRODUCCIÓN

Los patrones de alimentación están cambiando y cada vez son más las personas que llevan un estilo de vida acelerado y comen productos listos para consumir, los cuales no son saludables ni nutritivos (OMS, 2017). Una categoría de estos productos son los snacks, los cuales son considerados frecuentemente como alimentos con calorías vacías y están siendo la fuente principal de energía en la población de todas las edades, lo que brinda una oportunidad a la industria de alimentos para ofrecer mejores opciones que aporten nutrientes deficitarios en la dieta de la población (Escobar, 2012).

El uso de alimentos localmente disponibles está siendo impulsado como medio de diversificación dietética en la lucha contra la amenaza de las deficiencias de micronutrientes, es así, como la proteína vegetal juega un papel importante en la nutrición humana, destacando el grupo de las leguminosas, las cuales proporcionan una gama de nutrientes esenciales como proteínas, hidratos de carbono de bajo índice glicémico, fibra dietética, minerales y vitaminas (Navarro et al., 2014).

De estas, es importante resaltar su alto contenido proteico (18-32%), además de proporcionar una fuente de aminoácidos esenciales, péptidos bioactivos y propiedades funcionales, mejorando la estabilidad, textura y la calidad nutricional. Las leguminosas son uno de los grupos alimenticios de mayor consumo directo, por lo que se ha indicado que constituyen una de las alternativas con mayor importancia para resolver el problema de la dependencia alimentaria, pudiendo emplearse en el desarrollo de una amplia variedad de productos alimenticios (Yewande et al., 2015).

El frijol de Lima (*Phaseolus lunatus*), también conocido como pallar, garrofón o frijol de mantequilla en Perú, México, España y EE. UU., Respectivamente, es la segunda especie de *Phaseolus* de mayor importancia económica. El Perú es un centro de origen y domesticación del frijol lima. Este cultivo se cultiva principalmente en la costa central del Perú bajo un clima árido subtropical. (Ormeño et al., 2015).

De acuerdo a todo lo explicado anteriormente surgió la idea de elaborar un producto extruido de calidad y valor nutritivo. El presente proyecto de investigación tiene como título: “Influencia de la temperatura de extrusión en la calidad de un snack elaborado a base de pallar (*Phaseolus lunatus*) y arroz (*Oryza sativa*)”, el cual tiene como objetivo principal evaluar la influencia de la temperatura y formulación en la calidad sensorial y fisicoquímica de un snack extruido elaborado a base de pallar (*Phaseolus lunatus*) y arroz (*Oryza sativa*) mediante la metodología de superficies de respuestas aplicando el diseño factorial 3^2 , teniendo como objetivos específicos los siguientes:

- Caracterizar fisicoquímicamente la harina de pallar y arroz.
- Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de los tratamientos de snack extruido.
- Determinar el análisis químico proximal y la evaluación biológica de los mejores tratamientos de snack.
- Determinar la vida útil de los mejores tratamientos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICAS

2.1. Arroz

2.1.1. Generalidades del Arroz

El arroz (*Oryza sativa L.*) es cultivado y consumido por la humanidad desde hace más de 5000 años y en la actualidad es producido en 112 países cubriendo todos los continentes. Constituye uno de los principales alimentos para el 60% de la población mundial, siendo la base de la alimentación en los países asiáticos donde la población tiene una tasa de crecimiento del 1,8% anual. (Katsube et al., 2004).

El arroz proporciona entre el 35 y el 59 % de la energía consumida por 2700 millones de personas en Asia. Como promedio, el 8 % de la energía alimentaria es suministrada por el arroz a 1000 millones de personas en África y América Latina. Exceptuados los países asiáticos de mayores ingresos, el consumo de arroz por persona se ha mantenido estable o ha aumentado sólo medianamente en los últimos 30 años. El consumo total sigue aumentando en estrecha relación con el crecimiento demográfico y el aumento de los ingresos (FAO, 1994).

El arroz, es el segundo cereal más cultivado a nivel mundial después del trigo y constituye la base alimenticia de más de 3.5 billones de personas (Recepedia, 2016) .

El consumo de arroz per cápita promedio mundial para el periodo 2015/2016 fue de 54.1 kg persona-1 año-1, Junto con el trigo y maíz, el arroz es el cultivo que ha tenido las mayores ganancias relativas y absolutas, en relación al consumo per cápita nacional mundial durante los últimos 50 años (Khoury et al, 2014) . Según los reportes estadísticos de la FAO, en el año 2013, el consumo per cápita de los países de Centroamérica alcanzó un promedio total de 10.2 kg persona-1 año-1, para los países de la zona Caribe el consumo fue de 49.7 kg persona-1 año-1, y para Sur América el promedio total fue de 28.7 kg persona-1 año-1 (FAO, 2017).

Sólo una pequeña cantidad se consume como ingrediente en productos procesados, siendo su mayor consumo en la forma de grano. El arroz es una excelente fuente de energía, debido a la alta concentración de almidón, proporcionando también proteínas, vitaminas y minerales y tiene un bajo contenido de lípidos (Walter et al., 2008). Según los resultados de la Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares en el Perú, el arroz es un cereal que está presente en la alimentación liderando la preferencia con un consumo per cápita anual de 47.4 Kg/Persona frente a un 5.1 y un 2.8 de Maíz y Trigo respectivamente; es decir, 3.9 kg de consumo per cápita mensual (INEI, 2009).

Tabla 1: Perú: consumo promedio per cápita anual de cereal por ámbito geográfico, según tipos de cereal (kg/persona)

Principales tipos de cereal	Total	Lima metropolitana	Resto del país	Urbana	Rural	Costa	Sierra	Selva
Arroz	47,4	46,6	47,6	47,6	46,4	36,2	36,2	58,1
Avena y similares	1,8	1,7	1,9	1,9	1,6	1,9	2,1	1,1
Cebada	0,7	0,1	1,0	0,3	2,1	0,2	1,8	0,2
Maíz	5,1	1,5	6,7	2,9	12,6	2,3	10,5	2,5
Trigo y similares (morón)	2,8	0,8	3,7	1	8,8	0,6	7,2	0,6
Otros cereales	0,6	0,5	0,7	0,5	1,1	0,4	1,2	0,2

Fuente: (INEI, 2009)

2.1.2. Taxonomía y morfología

2.1.2.1. Taxonomía

Gramene (2007) propuso la siguiente taxonomía para el arroz:

Reino: Plantae – Plantas

División: Magnoliophyta – Plantas de floración

Clase: Liliopsida o Monocotiledóneas

Subclase: Commelinidae

Orden: Cyperales o glumiflora

Familia: Poaceae o Gramineae

Género: *Oryza L.*

Especie: *O.sativa*

2.1.2.2. Morfología

El grano de arroz (arroz cáscara) se compone de una cubierta protectora exterior, la cáscara, y la carióspside o fruto de arroz (arroz integral o pardo). El arroz integral o pardo se compone de las capas exteriores: pericarpio, tegumento o cubierta seminal y nuclear; del germen o embrión; y del endospermo. Este se compone de la capa aleurona, consistiendo endospermo propiamente dicho en la capa de la sub aleurona y en el endospermo amiláceo o interior. La capa aleurona contiene al embrión. El pigmento se reduce al pericarpio. El embrión o germen está localizado en el lado ventral en la base del grano, es rico en proteínas y lípidos, y representa el 2-3% del arroz integral. El endospermo forma la mayor parte del grano (89-94% del arroz integral) y consiste en células ricas en gránulos de almidón y con algunos cuerpos proteicos (Marchezan et al., 2008).

En la figura 1 se presenta el detalle de la morfología y composición del grano de arroz.

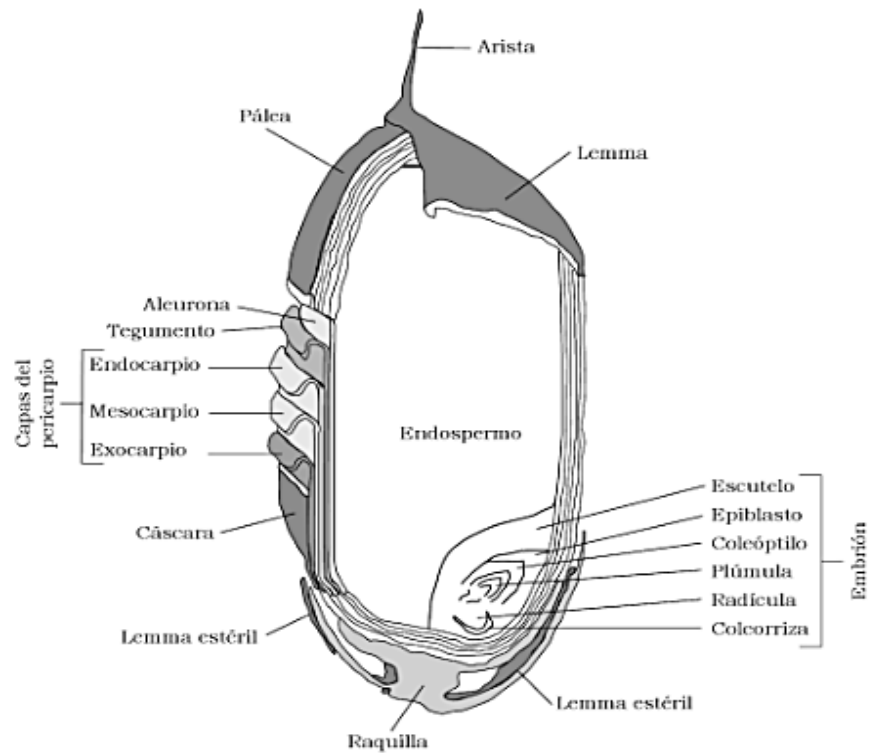


Figura 1: Estructura interna y externa de la semilla de arroz
 Fuente: CIAT, 2010.

2.1.3. Producción nacional del Arroz

La producción del arroz cáscara creció a un ritmo de 3.1% anual del 2001 al 2016. Es así que, en el 2001 produjeron 2028 miles de toneladas hasta que en el 2016 alcanzaron las 3166 miles de toneladas. En estos 16 años se observó una tendencia ascendente en la producción nacional a excepción en el 2004, año en que se obtuvo la más baja producción, pues sólo alcanzaron 1.84 millones de toneladas. El incremento de la producción entre el 2001 y 2006 fue impulsado por un mayor crecimiento de la superficie cosechada (2.2% por año) y el incremento del rendimiento (0.8% al año) (MINAGRI, 2017).

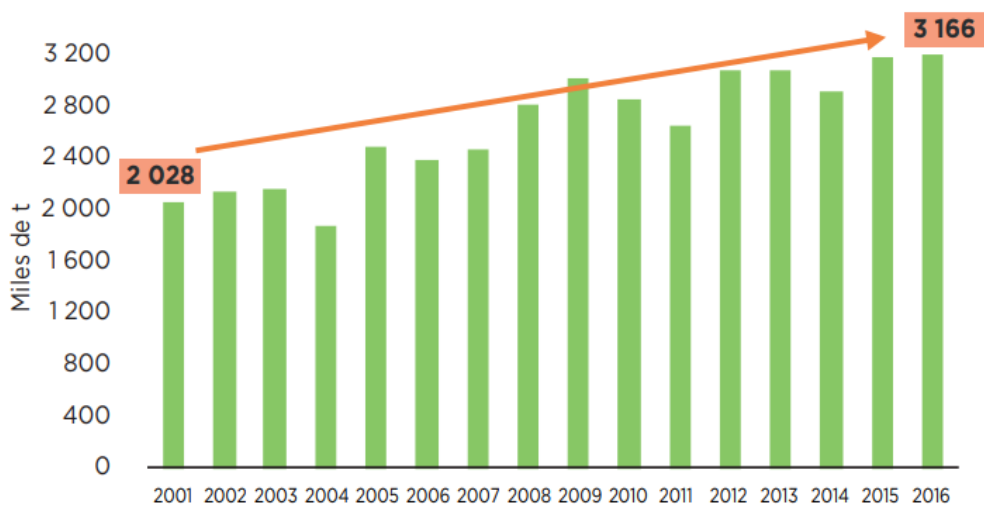


Gráfico 1: Perú: Producción nacional de arroz en cáscara (2001-2016)
Fuente: MINAGRI-DGESEP, 2016

Principales Regiones Productoras

La principal Región productora de arroz cáscara en el 2016 fue San Martín con 22% de participación.

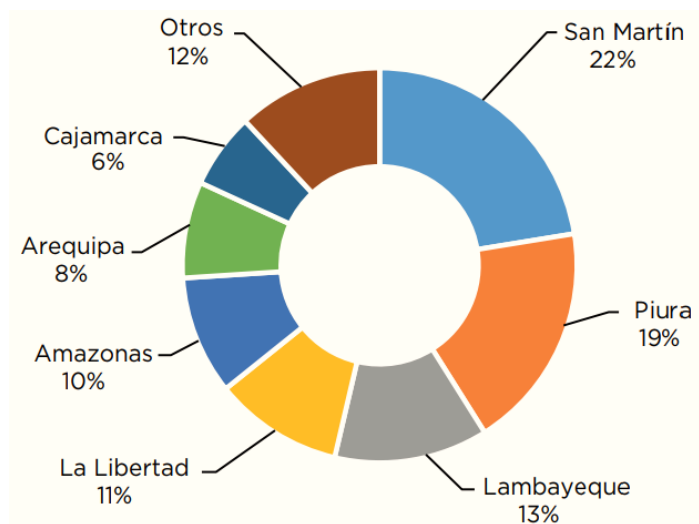


Figura 2: Principales regiones productoras de arroz en cáscara en el 2016 en Perú

Fuente: MINAGRI-DGESEP

2.1.4. Composición Química del Arroz

El arroz blanco (refinado) debido al proceso del pulido logra eliminar total o parcialmente la cutícula o salvado, perdiendo así gran parte de vitaminas, minerales y fibras. Si bien su contenido de proteína es bajo (7-9% promedio en peso) el grano de arroz es la mayor fuente proteica en los países consumidores de este cereal aportando el 60% de la proteína total de la dieta en Asia. (Shih, 2003).

El arroz es el cereal rico en almidón, se compone de amilosa y amilopectina, tienen un aporte pequeño de proteínas (7%), contiene una notable cantidad de vitaminas (tiamina, riboflavina y niacina), además contiene minerales como fósforo y potasio. Sin embargo, en su refinamiento y pulido existe una pérdida de 50% del contenido de minerales y el 85% de vitaminas del grupo B (FEN, 2011).

Tabla 2: Composición química del arroz en base a 100 g de alimento

Componentes	Arroz Blanco
Energía (Kcal)	358
Agua (g)	13.4
Proteínas (g)	7.8
Grasa Totales (g)	0.7
Carbohidratos Totales (g)	77.6
Fibra (g)	0.4
Cenizas (g)	0.5
Calcio (mg)	6
Fosforo (mg)	134
Zinc (mg)	1.51
Hierro (mg)	1.04
β caroteno(ug)	-
Retinol (ug)	-
Vitamina A (ug)	-
Tiamina (mg)	0.11
Riboflavina (mg)	0.04
Niacina (mg)	2.19
Vitamina C (mg)	0.9

Fuente: Reyes et al., 2009

Tabla 3: Composición nutricional de la harina de arroz.

GRUPO	ARROZ (g/100g)
Porción comestible	1,00
Agua (ml)	12,10
Energía (Kcal)	361,00
Proteínas (g)	7,40
Lípidos (g)	0,60
Colesterol (mg)	0,00
Sodio (mg)	6,20
Potasio (mg)	112,00
Calcio (mg)	13,60
Fosforo (mg)	117,00
Hierro (mg)	0,83
Retinol (mg)	27,90
Ácido ascórbico (Vit. C) (mg)	0,00
Riboflavina (B2) (mg)	0,03
Tiamina (B1)(mg)	0,05
Ácido fólico (ug)	0,00
Cianocobalamina (B12)(ug)	0,00
Fibra vegetal (g)	0,20
Ácidos grasos Poliinsaturados(g)	0,00
Ácidos grasos saturado (g)	0,00
Ácido Linoleico (g)	0,00
Ácido Linolenico (g)	0,00

Fuente: Nutriguia, 2003

2.2. Pallar

2.2.1. Generalidades del Pallar

El pallar, cuyo nombre científico es *Phaseolus lunatus*, es una leguminosa de gran importancia por su agradable sabor y sus características culinarias de cáscara delgada, de fácil y rápida cocción y sumado a su alto valor nutritivo lo convierte en un producto único de la región, y a nivel Nacional e Internacional como uno de los alimentos nativos más completos que posee el Perú. Alcanza fácilmente una antigüedad de 2000 años, un hecho de mucha importancia es el descubrimiento de pallares de diferentes colores (rojo, negro, blanco y jaspeados o pintado) como parte del ajuar funerario en las tumbas Paracas y Nazca.

Es por estas razones en Noviembre del 2007, INDECOPI da la denominación de origen al pallar de Ica, ya que actualmente el pallar es exportado a Japón, España y a los Estados Unidos (Indecopi, 2011)

2.2.2. Taxonomía y Morfología

2.2.2.1. Taxonomía

Taxonomía del pallar según Marechal (citado por Veli, 1999).

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Papilionaceae

Tribu: Phaseoleae

Sub- Tribu: Phaseolinae

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus lunatus*

Clasificación del pallar de acuerdo a sus variedades (Baudet, 1977):

- *P. lunatus* L. Var. *Silvestre*, para la forma silvestre
- *P. lunatus* L. Var. *Lunatus*, para la forma cultivada con tres cultigrupos.

Cv-gr Big Lima

Cv-gr Sieva. Grano pequeño de forma arriñonada

Cv-gr Patato. Grano pequeño de forma redonda

2.2.2.2. Morfología

El pallar posee una raíz pivotante con abundantes raíces secundarias, 85% de las cuales se ubican entre los 0.8 a 1.0 m de profundidad del suelo. Su tallo puede ser herbáceo o leñoso, delgado, trepador o recto según la variedad (rastrera o erecta). La longitud de tallo varía desde 0.5 m en variedades erectas hasta 4 m en variedades rastreras. Su hoja es trifoliada, compuesta, de pecíolo grande y de folíolos ovales o ligeramente acuminados, con o sin pubescencia según la variedad. Su flor es pequeña, cuyo color va de blanco a blanco verdoso en las alas y quillas amarillas, agrupadas en racimo. Su fruto es una vaina, cuya longitud es de 5-15 cm dependiendo de la variedad. En cada vaina hay de 3 a 5 granos rectos o curvados, y pueden o no presentar dehiscencia (Velásquez, 2007).

Su semilla es semicircular (subglobosa), con estrías radiales hacia los bordes y de color blanco a rojo, jaspeado en el paliar gigante. Existen dos grupos de variedades: a) las decumbentes o rastreras, tienen crecimiento indeterminado con flores axilares. Requieren de veranos largos y un cultivo intensivo. Sus granos son grandes, medianos o pequeños, dependiendo de la variedad. Su color también varía y puede ser blanco, coloreado o moteado. El pallar criollo es de largo período vegetativo (250-270) días, cuya floración se inicia a los 75-95 días después de la siembra; b) las variedades arbustivas o erectas son de crecimiento determinado, con flores terminales. Requieren de verano corto y un cultivo extensivo. Su grano puede ser grande a pequeño. Las variedades de pallar bebé son de corto período vegetativo (160 días, a los 36 días ya entra en floración).



Figura 3: Pallar (Phaseolus Lunatus)

Fuente: León, 2000.

2.2.3. Producción nacional del Pallar

El pallar es una importante leguminosa de grano para el Perú y para el Departamento de Ica, por las condiciones agroecológicas ideales para este cultivo; por ello, le aporta más del 95% de la producción nacional.

Los valles de la región Ica, reúnen condiciones agroecológicas apropiadas para cultivar el pallar en sus diferentes variedades, las de hábito de crecimiento indeterminado postrado o semi postrado o determinado; siendo una interesante alternativa económica para los productores, pues ahora más que antes, pueden colocar sus granos a mejores precios, ya que esta menestra es fuente importante de proteína vegetal; sin embargo, los rendimientos mantienen cifras bajas, que no superan los 2,000 kg en promedio, debido a un inadecuado manejo del suelo, del agua, de los nutrientes, de las plagas y enfermedades (Melgar, 2012).

Tabla 4: Pallar seco por región según variables productivas Marzo 2015/2016

Region	Superficie cosechada (ha)				Producción (t)				Rendimiento (kg/ha)		
	2015	2016	var.	Part. %	2015	2016	Var.	Par. %	2015	2016	Var.%
			%	2016			%	2016			
Nacional	20	102	407,5	100,0	58	182	216,2	100,0	2880	1794	-37,7
Amazonas	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Ancash	0	18	-	17,7	0	0	0	0	0	0	0
Apurimac	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Arequipa	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Ayacucho	0	2	-		0	0	0	0	0	0	0
Cajamarca	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Callao	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Cusco	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Huancavelica	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Huanuco	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Ica	20	80	297,5	78,3	58	148	157,1	81,3	2880	1863	-35,3
Junin	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
La Libertad	0	2			0	0	0	0	0	3,000	0
Lambayeque	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Lima	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Lima Metropolitana	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Loreto	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Madre de Dios	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Moquegua	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Pasco	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Piura	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Puno	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
San Martin	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Tacna	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Tumbes	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0
Ucayali	0	0	-		0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Minagri, 2016.

2.2.4. Composición química del Pallar

El pallar tiene un alto porcentaje de almidón (56 a 60%) y de proteína (26%). El nivel de amilosa en el almidón de pallar es mayor (32,5%) que en cereales y tubérculos almidones, y puede ser utilizado en preparación de productos procesados a altas temperaturas ya que mantiene la consistencia del producto durante el procesamiento (Betancur et al., 2001). El contenido de amilosa del gránulo de almidón es determinante en las propiedades funcionales (viscosidad, capacidad de retención de agua, solubilidad, poder de hinchamiento y gelatinización) que desarrolle y es un excelente material para modificar la textura de los alimentos (Miranda et al., 2013).

Dentro del grupo de las leguminosas que poseen semillas comestibles, destaca el frijol lima (*Phaseolus lunatus*), debido a sus propiedades nutritivas: contenido de proteína cercana al 29%. Teniendo en cuenta lo anterior, la leguminosa *Phaseolus lunatus* puede considerarse como una opción para la elaboración de productos con alto contenido de proteína (González et al., 2015; Borjórquez et al., 2013).

Tabla 5: Composición química del pallar (por 100 gramos de alimento)

Componente	Pallar seco
Energía (Kcal)	331
Agua (g)	11.6
Proteínas(g)	19.4
Grasas(g)	1.2
Carbohidratos totales(g)	59.4
Fibra cruda (g)	3.8
Cenizas (g)	5.4
Calcio (mg)	70
Fósforo (mg)	318
Tiamina (mg)	0.28
Riboflavina (mg)	0.28
Niacina (mg)	3.20

Fuente: MINSA, 2009

2.3. Mezclas alimenticias

2.3.1. Computo químico

En un alimento, el potencial nutricional, depende en gran medida de la calidad proteica, del tipo y cantidad de aminoácidos que contiene, convirtiéndose esta en un factor determinante en su valoración nutricional ya que la calidad proteica establece los aportes de nitrógeno y aminoácidos esenciales en un organismo (Valiño et al., 2015). La OMS y la FDA adoptaron el cómputo químico o escore de aminoácidos corregido por la digestibilidad de la proteína en cuestión como medida para evaluar la calidad proteica, esta técnica se basa en el cálculo matemático, fundamentado en el balance de aminoácidos esenciales contenidos en las proteínas de los alimentos que se mezclan, con el propósito de obtener cifras semejantes o proximales a los de la composición de la proteína de referencia propuesta (Cervilla, 2012).

La calidad de la proteína se refiere a la capacidad de los aminoácidos en los alimentos para satisfacer adecuadamente los requisitos humanos de aminoácidos indispensables. Los requerimientos de aminoácidos varían para grupos de edad específicos y condiciones fisiológicas (Moughan, 2012). El escore de una proteína refleja su contenido en aminoácidos (AA) en comparación con la proteína ideal. Sin embargo, cuando se necesita conocer la utilización de los AA en el organismo es necesario realizar la corrección del valor de escore según la digestibilidad proteica (Suárez, 2006). El cómputo químico se expresa en porcentaje o fracción, y se calcula de la siguiente manera:

$$CQ = \frac{\text{mg de a. a. en 1g de N de la proteina del alimento}}{\text{mg de a. a. en 1g de N de la proteina de referencia}}$$

Dónde:

CQ: Computo químico

a.a: Aminoácidos

N: Proteína

Proteína de referencia: establecida por FAO/OMS, 1985.

2.4. Tecnología de Extrusión para elaboración de snack

2.4.1. Snack

Los snacks son alimentos ingeridos como entremés, generalmente se utilizan para satisfacer por un momento el hambre, se consumen como complemento energético, nutritivo, o simplemente por placer. Diversos alimentos pueden ser transformados industrialmente en snacks (García, 2008). La industria de los snacks es muy variable, debido a las preferencias de los consumidores, es por ello que constantemente se tiene que estar innovando en la producción de nuevos snacks, los ingredientes utilizados para su elaboración deben proporcionar las características fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas adecuadas para obtener un producto de calidad (Pszczola 2002).

La extrusión es un proceso muy común para la elaboración de snack debido a que utiliza altas temperaturas y presión durante un corto tiempo, es un proceso tecnológico versátil para elaborar productos extruidos a base de granos de cereales y leguminosas (Delahaye et al., 1997).

Los snacks pueden ser nutritivos cuando su elaboración es a base de frutas, tubérculos, leguminosas, cereales y otros. Por lo tanto, si los snacks son parte de una dieta variada, pueden ser una importante fuente de proteína y energía, particularmente para los sectores de bajos niveles de ingresos de la sociedad, cuya dieta es deficiente en estos nutrientes. (Mataix, 2012).

2.4.2. Cereales y legumbres extruidas

Los cereales son los alimentos más apropiados para el proceso de extrusión gracias al alto contenido de almidón, que favorece a la expansión del producto final, característica principal en un snack. Los cereales presentan una importante fuente de aminoácidos azufrados, pero son deficientes en lisina; en cambio las leguminosas son ricas en lisina pero deficientes en aminoácidos azufrados. Además contiene menor nivel de almidón que los cereales, es por ello que por sí solas, las leguminosas no son adecuadas para la extrusión (Granito et al., 2003). Para lograr un balance en el

contenido de aminoácidos esenciales, las harinas de leguminosas se combinan con las harinas de los cereales (Apro et al., 2004).

Las mezclas de cereales y leguminosas tratadas por el proceso de extrusión aumenta la calidad de la proteínas y su valor nutricional (Fritz et al., 2006).

2.4.3. Proceso de extrusión de alimentos

La cocción por extrusión ha ganado popularidad en la industria de alimentos en los últimos años, debido a diversos factores tales como su mayor versatilidad y flexibilidad de operación, permitiendo obtener una gran diversidad de productos en forma continua. Posibilita el procesamiento en diversas formulaciones, adecuación del nivel nutricional según las necesidades; bajo costo de procesamiento, mínimo deterioro de nutrientes en el proceso, eficiente utilización de la energía, ausencia de efluentes, inactivación de enzimas y factores antinutricionales (Apro et al, 2000).

El extruido de alimentos se obtiene a través de máquinas, estas poseen características termomecánico unitarias funcionales, morfológicas. Generalmente los extrusores realizan las funciones de mezclar y homogenizar las materias primas, cocción del producto, generar texturas, crear formas y secar (deshidratar) el producto (Mujica, 2006). Además, el producto mejora la calidad preparado en tiempos cortos de cocción, así mismo tiene una menor destrucción de los nutrientes sensibles al calor (García, 2009).

El proceso de extrusión de alimentos es una técnica de cocción rápida, continua, homogénea y de alto rendimiento productivo que trabaja a una alta presión y temperatura, durante un tiempo corto, mediante la extrusión se producen una serie de cambios en la textura, forma, estructura y composición del producto (Moad, 2011). Durante la extrusión se producen cambios estructurales en las proteínas, que provocan cambios en sus propiedades funcionales (González et al., 2002).

2.4.4. Extrusor de doble tornillo

Los extrusores pueden clasificarse en tres categorías principales: extrusores de pistón, extrusores de rodillos y extrusores de tornillo. Los extrusores de pistón, que son los más sencillos en diseño, se emplean principalmente para dar forma. Ellos consisten de un solo pistón o una serie de pistones los cuales depositan cantidades muy precisas de material en un transportador de banda ancha. Estas máquinas se usan comúnmente en la producción de dulces, por ejemplo para depositar el relleno central de los chocolates. Los extrusores de rodillos que también se emplean para dar forma, consisten en dos rodillos que giran en sentidos opuestos a velocidad similar o diferencial y tienen superficies lisas o perfiladas. La abertura entre los rodillos puede ser cerrada para comprimir el material que pasa a través de ellos, o el extrusor puede estar diseñado para no impartir ningún tipo de presión. Los extrusores de tornillos pertenecen a la tercera categoría y emplean un tornillo sencillo, tornillos gemelos (tween screw o doble tornillo) rotando dentro de un cañón estacionario para empujar el material hacia adelante y a través de un orificio especialmente diseñado llamado dado o boquilla. Varios parámetros tales como la configuración de los tornillos, la velocidad de rotación y la temperatura de las distintas zonas del cañón, son seleccionados cuidadosamente para que su influencia en la extrusión sea la deseable (Llopart, 2011).

2.4.5. Efectos en la materia prima durante el proceso de extrusión

2.4.5.1. Efecto de la extrusión sobre la fibra

La fibra dietética también sufre cambios. En primer lugar, los cambios propios del almidón y formas resistentes al ataque enzimático, que in vivo no podrán ser digeridos y son medidos como fibra dietética. En segundo lugar, la degradación de la fibra dietética a fracciones de bajo peso molecular podría disminuir su contenido y así reducir sus beneficios. En tercer lugar, la degradación de macromoléculas de fibra, al aumentar su solubilidad puede cambiar sus efectos fisiológicos (Pérez et al., 2007).

2.4.5.2. Efecto de la extrusión sobre los lípidos

Tienen dos funciones fundamentales en el proceso de extrusión. Proporcionan, por un lado, un gran efecto lubricante en la mezcla de polímeros comprimidos y por otro lado, modifican las propiedades gustativas de los productos extruidos. Todos los lípidos se convierten en aceite cuando alcanzan su temperatura de fusión, que para la mayoría de las grasas es inferior a 40°C. Su acción como lubricante se observa con mayor intensidad en las extrusiones con bajos contenidos de lípidos. La adición de 0,5 al 1% de aceite con degradación de carbohidratos. (Sánchez, 2003).

En el caso de los lípidos, cuando están libres (no complejoado con otros componentes), actúan como lubricantes, reduciendo la conversión de energía mecánica en el extrusor, así como la expansión. Por esta razón, es importante controlar este componente, ya que, una pequeña variación del contenido de lípidos puede afectar drásticamente el producto (Enríquez, 2004).

2.4.5.3. Efecto de la extrusión sobre el almidón y proteína

El almidón es el componente más importante en el proceso de extrusión, ya que los cambios que sufre afectan a la expansión y textura del producto extruido. Debido a que el almidón es una macromolécula compuesta de dos polisacáridos, la amilosa, un polímero lineal soluble que ofrece una textura quebradiza y la amilopectina molécula de almidón que contiene ramificaciones y promueve el inflado en el producto extruido (Kent, 2013).

El almidón, a niveles de 60% maximiza la expansión, textura y mejora la digestibilidad de la proteína del producto extruido. Y a niveles menores del 60 % afectan la característica fisicoquímica y organoléptica del producto. Por otra parte para obtener un producto inflado y quebradizo, es conveniente tener de 5 a 20 % de amilasa (Pérez, 2012).

Durante la extrusión la gelatinización del almidón puede ocurrir uniformemente a niveles del 20 % de humedad. Sin embargo, también se ha indicado que a bajos contenidos de agua se acentúa la gelatinización por los altos esfuerzos de corte del tornillo debido a la generación de calor como por la ruptura mecánica de los gránulos (Vasanthan et al., 2001). Muchos estudios reconocen que el almidón, como componente predominante en los cereales, juega un rol principal en la expansión, mientras que los otros ingredientes tales como proteínas, azúcares, grasas, y fibras actúan como “diluyentes”, con efectos diversos. (Guy, 2001).

Los parámetros operativos del proceso de extrusión como la temperatura, velocidad del tornillo sin fin, humedad, presión; no son únicamente importantes en el ámbito nutricional, sino que también tienen gran relevancia sobre las propiedades funcionales de las harinas y en particular las modificaciones que sufre el almidón (Ferreira et al., 2014). Un aspecto nutricional importante que se ve favorecido por el proceso de extrusión es el incremento de la biodisponibilidad del almidón, aunque pueden existir fracciones de almidón retrogradado que resiste la acción de las enzimas digestivas y que se comporten como fibra dietética (Pérez et al., 2007).

La proteína es el segundo componente principal, durante la extrusión, ya que no todas las proteínas se comportan de manera similar. Por ejemplo, el gluten de trigo, se comporta muy diferente a la zeína del maíz, cuando se mezclan con agua para formar una masa. Esta masa de harina de trigo es cohesiva y elástica, mientras que la obtenida con la harina de maíz no es elástica y no tiene capacidad de estiramiento. Durante el proceso de extrusión las proteínas comienzan a desnaturalizarse y cambiar de forma soluble a insoluble entre 60 °C a 70 °C (Huber, 2001).

El proceso de extrusión contribuye con la desnaturalización de las proteínas mejorando su digestibilidad pues estas son muy vulnerables al calor a temperaturas superiores 60°C, ocurren cambios en la estructura nativa de la proteína dado lugar a varias reacciones

químicas en la propia molécula proteica, o bien entre distintas proteínas, además participan con los hidratos de carbono (sobre todo los azúcares reductores), en la reacción de Maillard (Ramírez, 2013).

2.4.5.4. Efecto de la extrusión sobre los carbohidratos

El control de los hidratos de carbono durante la extrusión es un factor crítico para la calidad nutricional y sensorial del producto final, como la textura y sensación de boca. Esta fracción en los cereales y la mayoría de las legumbres consiste en más del 50%, formada por almidón y otros polisacáridos, monosacáridos y oligosacáridos. Durante la extrusión los azúcares solubles experimentan unas reducciones significativas de su contenido, una disminución del 17% en el contenido total de carbohidratos (TAC) en harinas de extruidas de garbanzo. Este efecto puede deberse a que el almidón y otros polisacáridos se descomponen en componentes de menor peso molecular, como es el caso de la sacarosa que se escinde en glucosa y fructosa, azúcares reductores que son más susceptibles a la reacción de Maillard. (Berrios et al., 2010).

2.4.5.5. Efecto de la extrusión sobre la grasa

Los aceites que contienen los cereales y las leguminosas, al ser extruido sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a que son sometidas las finas gotas de grasa al ser recubiertas por los almidones y proteínas, quedando la grasa encapsulada (Fernández, 2010).

La grasa actúa como un lubricante, reduciendo así la conversión mecánica de energía en el extrusor, así como su expansión. Es importante controlar el nivel de grasas, en algunos casos, una pequeña variación de grasa puede afectar drásticamente el producto. La grasa también puede debilitar la estructura celular, causando fusión y porosidad (Fernández, 2010).

2.4.5.6. Efecto de la extrusión sobre las vitaminas

Los granos de cereal son una de las principales fuentes de vitaminas del grupo B, por lo que resulta importante determinar la influencia del proceso de extrusión sobre el contenido de estas vitaminas. Diversos estudios han correlacionado como disminuían las vitaminas del grupo B conforme se sometían a fuerzas mecánicas comprendidas entre 0,09 y 0,13 kWh/kg con tiempos de retención de entre 30 segundos a 1 minuto a una temperatura de 178 °C durante el proceso de extrusión (Athar et al., 2006).

Cada vitamina tiene sus propias características de estabilidad durante los procesos térmicos. Los efectos en la estabilidad en las vitaminas durante la extrusión son complicados debido a la acción de la humedad, fricción, altas temperaturas y presiones. Las vitaminas liposolubles A, D y E, en general, son razonablemente estables durante la extrusión. El nivel de humedad del producto durante la extrusión tiene el mayor efecto sobre la retención de vitaminas. Como norma general, el alto nivel de humedad en el proceso da más vitaminas retenidas. Las vitaminas hidrosolubles, como la vitamina C o del grupo B, pueden perder estabilidad durante la extrusión. La extrusión húmeda produce una pérdida de vitamina C y tiamina. (Martel, 2011)

2.4.6. Rol de los antinutrientes de los alimentos en el proceso de extrusión

Los antinutrientes se pueden encontrar en las semillas de las leguminosas, tienen efectos negativos sobre la composición nutricional de los alimentos por disminuir la disponibilidad de algunos nutrientes. Destacando el ácido fítico, inhibidores de tripsina, oxalato y lectinas (Kaur et al., 2015).

El ácido fítico y sus sales (fitatos) son compuestos clasificados como antinutrientes por la disminución de la biodisponibilidad de ciertos minerales, como el hierro y calcio. Se encuentra en ciertos alimentos como el arroz y las nueces, y su presencia da lugar a complejos estables con

cationes divalentes y trivalentes (hierro, cobre, zinc, calcio) (Lee et al., 2015).

Los inhibidores de tripsina, también conocidos como inhibidores de BowmanBirk, son sustancias de carácter proteico que se encuentran en la soja y en otras semillas de legumbres. Estos compuestos en presencia de una proteasa y un sustrato producen una notable disminución en la velocidad de la reacción catalizada por la enzima. Se caracterizan por ser termolábiles, de modo que a las temperaturas de extrusión (120 – 140 °C) se produce su desnaturalización proteica, disminuyendo la actividad enzimática de los mismos (Kaur et al., 2015).

El ácido oxálico y sus sales (oxalatos) se encuentra en multitud de alimentos de origen vegetal, entre ellos los cereales y leguminosas. Se considera un compuesto quelante de minerales, principalmente calcio, dando lugar a la formación de cálculos renales y a la desmineralización ósea. En comparación con el resto de antinutrientes, es el compuesto que menos se ve influenciado por la temperatura y por lo tanto del proceso de extrusión (Kaur et al., 2015).

Las lectinas, también denominadas hemaglutininas, son proteínas sensibles a las temperaturas que actúan en el organismo como eritroaglutininas y leucoaglutininas. Durante el proceso de extrusión se produce la desnaturalización proteica, reduciéndose o eliminándose totalmente su contenido en el alimento (Morales et al., 2015). Comparando este método frente a otros más tradicionales, es el que más reduce el contenido de este antinutriente (Alonso et al., 2000).

2.4.7. Extrusión de los alimentos

Desde hace años se ha ido estudiando cómo afecta el procesado de los alimentos a los distintos nutrientes y su implicación en la salud; en términos generales, el procesado de los alimentos tiende a modificar la composición y la disponibilidad de los nutrientes en los alimentos. Dentro de los métodos de procesado cabe destacar el proceso de extrusión, en el cual se emplean altas presiones y temperaturas, durante cortos periodos de tiempo, de forma que se obtienen alimentos, como snacks, cereales del desayuno, etc., con texturas y/o sabores distintos al que tenían inicialmente (Morales, 2015).

Una de las operaciones más versátiles en la agroindustria alimentaria es la extrusión, pues permite una cocción rápida, continua y homogénea del producto, mediante un proceso termo mecánico durante un tiempo corto; esta tecnología permite mejorar o modificar propiedades funcionales como la solubilidad, formación de emulsión, la gelatinización en los alimentos, induce la formación de complejos entre lípidos y carbohidratos mejorando textura y características sensoriales, además desnaturaliza e inactiva factores anti nutricionales mejorando su aptitud posterior para el desarrollo de nuevos productos (Colina, 2013).

2.5. Control de calidad en snacks extruidos

2.5.1. Definición

Los alimentos tipo snacks han adquirido una gran importancia dentro del colectivo infantil. Tienen como base los granos de cereal (trigo, maíz, cebada, etc.), sin embargo, son alimentos de bajo valor biológico por su escaso contenido proteico, y por ello para aumentar el valor nutricional de los mismos es frecuente la incorporación verduras, frutas e incluso legumbres en la formulación del alimento (Ozer, 2006).

2.5.2. Calidad del Snack Extruido

Indecopi (2011) expresa los siguientes requisitos necesarios para el producto snack o bocaditos como se menciona en la tabla 6.

Tabla 6: Requisitos organolépticos y fisicoquímicos para los snacks

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN															
Organolépticas	<ul style="list-style-type: none">- Olor característico del producto.- Sabor característico del producto.- Textura: la crocancia característica del producto. Característico del producto.- Color															
Fisicoquímicas	El producto no deberá presentar síntomas de rancidez, sabores, colores que indiquen descomposición:															
	<table border="1"><thead><tr><th>PARAMETRO</th><th>FRITOS</th><th>EXTRUIDOS</th></tr></thead><tbody><tr><td>Humedad (%)</td><td>3</td><td>6</td></tr><tr><td>Cenizas totales (%)</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>Índice de peróxido (meq/kg)</td><td>5</td><td>5</td></tr><tr><td>Índice de acidez (%)</td><td>0,3</td><td>0,3</td></tr></tbody></table>	PARAMETRO	FRITOS	EXTRUIDOS	Humedad (%)	3	6	Cenizas totales (%)	4	4	Índice de peróxido (meq/kg)	5	5	Índice de acidez (%)	0,3	0,3
PARAMETRO	FRITOS	EXTRUIDOS														
Humedad (%)	3	6														
Cenizas totales (%)	4	4														
Índice de peróxido (meq/kg)	5	5														
Índice de acidez (%)	0,3	0,3														

Fuente: Indecopi, 2011.

2.6. Evaluación sensorial

Actualmente, existen métodos instrumentales físicos o químicos para medir en los alimentos atributos tales como el color, la textura, el aroma, etc., y que son de gran utilidad en el control rutinario de la industria alimentaria. Estos métodos se caracterizan por el gran número de análisis que pueden realizarse, por su rapidez, su reproducibilidad y por el gran número de análisis que pueden realizarse. En este sentido el análisis sensorial puede proporcionar una visión integradora sobre la calidad organoléptica de un producto, que se puede definir

como calidad sensorial, sin perder de vista que en último término, el éxito de un alimento depende de las reacciones totalmente subjetivas del consumidor, en definitiva, de la respuesta de los sentidos. (Ibañez, 2000).

2.7. Análisis microbiológico

Según Abril (2003) la humedad tiene gran influencia sobre el desarrollo de los mohos, pero más que la humedad del sustrato, es la disponibilidad de agua (a_w) el parámetro determinante. A 25 °C, algunas especies pueden crecer con una $a_w < 0,70$ comúnmente en las frutas sobre todo frutos secos, confituras, leche en polvo, granos y derivados de cereales. Sin embargo la mayoría de mohos prefieren una a_w más elevada de 0.89 a 0.95. En la tabla 7 se muestran los valores mínimos necesarios de a_w para el crecimiento de diversos microorganismos. En los alimentos a una a_w inferior a 0.7 es considerado como valor límite para garantizar la estabilidad de los productos; sin embargo 0.9 es una cifra que solo indica que por debajo de ella los m.o. están fuertemente inhibidos de actuar. El límite propuesto por la directiva comunitaria de 1977 para conservación de alimentos a temperatura ambiente, puede elevarse a un valor de 0.95, se se añade el efecto sinérgico de otros factores como el pH=5.2. Microorganismos *Aerobios mesófilos*, en este grupo se incluyen todos los microorganismos, capaces de desarrollar en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C con una óptima entre 30°C y 40°C. El recuento de microorganismos *Aerobios mesófilos*, en condiciones establecidas, estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. Refleja la calidad sanitaria de los productos analizados, indicando además de las condiciones higiénicas de la materia prima, la forma como fueron manipulados durante su elaboración. Un recuento bajo de *Aerobios mesófilos* no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena (Anmat, 2014).

Tabla 7: Límites de tolerancia para el recuento de m/o de varios productos

PRODUCTOS EXTRUIDOS Y/O EXPANDIDOS PROTEINIZADOS O NO, HOJUELAS QUE NO REQUIERAN COCCIÓN.						
AGENTE MICROBIANO	Categoría	Clase	N	C	Límite por g/mL	
					m	M
<i>Aerobios</i>	3	3	5	1	10 ⁴	10 ⁵
<i>Mesófilos</i>						
<i>Coliformes</i>	5	3	5	2	10	10 ²
<i>Bacillus cereus</i>	8	3	5	1	10 ²	10 ⁴
Mohos	5	3	5	2	10 ²	10 ³
Levaduras	3	3	5	2	10 ³	10 ⁴
<i>Salmonella</i> 25 g.	10	2	2	5	0	-----

Fuente: Normas sanitarias para los alimentos de granos, 2004.

2.8. Vida útil

La vida en anaquel o vida útil de un alimento se define como el periodo de tiempo después de su producción en condiciones controladas de almacenamiento, en las que tendrá una pérdida de sus características sensoriales y fisicoquímicas, y sufrirá un cambio en su perfil microbiológico, pero que se mantendrá apto para su consumo (seguro e inocuo). Entre los factores que pueden afectar la duración de la vida útil de un alimento se encuentran el tipo de materia prima, la formulación del producto, el proceso aplicado, las condiciones sanitarias del proceso, envasado, condiciones de almacenamiento y distribución y las prácticas de los consumidores (Carrillo y Reyes, 2013).

La vida útil es un método en el cual, bajo circunstancias definidas, se produce una tolerable disminución de la calidad del producto. La calidad engloba muchos aspectos del alimento, como sus características físicas químicas microbiológicas, sensoriales, nutricionales y referentes a inocuidad. En los momentos en que alguno de estos parámetros se considera como inaceptable el producto ha llegado al fin de su vida útil. (Man, 2000).

Este período depende de muchas variables en donde se incluyen tanto el producto como las condiciones ambientales y el empaque. Dentro de las que ejercen mayor peso se encuentran la temperatura, pH, actividad del agua, humedad relativa, radiación (luz), concentración de gases, potencial redox, presión y presencia de iones (Brody, 2003).

Se pueden realizar las predicciones de vida útil mediante utilización de modelos matemáticos (útil para evaluación de crecimiento y muerte microbiana), pruebas en tiempo real (para alimentos frescos de corta vida útil) y pruebas aceleradas (para alimentos con mucha estabilidad) en donde el deterioro es acelerado y posteriormente estos valores son utilizados para realizar predicciones bajo condiciones menos severas (Charm, 2007).

Los estudios de vida útil se basan en la teoría cinética por la cual es posible determinar la velocidad de modificación de una propiedad o atributo del alimento (Toro et al., 2014).

2.9. Evaluación biológica

2.9.1. Dieta de los roedores

El ratón es un animal que vive entre 10 y 12 meses, su tamaño oscila entre 12 y 15 cm desde la punta de la nariz hasta la punta de la cola y su peso en la vida adulta es de 30g aproximadamente. Tiene hábitos nocturnos, cuenta con un sentido agudo de la audición, de modo que se altera rápidamente con ruidos fuertes; su sentido del olfato está sumamente desarrollado y gracias a él puede detectar comida, depredadores y humanos; su visión es pobre y no puede diferenciar los colores. Bajo cautiverio, su alimentación es cíclica y alcanza un pico máximo en el periodo de oscuridad. Asimismo, el consumo de agua es mayor durante ese periodo. El ratón suele dividir los espacios de su jaula en zonas para dormir, comer, defecar y miccionar. Los animales son alojados en bioterios, cuyas instalaciones deben contar con las barreras sanitarias para su protección y la de las personas, así como con los equipos necesarios y personal capacitado. Además, los procedimientos que se manejen deben cumplir con todas las normas correspondientes. (Fuentes et al., 2008).

Trabajar en un bioterio requiere de un macroambiente controlado (temperatura, humedad relativa, ventilación, luz y oscuridad) y de un microambiente que favorezca la salud del animal y le evite cualquier estrés (tamaño de la jaula, la cama, el alimento y el agua) (Pérez, 2007).

2.9.2. Digestibilidad de los alimentos

La digestibilidad es uno de los indicadores más utilizados para determinar la calidad de las proteínas debido a que no todas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma medida. La digestibilidad de un alimento se define como la fracción de alimento que desaparece en el tracto digestivo durante los procesos de digestión, y se expresa como porcentaje del producto inicialmente ingerido. De todas las materias que constituyen los restos de desecho de los procesos digestivos y que son expulsados al exterior en forma de heces, la mayor proporción va a provenir de la parte de los alimentos que no ha podido ser digerida. Existe otra fracción que está compuesta por productos endógenos, es decir aquellos materiales formados de epitelios y enzimas digestivos, de desecho de órganos como el hígado o páncreas, sales minerales, etc, que no provienen del alimento ingerido. (Caravaca et al, 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución.

- Laboratorio de Investigación y Desarrollo De Productos Agroindustriales de la escuela académica profesional de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio De Análisis y Composición De Productos Agroindustriales de la escuela académica profesional de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional del Santa.
- Instalaciones de Evaluación Sensorial de la planta piloto Agroindustrial - Universidad Nacional del Santa.
- Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA) - Universidad Nacional del Santa.

3.2. Materia prima e insumos

3.2.1. Materia Prima

Para la producción de snack, se utilizó como materia prima:

- Arroz (*Oryza sativa*), Arroz pulido, Variedad: IR 43 (comercialmente NIR), Clase mediano, Grado 2 superior. Procedencia: Valle del Santa – Ancash.
- Pallar (*Phaseolus lunatus*), Variedad: Iqueño precoz - INIA 205. Procedencia: Ica.

3.2.2. Insumos

- Sal de cocina, Marca Emsal.

3.3. Equipos, materiales y reactivos.

3.3.1. Elaboración de harina de arroz y pallar

A. Equipos

- Secador de Bandejas. Marca: CORP. JARCON. Modelo: STB-10X10. Serie: JP0010113. País: Perú

- Módulo de molienda y tamizado. Marca: TORRH. Modelo: MDMT-60XL. Serie: JP0011112. País: Perú.

B. Utensilios

- Mesa de acero inoxidable
- Recipientes plásticos
- Tamices

C. Materiales de empaque

- Bolsas de polietileno de alta y baja densidad

3.3.2. Elaboración del snack extruido

A. Equipos

- Extrusor de doble tornillo. Marca: INBRAMAQ. Modelo: LABOR PQ DRX- 50. Serie: 1101150408. País: Brasil.
- Balanza gramera. Marca: PRECISA. Modelo: XB4200C. Desviación: 0.01 g. País: Suiza.
- Balanza analítica. Marca: PRECISA GRAVIMETRICS A G. Serie: 321LX. Modelo: LX320A. Desviación: 0.01 g. País: Suiza.
- Selladora. Marca: tew. Modelo: 207-MCSX. Serie: 20460047. Marca: china.

B. Utensilios

- Recipientes plásticos
- Espátula

C. Materiales de empaque

- Bolsas de polietileno de alta y baja densidad.
- Bolsas de polipropileno

3.3.3. Para la evaluación fisicoquímica del snack

A. Equipos

- Balanza analítica. Marca: PRECISA GRAVIMETRICS A G. Serie: 321LX. Modelo: LX320A. Desviación: 0.01 g. País: Suiza.
- Determinador de humedad. Marca: PRECISA. Modelo: XM-50. Desviación: 0.001 g. País: Suiza.

- Estufa. Marca: POL-EKO APARATURA. Modelo: SW-17TC. Serie: SW-1990. País: E.E.U.U.
- Equipo de actividad de agua. Marca: ROTRONIC. Modelo: HygroLab2. País: Perú. Precisión: a 23 °C, +/- 0.015 aw.
- Texturómetro. Marca: BROOKFIELD. Modelo: CT34500. Serie: 8555940. País: E.E.U.U.
- Colorímetro, KONIKA MINOLTA. Modelo: CR-400. País: E.E.U.U.
- Determinador de Fibra, Marca: FOSS. Modelo: Fibertec e System AB 2003. País: Suecia.
- pH metro digital, Marca. THERMO SCIENTIFIC (Orión Star A211).
- Mufla. Marca: THERMOLYNE. Serie: 347034984. País: Alemania.
- Cocina eléctrica. Marca: KESSEN. Modelo: HPY6870-26. Serie: 46804273. País: China.
- MICRO-Kjeldahl. Marca: FOSS. Serie : KJELTEC 8100.
- Centrifuga: Marca: POL-EK. Modelo: CLW115TOP. Procedencia: Polonia.
- Cámara de bioseguridad, BIOHAZARD SAFETY CABINET. Marca: CHC. Modelo: CHC-777^a2-04. Tipo: Clase II. Serie: 777A2-04-BF19- 026. País: Corea.
- Agitador magnético. Marca: THERMOLYNE. Modelo: S-130815. Serie: 120110. País: E.E.U.U.
- Vernier Calipers. Marca: SOMET. País: China.
- Refrigeradora. Marca: BOSCH. Modelo: ksv44. Serie: 0200148448. País: Suiza.

B. Materiales de laboratorio

- Placas Petri
- Mortero
- Vasos precipitados 50, 100 mL.
- Fiolas de 250, 500 mL.
- Probetas de 50, 100 mL.
- Pipetas de 1, 5, 10 mL.
- Pizetas
- Pinzas de metal y madera

- Crisoles de porcelana
- Embudo de vidrio
- Matraz Erlenmeyer 250, 500 mL.
- Bureta
- Campana desecadora
- Espátula
- Pera succionadora
- Termómetro
- Tubos centrifuga
- Balones kjeldahl de 50 mL.
- Jaulas metabólicas
- Gradilla para tubos de ensayo
- Ratas albinas

C. Otros materiales

- Papel filtro
- Papel toalla
- Papel aluminio
- Material para análisis sensorial: paneles para el análisis, fichas de evaluación sensorial, vasos descartables, lapiceros, plumón indeleble, sticker
- Jaulas metabólicas con ratas albinas de laboratorio
- Jarras plásticas
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Bolsas de polipropileno
- Bowls
- Alpiste

D. Reactivos

- Hidróxido de potasio
- Ácido Clorhídrico
- Enzimas proteasa y amiloglucosidasa
- Agua destilada
- Ácido Bórico

- Yoduro de potasio
- Almidón (en base seca)
- Etanol 96°
- Ácido Sulfúrico
- Hidróxido de sodio

3.4. Métodos

3.4.1. Procedimiento para la obtención de Harina de Arroz y Pallar

3.4.1.1. Harina de Arroz

A. Recepción de la materia prima

La materia prima se transportó a las mesas de acero inoxidable del laboratorio de Operaciones Unitarias del IITA, previamente acondicionado el ambiente de trabajo se procedió a pesar y posteriormente se desempacó para la selección.

B. Selección y limpieza

Se distribuyó el arroz sobre la mesa de acero inoxidable previamente limpiada y desinfectada, y a través de una inspección visual se procedió a separar las impurezas como piedras, pajas, granos de otra especie y otras materias extrañas que podrían perjudicar la calidad de la harina.



Figura 4: Selección y limpieza del arroz

C. Secado

Se utilizó un secador de bandejas, en el cual se colocó el producto esparcido en todas las bandejas necesarias, se realizó por un lapso de 2 horas a 50°C. Se fue monitoreando el proceso de secado hasta obtener pesos constantes del producto, el cual nos indica que el producto se encuentra seco, además se verificó que la humedad sea menor a 14 % para evitar el desarrollo de microorganismos, insectos y ácaros, que causa pérdidas y deterioro al producto durante su almacenamiento.



Figura 5: Secado de la materia prima

D. Molienda

Después del secado pasó la materia prima por un molino de martillos, donde el producto inicial en granos fue convertido en harina.



Figura 6: Molienda de la harina

E. Tamizado

Para uniformizar el tamaño de las partículas de la harina se utilizó los tamices con mallas N°80 y N°100.

F. Envasado

La harina luego de ser tamizada fue pesada y envasada en bolsas de polietileno de alta densidad.

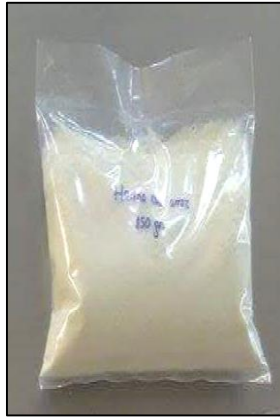


Figura 7: Envasado y sellado de la harina de arroz

G. Sellado

Después del envasado de la harina de arroz en las bolsas de polietileno, se sellaron herméticamente para prolongar la vida útil del producto y protegerlo contra elementos externos.

H. Almacenamiento

El producto se almacenó a temperatura ambiente en el almacén del Laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial.

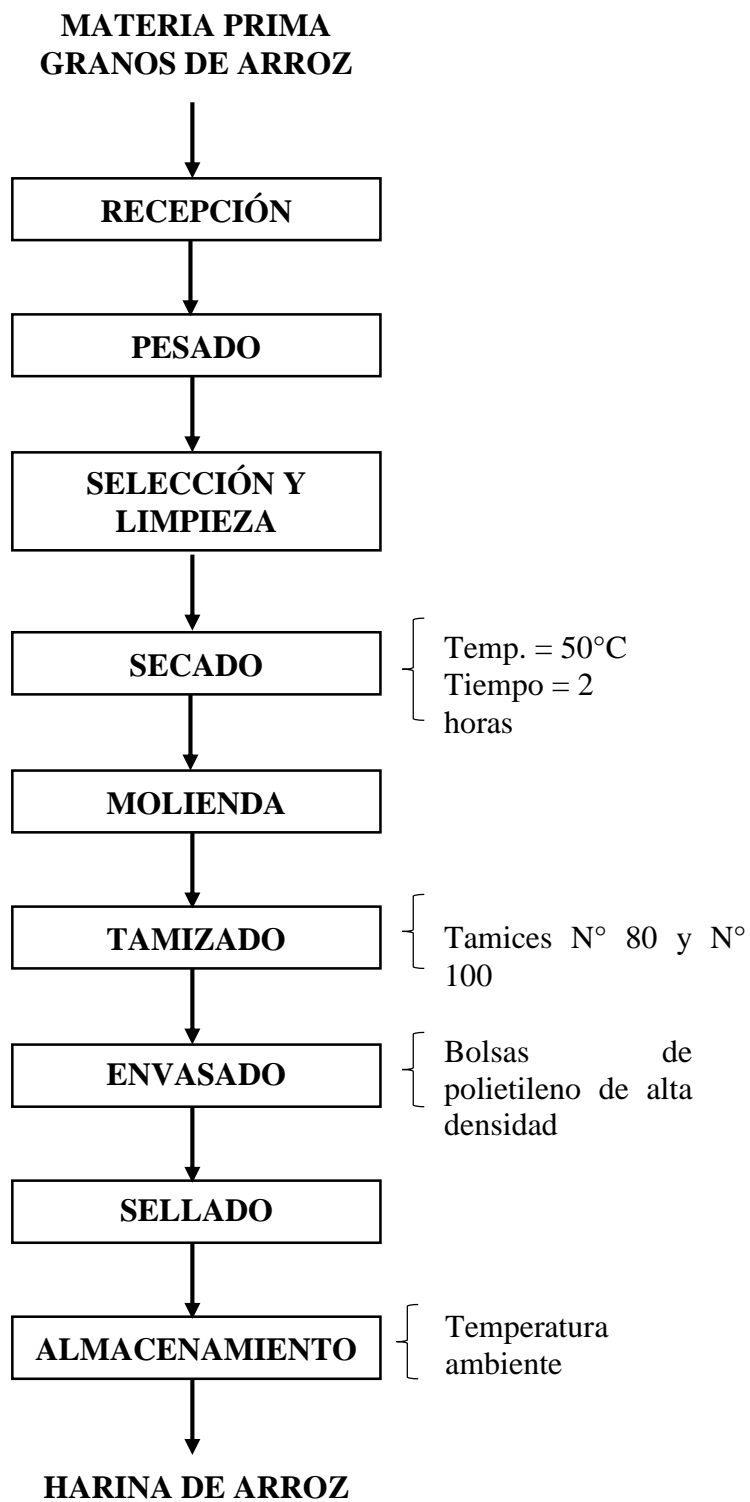


Figura 8: Diagrama de flujo para la obtención de harina de arroz

3.4.1.2. Harina de Pallar

A. Recepción de la materia prima

La materia prima se transportó a las mesas de acero inoxidable del laboratorio de Operaciones Unitarias del IITA, previamente acondicionado el ambiente de trabajo se procedió a pesar y posteriormente se desempacó para la selección.

B. Selección y limpieza

Se distribuyó los granos de pallar sobre la mesa de acero inoxidable previamente limpiada y desinfectada, y se seleccionó los granos aptos para el proceso, separando los granos dañados, impurezas como pajas, piedras y semillas de otra especie.

C. Secado

Se utilizó un secador de bandejas, en el cual se colocó el producto esparcido en todas las bandejas necesarias, se realizó por un lapso de 1 hora a 55°C. Se fue monitoreando el proceso de secado hasta obtener pesos constantes del producto, el cual nos indica que el producto se encuentra seco.

D. Molienda

Después del secado pasó la materia prima por un molino de martillos, donde el producto inicial en granos fue convertido en harina

E. Tamizado

Para uniformizar el tamaño de las partículas de la harina se utilizó el tamiz con malla N° 100.



Figura 9: Tamizado de la harina de pallar

F. Envasado

La harina luego de ser tamizada fue pesada y envasada en bolsas de polietileno de alta densidad.

G. Sellado

Después del envasado de la harina de pallar en las bolsas de polietileno, se sellaron herméticamente para prolongar la vida útil del producto y protegerlo contra elementos externos.



Figura 10: Harina de pallar envasada y sellada

H. Almacenamiento

El producto se almacenó a temperatura ambiente en el almacén del Laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial.



Figura 11: Almacenamiento de las harinas

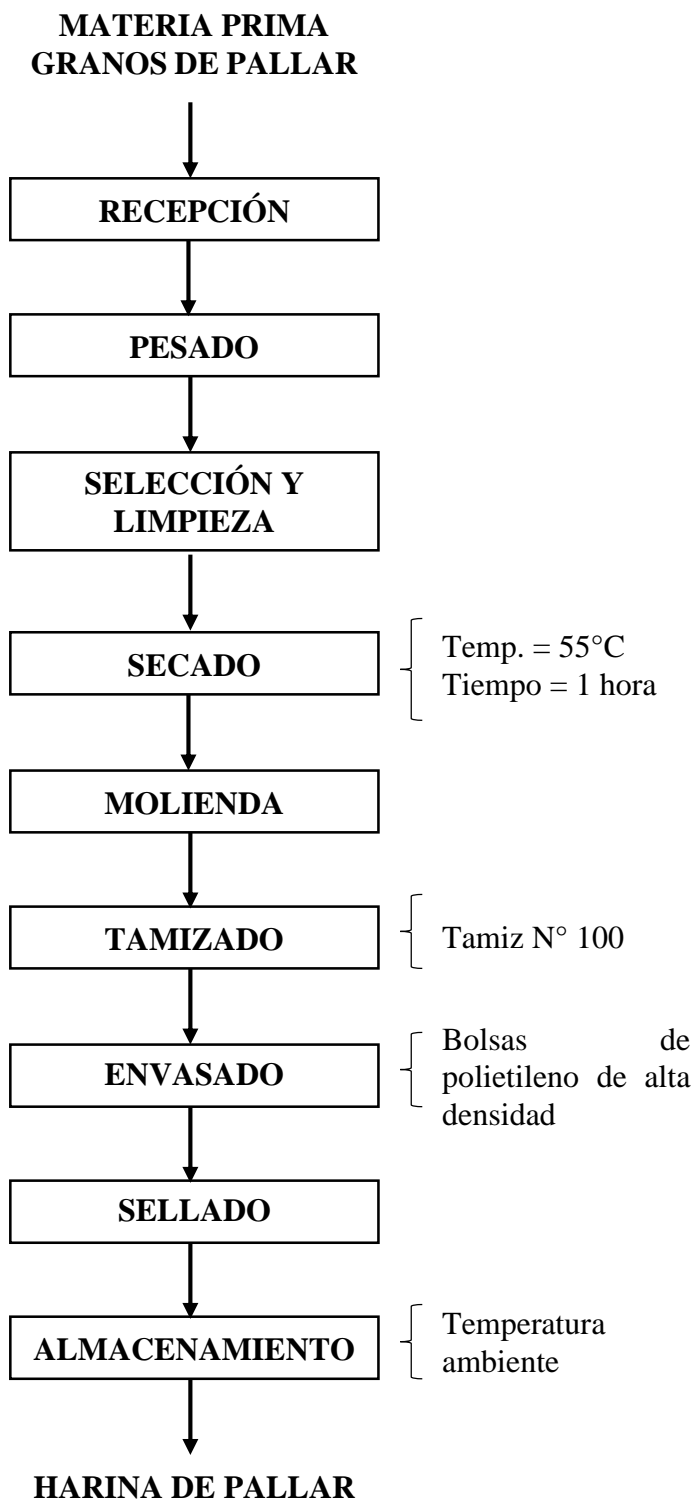


Figura 12: Diagrama de flujo para la obtención de harina de pallar

3.4.2. Evaluación de las harinas

3.4.2.1 Análisis químico proximal

La caracterización de la harina de arroz y harina de pallar se realizó individualmente. Los análisis se realizaron en el laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales, en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial y en el Laboratorio Colecbi S.A.C.

- **Humedad**

Se determinó por el método de la estufa (AOAC, 1990). (Anexo 1.1).

- **Proteína**

Para la determinación de proteína, se siguió el método UNE-EN ISO 5983 (2006) que indica el laboratorio COLECBI.

- **Grasa**

Para la determinación de grasa se usó el método UNE.64021 (1970) indicado por el laboratorio COLECBI.

- **Ceniza**

Se realizó por la calcinación de las muestras en una mufla; siguiendo la metodología por la NTP 205.038: 1975 (Revisada el 2011): harinas. Determinación de cenizas. (Anexo 1.2)

- **Fibra**

Para el análisis de la fibra dietética total (FDT) se empleó la metodología por la AOAC 985.29 y 991.43 usando el sistema FOOS fibertec E. (Anexo 1.3)

- **Carbohidratos**

El contenido de carbohidratos totales se obtuvo con la siguiente ecuación: **%Carbohidratos Totales = 100-(H+C+G+P)**. Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por (Collazos et al., 1993).

Los carbohidratos disponibles se obtuvieron con la siguiente ecuación: **%Carbohidratos Disponibles = 100-(H+C+G+P+F)**. Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) según Tablas peruanas de composición de alimentos (Reyes et al., 2009).

3.4.2.2 Colorimetría

Para la determinación del Color de las harinas se utilizó el colorímetro digital marca KONICA MINOLTA. Las variables colorimétricas obtenidas directamente en el sistema CIE-lab fueron L* Luminosidad (negro 0/ blanco 100), coordenada a* (verde-/rojo+), coordenada b* (azul-/amarillo+), los parámetros Cromacidad C* y el ángulo de tonalidad h* se calcularon según Minolta (1993).

3.4.2.3 Actividad de agua (Aw)

La actividad de agua (aw) fue realizada por el método AOAC 978.18 (2002), usando un higrómetro de punto de rocío marca ROTRONIC Modelo: HygroLab2 con precisión: a 23 °C, +/- 0.015 aw. (Anexo 2.1)

3.4.3. Diseño estadístico experimental

3.4.3.1. Definición de variables independientes

- Formulación (% de Harina de Arroz y Harina de Pallar).
Niveles: 3
- Temperatura. Niveles: 3

3.4.3.2. Definición de variables dependientes

- **Características sensoriales:** Color, olor, sabor y textura.
- **Características fisicoquímicas:** Actividad de agua, humedad, textura instrumental, colorimetría, grado de gelatinización, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, índice de expansión, y volumen específico.
- **Evaluación biológica:** Relación de Eficiencia Proteica, digestibilidad aparente, valor biológico.

3.4.3.3. Modelo estadístico

El diseño estadístico que se utilizó para el proyecto de investigación fue el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3x3, en nuestra investigación utilizamos dos factores: temperatura y formulación y cada uno tiene tres niveles, donde los efectos de las variables serán evaluados en función del análisis sensorial. Se llevó a cabo un diseño factorial 3^2 con tres repeticiones siendo un total de 27 experimentos para determinar los efectos de las variables en función de las características fisicoquímicas.

Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI.I para determinar los efectos de las variables independientes, el análisis de varianza (ANOVA), calcular los coeficientes de regresión (R^2) y construir los gráficos de superficies de respuesta, con un nivel de significación de 5%.

El modelo estadístico para este diseño es:

$$Y_{ik} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, b \quad k = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

- μ es la media general
- α_i es el efecto del i-ésimo nivel del factor A
- β_j es el efecto del j-ésimo nivel del factor B
- $(\alpha\beta)_{ij}$ representa el efecto de interacción en la combinación ij
- ε_{ijk} es el error aleatorio

3.4.3.4. Esquema del diseño estadístico para los tratamientos de los snacks

Tabla 8: Niveles de las variables independientes

Variables independientes	Niveles		
	-1	0	+1
Temperatura (°C)	90	95	100
Formulación (%)	F1 ^a	F2 ^b	F3 ^c

^aF1: 95 % Harina de arroz y 5 % Harina de pallar

^bF2: 90 % Harina de arroz y 10 % Harina de pallar

^cF3: 85 % Harina de arroz y 15 % Harina de pallar

Tabla 9: Valores codificados y valores reales del Diseño factorial 3²

Tratamiento	Valores codificados		Valores reales	
	X1	X2	Temperatura (°C)	Formulación (%)
1	-1	-1	90	95:5
2	0	-1	95	95:5
3	+1	-1	100	95:5
4	-1	0	90	90:10
5	0	0	95	90:10
6	+1	0	100	90:10
7	-1	+1	90	85:15
8	0	+1	95	85:15
9	+1	+1	100	85:15

3.4.3.5. Esquema experimental

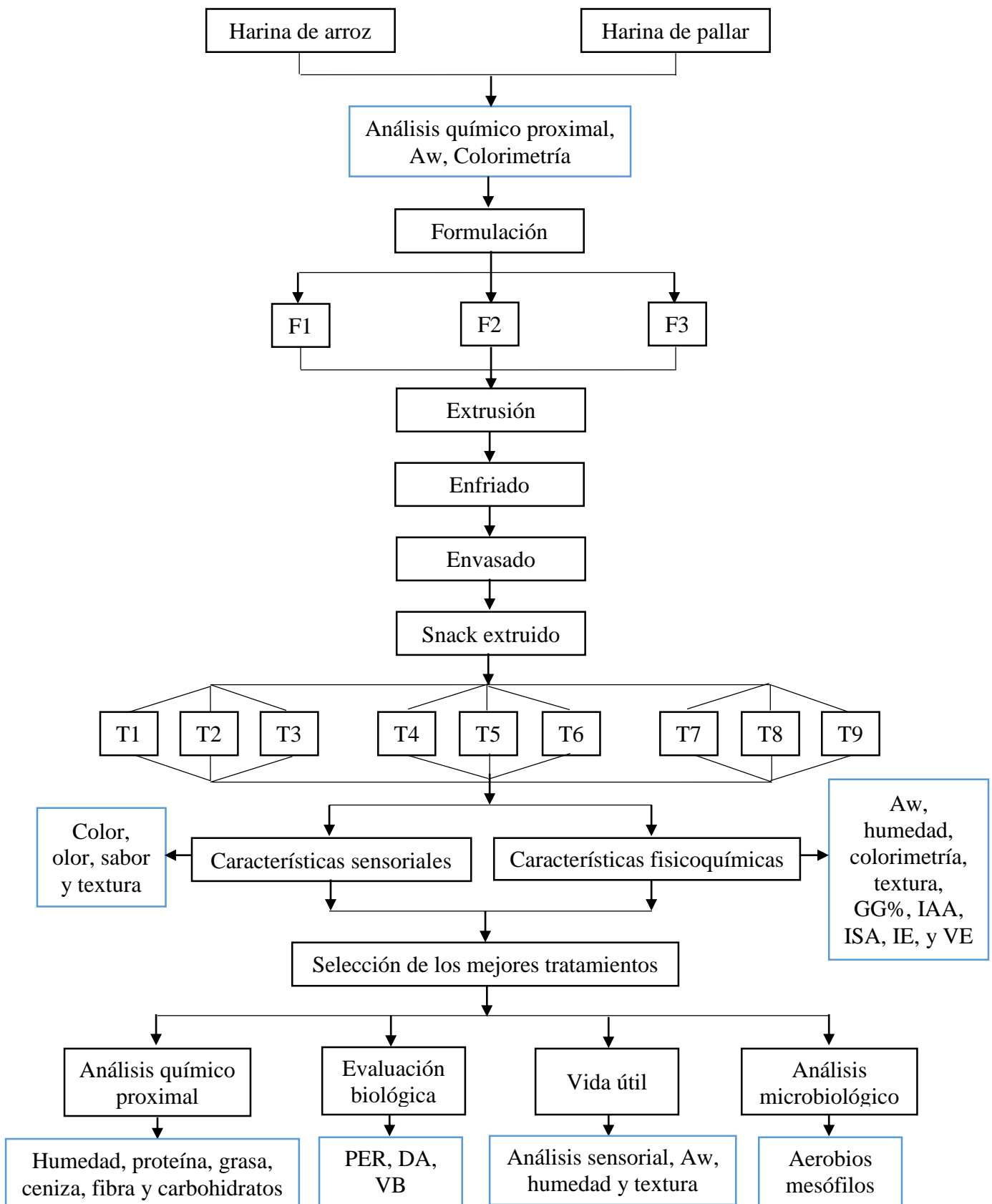


Figura 13: Esquema experimental utilizado en la elaboración y evaluación de snacks extruidos a base de harina de arroz y harina de pallar

3.4.4. Cómputo químico

Se realizó de acuerdo a las cantidades en gramos de las proteínas en las 3 formulaciones de harina de arroz y pallar. El patrón de aminoácidos que se utilizó para el cómputo químico fue para el grupo de niños (requerimiento edad escolar) (FAO, 2007).

$$CQ = \frac{\text{mg de a. a en 1 g de N de la proteína del alimento}}{\text{mg de a. a en 1 g de N de la proteína de referencia}}$$

La determinación del cómputo químico consiste en dividir la cantidad de aminoácidos esenciales presentes en los concentrados proteicos entre la cantidad de aminoácidos esenciales presentes en la proteína de referencia (FAO, 2007). El porcentaje del aminoácido esencial, que está en menor proporción indica el aminoácido limitante al cual se le denomina score químico (SQ), cuando no hay déficit de ningún aminoácido esencial el SQ es 100% y equivale al de una proteína ideal o de referencia, por el contrario, si una proteína es carente en un aminoácido esencial su SQ es cero. Los patrones de referencia, reciben este nombre debido a que son proteínas que permiten una óptima síntesis proteica por lo que son utilizados como modelos, referencias o mezclas aminoacídicas deseables (Barrera y Pérez, 2014)

3.4.5. Procedimiento para la elaboración de snacks extruidos

A. Recepción de la harina de arroz y harina de pallar

Se trabajó con arroz y pallar en grano, pasando luego a la selección y limpieza de las materias primas, secado, molienda, tamizado, envasado y sellado para obtener las materias primas en harinas.

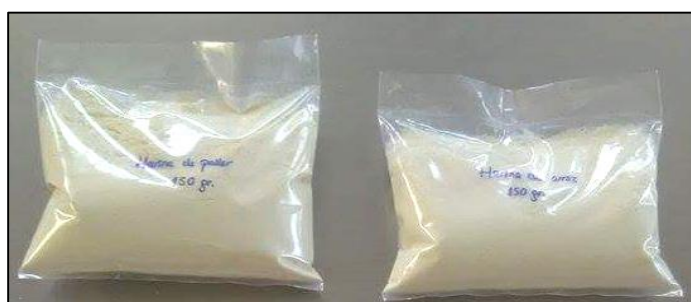


Figura 14: Recepción de la materia prima en harina

B. Pesado de las harinas

De acuerdo al porcentaje determinado para cada formulación se pesa la harina de arroz y pallar para los 9 tratamientos. Además, se pesa 24 g de sal por cada 1500 g de mezcla para cada tratamiento.

C. Mezclado

Después del pesado, se procedió al mezclado uniforme de las harinas con la sal de acuerdo a cada formulación correspondiente, la homogenización de la mezcla se realizó durante unos minutos.



Figura 15: Mezclas de las harinas para los 9 tratamientos

D. Extrusión

Para realizar la extrusión se utilizó un extrusor cocinador, de doble tornillo (modelo LABOR PQ DRX-50). Inicialmente el equipo se encendió y una vez programada las temperaturas se dejaron calentar. El proceso de extrusión se desarrolló con las condiciones de trabajo mostradas en la tabla 10 y con 2 programas de temperatura (tabla 11) para la obtención de los snacks.

El procedimiento de extrusión consiste en que la muestra que se agrega a la tolva del extrusor es transportada por el tornillo hacia la zona de alta presión a las temperaturas programadas, luego la masa sale a través de los orificios de la boquilla de la salida del extrusor y es cortada a la salida por una cuchilla rotatoria que le da la forma deseada para obtener el extruido expandido.

Tabla 10: Parámetros de extrusión del snack

Parámetro	Cantidad
Velocidad de alimentación	1 Kg/min
Velocidad de tornillo	375 rpm
Velocidad de cuchilla	1068 rpm
Diámetro de boquilla	4 mm
Caudal de agua	10 ml/min

Tabla 11: Programación de temperaturas de extrusión

PROGRAMAS DE TEMPERATURAS (°C)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
PT1	30	40	50	60	80	85	90
PT2	30	40	50	60	80	90	95
PT3	30	40	50	60	80	90	100

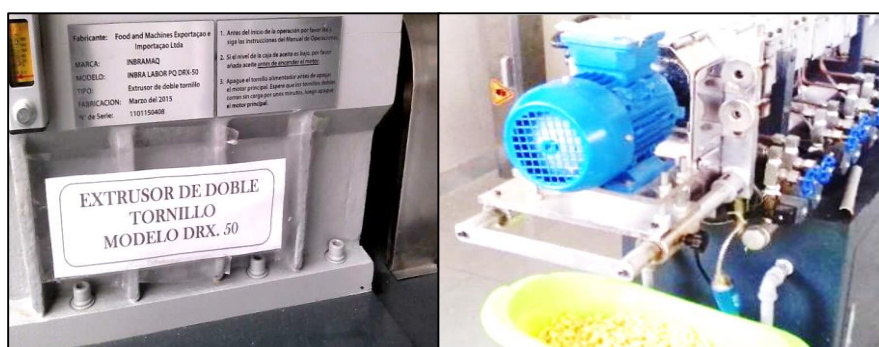


Figura 16: Extrusor de doble tornillo, proceso de extrusión

E. Enfriado

Se dejó enfriar a temperatura ambiente todo el producto obtenido de los 9 tratamientos.

F. Envasado y sellado

El producto fue envasado inicialmente en bolsas de polietileno de alta densidad para análisis inmediatos y para estudios fisicoquímicos, proteicos y de vida útil se envasaron en bolsas de polipropileno de baja densidad. El sellado se realizó con una termoselladora de pie y luego se almacenó a temperatura ambiente en uno de los ambientes del laboratorio de operaciones unitarias.

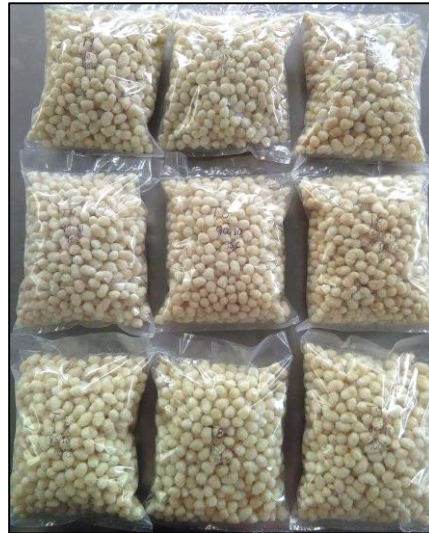


Figura 17: Snacks envasados en bolsas de polietileno



Figura 18: Snacks envasados en bolsas de polipropileno

3.4.6. Evaluación de la calidad de los snacks extruidos

3.4.6.1. Evaluación sensorial

Las pruebas sensoriales se basan en los atributos de un alimento que son percibidos de acuerdo a su color, olor, sabor y textura. Se evaluó los 9 tratamientos de snack a base de arroz y pallar por 30 panelistas semientrenados, de diferente edad y sexo, quienes usaron sus sentidos para evaluar la calidad del alimento cuantificando el grado de gusto o disgusto hacia el snack, se aplicó una prueba de aceptabilidad empleando una escala hedónica (es una técnica en la cual el consumidor valora el grado de satisfacción general que le produce el producto) de 9 puntos. A los panelistas

se les pide evaluar las muestras codificadas utilizando las fichas de evaluación sensorial (Anexo 3.1) que fueron realizadas teniendo en cuenta una escala hedónica de 9 puntos, siendo los puntajes: 1= me disgusta muchísimo, 2= me disgusta mucho, 3= me disgusta moderadamente, 4= me disgusta ligeramente, 5= ni me gusta / ni me disgusta, 6= me gusta ligeramente, 7= me gusta moderadamente, 8= me gusta mucho, 9= me gusta muchísimo (Wittig, 2001).



Figura 19: Análisis sensorial

3.4.6.2. Caracterización fisicoquímica

Los nueve tratamientos fueron evaluados de acuerdo a las características fisicoquímicas relevantes de los snacks con el fin de obtener los óptimos tratamientos que cumplan con los requisitos establecidos. Se utilizó el programa Statgraphics Centurión XVI para analizar los resultados obtenidos.

- **Actividad de agua (Aw)**

La actividad de agua (Aw) fue realizada por el método AOAC 978.18 usando un higrómetro de punto de rocío marca Rotronic, Modelo: Hygrolab2 con precisión: a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.015\text{ Aw}$. Se coloca 2-3 g de muestra dentro del equipo y se espera 5 minutos aproximadamente hasta que estabilice, luego se anota la lectura de la Aw de la muestra (Anexo 2.1)



Figura 20: Lectura de la actividad de agua

- **Textura Instrumental**

El equipo más usado para determinar los parámetros de textura es el Texturómetro RTC 4500 marca BROOKFIELD, mide el trabajo realizado (mJ) en todo el ciclo siguiendo el método AOAC 74-10A (2000), el texturómetro desarrolla una técnica de simulación de mordedura, dando a conocer el comportamiento del alimento con respecto a la fuerza aplicada, este equipo tiene múltiples celdas para la realización de análisis de textura de alimentos extruidos tanto en compresión, penetración y dureza, además cuenta con un software para cálculos de los parámetros (Chen, 2013)



Figura 21: Medición de textura instrumental del snack

- **Colorimetría**

La determinación del Color se llevó a cabo para todos los tratamientos de snack usando el colorímetro digital marca KONICA MINOLTA. Las variables colorimétricas obtenidas directamente en el sistema CIE-lab fueron L* Luminosidad (negro 0/ blanco 100), coordenada a* (verde-/rojo+), coordenada b* (azul-/amarillo+), los parámetros Cromacidad C* y el ángulo de tonalidad h* se calcularon según Minolta (1993) de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

- **Cromacidad** = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

- **Ángulo de tonalidad** = $\arctan (b^* / a^*)$



Figura 22: Determinación del colorímetro de los snacks

- **Grado de Gelatinización (GG)**

La determinación del grado de gelatinización, se realizó por la metodología descrita por Casas (1996), la cual se basa en la formación de un complejo azul por la adición de yodo, el cual reacciona con la amilosa liberada durante la gelatinización. Se pesaron 0.04 g de almidón (base seca), y se agregaron en 50 mL de KOH 0.060 M, luego se agitaron durante 15 min en un agitador magnético. La mezcla se centrifugó por 5 min a 3000 rpm, se tomó una alícuota de 1 mL, se mezcló con 9 mL de HCl 6.7 mM, y se

agregaron 100 μ L de reactivo de yodo (1 g de yodo y 4 g de yoduro de potasio/100 mL de agua) posteriormente se mezcló todo y se leyeron las densidades ópticas a 600 nm (a_1).

La determinación se repitió usando 50 mL de KOH a 0.4 M y 9 mL de HCl 0.0445 M para obtener la segunda densidad óptica (a_2). El grado de gelatinización se calculó con la relación de las densidades ópticas a_1 y a_2 .

$$GG (\%) = \frac{a_1}{a_2} \times 100$$

- **Índice de absorción en agua (IAA)**

Para determinar el índice de absorción en agua se siguió la metodología de Sing et al., (1998) citado por Galarza (2011). Se pesó 2,5 g de muestra molida y se adicionó 30 ml de agua destilada (se pesó en los tubos de centrifuga previamente tarados). Los tubos fueron colocados a baño maría con agitación a 30 °C durante 30 minutos, pasado este tiempo los tubos se colocaron en una centrífuga a 3000 rpm durante 10 minutos, el sobrenadante se vertió a una placa Petri previamente tarado y se pesó el gel que quedó dentro del tubo (Anexo 2.2). El índice de absorción se calcula mediante la siguiente fórmula:

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



Figura 23: Gel del snack para determinar el IAA

- **Índice de solubilidad en agua (ISA)**

Para determinar el índice de absorción en agua se siguió la metodología de Anderson, et., al., (1969) modificado por Gonzalez et al., (2002). Se pesó 2,5 g de muestra molida y se adicionó 30 ml de agua destilada (se pesó en los tubos de centrifuga previamente tarados). Los tubos fueron colocados a baño maría con agitación a 30°C durante 30 minutos, pasado este tiempo los tubos se colocaron en una centrifuga a 3000 rpm durante 10 minutos, el sobrenadante se vertió a una placa Petri previamente tarado para evaporarse en una estufa a 45°C, luego se pesó el residuo después de la evaporación (Anexo 2.2). El índice de solubilidad en agua se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$ISA = \frac{\text{Sólido soluble (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

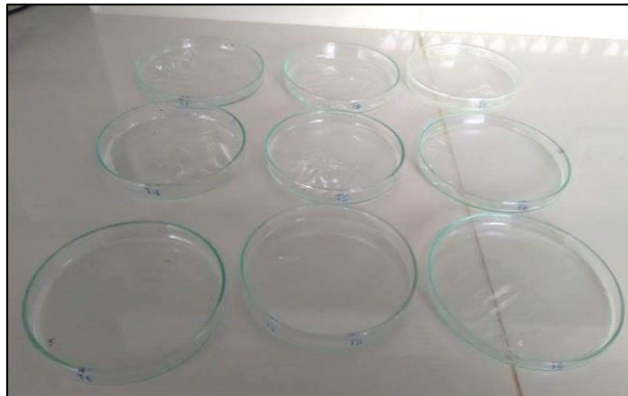


Figura 24: Placas Petri con sólidos solubles para determinar ISA

- **Índice de expansión (IE)**

Se siguió el método de que utilizó González et al., (2002) citado por Galarza (2011), dividiendo el diámetro promedio del producto extruido entre el diámetro de la boquilla del troquel utilizado. En esta investigación se utilizó un troquel de boquilla cuya medida fue 0,4 cm de diámetro cada una. Los diámetros fueron medidos con un calibre Vernier (sensibilidad 0,02 mm). Se realizaron 15 mediciones por tratamiento.

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

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



Figura 25: Boquilla del extrusor

- **Volumen específico (VE)**

El volumen específico se obtuvo empleando una modificación del método 10-05 AACC (2000), propuesta por Laínez (2006) la cual consiste en determinar el volumen por medio del desplazamiento de semillas de alpiste en un recipiente cilíndrico de PVC. Se trabaja de la siguiente manera: se introducen las semillas en el recipiente vacío hasta llenarlo completamente al ras, después se vacía el recipiente colocando las semillas en otro recipiente. Luego se agrega el snack y se cubre totalmente con las semillas de alpiste hasta el borde del recipiente, las semillas que sobren se miden en una bureta. Finalmente se aplica la siguiente ecuación:

$$VE = \frac{\text{Volumen de la bureta (ml)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

3.4.7. Evaluación de los snacks óptimos

3.4.7.1. Caracterización químico proximal

- **Humedad**

Se determinó por el método de la estufa (AOAC, 1990). (Anexo 1.1).

- **Proteína**

Para la determinación de proteína, se siguió el método UNE-EN ISO 5983 (2006) que indica el laboratorio COLECBI.

- **Grasa**

Para la determinación de grasa se usó el método UNE.64021 (1970) que indica el laboratorio COLECBI.

- **Ceniza**

Se realizó por la incineración de la materia orgánica en una mufla; siguiendo la metodología por la NTP 205.038: 1975 (Revisada el 2011): harinas. Determinación de cenizas. (Anexo 1.2).

- **Fibra**

Para el análisis de la fibra dietética total (FDT) se empleó la metodología por la AOAC 985.29 y 991.43 usando el sistema FOOS fibertec E. (Anexo 1.3)

- **Carbohidratos**

El contenido de carbohidratos totales se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Carbohidratos Totales} = 100 - (\text{H} + \text{C} + \text{G} + \text{P})$$

Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por (Collazos et al., 1993).

Los carbohidratos disponibles se obtuvieron con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Carbohidratos Disponibles} = 100 - (\text{H} + \text{C} + \text{G} + \text{P} + \text{F})$$

Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) según Tablas peruanas de composición de alimentos (Reyes et al., 2009).

3.4.7.2. Vida útil

La determinación de la vida útil se realizó con los mejores tratamientos de snack, bajo controles sensoriales (color, olor, sabor y textura) con la participación de 10 panelistas entrenados, además de los análisis fisicoquímicos (actividad de agua, humedad y textura) durante 49 días (7 semanas). Los snacks fueron envasados en bolsas de polipropileno, este tipo de empaque presenta una alta barrera a la humedad y aromas, y se almacenaron a temperatura ambiente (25°C aprox.). Para definir la vida útil el snack debe conservar sus cualidades organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas para que el producto esté en óptimas condiciones de calidad, seguridad e inocuidad y conserve todas sus características aceptables para su consumo, cuando algunos de los parámetros de calidad sea inaceptable, el alimento habrá llegado al fin de su vida útil.

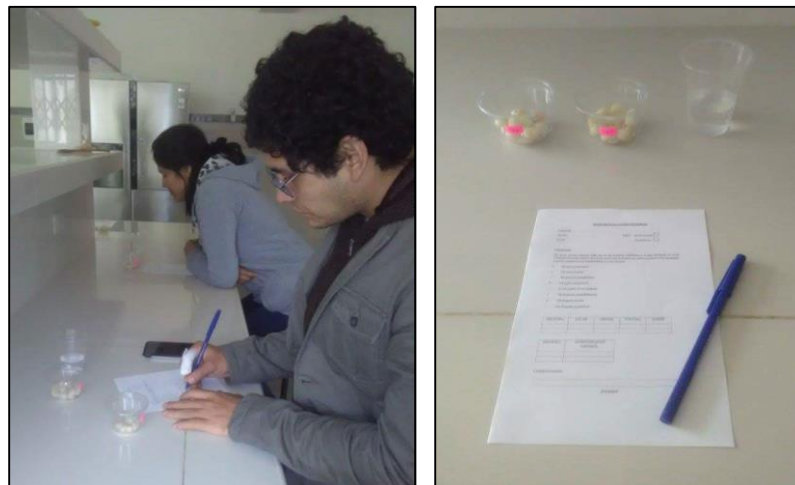


Figura 26: Análisis sensorial para evaluación de vida útil del snack

Se pueden realizar las predicciones de vida útil mediante la utilización de modelos matemáticos (útil para evaluación de crecimiento y muerte microbiana), pruebas en tiempo real (para alimentos frescos de corta vida útil) y pruebas aceleradas (para alimentos con mucha estabilidad) en donde el deterioro es acelerado y posteriormente estos valores son utilizados para realizar predicciones bajo condiciones menos severas (Charm, 2007). Para la determinación de la vida útil se utilizó el modelo matemático de Gacula y Singh (1984), el cual se detalla en el ANEXO IV.

3.4.7.3. Evaluación biológica de la calidad proteica

Para cada tratamiento se utilizó 4 ratas (2 machos y 2 hembras) de la raza Holtzmann, recién destetadas de 21 días de edad, con un peso promedio de 47 -54 g. Los animales fueron adquiridos en el Departamento de Nutrición (Laboratorio de Análisis Biológico Bioterio) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Las ratas se colocaron en jaulas metabólicas individuales en un ambiente a temperatura constante ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) e iluminación controlada con un ciclo de 12 horas luz - oscuridad, donde el alimento y agua fueron proporcionadas *ad libitum* diariamente a todos los animales. Cada experimento duró 10 días, 3 días de adaptación de los animales a la dieta y condiciones ambientales y 7 días de cuantificación del alimento en estudio, se registraron los pesos corporales de cada animal, asimismo el consumo del alimento hasta el término del experimento, se recolectaron diariamente las heces y orina de cada ratas y se almacenan en refrigeración hasta sus análisis respectivos. Cada evaluación se hizo con tres repeticiones. Se utilizó el método descrito en el manual de “Evaluación nutrición de alimentos análisis fisicoquímicos pruebas biológicas” - UNALM. (Sotelo, 2012). (ANEXO V).



Figura 27: Instalación de las jaulas metabólicas y acondicionamiento del ambiente

Se evaluaron siguientes análisis:

- **Determinación de la Relación de Eficiencia Proteica (PER):** Se empleó el método AOAC 960.48. Este método tiene por base la variación de peso corporal en función de la cantidad de proteína ingerida. Considerando que ocurren variaciones en el total de proteína ingerida debido a las diferencias de calidad proteica de la dieta, es común medir la variación del peso como consecuencia del funcionamiento de la proteína ingerida. Para este ensayo se necesita ratas en etapa de crecimiento para evaluar la ganancia de peso por gramo de proteína ingerido (Olza et al., 2008).

$$PER = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

- **Digestibilidad Aparente (DA):** Se asume que del total del nitrógeno de la dieta, lo que no se absorbe por el organismo se queda en las heces. Para determinar la DA se requiere calcular el contenido de nitrógeno del alimento consumido y el nitrógeno en heces. Se empleó el método AAFCO (1992) para el cálculo de digestibilidad.

$$\% DA = \frac{N \text{ ingerido} - N \text{ excretado}}{N \text{ ingerido}} \times 100$$

- **Valor biológico (VB):** es la medida de la absorción y síntesis en el cuerpo de la proteína procedente a través de la ingesta de alimentos. El valor biológico es la fracción de nitrógeno absorbido y retenido por el organismo y representa la capacidad máxima de utilización de una proteína. Se utiliza el método dado por la FAO-OMS (1989).

$$\% VB = \frac{N \text{ ingerido} - (N \text{ excretado} + N \text{ urinario})}{N \text{ ingerido} - N \text{ excretado}} \times 100$$

3.4.7.4. Análisis microbiológico

Para evaluar los criterios microbiológicos se registró de acuerdo a la norma sanitaria estipulada R.M.N° 451- 2006/MINSA” Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a base de Granos y otros, destinados a programas de alimentación” respecto al grupo de alimentos: productos cocidos de consumo directo como extruidos, expandidos, hojuelas instantáneas, otros similares.

Para los snacks, el reglamento establece como parámetro el recuento de *Aérobios Mesófilos Totales*, siendo el límite inferior 10^4 ufc/g y el límite máximo 10^5 ufc/g. Se enviaron un número de muestras al Laboratorio Colecbi para su determinación del recuento de *Aérobios Mesófilos*, el laboratorio realizó los análisis según el método ICMSF 1983 por la técnica de recuento en placas por siembra en todo el medio (Método 1).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis químico proximal de la Harina de Arroz y Pallar

4.1.1. Caracterización proximal de Harina de Arroz

En la Tabla 12 se presenta los resultados de la composición porcentual de harina de arroz.

Tabla 12: Composición porcentual de harina de arroz

Componentes	PORCENTAJE*
Humedad	11.2678 ± 0.0542
Proteína	8.8500 ± 0.0200
Grasa	1.6200 ± 0.0208
Fibra	0.7581 ± 0.0634
Ceniza	0.4593 ± 0.0125
Carbohidratos	77.0448 ± 0.0481

*Media de 3 repeticiones ± SD

Los valores obtenidos en la tabla 12 muestran que el contenido de humedad de harina de arroz fue 11.2678 ± 0.0542 , cuyo valor es inferior que en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2009), además de ser menor a 14 % de humedad máximo permitido por la NTP.205.011.2014. Con respecto a los resultados que se muestran para el arroz analizado (tabla 12) son similares a los reportados en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2009) con excepción del contenido de humedad 11.2678 ± 0.0542 que es inferior. Asimismo el contenido de grasa 1.6200 ± 0.0208 es mayor al reportado por Mahuya et al., (2011) y a los reportados en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2009).

En la investigación según Aranda y Bocanegra (2018) realizaron el análisis químico del arroz encontrando 12.31% de humedad, 7.34 % de proteína, 0.99 % en grasa, 5.03 % de cenizas y 74.31 % de carbohidratos. Asimismo otros investigadores (Ortega y Bravo, 2017) tuvieron como resultado 11.98 % de humedad, 7.3 % de proteína, 0.37% en ceniza, 0.34 % de grasas, 0.95 % de fibra y 79.03% de carbohidratos, los resultados hallados en las

investigaciones anteriores son similares a las nuestras (Tabla 12), con excepción del porcentaje de grasas y proteínas.

El contenido de proteínas fue de 8.8500 ± 0.0200 , el cual fue mayor al reportado por Mahuya et al., (2011), que reportaron un valor de 6.9 % de proteínas.

4.1.2. Caracterización proximal de Harina de Pallar

Los resultados de la caracterización porcentual de harina de pallar se detallan en la siguiente Tabla 13:

Tabla 13: Composición porcentual de harina de pallar

Componentes	PORCENTAJE*
Humedad	8.4778 ± 0.0748
Proteína	20.3000 ± 0.0611
Grasa	1.7000 ± 0.0200
Fibra	18.3860 ± 0.0479
Ceniza	4.4973 ± 0.0042
Carbohidratos	46.6389 ± 0.0599

*Media de 3 repeticiones \pm SD

Con respecto al contenido de humedad 8.4778 ± 0.0748 es menor (12.6%) a los reportados por Pérez et al., (2006) y a la Tabla Peruana de Composición de Alimentos (2009). Asimismo el contenido de grasa 1.7000 ± 0.0200 se encuentra mayor al rango de 0,59 – 1.54 % reportado por Yellavila et al., (2015) y menor al reportado por Pérez et al., (2006) cuyo valor fue 2.3 %.

Los resultados del análisis proximal del pallar (tabla 13) muestran un contenido de proteínas de 20.3000 ± 0.0611 y 18.3860 ± 0.0479 de fibra, valores muy similares al reportado en la Tabla Peruana de Composición de Alimentos (2009) y por Pérez et al., (2006), cuyos valores oscilan entre 20-23%.

El contenido de ceniza 4.4973 ± 0.0042 se encuentra dentro del rango de 4,39-5,61% reportado por Yellavila et al., (2015). El valor obtenido de carbohidratos 46.6389 ± 0.0599 es mayor que lo reportado por la Tabla Peruana de Composición de Alimentos (2009).

4.2. Análisis Físicoquímico de la harina de arroz y pallar

4.2.1. Colorimetría de la harina de arroz y pallar

Tabla 14: Colorimetría de las materias primas

HARINAS	a*	b*	L* Luminosidad	C* Cromaticidad	h* Ángulo de tonalidad
Harina de arroz	$-1.86 \pm 0.04^{n.s}$	8.42 ± 0.31^a	98.54 ± 0.56^a	14.59 ± 0.25^a	97.32 ± 0.20^a
Harina de pallar	$-1.26 \pm 0.08^{n.s}$	19.03 ± 0.24^b	97.84 ± 0.43^a	19.08 ± 0.24^b	93.79 ± 0.26^b

*Media de 3 repeticiones \pm SD

Letras en superíndice: letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.5$) entre los grupos.

Los parámetros de color L*, a* y b* en una muestra de alimento, designan: L* la luminosidad (0 = negro y 100 = blanco), siendo a* y b* las coordenadas cromáticas rectangulares (+a = rojo y -a = verde / +b = amarillo y -b = azul) (Padrón, 2010). Por otra parte, el croma o cromaticidad (C*) indica cuán puro, intenso o vivo es un color en una escala del 1 al 100, donde este último valor expresa la mayor pureza (Padrón et al., 2012).

En la Tabla 14 se observa que en la harina de arroz el valor representado por b* (8.42 ± 0.31), el cual muestra una tendencia al color amarillo. El ángulo de tonalidad fue de 97.32 ± 0.20 , el cual corresponde al segundo cuadrante de las coordenadas de color (amarillo – verde) y la Luminosidad L* presentó un valor de 98.54 ± 0.56 lo cual indica que tiene alta tendencia hacia el color blanco. Los valores más altos de L* indican una mayor reflectancia de la luz (Esteller y Lannes, 2005).

Las harinas de buena calidad presentan un color blanco amarillento, las de mediana calidad, blanco mate y en las inferiores blanco empañado a rojizo

(Quaglia, 1991). En el análisis de color para la harina de pallar podemos observar que el valor de a^* es de -1.26 ± 0.08 , el cual tiene una ligera tendencia al color verde y el valor de b^* es 19.03 ± 0.24 el cual muestra una tendencia al color amarillo mayor que la harina de arroz. La luminosidad presentó un valor de 97.84 ± 0.43 que nos indica una harina clara. El ángulo de tonalidad presentó un valor de 93.79 ± 0.26 , que corresponde al segundo cuadrante de las coordenadas de color amarillo - verde, con una tendencia al color amarillo. El color amarillo es impartido por la presencia de carotenoides en el alimento (principalmente luteína y sus ésteres de ácidos grasos) (Blanco et al., 2011).

4.2.2. Actividad de agua en la harina de arroz y pallar

Tabla 15: Actividad del agua en las materias primas

Harinas	Aw
Harina de arroz	0.576 ± 0.009
Harina de pallar	0.541 ± 0.004

*Media de 3 repeticiones \pm SD

4.3. Producción de snacks extruidos

4.3.1. Formulaciones de snack a extruir

Los snacks se elaboraran de acuerdo a las formulaciones obtenidas por el programa STATGRAPHICS, las cuales están mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 16: Formulaciones de snacks a extruir

Formulaciones	T1		T2		T3	
	Harina de Arroz (%)	Harina de Pallar (%)	Harina de Arroz (%)	Harina de Pallar (%)	Harina de Arroz (%)	Harina de Pallar (%)
Formulación F1	95	5	95	5	95	5
Formulación F2	90	10	90	10	90	10
Formulación F3	85	15	85	15	85	15

T1=Temperatura 1= 90 °C

T2=Temperatura 2= 95 °C

T3=Temperatura 3= 100 °C

Se trabajó el modelo de programación lineal con el software (STATGRAPHICS CENTURION XVI), y se obtuvo las formulaciones para la elaboración de los alimentos extruidos tipo “snack” a base de Harina de Arroz y Harina de Pallar.

F1: Harina de Arroz – Harina de Pallar (95: 5)

F2: Harina de Arroz – Harina de Pallar (90: 10)

F3: Harina de Arroz – Harina de Pallar (85: 15)

4.4. Cálculo del Cómputo Químico de las Formulaciones

4.4.1. Score Químico para las formulaciones

Se determinó el score químico y el contenido de aminoácidos en las materias primas y en las formulaciones siguientes:

F1 (95% Arroz, y 5% Pallar): T1, T2 y T3

F2 (90% Arroz, y 10% Pallar): T4, T5 y T6

F3 (85% Arroz, y 15% Pallar): T7, T8 y T9

Según Martínez y Martínez (2006) nos dice que los grupos de alimentos cuyas proteínas mayoritarias puede complementarse por tener perfiles de aminoácidos indispensables complementarios son las proteínas de las legumbres, leche y derivados, semillas y frutos secos y cereales. La mezcla de estos alimentos con fuentes proteicas podría mejorar la calidad del producto final. Se han realizado estudios estableciendo que las mezclas más convenientes son cereales y legumbres, cereales y lácteos y semillas de frutos secos y legumbres, otras mezclas también mejoran la calidad pero en menor medida, la calidad de la mezcla resultante frente a las fuentes individuales por separado. Las legumbres tienen como aminoácidos limitantes el triptófano, cisteína y la metionina, los cereales la lisina, treonina e isoleucina y los frutos secos y otras semillas la lisina e isoleucina. Las mezclas de estos alimentos entre sí producen mezclas con una fuente proteica de mejor calidad.

El patrón de referencia de AA y el contenido de AA de los insumos mostrados en la tabla 17 son valores teóricos, mientras que el contenido de

proteína de la harina de arroz y harina de pallar es el valor real obtenido mediante el análisis químico-proximal de las harinas.

Tabla 17: Perfil de AA de la harina de arroz, harina de pallar y formulaciones

	PATRÓN FAO	ARROZ	PALLAR	F1	F2	F3
HISTIDINA	2.6	1	0.38	1	0.94	0.91
ISOLEUCINA	2.8	1.46	1.5	1.5	1.47	1.47
LEUCINA	4.4	1.86	1.98	1.9	1.88	1.88
LISINA	4.4	0.86	1.2	0.9	0.9	0.91
MET+CIS	2.2	1,64	1.05	1.6	1.54	1.49
FENIL+TIRO	2.2	4.14	4.18	4.1	4.14	4.14
TREONINA	2.8	1.46	1.29	1.5	1.45	1.44
TRIPTÓFANO	0.5	1.4	4.6	1.54	1.72	1.88
VALINA	2.5	2.32	1.64	2.3	2.25	2.22

Fuente: Requerimientos de aminoácidos para niños edad escolar. FAO/WHO/ONU (1991)

Tabla 18: Score químico de la harina de arroz, harina de pallar y formulaciones

	SCORE QUÍMICO (%)				
AA	ARROZ	PALLAR	F1	F2	F3
HISTIDINA	100	38.46	37.28	36.9	34.91
ISOLEUCINA	146.43	150	52.36	52.42	52.49
LEUCINA	186.36	197.73	42.48	42.61	42.74
LISINA	86.36	120.45	20.02	20.4	20.79
MET+CIS	163.64	104.55	73.04	71.69	70.35
FENIL+TIRO	413.64	418.18	188.12	188.22	188.33
TREONINA	146.43	128.57	51.98	51.66	51.34
TRIPTÓFANO	140	460	321	344	376
VALINA	232	164	91.44	90.08	88.72
TOTAL	1614.86	1781.94	935.26	897.19	925.76

Del score químico obtenido se observó que el pallar es rico en proteínas pero con deficiencia en histidina sin embargo, posee los demás aminoácidos en las cantidades adecuadas, el arroz además de ser pobre en proteínas es deficiente en lisina el cual es el aminoácido limitante. F1 y F2 presenta menor computo químico a diferencia de F3 (elaborado con 85 % arroz, 15% pallar) el cual es rico en aminoácidos según score químico.

El valor alimenticio de una mezcla se aprecia no solamente por la proporción y cantidad de nutriente, sino también por el contenido de AAs esenciales que no puede ser sintetizado por el organismo. Se puede combinar los cereales con las leguminosas, y así compensar las deficiencias de ciertos AA esenciales (lisina en cereales y metionina-cisteína en leguminosas) (FAO, 1985; Alcázar, 2010).

4.5. Evaluación de la calidad de los snacks

4.5.1. Análisis sensorial

Se evaluó la preferencia de los 30 panelistas semi-entrenados con respecto a los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general, en esta prueba los panelistas ubicaron cada muestra de snack a través de una escala hedónica de 9 puntos en forma decreciente de aceptación (9 = me gusta muchísimo; 1 = Me disgusta muchísimo) según su nivel de agrado o desagrado.

4.5.1.1 Color

La evaluación del color en los alimentos es de vital importancia para la aceptación del producto, el color del snack debió ser homogéneo de color crema claro, no debe presentar otra tonalidad de color ya que podría significar que el snack se ha quemado, está crudo o no hubo una buena mezcla de las harinas.

En el análisis de varianza para el atributo de color (Anexo 3.3.1) se realizó los contrastes al nivel de significancia del 5%, se evidenció que el F calculado es mayor que el F tabulado en las interacciones de los factores

temperatura y formulación, es decir presentó diferencias significativas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

Como el análisis de varianza indica la existencia de una diferencia significativa se realizó la prueba de rango múltiple Duncan para determinar la diferencia de medias mostrados en la tabla 19.

Tabla 19: Comparación de medias Duncan - Color

	T6	T1	T8	T2	T3	T9	T4	T5	T7
T6		0.03	0.10	0.17	0.27	0.37	0.40	0.43	0.47
T1			0.07	0.13	0.23	0.33	0.37	0.40	0.43
T8				0.07	0.17	0.27	0.30	0.33	0.37
T2					0.10	0.20	0.23	0.27	0.30
T3						0.10	0.13	0.17	0.20
T9							0.03	0.07	0.10
T4								0.03	0.07
T5									0.03
T7									

Se observó que las diferencias mayores de medias están entre las medias \bar{X}_{T5} y \bar{X}_{T6} , y \bar{X}_{T7} y \bar{X}_{T6} .

Tabla 20: Significancia de la comparación de medias Duncan - Color

T6	T1	T8	T2	T3	T9	T4	T5	T7
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
_____			_____				_____	

Los tratamientos que están encima de una línea no son significativamente diferentes, los tratamientos T5 (F2 = 90% H. arroz – 10 % H. pallar, T2= 95°C) y T7 (F3 = 85% H. arroz – 15 % H. pallar, T1= 90°C) son significativamente mayores que los demás tratamientos.

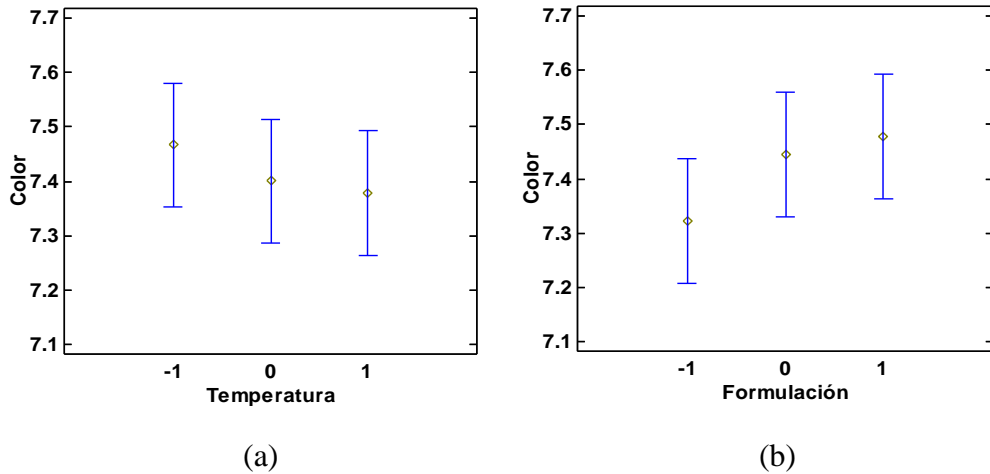


Gráfico 2: (a) Media de la Temperatura (b) Media de la Formulación para el atributo color

En el gráfico 2 (a) el nivel (-1) = 90°C presenta una media mayor para el factor temperatura y en el gráfico 2 (b) el nivel (1) = F3 (85:15) es la mayor media para el factor formulación. La mayor aceptabilidad en el atributo color es el tratamiento con temperatura 90°C y formulación 85 % harina de arroz y 15 % harina de pallar.

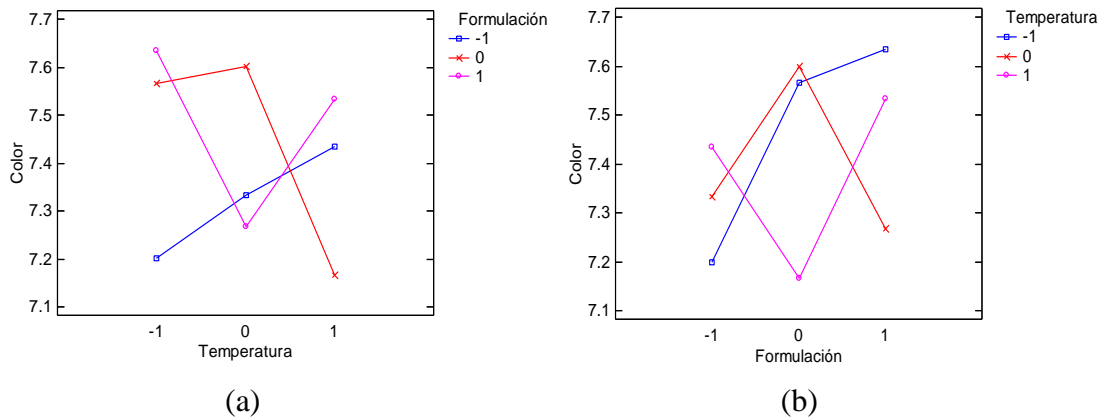


Gráfico 3: (a) y (b) Interacción entre temperatura y formulación para el atributo color

En el gráfico 3 (a) y (b) observamos los valores del atributo Color de los 9 tratamientos donde tenemos la combinación de los factores mejores a temperatura nivel bajo y formulación nivel alto. Se aprecia que el mejor tratamiento es con la temperatura de 90°C y F3 (85:15) perteneciente al tratamiento T7 y el de menor aceptabilidad es a temperatura nivel alto 100°C y formulación nivel medio F2 (90:10) perteneciente al tratamiento T6.

4.5.1.2 Olor

El olor es una sensación que se produce por determinadas sustancias del alimento, el olor es farináceo y debe ser característico de un snack sin olores extraños, debe ser propio del producto y no debe haber contaminación de un olor con otro.

En el análisis de varianza para el atributo de olor (Anexo 3.3.2) se realizó los contrastes al nivel de significancia del 5%, se evidenció que el F calculado es menor que el F tabulado en las interacciones de los factores temperatura y formulación, es decir no existe diferencias significativas, por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

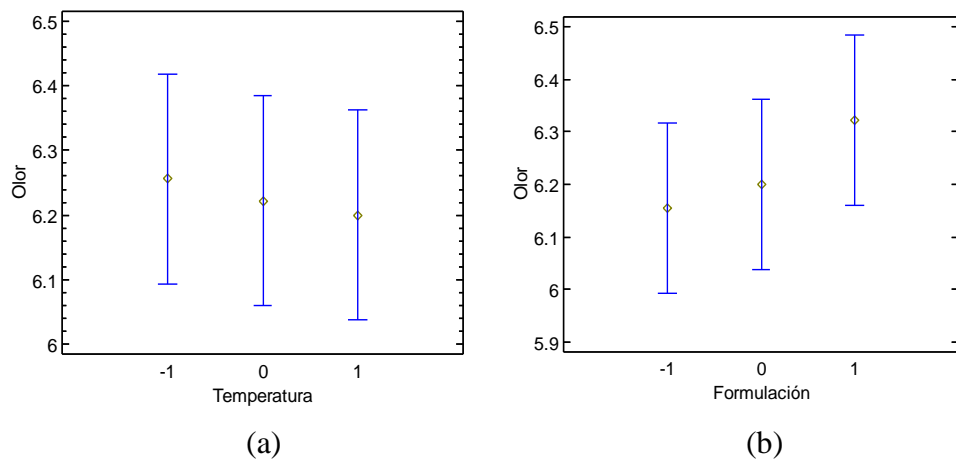


Gráfico 4: (a) Media de la Temperatura (b) Media de la Formulación para el atributo olor

En el gráfico 4 (a) el nivel (-1) = 90°C presenta una media mayor para el factor temperatura, muy seguido del nivel (0) = 95°C y en el gráfico 4 (b) el nivel (1) = F3 (85:15) es la mayor media para el factor formulación. La mayor aceptabilidad en el atributo olor es el tratamiento con temperatura 90°C y formulación 85 % harina de arroz y 15 % harina de pallar.

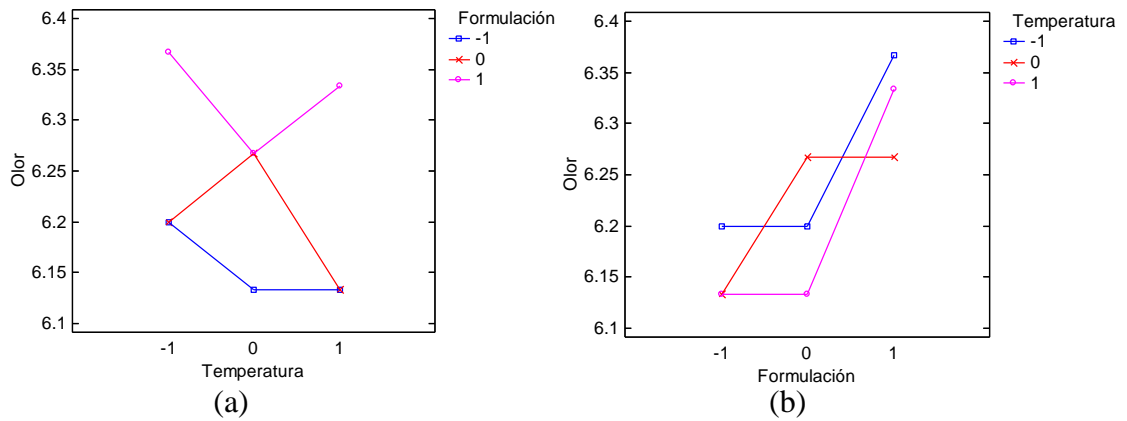


Gráfico 5: (a) y (b) Interacción entre temperatura y formulación para el atributo olor

En el gráfico 5 (a) y (b) observamos los valores del atributo olor de los 9 tratamientos donde tenemos la combinación de los factores mejores a temperatura nivel bajo y formulación nivel alto. Se aprecia que el mejor tratamiento es con la temperatura de 90°C y F3 (85:15) perteneciente al tratamiento T7 y el de menor aceptabilidad es a temperatura nivel medio 95°C y formulación nivel bajo F1 (95:5) perteneciente al tratamiento T2.

4.5.1.3 Sabor

Es la sensación recibida por el panelista en respuesta al estímulo provocado por sustancias solubles sobre las papilas gustativas, esta propiedad de los alimentos es muy compleja y a través del sentido del gusto el snack debe ser ligeramente salado.

En el análisis de varianza para el atributo de sabor (Anexo 3.3.3) se realizó los contrastes al nivel de significancia del 5%, se evidenció a que el F calculado es menor que el F tabulado en las interacciones de los factores temperatura y formulación, es decir no existe diferencias significativas, por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

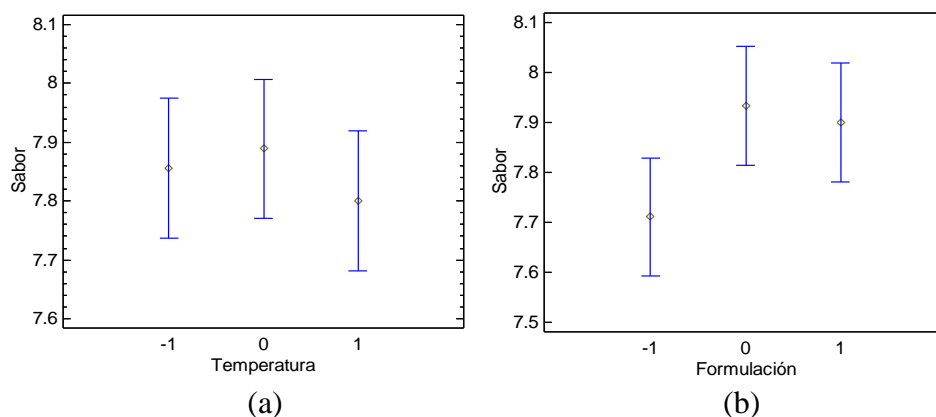


Gráfico 6: (a) Media de la Temperatura (b) Media de la Formulación para el atributo sabor

En el gráfico 6 (a) el nivel (0) = 95°C presenta una media mayor para el factor temperatura muy seguido del nivel (-1) = 90°C y en el gráfico 6 (b) el nivel (0) = F2 (90:10) es la mayor media para el factor formulación, muy seguido del nivel (1) = F3 (85:15). La mayor aceptabilidad en el atributo sabor es el tratamiento con temperatura 95°C y formulación 90 % harina de arroz y 10 % harina de pallar.

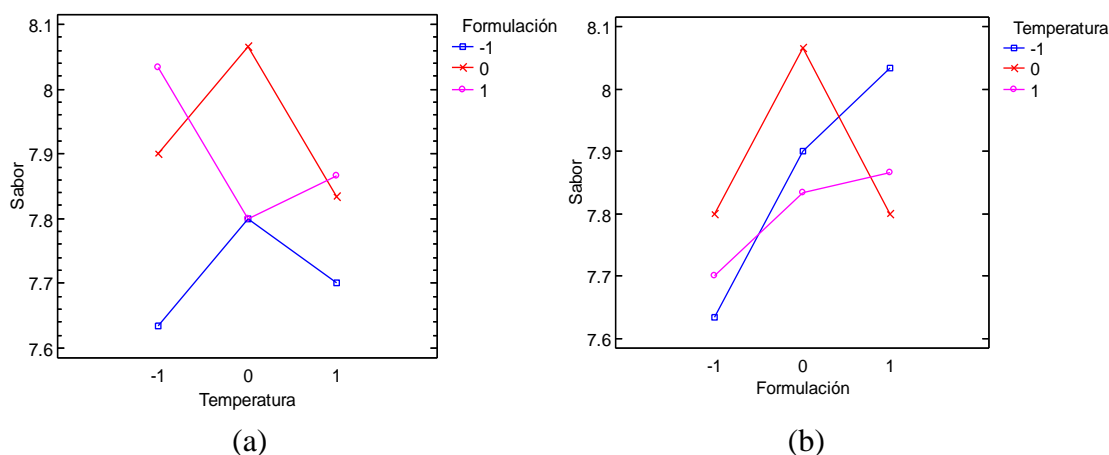


Gráfico 7: (a) y (b) Interacción entre temperatura y formulación para el atributo sabor

En el gráfico 7 (a) y (b) observamos los valores del atributo sabor de los 9 tratamientos donde tenemos la combinación de los factores mejores a temperatura nivel medio y formulación nivel medio. Se aprecia que el mejor tratamiento es con la temperatura de 95°C y F2 (90:10) perteneciente al tratamiento T5 y el de menor aceptabilidad es a temperatura nivel bajo 90°C y formulación nivel bajo F1 (95:5) perteneciente al tratamiento T1.

4.5.1.4 Textura

El snack debe ser crujiente, fácil de romper con los dientes pero debe presentar una ligera dureza.

En el análisis de varianza para el atributo de textura (Anexo 3.3.4) se realizó los contrastes al nivel de significancia del 5%, se evidenció que el F calculado es mayor que el F tabulado en las interacciones de los factores temperatura y formulación, es decir presentó diferencias significativas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

Como el análisis de varianza indica la existencia de una diferencia significativa se realizó la prueba de rango múltiple Duncan para determinar la diferencia de medias mostrados en la tabla 21.

Tabla 21: Comparación de medias Duncan - Textura

	T1	T3	T2	T6	T8	T4	T9	T7	T5
T1		0.53	0.67	0.70	0.77	0.90	1.07	1.10	1.13
T3			0.13	0.17	0.23	0.37	0.53	0.57	0.60
T2				0.03	0.10	0.23	0.40	0.43	0.47
T6					0.07	0.20	0.37	0.40	0.03
T8						0.13	0.30	0.33	0.37
T4							0.17	0.20	0.23
T9								0.03	0.07
T7									0.03
T5									

Se observó que las diferencias mayores de medias están entre las medias \bar{X}_{T5} y \bar{X}_{T1} , y \bar{X}_{T7} y \bar{X}_{T1} .

Tabla 22: Significancia de la comparación de medias Duncan - Textura

T1	T3	T2	T6	T8	T4	T9	T7	T5
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX

Los tratamientos que están encima de una línea no son significativamente diferentes, los tratamientos T7 (F3 = 85% arroz – 15 % pallar, T1= 90°C) y T5 (F2 = 90% arroz – 10 % pallar, T2= 95°C) son significativamente mayores que los demás tratamientos.

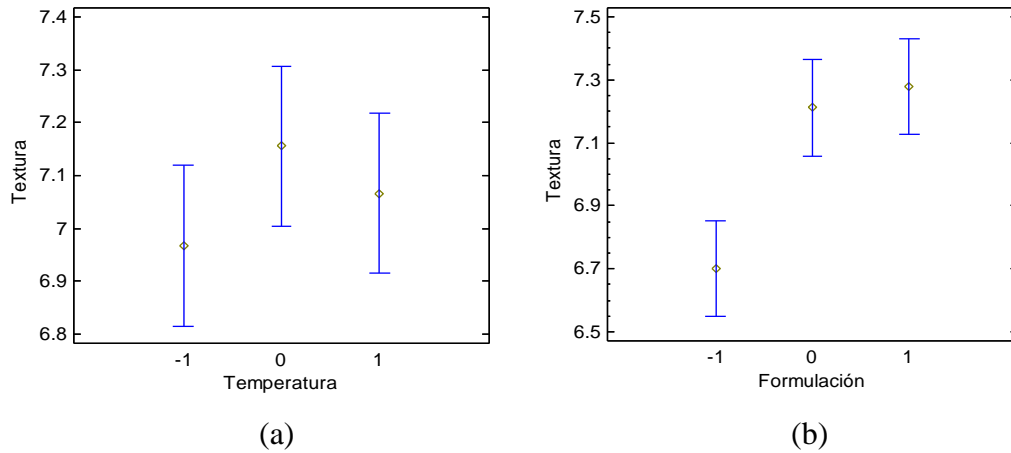


Gráfico 8: (a) Media de la Temperatura (b) Media de la Formulación para el atributo textura

En el gráfico 8 (a) el nivel (0) = 95°C presenta una media mayor para el factor temperatura muy seguido del nivel (1) = 100°C y en el gráfico 8 (b) el nivel (1) = F3 (85:15) es la mayor media para el factor formulación, muy seguido del nivel (0) = F2 (90:10). La mayor aceptabilidad en el atributo textura es el tratamiento con temperatura 95°C y formulación 85 % harina de arroz y 15 % harina de pallar.

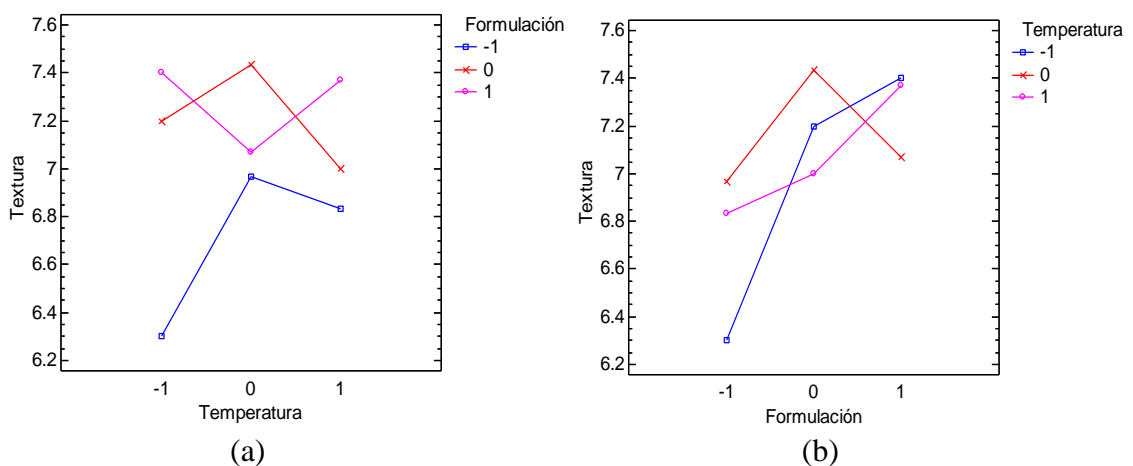


Gráfico 9: (a) y (b) Interacción entre temperatura y formulación para atributo Textura

En el gráfico 9 (a) y (b) observamos los valores del atributo textura de los 9 tratamientos donde tenemos la combinación de los factores mejores a temperatura nivel medio y formulación nivel medio. Se aprecia que el mejor tratamiento es con la temperatura de 95°C y F2 (90:10) perteneciente al tratamiento T5 y el de menor aceptabilidad es a temperatura nivel bajo 90°C y formulación nivel bajo F1 (95:5) perteneciente al tratamiento T1.

4.5.2. Análisis fisicoquímicos del snack

4.5.2.1. Colorimetría

La tabla 23 muestra los valores a^* , b^* , L^* , C^* y h^* para cada uno de los tratamientos evaluados. Según el análisis estadístico existen diferencias significativas al 5 % en las muestras analizadas.

Tabla 23: Resultado de colorimetría de los tratamientos

T	a^*	b^*	L^* Luminosidad	C^* Cromaticidad	h^* Ángulo de tonalidad
T1	-0.44 ± 0.06^a	22.33 ± 0.35^a	89.92 ± 0.72^a	22.33 ± 0.35^a	91.13 ± 0.16^a
T2	-0.40 ± 0.08^a	22.95 ± 1.12^a	88.18 ± 1.63^{ab}	22.95 ± 1.12^a	91.00 ± 0.17^a
T3	-1.65 ± 0.14^b	19.91 ± 0.27^b	89.85 ± 1.67^a	19.98 ± 0.26^b	94.74 ± 0.46^b
T4	-1.15 ± 0.11^b	22.70 ± 0.31^a	90.50 ± 1.33^b	22.73 ± 0.31^a	92.91 ± 0.26^{ab}
T5	-0.66 ± 0.20^c	22.64 ± 0.40^a	90.13 ± 0.89^b	22.65 ± 0.40^a	91.66 ± 0.50^a
T6	-0.19 ± 0.82^d	22.39 ± 0.42^a	90.05 ± 0.27^b	22.40 ± 0.42^a	90.46 ± 2.11^c
T7	-1.00 ± 0.10^b	24.58 ± 0.35^{ac}	89.59 ± 0.74^a	24.60 ± 0.35^c	92.33 ± 0.27^{ab}
T8	-0.19 ± 1.14^d	23.70 ± 0.39^{ad}	89.89 ± 0.45^a	23.72 ± 0.38^{ac}	90.46 ± 2.76^c
T9	-0.21 ± 0.83^d	23.43 ± 0.19^{ad}	90.56 ± 0.58^b	23.44 ± 0.19^{ac}	90.51 ± 2.04^c

*Media de 3 repeticiones \pm SD

Letras en superíndice: letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.5$) entre los grupos.

Los parámetros de color de los tratamientos de coordenada cromática a^* con valor $-a$ tiene una ligera tendencia hacia el color verde, la coordenada cromática b^* con valor $+b$ tiene una ligera tendencia al color amarillo, los valores de L^* nos indica una alta luminosidad cercano a blanco y los valores obtenidos del ángulo de tonalidad h^* corresponden al segundo cuadrante de las coordenadas de color amarillo - verde, con una tendencia al color amarillo.

4.5.2.2. Textura Instrumental

En la tabla 24 se muestran los resultados para Textura Instrumental de los 9 tratamientos estudiados. Los valores se encuentran en un rango de 46 y 67 mJ aproximadamente, el valor máximo lo obtuvo el tratamiento T9 interpretándose como el snack más duro y poco expandido, por lo contrario el tratamiento T5 fue el de menor valor, lo que se interpreta como un snack de textura suave y mejor expandido, más adelante podremos observar que la textura y el índice de expansión tienen una relación inversa.

Tabla 24: Resultado de Textura Instrumental

Tratamiento	Fuerza de compresión (mJ) *
T1	50.573 ± 0.387
T2	48.773 ± 0.585
T3	50.927 ± 0.501
T4	51.430 ± 0.135
T5	46.707 ± 0.274
T6	50.713 ± 0.399
T7	52.953 ± 0.344
T8	65.453 ± 0.395
T9	67.590 ± 0.478

*Media de 3 repeticiones ± SD

Los alimentos extruidos están compuestos principalmente de cereales, almidones, proteínas y legumbres, el papel principal de estos compuestos son para dar estructura, textura, volumen y muchas otras características para el acabado final del producto (Paula y Conti, 2014). Debido a la adición de fibra y proteína a los snacks obtenemos productos con mayor densidad y dureza por su efecto en la resistencia y el espesor de la pared de la burbuja de aire (Jin et al., 2005)

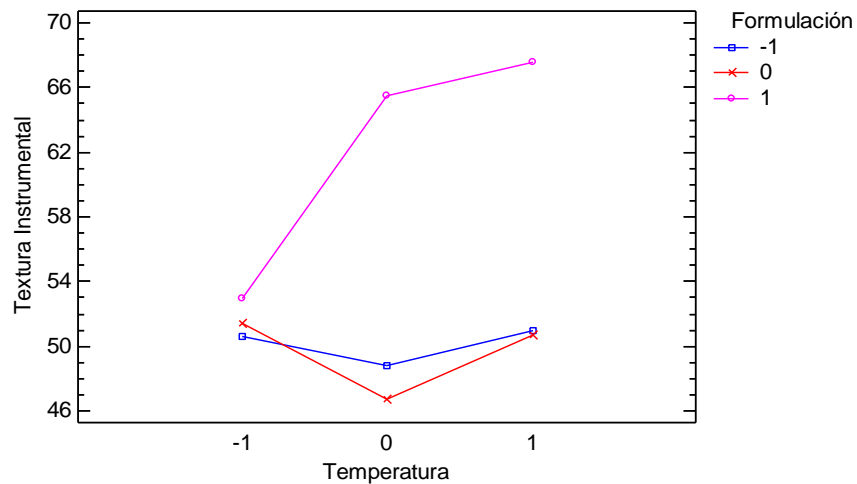


Gráfico 10: Interacción entre temperatura y formulación con Textura Instrumental

En el gráfico 10 observamos los valores de Textura Instrumental de los 9 tratamientos, siendo el tratamiento T5 el de menor fuerza de compresión a una temperatura nivel medio (0) = 95°C y formulación nivel medio (0) = F2 y el tratamiento T9 el de mayor fuerza de compresión a una temperatura nivel alto (1) = 100°C y formulación nivel alto (1) = F3, asimismo se observa que los seis primeros tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5 y T6) con F1 (H. Arroz: 95% - H. Pallar: 5%) y F2 (H. Arroz: 90% - H. Pallar: 10%) tienen una fuerza de compresión menor a los demás tratamientos con F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%), debido al alto contenido de fibra y proteínas que posee el pallar y siendo el mayor porcentaje de pallar en la formulación F3.

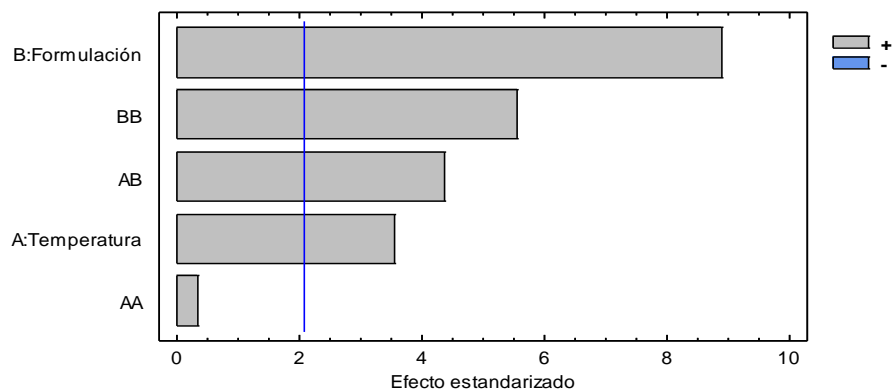


Gráfico 11: Diagrama de Pareto estandarizado para Textura Instrumental

En el gráfico 11 se observa que el factor formulación es más significativo que el factor temperatura e interacciones, el diagrama de pareto separa los efectos significativos de los no significativos, separándolos con una línea vertical. En este caso son significativos el factor A y B (temperatura y formulación) y las interacciones (BB, AB), tal como se puede corroborar en la tabla 25 ANOVA con los valor –P.

Tabla 25: Análisis de Varianza para Textura Instrumental

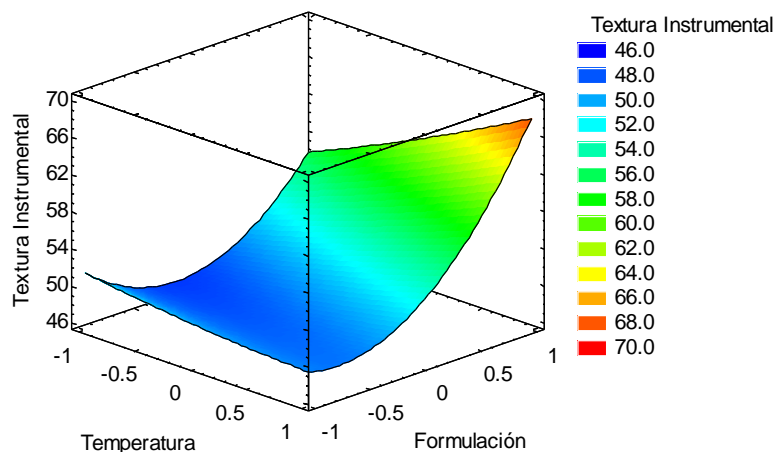
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	101.864	1	101.864	12.65	0.0019
B:Formulación	638.078	1	638.078	79.22	0.0000
AA	0.89707	1	0.89707	0.11	0.7419
AB	153.01	1	153.01	19.00	0.0003
BB	247.941	1	247.941	30.78	0.0000
Residuos	169.153	21	8.0549		
Total corregido	1310.94	26			

Al realizar el ANOVA (Tabla 25) para Textura Instrumental se observa que los 4 valores de $P < 0.05$, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Textura Instrumental con un 95.0% de nivel de confianza.

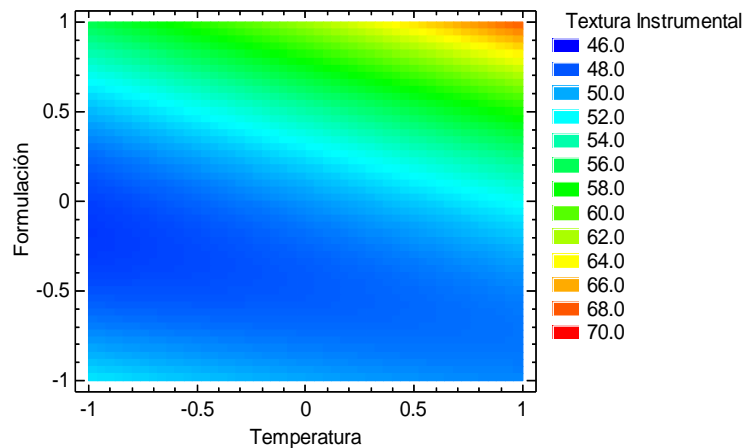
$$R^2 = 87.10 \%$$

Ecuación 1: Ecuación para Textura Instrumental

$$T I = 49.3589 + 2.3789T + 5.9539F + 0.38667T^2 + 3.57083TF + 6.4283F^2$$



(a)



(b)

Gráfico 12: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de Textura Instrumental

En el gráfico 12 de superficie de respuesta (a), y el gráfico 12 de contorno (b), se observa que los tratamientos que presentan menor fuerza de compresión (Zona color azul) tienen menor porcentaje de Harina de Pallar y mayor porcentaje de Harina de Arroz, esto es debido al arroz el cual tiene un alto grado de expansión lo cual permite que la fuerza de compresión necesaria para la ruptura de los extruidos sea menor, y los tratamientos que presentan mayor fuerza de compresión (Zona color rojo) poseen mayor porcentaje de Harina de Pallar y menor porcentaje de Harina de Arroz, el cual resulta como un producto duro y poco expandido al necesitar mayor fuerza de compresión.

De acuerdo a nuestros resultados a menor fuerza de compresión tenemos un producto de mejor calidad, además de la composición del producto también influye la temperatura. El almidón (amilasa y amilopectina) y los azúcares reductores constituyen una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. Los almidones se utilizan porque regulan y estabilizan la textura y por sus propiedades espesantes y gelificantes. (Bello et al., 2002).

La humedad altera el comportamiento de los granos por los cambios de la matriz estructural del almidón y la proteína, volviendo el producto más suave (Tovar, 2012)

4.5.2.3. Porcentaje de Humedad

Los resultados que se muestran en la tabla 26, expresan los valores del porcentaje de Humedad de los 9 tratamientos estudiados, de acuerdo a los resultados el tratamiento con menor porcentaje de humedad es el T7 con un valor de 4.536 %, una humedad baja nos sirve para asegurar la ausencia de microorganismos y de actividad enzimática, asimismo después del proceso de extrusión un producto con menor humedad tiene mejor crujencia, el bajo contenido de humedad en el material puede restringir su flujo dentro de la extrusora, aumentando cizallamiento y tiempo de residencia (Hashimoto y Grossmann., 2003).

Tabla 26: Resultados de porcentaje de Humedad

Tratamiento	%Humedad
T1	4.767 ± 0.024
T2	4.639 ± 0.027
T3	4.610 ± 0.014
T4	4.628 ± 0.013
T5	4.550 ± 0.016
T6	4.640 ± 0.023
T7	4.536 ± 0.014
T8	4.624 ± 0.021
T9	4.750 ± 0.017

*Media de 3 repeticiones ± SD

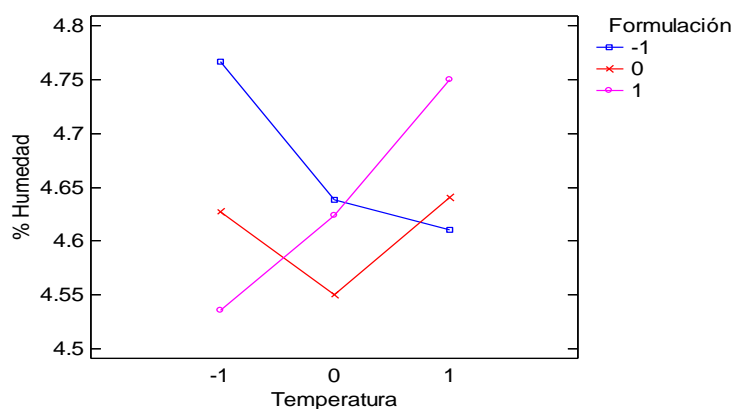


Gráfico 13: Interacción entre temperatura y formulación con % de Humedad

En el gráfico 13 observamos que los valores de humedad se encuentran entre 4.5 - 4.8 %, valores mayores respecto a la investigación de Aranda y Bocanegra (2018) donde trabajaron un snack a base de tarwi y arroz cuyo rango de humedad está entre 1.8-2.9%, asimismo nuestros valores se encuentran debajo del valor máximo establecido por la Norma R.M N° 451-2006/MINSA y por la ONU que de acuerdo a los criterios fisicoquímicos de implicancia sanitaria establecen 5 % de humedad máxima para extruidos, siendo el T7 el tratamiento de baja humedad a una temperatura nivel bajo (-1) = 90°C y formulación nivel alto (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%) y el tratamiento T1 el de mayor humedad a una temperatura nivel bajo (-1) = 90°C y formulación nivel bajo (-1) = F1 (H. Arroz: 95% - H. Pallar: 5%), Guy (2009) nos menciona que el mayor contenido de humedad y las temperaturas elevadas causan la gelatinización del almidón, el porcentaje de humedad en la masa afecta significativamente el grado de expansión y la resistencia a la rotura del producto extruido.

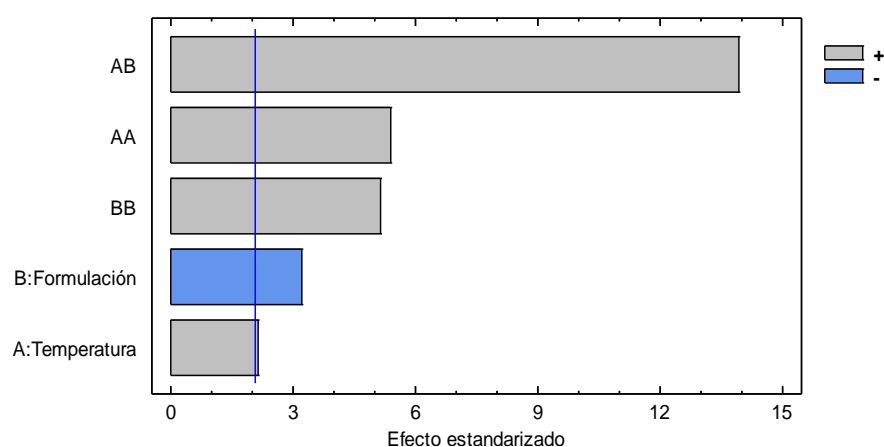


Gráfico 14: Diagrama de Pareto estandarizado para Humedad

En el gráfico 14 se observa que la interacción AB es más significativo que las demás interacciones y los factores A y B, el diagrama de pareto separan los efectos significativos de los no significativos, separándolos con una línea vertical. En este caso son significativos las interacciones AB, AA y BB, así como los factores A y B (temperatura y formulación), tal como se puede corroborar en la tabla 27 ANOVA con los valor -P.

Tabla 27: Análisis de Varianza para % de Humedad

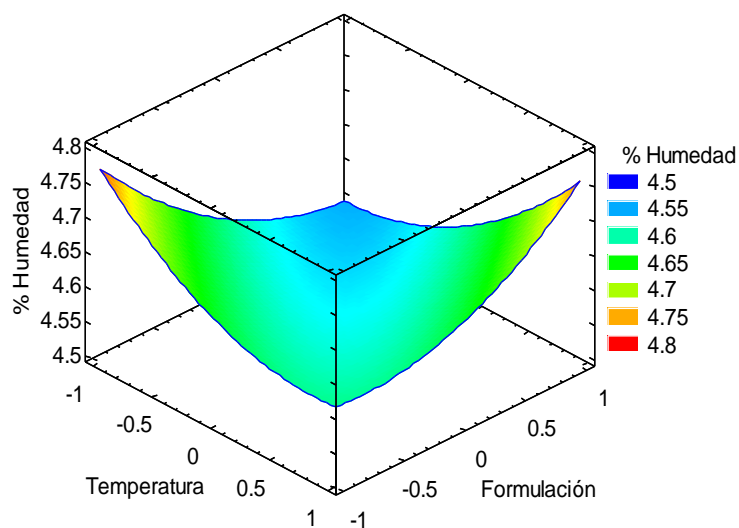
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0.0024734	1	0.0024734	4.64	0.0431
B:Formulación	0.0055476	1	0.0055476	10.40	0.0041
AA	0.015572	1	0.015572	29.19	0.0000
AB	0.103416	1	0.103416	193.88	0.0000
BB	0.0140812	1	0.0140812	26.40	0.0000
Residuos	0.0112014	21	0.0005334		
Total corregido	0.152292	26			

Al realizar el ANOVA (Tabla 27) para % de Humedad se observa que los valores de $P < 0.05$, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el % de Humedad con un 95.0% de nivel de confianza.

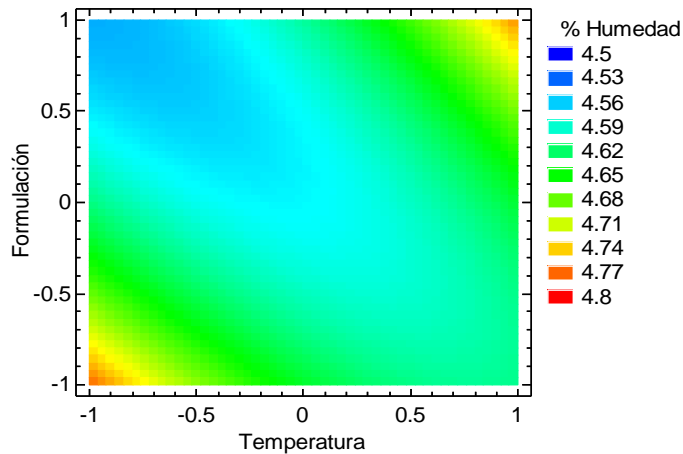
$$R^2 = 92.64 \%$$

Ecuación 2: Ecuación para % de Humedad

$$H = 4.57181 + 0.01172T - 0.01756F + 0.05094T^2 + 0.09283TF + 0.0484F^2$$



(a)



(b)

Gráfico 15: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de % de Humedad

En el gráfico 15 de superficie de respuesta (a), y el gráfico 15 de contorno (b), se observa que los tratamientos que presentan menor Humedad (Zona color azul) están a una temperatura nivel bajo (-1) = 90°C y temperatura nivel medio (0) = 95°C, pero también los tratamientos que tienen mayor Humedad (Zona color rojo) tienen programa de temperatura nivel bajo (-1) = 90°C y temperatura nivel alto (1) = 100°C. Según Túpaca (2012) aplicando altas temperaturas el producto perderá mayor cantidad de agua, con lo que se obtendrán productos con menor humedad, y por lo tanto, tendrán más vida útil. A una menor humedad del producto después del proceso de extrusión disminuye el tiempo de secado mejorando su crujencia en el producto final (Salas, 2012).

Hashimoto y Grossmann (2003) la variación en la degradación del almidón puede presentar cambios en la humedad de los extruidos y también variaciones de temperatura.

4.5.2.4. Actividad de agua (Aw)

En la Tabla 28 se muestran los valores de Aw para los diferentes tratamientos que se encuentran entre 0.4 y 0.5, valores similares reportaron los investigadores Aranda y Bocanegra (2018) quienes trabajaron con snack de tarwi y arroz, a estos valores bajos no se da el crecimiento de microorganismos que causen alteración o aceleren el deterioro del producto y que los consumidores lo consideren como un alimento inaceptable por la pérdida de la calidad de sus características principales.

Rahman (2010) señala que por debajo de una Aw de 0.6 no hay crecimiento de hongos y levaduras, lo que garantizaría la seguridad microbiológica del aperitivo. Los valores de la Aw se encuentran por debajo del valor reportado como límite para asegurar una estabilidad microbiológica, de acuerdo a los resultados el tratamiento T7 es el que presenta menor actividad de agua con un valor de 0.440 y el tratamiento T2 es el de mayor actividad de agua con un valor de 0.494.

Tabla 28: Resultados de Aw

Tratamiento	Aw
T1	0.471 ± 0.003
T2	0.494 ± 0.002
T3	0.476 ± 0.003
T4	0.462 ± 0.009
T5	0.465 ± 0.012
T6	0.474 ± 0.004
T7	0.440 ± 0.008
T8	0.485 ± 0.005
T9	0.484 ± 0.003

*Media de 3 repeticiones ± SD

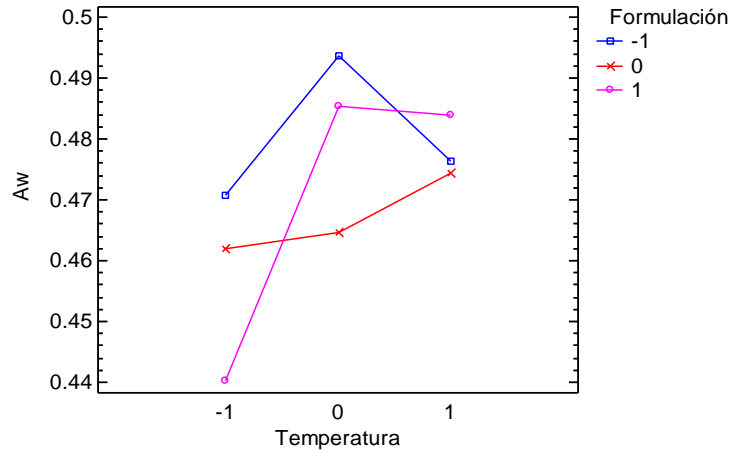


Gráfico 16: Interacción entre temperatura y formulación con Aw

En el gráfico 16 observamos los valores de actividad de agua de los 9 tratamientos, siendo el tratamiento T7 el de baja Aw a una temperatura nivel bajo (-1) = 90°C y formulación nivel alto (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%) y el tratamiento T2 presenta alta Aw a temperatura nivel medio (0) = 95°C y formulación nivel bajo (-1) = F1 (H. Arroz: 95% - H. Pallar: 5%).

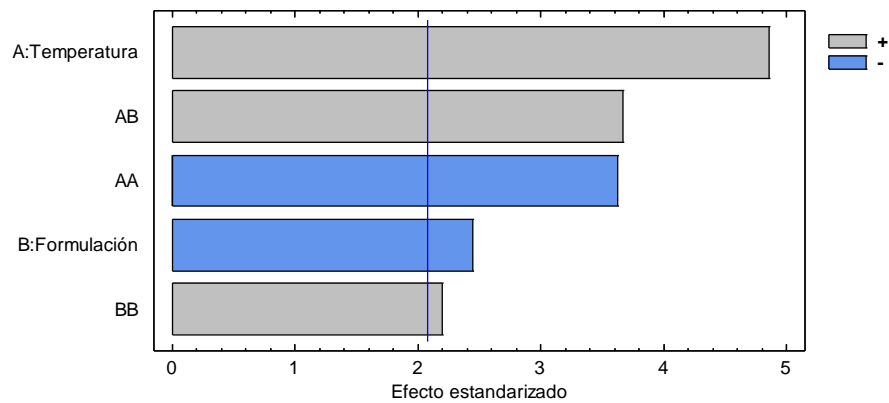


Gráfico 17: Diagrama de Pareto estandarizado para Aw

En el gráfico 17 se observa que el factor temperatura es más significativo que las demás interacciones y el factor formulación, el diagrama de Pareto separa los efectos significativos de los no significativos, separándolos con una línea vertical. En este caso todos son significativos: las interacciones AB, AA y BB, así como los factores A y B (temperatura y formulación), tal como se puede corroborar en la tabla 29 ANOVA con los valor -P.

Tabla 29: Análisis de Varianza para Actividad de agua (A_w)

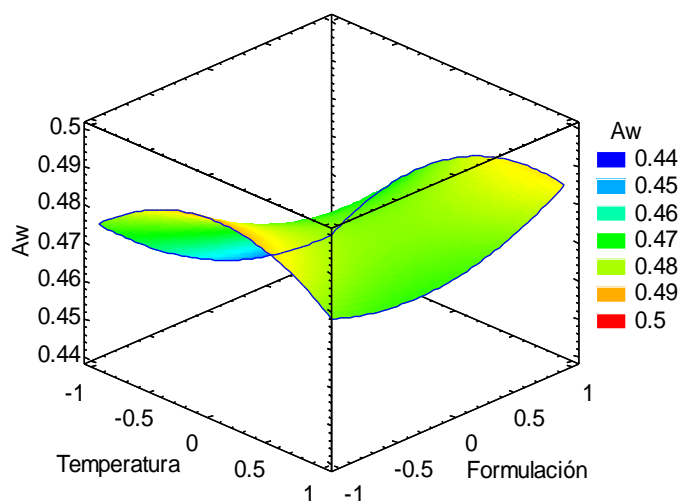
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0.00190139	1	0.00190139	23.60	0.0001
B:Formulación	0.0004805	1	0.0004805	5.96	0.0235
AA	0.0010578	1	0.0010578	13.13	0.0016
AB	0.001083	1	0.001083	13.44	0.0014
BB	0.00038935	1	0.00038935	4.83	0.0393
Residuos	0.00169226	21	0.00008058		
Total corregido	0.0066043	26			

Al realizar el ANOVA (Tabla 29) para Actividad de agua se observa que todos los valores de $P < 0.05$, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la Actividad de agua con un 95.0% de nivel de confianza.

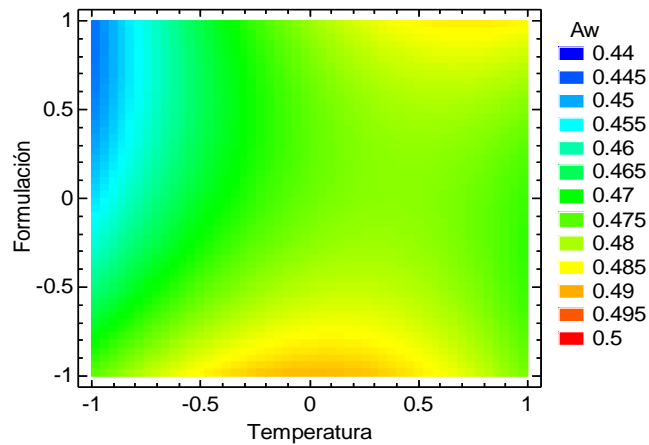
$$R^2 = 92.38 \%$$

Ecuación 3: Ecuación para A_w

$$A_w = 0.47585 + 0.010278T - 0.0051667F - 0.013278T^2 + 0.0095TF + 0.008056F^2$$



(a)



(b)

Gráfico 18: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de Aw

En el gráfico 18 de superficie de respuesta (a), y el gráfico 18 de contorno (b), se observa que los tratamientos que presentan menor A_w (Zona color azul) están a una temperatura nivel (-1) = 90°C y temperatura nivel (0) = 95°C con formulación nivel (0) = F2 (H. Arroz: 90% - H. Pallar: 10%) y formulación nivel (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%), asimismo los tratamientos que tienen mayor A_w (Zona color naranja) se encuentran a temperatura nivel (0) = 95°C y temperatura nivel (1) = 100°C con formulación nivel (-1) = F1 (H. Arroz: 95% - H. Pallar: 5%) y formulación nivel (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%).

Según Silva et al. (2013) la Norma Técnica Peruana, menciona que los microorganismos no se multiplican por debajo de una actividad de agua de 0.60 pero pueden permanecer vivos durante largos períodos de tiempo, cuanto más bajo sea la actividad de agua de un alimento, significará que tiene menor cantidad de agua disponible para el desarrollo microbiano y por tanto será considerado como menos perecedero. Nuestros resultados en la investigación nos garantizan que no habrá crecimiento de microorganismos que puedan afectar la calidad del snack debido a que cumplen las condiciones de baja actividad de agua.

4.5.2.5. Índice de absorción de agua (IAA)

Los resultados presentados en la Tabla 30, muestra los valores de IAA para cada tratamiento evaluado cuyos valores están en un rango de 4.1 y 4.6, siendo el tratamiento T9 el que presenta mayor IAA con un valor de 4.586 seguido del T7. Mientras que el tratamiento T1 es el de menor IAA con un valor de 4.115.

Tabla 30: Resultados de Índice de absorción de agua

Tratamiento	IAA (g gel/g muestra seca) *
T1	4.115 ± 0.113
T2	4.288 ± 0.051
T3	4.379 ± 0.197
T4	4.455 ± 0.113
T5	4.482 ± 0.123
T6	4.479 ± 0.046
T7	4.574 ± 0.083
T8	4.572 ± 0.070
T9	4.586 ± 0.057

*Media de 3 repeticiones ± SD

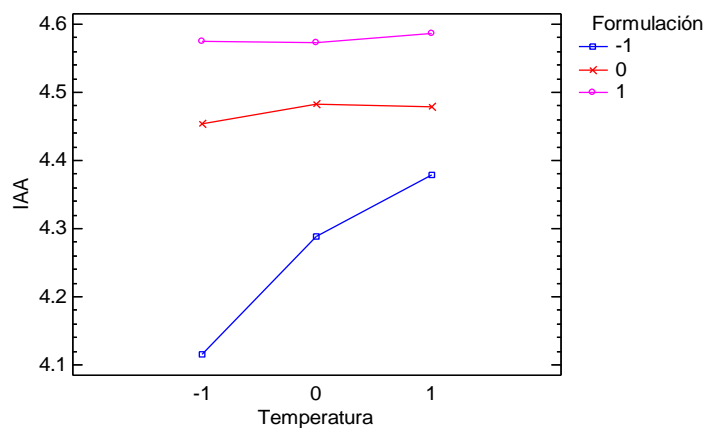


Gráfico 19: Interacción entre temperatura y formulación con IAA

En el gráfico 19 observamos los valores de Índice de absorción de agua de los 9 tratamientos siendo el menor IAA el tratamiento T1 a una temperatura nivel bajo (-1) = 90°C y formulación nivel bajo (-1) = F1 (H. Arroz: 95% - H. Pallar: 5%) y el mayor IAA es el tratamiento T9 a una temperatura nivel

alto (1) = 100°C y formulación nivel alto (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%). El IAA de los cereales y sus derivados generalmente aumenta a medida que aumenta la intensidad del proceso a mayor temperatura, (Mercier y Feillet, 1975; Harper, 1979), tal como observamos en nuestra investigación que a temperatura 100 °C aumenta el IAA.

Asimismo Delgado et al., (2011) en su investigación de elaboración y caracterización de alimentos snack enriquecido con harina de calabaza y maíz amarillo, de acuerdo a sus resultados se observa que los factores temperatura de extrusión y contenido de humedad presentaron un mayor efecto significativo sobre el IAA, por lo contrario, los menores valores de IAA se obtuvieron a temperaturas bajas de extrusión y bajos contenidos de humedad. El mismo hecho para extruidos de trigo y avena presentó el estudio de Camacho et al., (2010) quienes refieren que a temperaturas y humedades altas el índice de absorción de agua tiende a aumentar, esto se debe a un reordenamiento en la estructura del almidón, facilitando posteriormente la absorción de agua del extruido, hechos similares se encontró en nuestra investigación, tomando como referencia los resultados de los investigadores anteriores todos coincidimos en la influencia que tuvo la temperatura y la humedad frente al IAA.

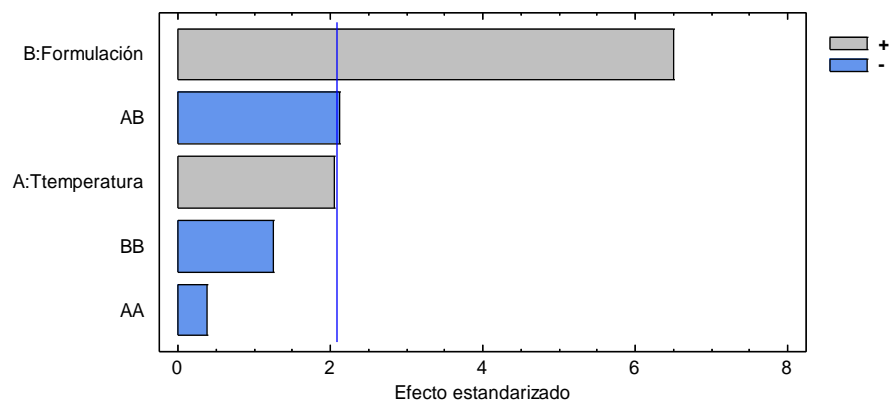


Gráfico 20: Diagrama de Pareto estandarizado para IAA

En el gráfico 20 se observa que el factor formulación es más significativo que el factor temperatura y las interacciones, el diagrama de Pareto separa los efectos significativos de los no significativos, separándolos con una línea vertical. En este caso es significativo el factor B (formulación) y la

interacción AB, tal como se puede corroborar en la tabla 31 ANOVA con los valor –P.

Tabla 31: Análisis de Varianza para Índice de absorción de agua (IAA)

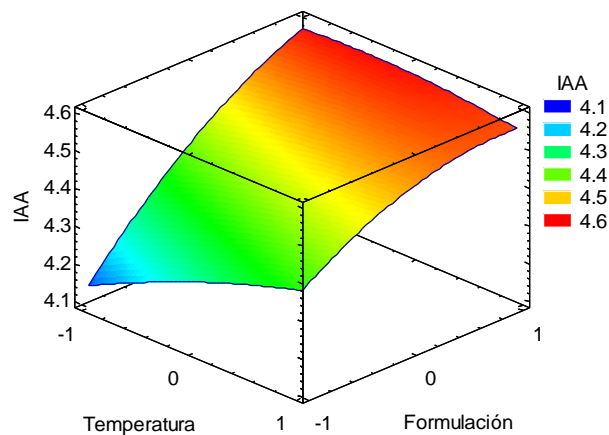
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0.0449001	1	0.0449001	4.22	0.0527
B:Formulación	0.45125	1	0.45125	42.39	0.0000
AA	0.00156817	1	0.00156817	0.15	0.7050
AB	0.0477541	1	0.0477541	4.49	0.0463
BB	0.016854	1	0.016854	1.58	0.2221
Residuos	0.22354	21	0.0106448		
Total corregido	0.785867	26			

Al realizar el ANOVA (Tabla 31) para Índice de absorción de agua se observa que dos valores de $P < 0.05$, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el Índice de absorción en agua con un 95.0% de nivel de confianza.

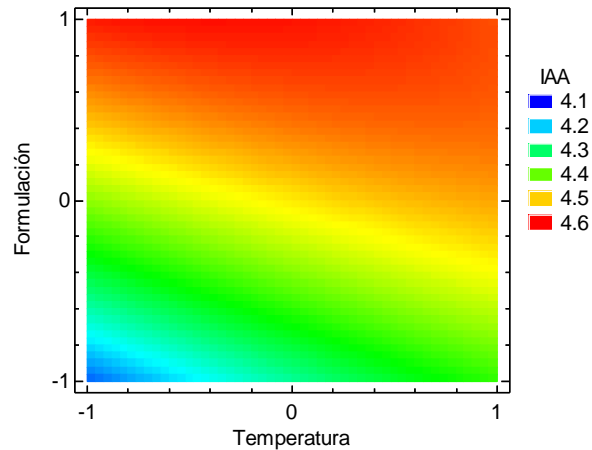
$$R^2 = 91.68 \%$$

Ecuación 4: Ecuación para IAA

$$IAA = 4.48289 + 0.04994T + 0.15833F - 0.01617T^2 - 0.063083TF - 0.053F^2$$



(a)



(b)

Gráfico 21: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de IAA

En el gráfico 21 de superficie de respuesta (a), y el gráfico 21 de contorno (b), se observa que los tratamientos que presentan menor IAA (Zona color azul) están a una temperatura nivel (-1) = 90°C y nivel (0) = 95°C con formulación nivel bajo (-1) = F1 (H. Arroz: 95% - H. Pallar: 5%) y los tratamientos que tienen mayor IAA (Zona color rojo) se encuentran a temperatura nivel (0) = 95°C y temperatura nivel (1) = 100°C con formulación nivel alto (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%).

El IAA es más afectado por el efecto térmico que por la fricción durante la extrusión. El contenido de fibras y/o almidón presente en las harinas tienen la capacidad de captar agua, los valores altos encontrados de IAA se debe a ello (González et al., 2013). En un estudio de Da Silva et al., (2013) acerca de un producto de panificación a base de trigo y quinua, mencionan que las harinas ricas en fibra y en proteína no formadora de gluten, pueden favorecer el aumento de la absorción de agua; de acuerdo a nuestros resultados los valores que presentan mayor IAA pertenecen a la formulación F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%), cuya formulación tiene el mayor porcentaje de pallar frente a la F1 y F2, el aumento de IAA en la F3 se debe a la harina de pallar la cual es muy rica en proteínas y fibras que favorece al IAA.

Los valores bajos obtenidos de IAA en nuestra investigación se debieron probablemente al almidón que no sufrió un alto grado de dextrinización durante la extrusión, y los valores altos se debieron a un efecto contrario, que provoca el aumento en la capacidad de absorción de agua (Sarawong et al., 2014).

El IAA se relaciona con la capacidad de absorber y retener agua del alimento a extruirse. En el proceso de extrusión se gelatinizan los almidones y se desnaturalizan las proteínas, de esta manera el almidón pregelatinizado puede absorber más agua que en su estado natural, lo mismo pasa con las proteínas (Teba 2014). También se puede medir el rendimiento de un producto con la ayuda de IAA ya que es la capacidad de absorber agua y por ende el aumento de peso (Silva 2007).

4.5.2.6. Índice de solubilidad en agua (ISA)

En la Tabla 32, se muestran los valores de ISA para cada tratamiento evaluado, las formulaciones con mayor porcentaje de Harina de Pallar son los que tienen un alto valor de ISA, siendo el tratamiento T9 el que presenta mayor ISA con un valor de 0.306, mientras que el tratamiento T1 es el de menor ISA con un valor de 0.185, los valores bajos son los que tienen mayor porcentaje de Harina de Arroz y menor porcentaje de Harina de Pallar, el ISA se utiliza para medir la degradación del almidón, esto significa que a menor ISA hay menor degradación de almidón, es decir que el producto tiene menor número de moléculas solubles, durante la extrusión el alto contenido de humedad incrementa el porcentaje de almidón gelatinizado y disminuye la desnaturalización de las proteínas y la degradación del almidón obteniéndose valores menores de ISA (Hernández et al., 2007).

El aumento de la solubilidad en agua en algunos productos se debe a bajos contenidos de humedad y altas temperaturas que causa el aumento de los gránulos de almidón degradados. Este fenómeno es causado por una mayor fragmentación del almidón durante la extrusión a baja temperatura este fenómeno es conocido como dextrinación (González et al., 2007).

Tabla 32: Resultados de Índice de solubilidad en agua

Tratamiento	ISA (g soluble/g muestra total) *
T1	0.185 ± 0.030
T2	0.197 ± 0.037
T3	0.205 ± 0.021
T4	0.208 ± 0.026
T5	0.214 ± 0.007
T6	0.228 ± 0.028
T7	0.225 ± 0.023
T8	0.269 ± 0.037
T9	0.306 ± 0.036

*Media de 3 repeticiones ± SD

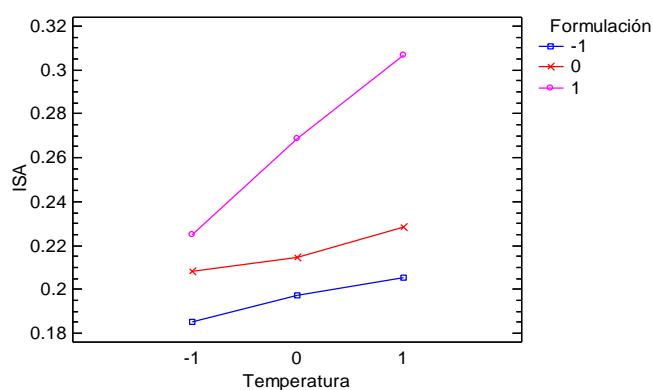


Gráfico 22: Interacción entre temperatura y formulación con ISA

En el gráfico 22 observamos los valores de Índice de absorción en agua de los 9 tratamientos, cuyos valores se encuentran en un rango de 0.18 y 0.31, siendo el tratamiento T1 el menor ISA a una temperatura nivel bajo (-1) = 90°C y formulación nivel bajo (-1) = F1 (H. Arroz: 95% - H. Pallar: 5%) y el mayor ISA es el tratamiento T9 a una temperatura nivel alto (1) = 100°C y formulación nivel alto (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%). En las tres formulaciones observamos que a la temperatura nivel alto (1) = 100°C es mayor el ISA, lo contrario ocurre con las temperaturas inferiores. Valores similares obtuvieron los investigadores Bravo y Ortega (2017) en un snack a base de arroz, quinua y torta desgrasada de chía.

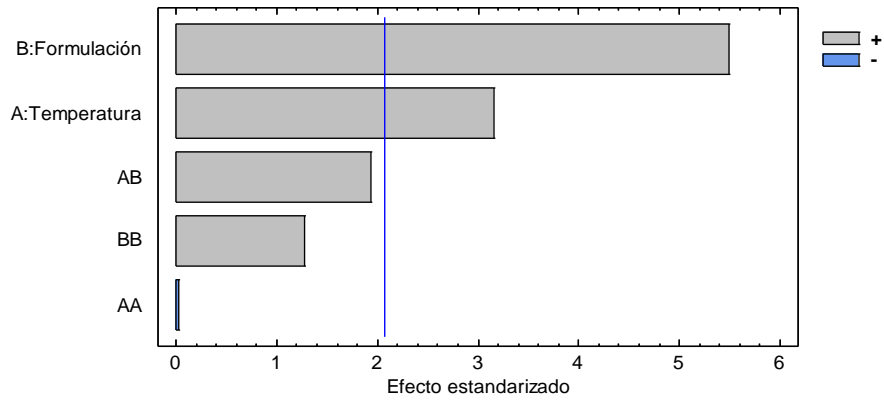


Gráfico 23: Diagrama de Pareto estandarizado para ISA

En el gráfico 23 se observa que el factor formulación es más significativo que el factor temperatura y las interacciones, el diagrama de pareto separa los efectos significativos de los no significativos, separándolos con una línea vertical. En este caso solo es significativo los factores A y B (temperatura y formulación), tal como se puede corroborar en la tabla 33 ANOVA con los valor $-P$.

Tabla 33: Análisis de Varianza para Índice de solubilidad en agua (ISA)

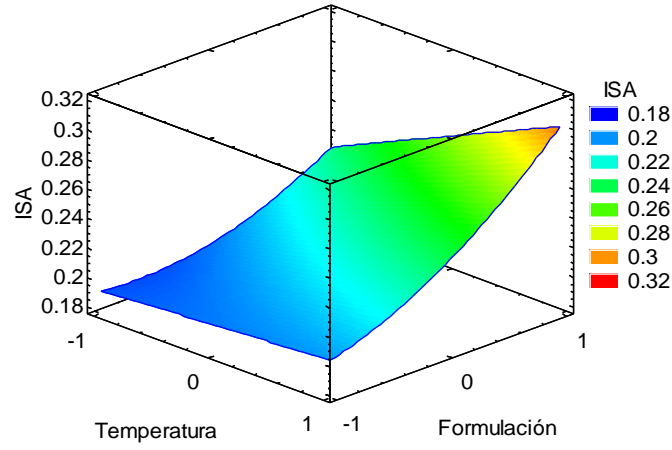
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0.007442	1	0.007442	9.94	0.0048
B:Formulación	0.0226136	1	0.0226136	30.19	0.0000
AA	6.6666777	1	6.6666777	0.00	0.9765
AB	0.00282133	1	0.00282133	3.77	0.0658
BB	0.0012327	1	0.0012327	1.65	0.2135
Residuos	0.0157304	21	0.00074907		
Total corregido	0.0498407	26			

Al realizar el ANOVA (Tabla 33) para Índice de solubilidad en agua se observa que 2 valores de $P < 0.05$, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el Índice de solubilidad en agua con un 95.0% de nivel de confianza.

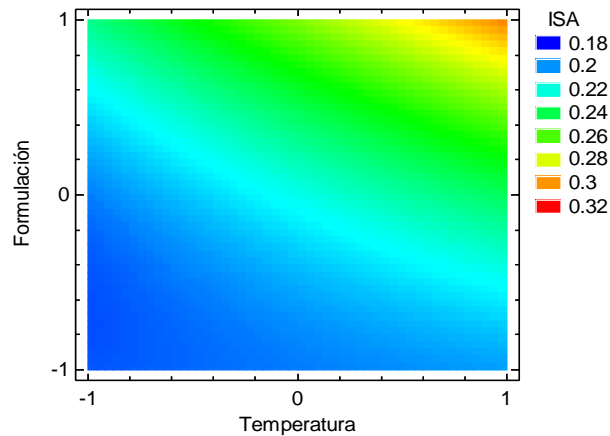
$$R^2 = 90.85 \%$$

Ecuación 5: Ecuación para ISA

$$ISA = 0.21722 + 0.020333T + 0.035444F - 0.000333T^2 + 0.015333TF + 0.014333F^2$$



(a)



(b)

Gráfico 24: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de ISA

En el gráfico 24 de superficie de respuesta (a), y el gráfico 24 de contorno (b), se observa que los tratamientos que presentan menor ISA (Zona color azul) están a una temp. Nivel (-1) = 90°C y temp. Nivel (0) = 95°C con formulación nivel (1) = F1 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%) y los tratamientos que tienen mayor IAA (Zona color rojo) se encuentran a temp. nivel (1) = 100°C con formulación nivel (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%).

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. Se alcanza índices de absorción y de solubilidad de agua, a los niveles más bajos de humedad, hecho que se atribuye a la modificación del almidón (Guy, 2009).

En la F1, F2 y F3 el ISA va de forma ascendente al aumentar la temperatura, teniendo de esta manera mayores valores de ISA a temperatura 100 °C, lo mismo ocurre en la investigación de Camacho et al., (2010), donde se observa en un gráfico el aumento del ISA conforme se aumenta la temperatura, además las materias primas que poseen alto contenido de humedad utilizadas durante la extrusión tienen la ventaja de obtener extrudidos de almidón con bajo índice de solubilidad (Seker, 2005). Asimismo Darío (2007) reporta valores de ISA de 0.205 para harina de maíz extruido, observando que la tendencia de la solubilidad aumenta tanto con el aumento de temperatura como con la disminución de humedad.

Valores altos de IAA e ISA indican gelatinización del almidón, daños en su estructura y en su cristalización (Rodríguez et al., 2012), de acuerdo a nuestros resultados obtenidos el IAA con ISA tiene una relación directa.

4.5.2.7. Grado de gelatinización (GG)

Los resultados presentados en la Tabla 34, muestra los valores de Grado de Gelatinización para cada tratamiento evaluado cuyos valores están en un rango de 82% y 94%, siendo el tratamiento T3 y T5 los que presentan mayor GG con un valor de 93.448 y 93.385 % lo que indica que la gelatinización del almidón fue casi completa. Mientras que el tratamiento T8 es el de menor GG con un valor de 82.181 %.

Tabla 34: Resultados de Grado de Gelatinización

Tratamiento	Grado de Gelatinización (GG) %
T1	85.517 ± 1.181
T2	92.447 ± 0.877
T3	93.448 ± 1.829
T4	83.110 ± 1.135
T5	93.385 ± 1.207
T6	92.507 ± 1.661
T7	86.414 ± 2.128
T8	82.181 ± 0.764
T9	83.341 ± 1.831

*Media de 3 repeticiones ± SD

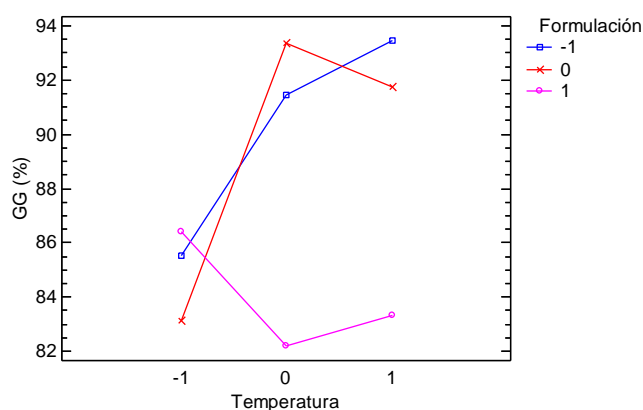


Gráfico 25: Interacción entre temperatura y formulación con GG (%)

En el gráfico 25 observamos los valores de Grado de Gelatinización de los tratamientos, en el cual a medida que va incrementado la temperatura va aumentando el GG, con excepción de la formulación nivel alto (1) = F3, el GG no es continuo en función de la temperatura, el tratamiento T8 tuvo bajo GG a una temperatura nivel medio (0) = 95°C y formulación nivel alto (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%) y el tratamiento T3 tuvo mayor GG a una temperatura nivel alto (1) = 100°C y formulación nivel bajo (-1) = F1 (H. Arroz: 95% - H. Pallar: 5%), seguido del tratamiento T5 a temperatura media 95°C y formulación F2 (H. Arroz: 90% - H. Pallar: 10%). Según Vílchez et al., 2012 que estudió la influencia de la temperatura en el grado de gelatinización durante la extrusión de maca, pudo inferir que el incremento del grado de gelatinización fue favorable a medida que se fue elevando la temperatura de extrusión hasta llegar a un punto máximo, en la

investigación, la temperatura a la cual se logró un mayor grado de gelatinización en la maca fue de 100°C, luego a partir de éste se produjo un descenso en el grado de gelatinización, por ello el incremento del grado de gelatinización no es continuo ni directamente proporcional con la temperatura de extrusión.

Una mayor temperatura de gelatinización en almidones nativos refleja una mayor estabilidad interna del gránulo de almidón este fenómeno está asociado a una menor presencia de amilosa y a una mayor presencia de regiones cristalinas dentro del gránulo que requieren menos temperatura de calentamiento (Alvis et al., 2008).

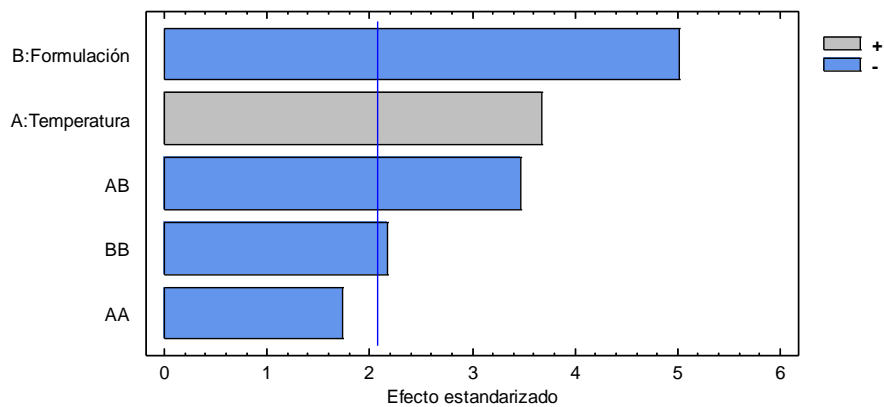


Gráfico 26: Diagrama de Pareto estandarizado para GG

En el gráfico 26 se observa que el factor formulación es más significativo que el factor temperatura y las interacciones, el diagrama de Pareto separa los efectos significativos de los no significativos, separándolos con una línea vertical. En este caso son significativos los factores A y B (temperatura y formulación) y las interacciones AB y BB, tal como se puede corroborar en la tabla 35 ANOVA con los valores $-P$.

Tabla 35: Análisis de Varianza para Grado de Gelatinización (GG)

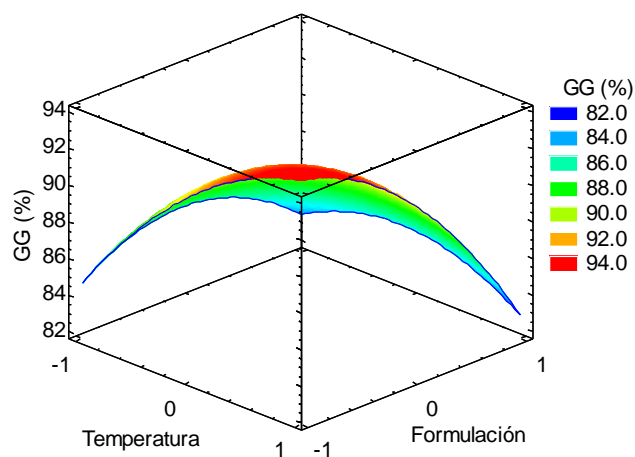
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	101.593	1	101.593	13.48	0.0014
B:Formulación	189.651	1	189.651	25.15	0.0001
AA	22.7721	1	22.7721	3.02	0.0969
AB	90.805	1	90.805	12.04	0.0023
BB	35.8046	1	35.8046	4.75	0.0408
Residuos	158.327	21	7.53937		
Total corregido	598.952	26			

Al realizar el ANOVA (Tabla 35) para Grado de Gelatinización se observa que 4 valores de $P < 0.05$, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el Grado de Gelatinización con un 95.0% de nivel de confianza.

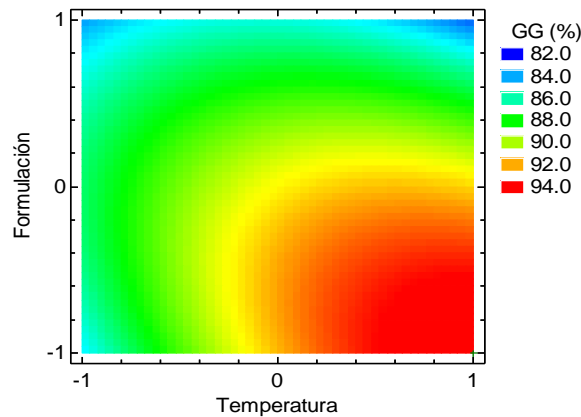
$$R^2 = 91.17 \%$$

Ecuación 5: Ecuación para GG

$$GG (\%) = 90.9664 + 2.3757T - 3.2459F - 1.9482T^2 - 2.7508TF - 2.4428F^2$$



(a)



(b)

Gráfico 27: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de GG

En el gráfico 27 de superficie de respuesta (a), y el gráfico 27 de contorno (b), se observa que los tratamientos que presentan menor GG (Zona color azul) están a una temp. nivel (-1) = 90°C y temp. nivel (0) = 95°C con formulación nivel (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%) respectivamente, y los tratamientos que tienen mayor GG (Zona color rojo) se encuentran a temp. Nivel (0) = 95°C y temp. Nivel (1) = 100°C con formulación nivel (-1) = F1 (H. Arroz: 95% - H. Pallar: 5%) y nivel (0) = F2 (H. Arroz: 90% - H. Pallar: 10%). De acuerdo a nuestros resultados, los valores de mayor y menor GG tiene una relación directa con el IAA e ISA, similar relación se observó en la investigación de Bravo y Ortega (2017) donde el GG tiene una relación directa con el ISA pero inversa con el IAA; varios autores han estudiado estos parámetros para evaluar las características del producto extruido. Por ejemplo, Aguirre (2003) nos dice que el índice de absorción de agua es un indicador directo para medir la gelatinización del almidón, afirmando que la gelatinización se logra cuando se tiene un hinchamiento irreversible del almidón. Por otro lado, Allen et al. (2007) menciona que el índice de solubilidad (ISA) es un indicador directo del grado de gelatinización del almidón y que el aumento en el índice de absorción (IAA) se genera como una manifestación de la pérdida del orden molecular en el gránulo de almidón, haciendo que disminuya su habilidad para gelatinizarse.

Según Thomas y Atwell (2004) los tipos y las cantidades de los compuestos que acompañan al almidón tales como grasas, azúcares, proteínas, sales, lípidos y agua influyen en la gelatinización del almidón, la formación de la pasta, las características de los geles y la retrogradación. Cualquier compuesto que interactúa con el gránulo de almidón o compite por el agua disponible puede retardar o incluso llegar a inhibir la gelatinización, las proteínas pueden alterar el desempeño del almidón (Fennema et al., 2010). De acuerdo a nuestros resultados la F3 que posee mayor porcentaje de Harina de Pallar que las demás formulaciones presenta menor GG (%), siendo el pallar un alimento muy rico en proteínas (20.3%).

Salas (2003), menciona que la gelatinización ocurre a bajos contenidos de humedad y altas temperaturas. Durante la extrusión las proteínas y los lípidos que se encuentran en la mezcla influyen en la gelatinización del almidón (Ditudompo et al., 2013).

4.5.2.8. Volumen Específico (VE)

En la tabla 36 se muestra los resultados para Volumen específico para cada uno de los tratamientos evaluados, donde el tratamiento T5 es el que presenta mayor volumen específico con un valor de 11.407, mientras que el tratamiento T1 es el de menor volumen específico con un valor de 9.722.

Tabla 36: Resultado de Volumen específico

Tratamiento	Volumen específico (ml/g) *
T1	11.076 ± 0.093
T2	11.227 ± 0.196
T3	11.391 ± 0.137
T4	11.045 ± 0.211
T5	11.407 ± 0.107
T6	11.384 ± 0.122
T7	9.722 ± 0.117
T8	10.304 ± 0.207
T9	10.716 ± 0.189

*Media de 3 repeticiones ± SD

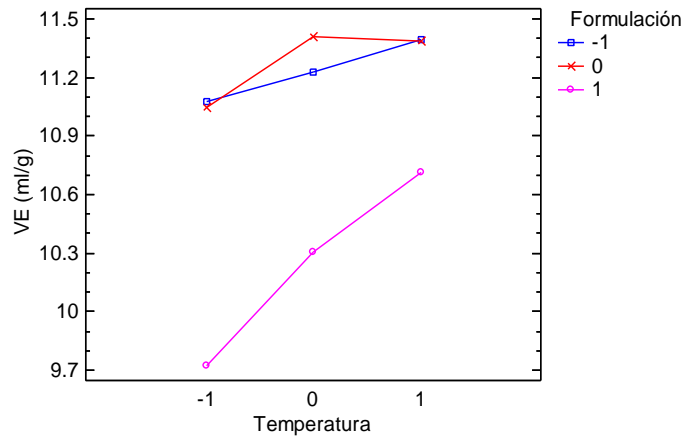


Gráfico 28: Interacción entre temperatura y formulación con VE (ml/g)

En el gráfico 28 observamos los valores de Volumen específico de los tratamientos, cuyos valores están en un rango de 9.7 – 11.5 ml/g, siendo el tratamiento T7 el menor VE a una temperatura nivel bajo (-1) = 90°C y formulación nivel alto (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%) y el tratamiento T5 es el que tiene mayor VE a una temperatura nivel medio (0) = 95°C y formulación nivel medio (0) = F2 (H. Arroz: 90% - H. Pallar: 10%).

La tendencia observada en el gráfico 28 es similar a la investigación de LLoport, (2011) en extruido de sorgo integral, donde se observa que el volumen específico aumenta con la temperatura y disminuye con el aumento de la humedad.

En la presente investigación el VE tiene una relación directa con el GG, el ISA y el IAA.

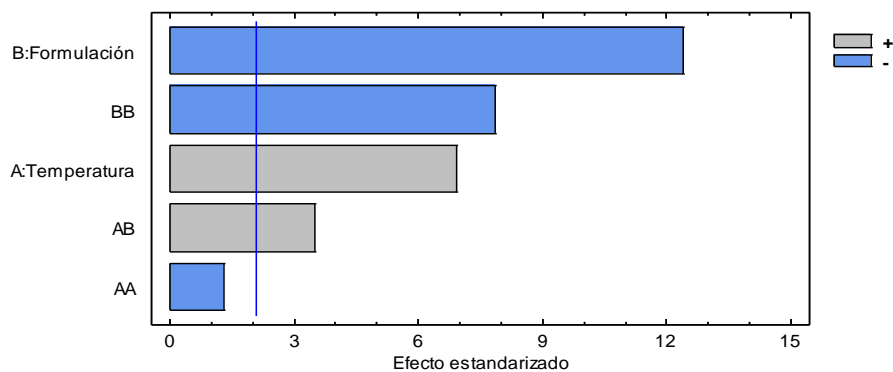


Gráfico 29: Diagrama de Pareto estandarizado para VE (ml/g)

En el gráfico 29 se observa que el factor formulación es más significativo que las interacciones y el factor temperatura, el diagrama de Pareto separa los efectos significativos de los no significativos, separándolos con una línea vertical. En este caso son significativos los factores A y B (temperatura y formulación) y las interacción AB y BB, tal como se puede corroborar en la tabla 37 ANOVA con los valores -P.

Tabla 37: Análisis de Varianza para Valor específico (VE)

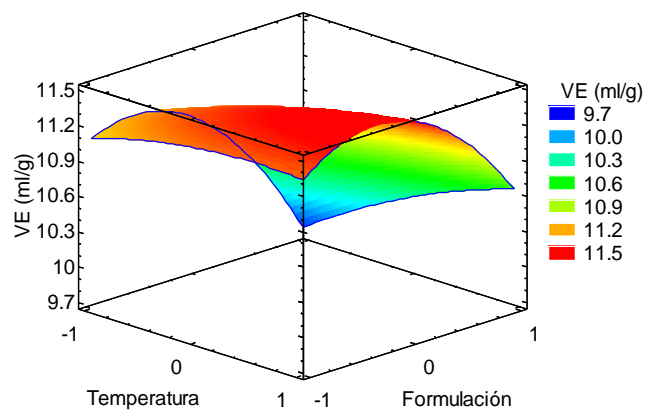
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	1.3563	1	1.3563	47.74	0.0000
B:Formulación	4.35912	1	4.35912	153.42	0.0000
AA	0.04866	1	0.04866	1.71	0.2048
AB	0.345102	1	0.345102	12.15	0.0022
BB	1.74456	1	1.74456	61.40	0.0000
Residuos	0.596672	21	0.0284129		
Total corregido	8.45042	26			

Al realizar el ANOVA (Tabla 37) para Valor específico se observa que los 4 valores de $P < 0.05$, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el Valor específico con un 95.0% de nivel de confianza.

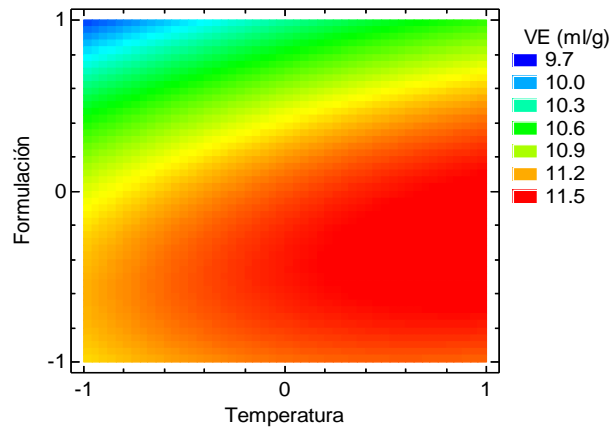
$$R^2 = 92.94\%$$

Ecuación 6: Ecuación para VE

$$VE \text{ (ml/g)} = 11.3387 + 0.2745T - 0.492111F - 0.090056T^2 + 0.169583TF - 0.539222F^2$$



(a)



(b)

Gráfico 30: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de VE (ml/g)

En el gráfico 30 de superficie de respuesta (a), y el gráfico 30 de contorno (b), se observa que los tratamientos que presentan menor VE (Zona color azul) son los tratamientos T7, T8 y T9 que pertenecen a la formulación nivel (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%) la cual contiene mayor porcentaje de harina de pallar que las demás formulaciones, y los tratamientos que tienen mayor VE (Zona color rojo) son los tratamientos a temperatura nivel (0) = 95°C y nivel (1) = 100°C que pertenecen a la formulación nivel (-1) = F1 y nivel (0) = F2 los cuales tienen mayor porcentaje de harina de arroz.

Al aumentar el grado de gelatinización, incrementa el volumen del producto extruido y en consecuencia su densidad disminuye (Sacchetti et al., 2004)

4.5.2.9. Índice de expansión (IE)

Los resultados presentados en la Tabla 38, muestra los valores del Índice de expansión para cada tratamiento evaluado cuyos valores están en un rango de 1.8 y 2.4 siendo el tratamiento T5 el que presenta mayor IE con un valor de 2.375, mientras que el tratamiento T8 es el de menor IE con un valor de 1.874.

Tabla 38: Resultados de Índice de expansión

Tratamiento	Índice de expansión *
T1	2.149 ± 0.036
T2	2.338 ± 0.041
T3	2.360 ± 0.152
T4	2.145 ± 0.071
T5	2.375 ± 0.132
T6	2.335 ± 0.077
T7	1.942 ± 0.095
T8	1.874 ± 0.146
T9	2.059 ± 0.130

*Media de 3 repeticiones ± SD

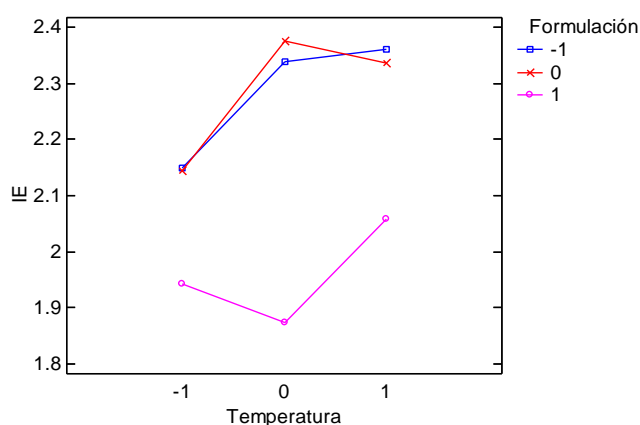


Gráfico 31: Interacción entre temperatura y formulación con IE

En el gráfico 31 observamos los valores de Índice de expansión de los tratamientos, siendo el IE bajo el tratamiento T8 a una temperatura media 95°C y formulación nivel alto (1) = F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%) y el mayor IE es el tratamiento T5 a una temperatura nivel medio (0) = 95°C y formulación nivel medio (0) = F2 (H. Arroz: 90% - H. Pallar: 10%). Según el estudio de investigación de Hom et al., (2011) nos muestra según sus resultados para un snack de arroz y camarón que el índice de expansión del producto final aumenta con el aumento de temperatura hasta un valor límite y luego disminuye, en sus resultados obtuvo como valor máximo 2.86 a 150°C y mínimo 1.97 a 110°C.

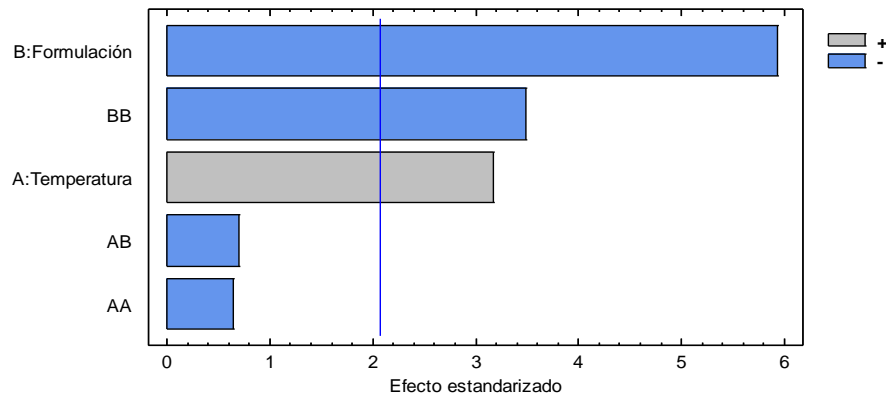


Gráfico 32: Diagrama de Pareto estandarizado para IE

En el gráfico 32 se observa que la formulación es más significativo que la temperatura y las interacciones, el diagrama de pareto separa los efectos significativos de los no significativos, separándolos con una línea vertical. En este caso son significativos los factores A y B (formulación y temperatura) y la interacción BB, tal como se puede corroborar en la tabla 39 ANOVA con los valor $-P$.

Tabla 39: Análisis de Varianza para Índice de expansión (IE)

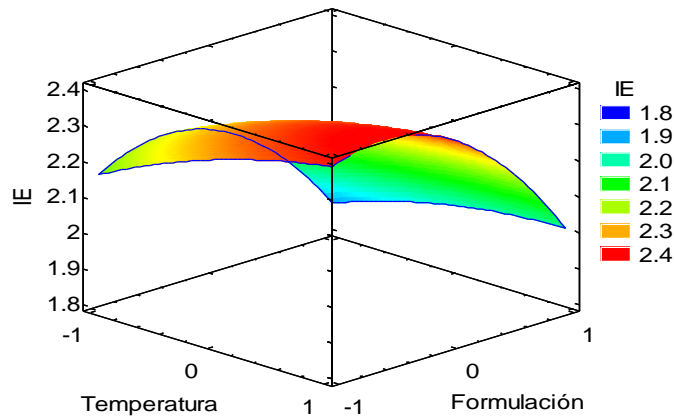
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0.134162	1	0.134162	10.02	0.0047
B:Formulación	0.471097	1	0.471097	35.19	0.0000
AA	0.0056019	1	0.0056019	0.42	0.5247
AB	0.0065333	1	0.0065333	0.49	0.4925
BB	0.162471	1	0.162471	12.14	0.0022
Residuos	0.28116	21	0.0133886		
Total corregido	1.06103	26			

Al realizar el ANOVA (Tabla 39) para Valor específico se observa que 3 valores de $P < 0.05$, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el Valor específico con un 95.0% de nivel de confianza.

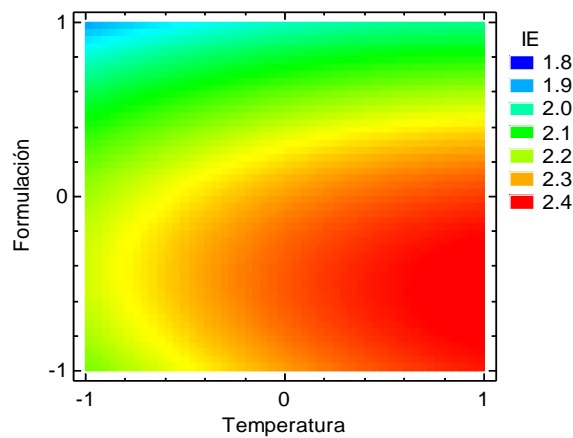
$$R^2 = 91.10 \%$$

Ecuación 6: Ecuación para IE

$$IE = 2.30537 + 0.0863333T - 0.161778F - 0.030556T^2 - 0.02333TF - 0.164556F^2$$



(a)



(b)

Gráfico 33: (a) Superficie de Respuesta, (b) Gráfico de contorno de IE

En el gráfico 33 de superficie de respuesta (a), y el gráfico 33 de contorno (b), se observa que los tratamientos que presentan mayor IE (Zona color rojo) son los tratamientos que pertenecen a las formulaciones con mayor porcentaje de Harina de arroz F1 (H. Arroz: 95% - H. Pallar: 5%) y F2 (H. Arroz: 90% - H. Pallar: 10%) y los tratamientos que tienen menor IE (Zona color azul) son los tratamientos T7, T8 y T9 que pertenecen a la formulación F3 (H. Arroz: 85% - H. Pallar: 15%), la cual tiene mayor porcentaje de harina de pallar que la F1 y F2. En nuestra investigación se observó que a mayor porcentaje de harina de arroz en una mezcla se incrementa el IE, mientras que a mayor porcentaje de harina de pallar baja el IE, a continuación diversos investigadores explican cómo afecta las leguminosas y cereales al índice de expansión:

Moraru y Kokini (2009) reportaron que la alta expansión de productos extruidos es un fenómeno complejo, que por lo general, se produce a temperaturas altas y humedades bajas, y que el contenido de fibras y proteínas en la mezcla forma productos con menor expansión. En el caso de Pastor et al., (2011) que estudiaron la adición de leguminosas silvestres a productos extruidos basados en maíz y arroz. Se obtuvieron utilizando un extrusor a una velocidad de 150 rpm y temperatura de 175 °C, trabajaron con una mezcla de 85% de cereal (maíz o arroz) y 15% de leguminosa a 14% de humedad. Los resultados mostraron que las leguminosas disminuyeron la expansión y aumentaron la solubilidad en ambas muestras que contenían arroz y maíz. El IE afecta la densidad, fragilidad y suavidad del producto, además se ve modificada por la proporción de proteína, a mayor contenido de proteína menor expansión (Fernández et al., 2004).

Pérez et al., (2006) evaluaron un producto extruido a base de harina de maíz y harina de pallar, y reportaron que las mezclas extruidas con mayor proporción de cereal (maíz) presenta mayor valor de índice de expansión (1.61) y los extruidos que contenían mayor proporción de *Phaseolus lunatus* resultan con menores valores de IE, probablemente debido a un mayor contenido de fibra. Asimismo Rodríguez et al., (2014) se observó que la concentración de harina de frijol en la extrusión tiene un efecto significativo sobre el IE, debido a que al incrementar la concentración de harina de frijol a las dos temperaturas (120 y 150°C) disminuye de 1.14 en promedio a 1.06. Para Limón et al., (2011) quienes elaboraron un producto extruido de maíz enriquecido con concentrado proteico de leche, el índice de expansión aumenta conforme disminuye la humedad del producto, obteniendo un valor máximo de 2.5 en expansión.

Según Cadena (2010) menciona que la extrusión con altos porcentajes de almidón y diámetro menor en los orificios de los dados incrementan el grado de expansión del producto extruido.

En la presente investigación el Índice de expansión tiene una relación directa con el Grado de gelatinización y el Volumen específico, cuyos resultados son influenciados por la temperatura.

4.5.3. Elección de los mejores tratamientos

El índice de expansión y el grado de gelatinización son variables importantes para determinar la elección de los mejores tratamientos, debido a que el índice de expansión controla la relación que existe entre la densidad global y la textura del producto extruido (Guy, 2002), así como también las características sensoriales (Carrasco et al., 2011). El grado de gelatinización del almidón es muy importante, porque realza la apariencia, el sabor, la textura y la digestibilidad de los alimentos (Manrique et al., 2007).

Para la elección de los mejores tratamientos, después de la evaluación de las características sensoriales y fisicoquímicas, se consideraron algunos parámetros de calidad para un producto extruido tales como color, olor, sabor, textura, grado de gelatinización, índice de expansión y textura instrumental los cuales han sido utilizados para la optimización del proceso.

Tabla 40: Elección de los mejores tratamientos de acuerdo a sus atributos de mayor importancia

Atributos para elección de los mejores tratamientos	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Tratamientos
Color	Máx.	7.17	7.63	7.63	T3 T4 T5 T7 T9
Olor	Máx.	6.13	6.33	6.33	T5 T7 T8 T9
Sabor	Máx.	6.3	7.43	7.43	T4 T5 T7 T9
Textura	Máx.	7.63	8.07	8.07	T4 T5 T7 T9
Grado de Gelatinización (%)	Máx.	77.24	94.59	94.59	T2 T3 T5 T6 T7
Índice de Expansión	Máx.	1.87	2.65	2.65	T2 T3 T5 T6
Textura Instrumental (mJ)	Mín.	46.71	46.71	67.59	T1 T2 T5 T6

De acuerdo a la Tabla 40, los tratamientos que se seleccionaron fueron: T5 (Temp. = 95°C; F2: H.Arroz:90% - H.Pallar:10%) y T7 (Temp. = 90°C; F3: H.Arroz:85% - H.Pallar:15%) los cuales son los más destacados dentro de los atributos evaluados.

4.6. Evaluación de los mejores tratamientos de snack

4.6.1. Análisis químico proximal

Tabla 41: Composición porcentual de los mejores tratamientos

Componentes	T5	T7
Humedad	4.550 ± 0.016	4.536 ± 0.014
Proteína	10.100 ± 0.020	11.750 ± 0.032
Grasa	1.170 ± 0.015	1.200 ± 0.035
Fibra	2.853 ± 0.274	3.536 ± 0.316
Ceniza	0.766 ± 0.021	0.782 ± 0.025
Carbohidratos	80.561 ± 0.062	78.196 ± 0.086

*Media de 3 repeticiones ± SD

T5: Temp. = 95°C; F2 (H.Arroz:90% - H.Pallar:10%)

T7: Temp. = 90°C; F3 (H.Arroz:85% - H.Pallar:15%)

Según la norma sanitaria para la elaboración de alimentos a base de granos, establece que para productos extruidos la humedad máxima debe ser 5%, nuestros mejores tratamientos tienen una humedad promedio de 4.5%, lo cual se encuentran dentro de los límites establecidos.

La humedad de las harinas como materia prima están en 11% aproximadamente, pero durante el proceso de extrusión al aplicar altas presiones y temperaturas genera una pérdida de agua por vaporización, obteniendo un producto final con menor humedad, por lo tanto, con más vida útil (Huber, 2010).

El porcentaje de proteínas de los tratamientos fueron T5 = 10.100 y T7 = 11.750, en dichos tratamientos las formulaciones tienen mayor porcentaje de harina de arroz cuyo contenido de proteína del arroz es de 8.85%, pero el porcentaje de proteína de los mejores tratamientos se incrementa gracias al alto porcentaje de proteína que tiene la harina de pallar cuyo valor es de 20.3%, es por ello que el T7 tiene mayor porcentaje de proteínas que el T5, debido a que en su formulación tiene 15 % de harina de pallar frente al T5 con 10 % de harina de pallar.

Según Ponce (2010), la extrusión produce la separación de las cadenas proteicas vegetales, debido a que las moléculas se alinean a largo de la matriz. Además el bajo contenido de almidón en la cocción por extrusión reduce la solubilidad de la proteína cuando la temperatura aumenta. Se debe controlar las temperaturas altas en el proceso de extrusión para disminuir el porcentaje de pérdida de nutrientes y proteínas en el producto.

Durante la extrusión, los cereales proveen no solamente el mayor contenido de almidón y proteínas necesarios para la formación de su estructura y textura del producto extruido, sino también diferentes niveles de grasa y fibra (Tovar, 2012).

El contenido de grasa fueron T5 = 1.17 y T7= 1.20, valores muy similares entre ambos tratamientos pero menores al porcentaje de grasa de las harinas inicialmente como materia prima, según Valls (1993), esto se debe a que los aceites que contienen los cereales y leguminosas al ser un extruido sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a que son sometidas las finas gotas de grasa y son recubiertas por los almidones y proteínas, quedando la grasa encapsulada. En el proceso de extrusión en condiciones normales, las lipasas y peroxidasas son inactivadas mejorando la estabilidad producto. Según Tovar et al., (2017) la disminución del contenido de grasa en las harinas después del proceso de extrusión, pudo deberse a la temperatura y la velocidad de tornillo empleadas en el extrusor lo cual probablemente ocasionó la degradación de los lípidos.

El porcentaje de fibra fueron T5 = 2.853 y T7 = 3.536, siendo el tratamiento T7 significativamente diferente ($p < 5\%$) del T5 debido a que el T7 en su formulación tiene mayor porcentaje de Harina de Pallar que el T5, el pallar es un alimento considerado muy rico en fibra.

4.6.2. Características Fisicoquímicas

Tabla 42: Características fisicoquímicas de los mejores tratamientos

Características	T5	T7
Textura Instrumental (mJ)	46.707 ± 0.274	52.953 ± 0.344
Humedad (%)	4.550 ± 0.016	4.536 ± 0.014
Actividad de agua	0.465 ± 0.012	0.440 ± 0.008
Índice de absorción en agua	4.482 ± 0.123	4.574 ± 0.083
Índice de solubilidad en agua	0.214 ± 0.007	0.225 ± 0.023
Grado de Gelatinización (%)	93.385 ± 1.207	86.414 ± 2.128
Volumen específico (ml/g)	11.407 ± 0.107	9.722 ± 0.117
Índice de expansión	2.375 ± 0.132	1.942 ± 0.095

*Media de 3 repeticiones ± SD

T5: Temp. 2 = 95°C; F2 (H.Arroz:90% - H.Pallar:10%)

T7: Temp. 1 = 90°C; F3 (H.Arroz:85% - H.Pallar:15%)

Una de las características más importantes de la calidad del snack es la textura, en esta investigación obtuvimos los resultados de los mejores tratamientos los cuales fueron T5=46.707 ± 0.274 mJ y T7=52.953 ± 0.344 mJ, al realizar una comparación entre ambos tratamientos la mayor fuerza de compresión se encuentra en el snack T7 cuya formulación tiene mayor porcentaje de harina de pallar frente al T5, lo cual el pallar siendo un alimento rico en fibra y proteínas hace que el snack T7 sea de textura dura, caso contrario ocurre con el snack T5 que presenta menor fuerza de compresión lo cual hace un snack de textura suave, pero en el análisis sensorial ambos tratamientos presentan valores óptimos de textura.

La humedad de los mejores tratamientos fueron T5 = 4.550 % y T7 = 4.536 %, lo cual están por debajo del límite máximos 5 % según lo establecido por la Norma técnica Peruana para alimentos extruidos (Reyes et al, 2009). Ah Hen et al., (2014) sugiere que para evitar la formación de moho, se debe llevar a un proceso de secado para disminuir la humedad de los snack, y tener una actividad de agua a un nivel seguro.

La actividad de agua obtenida de los mejores tratamientos de snack fueron T5= 0.465±0.012 y T7= 0.440±0.008, lo cual no se dará la proliferación

de microorganismos que aceleren el deterioro del producto final por ser menor a 0.5. El valor de A_w depende de la composición, la temperatura y el contenido en agua del producto. Tiene incidencia sobre las características de calidad, tales como: textura, sabor, color, gusto, valor nutricional del producto y su vida útil.

De acuerdo a nuestros resultados para Índice de absorción de agua, Índice de solubilidad en agua y Grado de Gelatinización de los dos mejores tratamientos, observamos que el snack T7 es significativamente mayor ($p < 5\%$) que el T5 respecto al IAA e ISA, y en el GG el snack T5 es significativamente mayor ($p < 5\%$) que el snack T7, esto es debido a la temperatura mayor de extrusión que utiliza el snack T5 frente al snack T7 y a la composición de la formulación del snack T5 el cual presenta mayor porcentaje de harina de arroz en su formulación que el snack T7. El Grado de gelatinización tiene relación con el ISA e IAA debido a la temperatura de extrusión, algunos autores han estudiado la relación que hay entre ellos. El investigador Aguirre (2003) menciona que el índice de absorción de agua depende de la cantidad de gránulos dañados, son capaces de absorber agua y es un indicador directo para medir el grado de gelatinización del almidón, el cual se consigue cuando se tiene el hinchamiento irreversible del almidón. El índice de absorción de agua está relacionado también con el grado de cocimiento de las harinas, una mayor gelatinización da lugar a extruidos con alta absorción de agua (Castillo et al., 2009).

La estructura de productos expandidos por extrusión depende principalmente de la gelatinización del almidón. La determinación del índice de expansión nos permite obtener una idea de la textura y calidad que posee el producto (Aarseth et al., 2009), a mayor índice de expansión mejora la aceptabilidad organoléptica del producto (Delgado et al., 2011). Los resultados de Índice de expansión para ambos tratamientos óptimos son altos debido a que en ambas formulaciones utilizadas para el snack T5 y T7 la harina de arroz por ser un alimento con alto contenido de almidón genera mayor Índice de expansión.

Tabla 43: Colorimetría de los mejores tratamientos

Tratamiento	a*	b*	L* Luminosidad	C* Cromaticidad	h* Ángulo de tonalidad
T5	-0.66 ± 0.20	22.64 ± 0.40	90.13 ± 0.89	22.65 ± 0.40	91.66 ± 0.50
T7	-1.00 ± 0.10	24.58 ± 0.35	89.59 ± 0.74	24.60 ± 0.35	92.33 ± 0.27

*Media de 3 repeticiones ± SD

T5: Temp. 2 = 95°C; F2 (H.Arroz:90% - H.Pallar:10%)

T7: Temp. 1 = 90°C; F3 (H.Arroz:85% - H.Pallar:15%)

En la tabla 43 observamos que los valores de Luminosidad del tratamiento T5 y T7 no son significativamente diferentes, ambos valores son cercanos a 100 lo cual indica una alta tendencia al color blanco, esto es debido al mayor porcentaje de harina de arroz que tiene ambas formulaciones, el cual tiene menor contenido de fibra y cenizas. (Iturbe, 2008).

En el tratamiento T5, la coordenada a tiene un valor de (-0.66 ± 0.20), siendo negativo tiene una ligera tendencia hacia el color verde y la coordenada b un valor de (22.64 ± 0.40), siendo positivo tiene una ligera tendencia al color amarillo, la luminosidad es de (90.13 ± 0.89) lo cual indica una alta luminosidad cercano a blanco, la Cromaticidad es de (22.65 ± 0.40) y el Angulo de tonalidad es de (91.66 ± 0.50), esto indica que se encuentra en el segundo cuadrante de las coordenadas de color amarillo - verde, con una tendencia más al amarillo.

En el tratamiento T7, la coordenada a tiene un valor de (-1.00 ± 0.10), siendo negativo tiene una ligera tendencia hacia el color verde y la coordenada b un valor de (24.58 ± 0.35), siendo positivo tiene una ligera tendencia al color amarillo, la Luminosidad es de (89.59 ± 0.74) lo cual indica una alta luminosidad cercano a blanco, la Cromaticidad es de (24.60 ± 0.35) y el Angulo de tonalidad es de (92.33 ± 0.27), esto indica que se encuentra en el segundo cuadrante de las coordenadas de color amarillo - verde, con una tendencia más al amarillo.

4.6.3. Vida Útil

Se estudió la vida útil de los mejores tratamientos T5 (Temp. 2 = 95°C; F2 = H.Arroz: 90% - H.Pallar: 10%) y T7 (Temp. 1 = 90°C; F3 = H.Arroz: 85% - H.Pallar: 15%) a través de la evaluación sensorial (color, olor, sabor y textura) utilizando una escala hedónica de 9 puntos con 10 panelistas semientrenados durante 49 días (7 semanas), asimismo se realizó el análisis fisicoquímico (% Humedad, Aw y Textura) de los mejores tratamientos durante el mismo tiempo de la evaluación anterior. Los snacks óptimos T5 y T7 fueron empacados en bolsas de polipropileno y almacenados a temperatura ambiente.

4.6.3.1. Determinación de vida útil por evaluación sensorial

Para la determinación de la vida útil se utilizó el modelo matemático propuesto por los investigadores Gacula y Singh, (1984), el método se detalla en el ANEXO IV para los atributos color, olor, sabor y textura sensorial.

4.6.3.1.1. Color sensorial

En el gráfico 34 se observa que el puntaje de color sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, en el día 0 el promedio obtenido fue de 8.30, valor que según la escala hedónica está considerado como “Me gusta mucho”, a partir del día 42 el promedio desciende a un valor por debajo de 6 considerado como “Ni me gusta/ Ni me disgusta”.

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil para el Snack T5 (Temp. 2 = 95°C; F2 = H.Arroz: 90% - H.Pallar: 10%) bajo la evaluación del color sensorial es de 41 días almacenados a temperatura ambiente, teniendo como límite de aceptabilidad el puntaje 6 “Me gusta ligeramente”.

La evaluación sensorial del color es la primera percepción del consumidor, es un fenómeno que involucra componentes físicos y psicológicos: la percepción por el sistema de la luz de longitudes de onda expresadas comúnmente en términos de matiz y croma (Meilgaard, 2007).

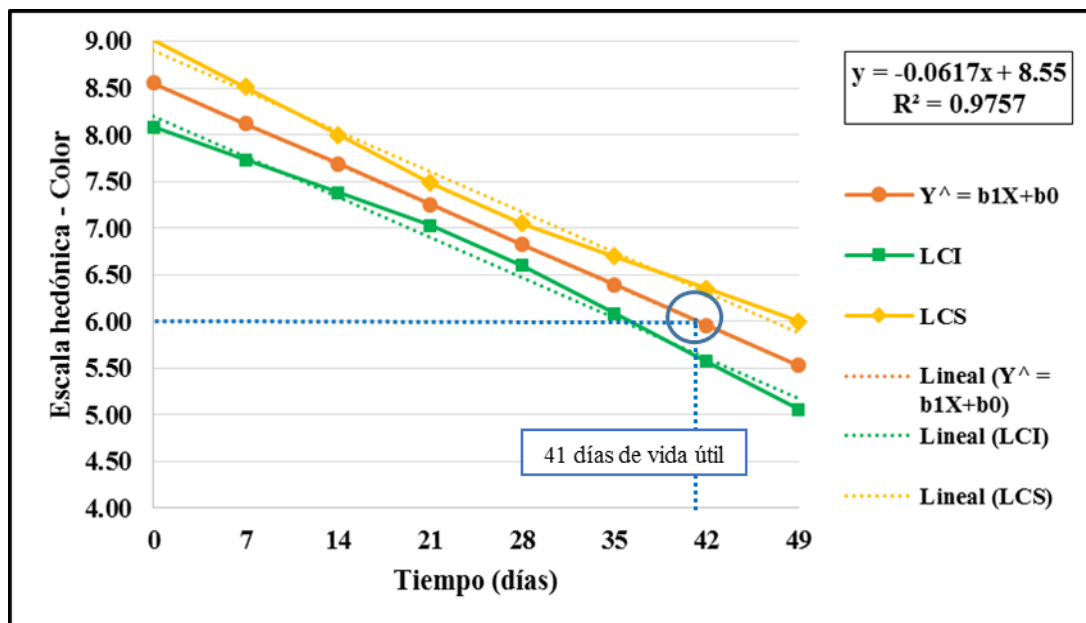


Gráfico 34: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo color sensorial

En el gráfico 35 se observa que el puntaje de color sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, en el día 0 el promedio obtenido fue de 8.50, valor que según la escala hedónica está considerado como “Me gusta muchísimo”, a partir del día 42 el promedio desciende a un valor 6 considerado como “Me gusta ligeramente”.

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil para el Snack T7 (Temp. 1 = 90°C; F3 = H.Arroz: 85% - H.Pallar: 15%) bajo la evaluación del color sensorial es de 44 días almacenados a temperatura ambiente, teniendo como límite de aceptabilidad el puntaje 6 “Me gusta ligeramente”.

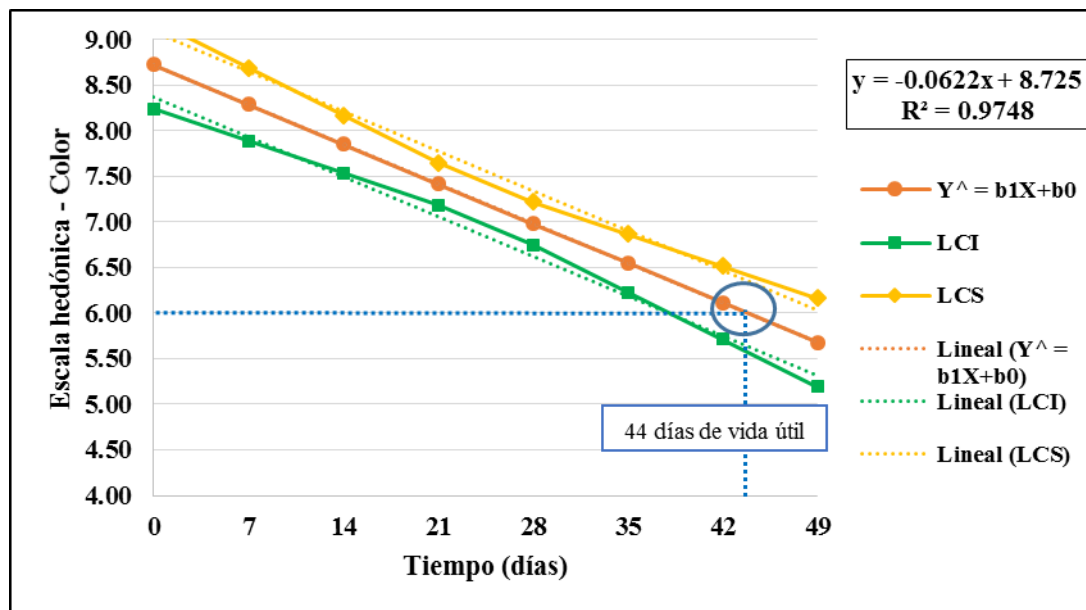


Gráfico 35: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo color sensorial

4.6.3.1.2. Olor sensorial

En el gráfico 36 se observa que el puntaje de olor sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, en el día 0 el promedio obtenido fue de 8.40, valor que según la escala hedónica está considerado como “Me gusta mucho”, a partir del día 49 el promedio desciende a un valor por debajo de 6 considerado como “Ni me gusta/ Ni me disgusta”.

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil para el Snack T5 (Temp. 2 = 95°C; F2 = H.Arroz: 90% - H.Pallar: 10%) bajo la evaluación del olor sensorial es de 47 días almacenados a temperatura ambiente, teniendo como límite de aceptabilidad el puntaje 6 “Me gusta ligeramente”.

El olor es la sensación a la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas en los alimentos. Para la evaluación del olor del snack es muy importante que no haya contaminación de un olor con otro, el alimento no debe presentar olores extraños, el olor debe ser característico propio del alimento, por tanto los alimentos que van hacer evaluados deben mantenerse en empaques herméticamente cerrados antes de su evaluación (Sancho et al., 2009)

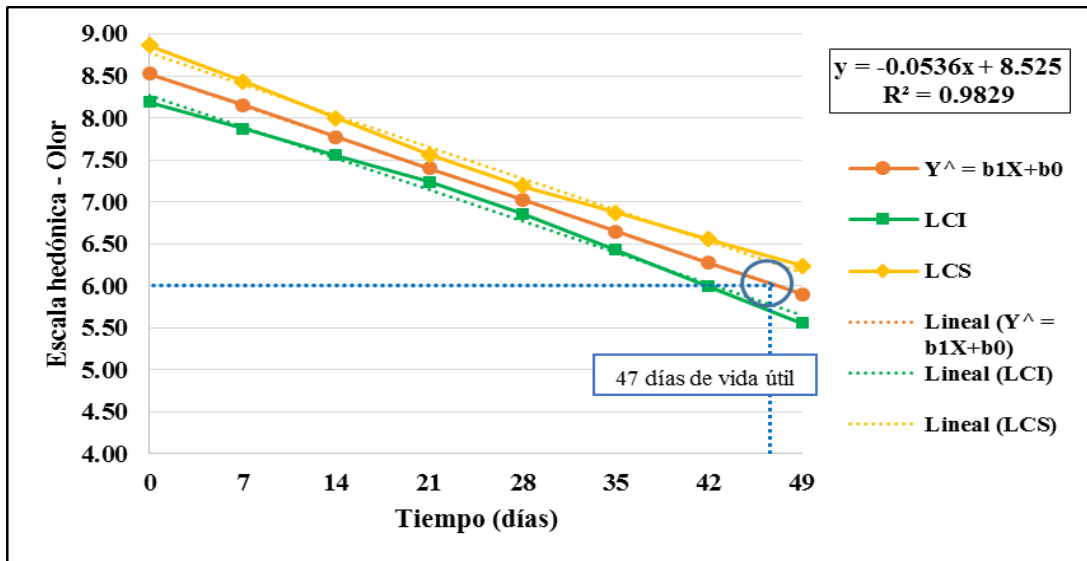


Gráfico 36: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo olor sensorial

En el gráfico 37 se observa que el puntaje de olor sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, en el día 0 el promedio obtenido fue de 8.50, valor que según la escala hedónica está considerado como “Me gusta muchísimo”, a partir del día 42 el promedio desciende a un valor 6 considerado como “Me gusta ligeramente”.

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil para el Snack T7 (Temp. 1 = 90°C; F3 = H.Arroz: 85% - H.Pallar: 15%) bajo la evaluación del olor sensorial es de 43 días almacenados a temperatura ambiente, teniendo como límite de aceptabilidad el puntaje 6 “Me gusta ligeramente”.

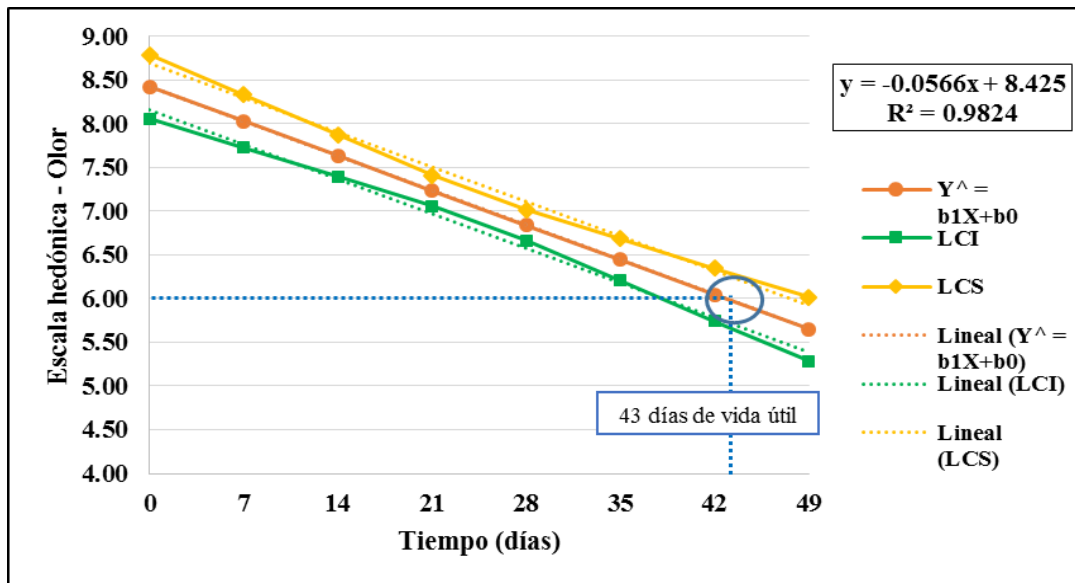


Gráfico 37: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo olor sensorial

4.6.3.1.3. Sabor sensorial

En el gráfico 38 se observa que el puntaje de sabor sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, en el día 0 el promedio obtenido fue de 8.20, valor que según la escala hedónica está considerado como “Me gusta mucho”, a partir del día 49 el promedio desciende a un valor por debajo de 6 considerado como “Ni me gusta/ Ni me disgusta”.

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil para el Snack T5 (Temp. 2 = 95°C; F2 = H.Arroz: 90% - H.Pallar: 10%) bajo la evaluación del sabor sensorial es de 44 días almacenados a temperatura ambiente, teniendo como límite de aceptabilidad el puntaje 6 “Me gusta ligeramente”.

Para el atributo sabor el alimento tiene que ser agradable para el consumidor, en esta característica influye además el olor, textura.

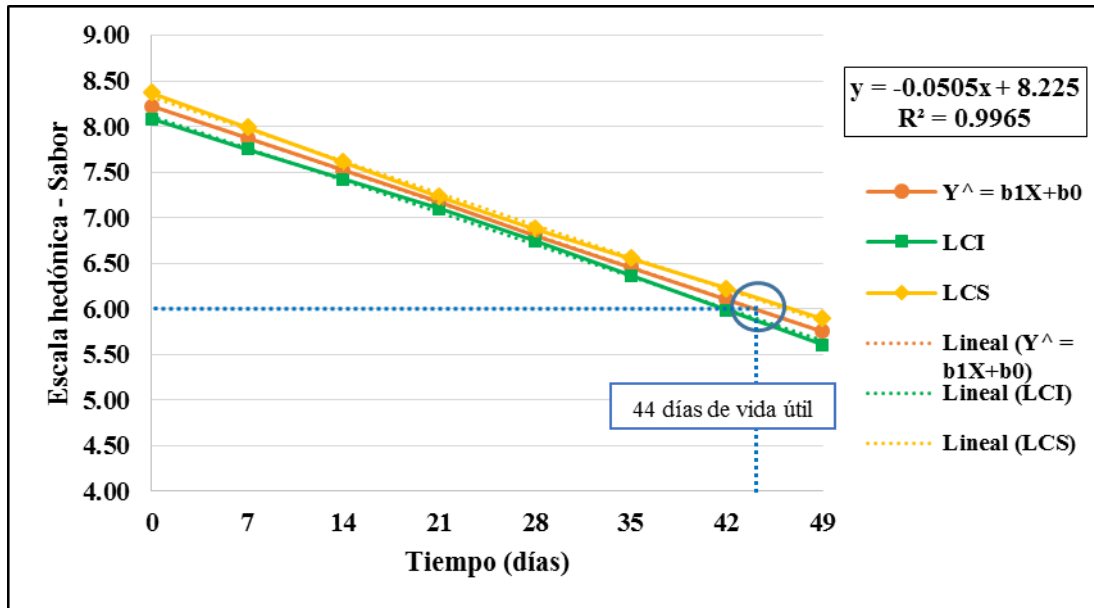


Gráfico 38: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo sabor sensorial

En el gráfico 39 se observa que el puntaje de sabor sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, en el día 0 el promedio obtenido fue de 8.10, valor que según la escala hedónica está considerado como “Me gusta mucho”, a partir del día 42 el promedio desciende a un valor 6 considerado como “Me gusta ligeramente”.

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil para el Snack T7 (Temp. 1 = 90°C; F3 = H.Arroz: 85% - H.Pallar: 15%) bajo la evaluación del sabor sensorial es de 43 días almacenados a temperatura ambiente, teniendo como límite de aceptabilidad el puntaje 6 “Me gusta ligeramente”.

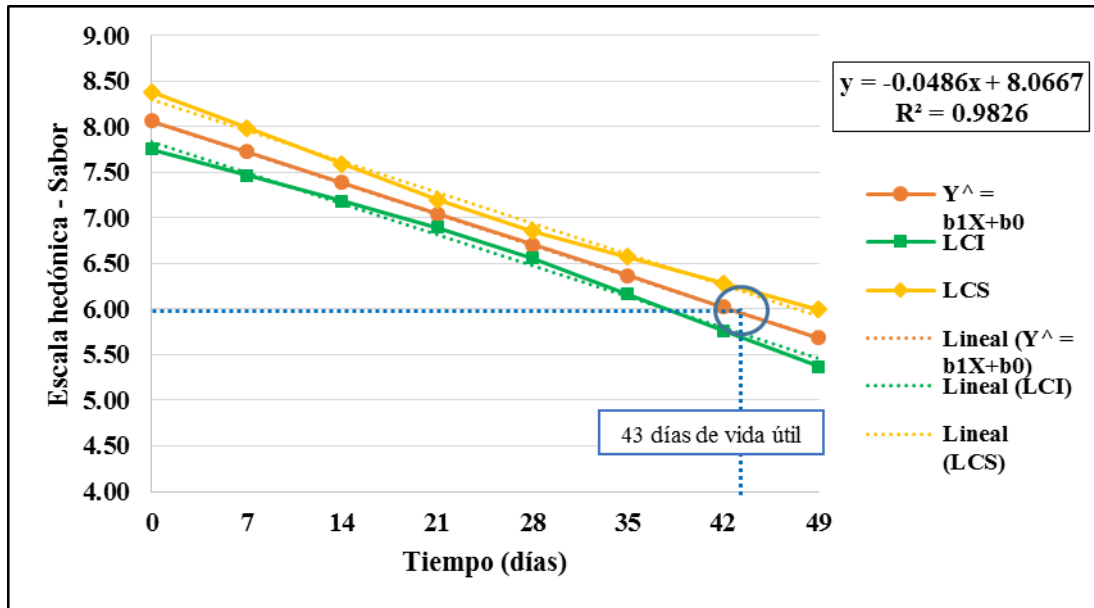


Gráfico 39: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo sabor sensorial

4.6.3.1.4. Textura sensorial

En el gráfico 40 se observa que el puntaje de textura sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, en el día 0 el promedio obtenido fue de 8.00, valor que según la escala hedónica está considerado como “Me gusta mucho”, a partir del día 42 el promedio desciende a un valor de 5.9 considerado como “Me gusta ligeramente”.

Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil para el Snack T5 (Temp. 2 = 95°C; F2 = H.Arroz: 90% - H.Pallar: 10%) bajo la evaluación de textura sensorial es de 41 días almacenados a temperatura ambiente, teniendo como límite de aceptabilidad el puntaje 6 “Me gusta ligeramente”.

La textura es una característica del estado sólido de un producto, cuyo conjunto es capaz de estimular los receptores mecánicos de la boca durante la degustación en la región bucal y oído, esto se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación al ingresar a nuestra boca. Al masticar el snack se manifestará la crujencia, detectado por el oído, asimismo el contacto nos permitirá decir si el snack presenta fragilidad, dureza y fracturabilidad (Carpenter et al., 2005)

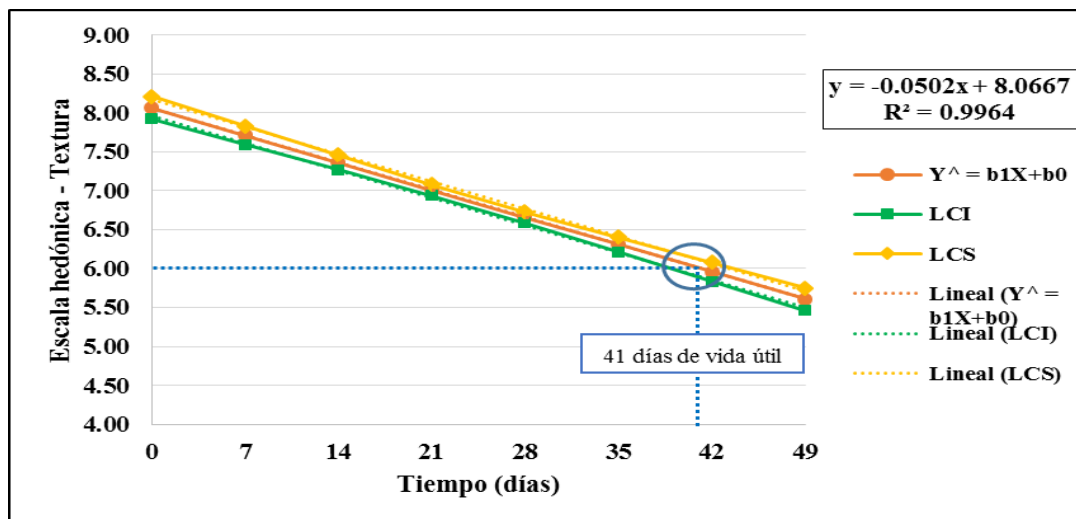


Gráfico 40: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo textura sensorial

En el gráfico 41 se observa que el puntaje de textura sensorial va disminuyendo al transcurrir los días, en el día 0 el promedio obtenido fue de 7.8 , valor que según la escala hedónica está considerado como “Me gusta mucho”, a partir del día 42 el promedio desciende a un valor por debajo de 6 considerado como “Ni me gusta/ Ni me disgusta”. Al realizar la regresión correspondiente, se determinó que el tiempo de vida útil correspondiente al Snack T7 (Temp. 1 = 90°C; F3 = H.Arroz: 85% - H.Pallar: 15%) bajo la evaluación de textura sensorial es de 38 días almacenados a temperatura ambiente, teniendo como límite de aceptabilidad el puntaje 6 “Me gusta ligeramente”.

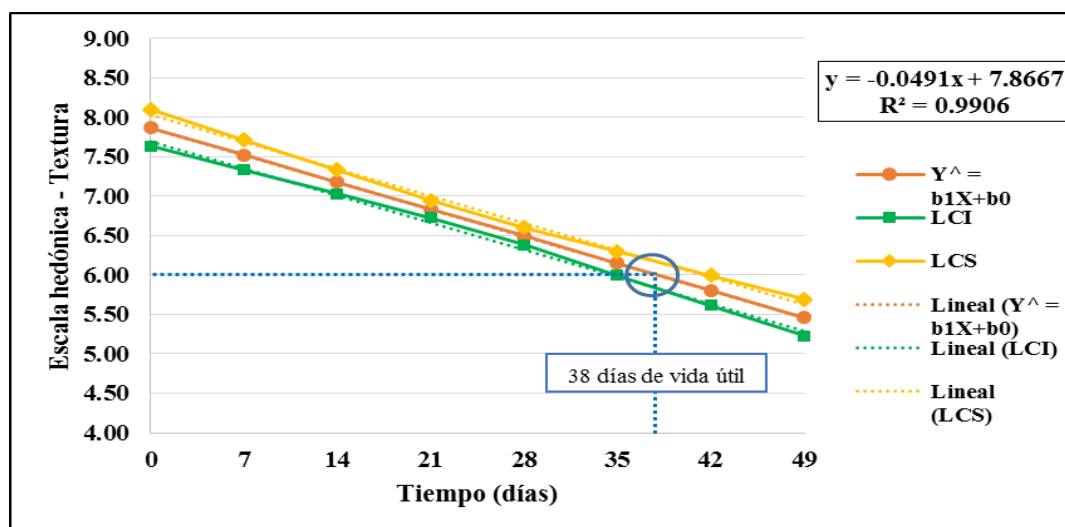


Gráfico 41: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo textura sensorial

4.6.3.2. Determinación de vida útil por análisis fisicoquímico

Los productos extruidos se caracterizan por el bajo contenido de humedad, la textura crocante y una actividad de agua inferior a 0.5, en estas condiciones son improbables las alteraciones microbianas, pero pueden desencadenarse otros mecanismos de deterioro como el enranciamiento de la grasa y la pérdida de textura (Revelo, 2010). Por lo tanto la vida útil se basó en la evaluación de los parámetros mencionados a continuación.

4.6.3.2.1. Actividad de agua (Aw)

Se determinó la vida útil del snack a través de la Actividad de agua debido a que es un parámetro crítico en estos alimentos.

Según Konopacka (2002), cuando los cereales expandidos sobrepasan un valor de actividad de agua de 0.5, la crocancia experimenta un rápido descenso.

Tabla 44: Actividad de agua de los mejores tratamientos durante 49 días de almacenamiento

Días	T5*	T7*
0	0.465 ± 0.012	0.440 ± 0.008
7	0.478 ± 0.005	0.468 ± 0.007
14	0.482 ± 0.008	0.479 ± 0.005
21	0.490 ± 0.004	0.496 ± 0.010
28	0.505 ± 0.004	0.518 ± 0.008
35	0.513 ± 0.011	0.524 ± 0.006
42	0.524 ± 0.006	0.530 ± 0.005
49	0.530 ± 0.009	0.545 ± 0.013

*Media de 3 repeticiones ± SD

En el gráfico 42, se observa una orientación ascendente de la actividad de agua (Aw) de los dos mejores tratamientos empacados en bolsas de polipropileno y almacenados a temperatura ambiente durante 49 días (7 semanas). Para el snack T5 el cual presenta valores más estables de acuerdo a la línea de tendencia y el coeficiente de regresión (R^2), observamos que en el día 49 de almacenamiento la Aw fue de 0.530 para el snack T5 y para el

snack T7 en el día 49 tuvo un valor de Aw de 0.545. Utilizando la ecuación de regresión lineal determinamos que la vida útil respecto a la Aw para el Snack T5 fue de 27 días y 25 días para el Snack T7.

En una investigación de Revelo (2010) los valores de actividad de agua para los snacks extruido de quinua empacados en polipropileno biorientado (BOPP) y almacenados a temperatura ambiente (17°C, 50% HR) los valores de actividad de agua no sobrepasan el nivel permitido, teniendo un valor de 0.40 a los 90 días; asimismo el producto almacenado bajo condiciones aceleradas (35°C, 90% HR) se incrementaron gradualmente hasta alcanzar un valor de 0.59 a los 30 días de almacenamiento, el extruido experimental superó el límite crítico de actividad de agua con un valor de 0.51 a los 20 días de almacenamiento.

La actividad de agua establece el grado de interacción del agua con los demás constituyentes del alimento (Vélez, 2001). La actividad de agua depende de la composición, la temperatura y el contenido de agua del alimento, este parámetro nos permite predecir la velocidad de las reacciones de deterioro y el crecimiento microbiano, influenciando en el color, olor, sabor y consistencia, un alimento con Aw baja es crujiente y quebradizo, si su Aw aumenta su textura cambia y tendrá menos vida útil (Revelo, 2010).

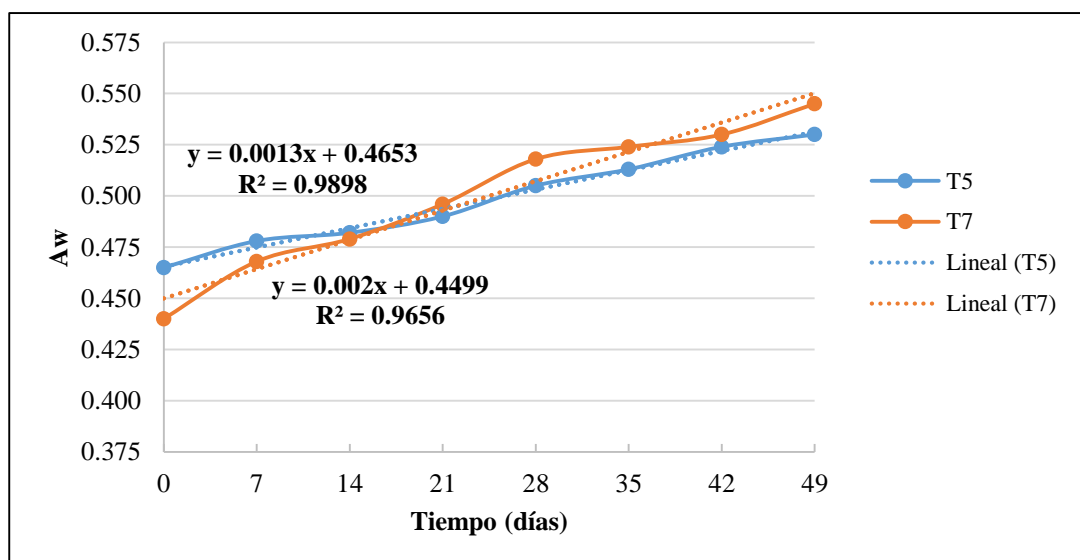


Gráfico 42: Variación de la Aw de los mejores tratamientos de snack en función del tiempo

4.6.3.2.2. Humedad

En algunas industrias alimentarias los productos extruidos como “snack” pasan por una etapa adicional de secado con el fin de tener una mayor duración del producto y preservar todas sus características. El agua es el componente más abundante de los alimentos y en términos de inocuidad alimentaria es el más importante, debido a su presencia, cantidad y naturaleza determinan varias reacciones químicas y bioquímicas importantes para el control de la calidad e inocuidad de los productos (Fenemma et al, 2010).

Tabla 45: % Humedad de los mejores tratamientos durante 49 días de almacenamiento

Días	T5*	T7*
0	4.550 ± 0.016	4.536 ± 0.014
7	4.882 ± 0.013	5.002 ± 0.015
14	5.763 ± 0.021	5.948 ± 0.025
21	6.217 ± 0.016	6.534 ± 0.016
28	6.867 ± 0.011	7.033 ± 0.012
35	7.234 ± 0.018	7.445 ± 0.016
42	8.459 ± 0.022	8.746 ± 0.012
49	9.412 ± 0.017	9.889 ± 0.018

*Media de 3 repeticiones ± SD

El gráfico 43, muestra una orientación ascendente del % Humedad de los dos mejores tratamientos empacados en bolsas de polipropileno y almacenados a temperatura ambiente durante 49 días (7 semanas). Para el snack T5 el cual presenta valores más estables de acuerdo a la línea de tendencia y el coeficiente de regresión (R^2), observamos que en el día 49 de almacenamiento la Humedad fue de 9.412 % y para el snack T7 en el día 49 fue de 9.889 % de Humedad. El snack T5 presenta menores valores de % Humedad que el Snack T7.

El contenido de humedad por sí solo, no es un factor que indica la estabilidad del alimento, también influye el comportamiento de los componentes del alimento con el agua; por esta razón diferentes alimentos con el mismo porcentaje de humedad presentan diferentes tiempos de vida útil. Un producto extruido se caracteriza por su baja humedad, al aumentar ésta puede conducir al crecimiento microbiano y descomposición (Welti y Vergara, 2002).

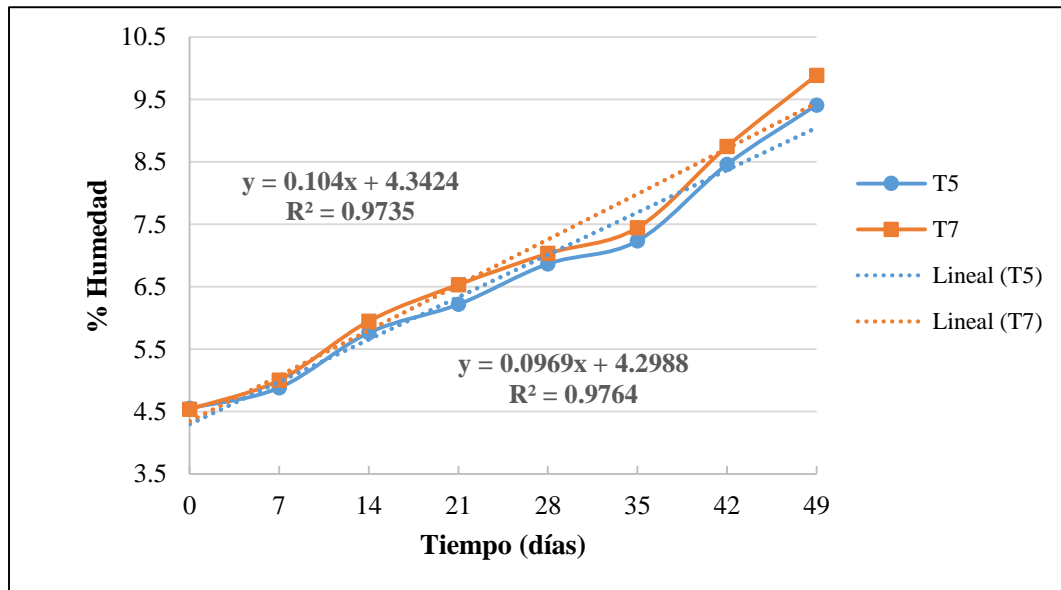


Gráfico 43: Variación del % Humedad de los mejores tratamientos de snack en función del tiempo

4.6.3.2.3. Textura

La textura de los productos extruidos es determinada por el contenido de agua, el estado físico de los componentes, el contenido de almidón, proteínas y grasa del alimento (Fellows, 1993).

Novoa (2011), menciona que la crocancia es una característica determinante para calcular la vida útil del producto, la pérdida de la crujencia causaría el rechazo del producto por parte de los consumidores. Según Clark (2006) durante la extrusión se tiene que tener en cuenta la presión, temperatura y la humedad debido a su influencia en la textura de los alimentos, para obtener un producto con textura aceptable, sabor deseable y que mejore la digestibilidad del consumidor.

Los cambios en la textura son producidos por la pérdida de agua o grasa, la formación o rotura de las emulsiones, la hidrólisis de los carbohidratos poliméricos y la coagulación o hidrólisis de las proteínas (Alcázar, 2002). La Tabla 46 muestra los resultados de Textura (mJ) de los mejores snacks.

Tabla 46: Textura (mJ) de los mejores tratamientos durante 49 días de almacenamiento

Días	T5*	T7*
0	46.707 ± 0.274	52.953 ± 0.344
7	50.923 ± 0.313	60.678 ± 0.423
14	58.345 ± 0.167	65.234 ± 0.361
21	71.376 ± 0.238	80.865 ± 0.234
28	75.646 ± 0.472	92.136 ± 0.382
35	96.743 ± 0.327	99.145 ± 0.412
42	123.346 ± 0.256	128.562 ± 0.326
49	131.719 ± 0.372	152.324 ± 0.253

*Media de 3 repeticiones ± SD

En el gráfico 44, se observa una orientación ascendente de la fuerza de compresión de los mejores tratamientos empacados en bolsas de polipropileno y almacenados a temperatura ambiente durante 49 días (7 semanas). Teniendo en cuenta la línea de tendencia el snack T5 presentó valores más estables, observamos que en el día 49 de almacenamiento tiene una fuerza de compresión de 131.719 mJ y para el snack T7 en el día 49 obtuvo 152.324 mJ. El snack T5 presenta menores valores de Textura que el Snack T7.

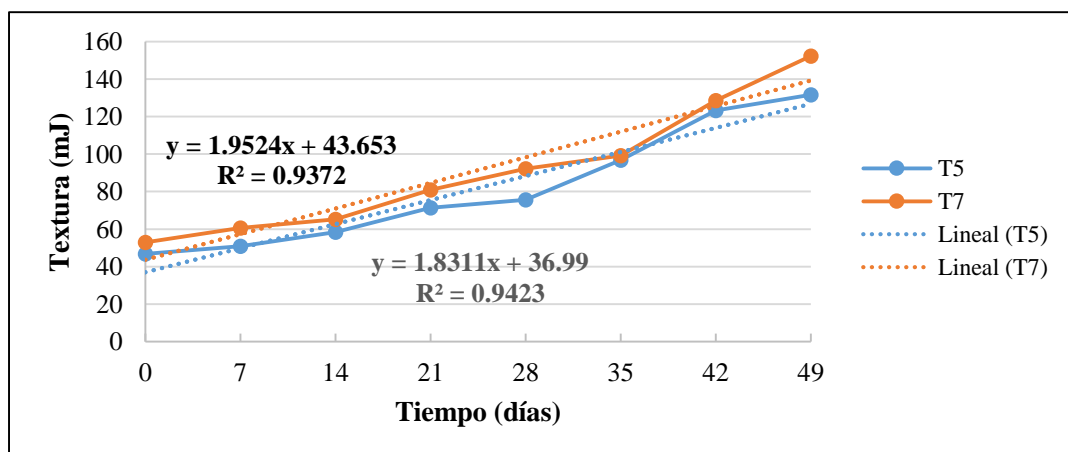


Gráfico 44: Variación de la Textura (mJ) de los mejores tratamientos de snack en función del tiempo

En la tabla 47, se muestra el resumen de los días de evaluación correspondientes al estudio de vida útil de los snacks T5 y T7 empacados en bolsas de polipropileno y almacenados a temperatura ambiente, donde se observa respecto a la evaluación sensorial de todos los atributos ambos mejores tratamientos llegan al día 49 con un valor debajo del límite (6.0).

El color sensorial tiene un mejor resultado para el Snack T7 alcanzando el valor límite (6.0) a los 44 días, para el atributo olor sensorial observamos que el Snack T5 tiene un mejor resultado que el Snack T7 alcanzando el valor límite (6.0) a los 47 días, los resultados de la evaluación sabor sensorial indican una mínima diferencia entre ambos tratamientos, siendo el Snack T5 el de mayor valor obtenido alcanzando un valor límite (6.0) a los 44 días. En cuanto a la textura sensorial el Snack T5 alcanza un valor límite (6.0) a los 41 días, valor superado al Snack T7.

Además de la evaluación sensorial tenemos el análisis fisicoquímico, los resultados de la Aw según la regresión cinética manifiestan que el Snack T5 hasta el día 27 se mantiene por debajo del límite (0.5) y el Snack T7 hasta el día 25, en cuanto al análisis de % Humedad y Textura (mJ), el Snack T5 obtuvo menores valores en el transcurso de su almacenamiento con respecto al Snack T7, un snack requiere baja humedad y fuerza de compresión para que no afecte su conservación y no permita que bacterias, mohos y levaduras entren en el alimento, además una de las características del snack es que no pierda su crujencia y se vuelva un alimento duro de masticar.

Por lo tanto tenemos como óptimo tratamiento al snack T5 (Temp. 2 = 95°C; F2 = H.Arroz: 90% - H.Pallar: 10%) ya que tiene mayor aceptabilidad sensorial y calidad tecnológica, teniendo en cuenta que el resultado de Actividad de agua es el limitante, se considera que la vida útil del Snack T5 empacado en bolsas de polipropileno es de 27 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 47: Análisis realizados durante el estudio de vida útil

Evaluación	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42	Día 49	Límite	Vida útil (días)
Color sensorial T5 *	8.3 ± 0.7	8.1 ± 0.7	7.8 ± 0.6	7.4 ± 0.5	7.0 ± 0.7	6.5 ± 0.5	5.9 ± 0.7	5.3 ± 0.5	6.0	41
Color sensorial T7 *	8.5 ± 0.5	8.2 ± 0.6	8.0 ± 0.5	7.6 ± 0.5	7.2 ± 0.4	6.6 ± 0.5	6.0 ± 0.5	5.5 ± 0.5	6.0	44
Olor sensorial T5*	8.4 ± 0.5	8.1 ± 0.6	7.8 ± 0.4	7.5 ± 0.5	7.2 ± 0.4	6.7 ± 0.7	6.3 ± 0.5	5.7 ± 0.5	6.0	47
Olor sensorial T7*	8.5 ± 0.5	7.9 ± 0.3	7.5 ± 0.5	7.3 ± 0.5	7.1 ± 0.6	6.4 ± 0.5	6.0 ± 0.7	5.6 ± 0.5	6.0	43
Sabor sensorial T5*	8.2 ± 0.4	7.8 ± 0.6	7.6 ± 0.5	7.2 ± 0.6	6.8 ± 0.4	6.5 ± 0.5	6.1 ± 0.3	5.7 ± 0.7	6.0	44
Sabor sensorial T7*	8.1 ± 0.3	7.9 ± 0.3	7.3 ± 0.5	6.9 ± 0.3	6.6 ± 0.5	6.4 ± 0.5	6.0 ± 0.2	5.8 ± 0.4	6.0	43
Textura sensorial T5*	8.0 ± 0.5	7.7 ± 0.5	7.4 ± 0.5	7.1 ± 0.6	6.7 ± 0.5	6.3 ± 0.5	5.9 ± 0.3	5.6 ± 0.5	6.0	41
Textura sensorial T7*	7.8 ± 0.6	7.5 ± 0.5	7.3 ± 0.5	6.9 ± 0.3	6.4 ± 0.5	6.2 ± 0.4	5.7 ± 0.5	5.5 ± 0.5	6.0	38
Aw T5**	0.465 ± 0.012	0.478 ± 0.005	0.485 ± 0.008	0.491 ± 0.004	0.509 ± 0.004	0.516 ± 0.011	0.524 ± 0.006	0.533 ± 0.008	0.5	27
Aw T7**	0.440 ± 0.008	0.458 ± 0.007	0.466 ± 0.005	0.481 ± 0.010	0.490 ± 0.008	0.502 ± 0.006	0.517 ± 0.005	0.524 ± 0.013	0.5	25

*Media de 10 repeticiones (panelistas) ± SD

**Media de 3 repeticiones ± SD

T5: Temp. = 95°C; F2 (H.Arroz:90% - H.Pallar:10%)

T7: Temp. = 90°C; F3 (H.Arroz:85% - H.Pallar:15 %)

4.6.4. Evaluación biológica

En la tabla 48 se muestran los resultados de la evaluación biológica de los snacks óptimos.

Tabla 48: Resultados de la evaluación biológica

Evaluación Biológica	T5*	T7*
Determinación de la Relación de Eficiencia Proteica (PER)	2.302 ± 0.137 ^a	2.162 ± 0.232 ^a
Digestibilidad aparente (DA)	85.482 ± 0.082 ^a	82.355 ± 0.112 ^b
Valor biológico (VB)	67.513 ± 0.275 ^a	66.612 ± 0.324 ^a

*Media de 3 repeticiones ± SD

T5: Temp. = 95°C; F2 (H.Arroz:90% - H.Pallar:10%)

T7: Temp. = 90°C; F3 (H.Arroz:85% - H.Pallar:15%)

Letras en superíndice: letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.5$) entre los grupos.

4.6.4.1. Relación de eficiencia proteica (PER)

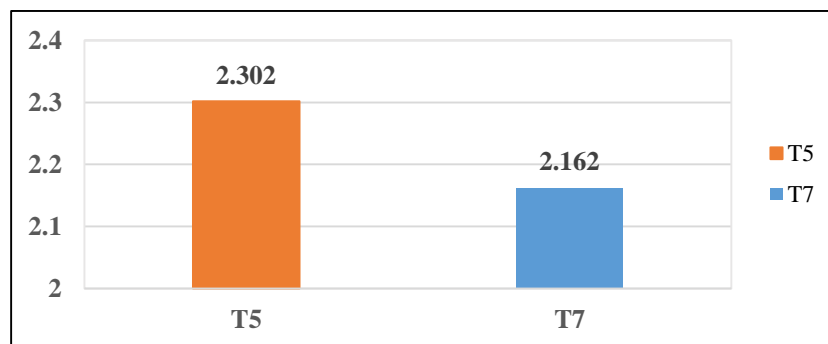


Gráfico 45: Relación de eficiencia proteica de los mejores tratamientos (PER)

El gráfico 45 muestra que el tratamiento T5 (2.302 ± 0.137) obtuvo mayor ganancia de peso respecto a las proteínas ingeridas comparada con el tratamiento T7 (2.162 ± 0.232). A una alta temperatura y corto tiempo de cocción por extrusión son capaces de completar el cocimiento al igual que a menor temperatura y mayor tiempo de tratamiento térmico, de esta manera se preserva el valor nutritivo de la proteína (Rojas, 2002).

Según Lenzi et al., (2004) nos dice que el método PER se utiliza como forma de evaluación del crecimiento y del beneficio de la proteína. El valor de PER arriba de 2 se relaciona con proteína de alta y buena calidad biológica y el valor de PER debajo de 1,5 con la proteína de baja y mala calidad. Siendo así, se puede afirmar que nuestros snacks elaborados son de buena calidad y que contienen alta proteína.

4.6.4.2. Digestibilidad aparente (DA)

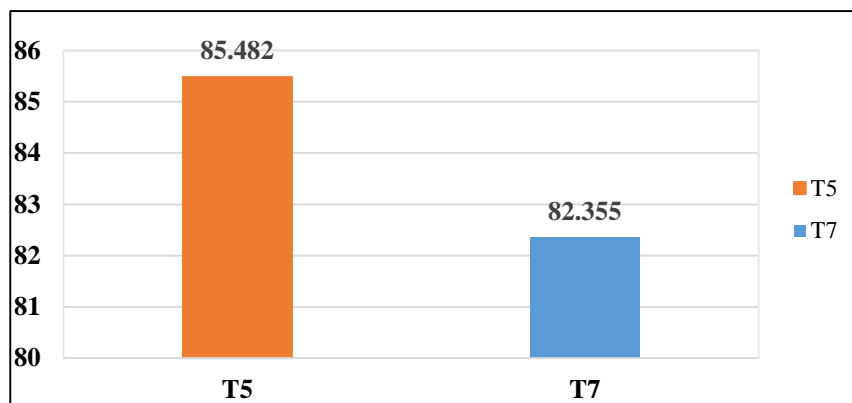


Gráfico 46: Digestibilidad aparente de los mejores tratamientos (DA)

La digestibilidad aparente fue mayor en el tratamiento T5 con un valor de $85.482 \pm 0.112\%$ frente a $82.355 \pm 0.082\%$ del tratamiento T7. Si bien es cierto que la digestibilidad por sí sola no es un indicador determinante de calidad, pero si es un factor condicionante. La digestibilidad del huevo, leche, carne y proteína aislada de soja es mayor de 95% y la de los cereales, guisantes y arroz se encuentra entre 80% y 90% (Millward y Jackson, 2003), valores congruentes con los registrados.

Estudios comparativos usando el método de balance en ratas, clasificaron los valores de la digestibilidad verdadera de la proteína en tres rangos: alta de 93 a 100 % para los alimentos de origen animal y la proteína aislada de soja. Digestibilidad intermedia con valores de 86 a 92 % para el arroz pulido, trigo entero, harina de avena y harina de soya; y el rango bajo de 70% a 85% fueron reportados para diferentes tipos de leguminosas incluyendo frijoles, maíz y lentejas (FAO/OMS, 1991). De acuerdo a esta clasificación, nuestros snack de los mejores tratamientos se encuentran en

la tercera clasificación, de acuerdo a los resultados mostrados el snack T5, es el mejor en el análisis de digestibilidad aparente.

La digestibilidad será igual a 100 cuando el nitrógeno ingerido sea totalmente absorbido. El contenido en nitrógeno en las heces representa la cantidad no absorbida, es decir la proporción de proteínas que por sus características físicas o propiedades químicas resistieron el ataque de las enzimas proteolíticas (Suárez et al., 2006)

4.6.4.3. Valor biológico (VB)

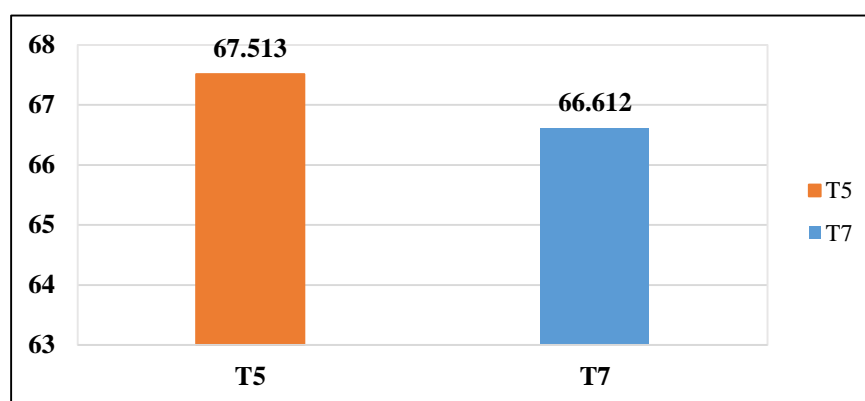


Gráfico 47: Valor biológico para los mejores tratamientos (VB)

De acuerdo a los resultados se demuestra que el tratamiento T5 aumenta el valor biológico de la proteína presentando un valor de 67.513 ± 0.275 , en comparación con el tratamiento T7 = 66.612 ± 0.324 . Según Zea Zea, (2011) el valor biológico hace referencia a la proporción de aminoácidos esenciales de los alimentos y su facilidad de asimilación por nuestro organismo. Expresa la fracción de nitrógeno absorbido y retenido por el organismo y representa la capacidad máxima de utilización de una proteína.

El valor biológico de una proteína depende de la composición de aminoácidos y de las proporciones entre ellos y es máximo cuando estas proporciones son las necesarias para satisfacer las demandas de nitrógeno para el crecimiento, la síntesis, y reparación tisular (Suárez et al., 2006)

4.6.5. Análisis microbiológico de los mejores tratamientos

Tabla 49: Determinación microbiológica de los mejores tratamientos

ENSAYO	T5	T7
<i>Aerobios mesófilos</i> (UFC/g)	< 10	< 10

Para análisis microbiológico se realizó el recuento de microorganismos de *Aerobios Mesófilos* tomando como referencia los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para productos extruidos de acuerdo a la norma estipulada R.M.N° 451- 2006/MINSA” Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a base de Granos y otros, destinados a programas de alimentación” determina como máximo un recuento de *Aerobios Mesófilos* de 10^5 .

V. CONCLUSIONES

- La harina de arroz está compuesta por $11.2678 \pm 0.0542\%$ de humedad, $8.8500 \pm 0.0200\%$ de proteínas, $1.6200 \pm 0.0208\%$ de grasas, $0.7581 \pm 0.0634\%$ de fibras, $0.4593 \pm 0.0125\%$ de cenizas y $77.0448 \pm 0.0481\%$ de carbohidratos.
- La harina de pallar está compuesta por $8.4778 \pm 0.0748\%$ de humedad, 20.3000 ± 0.0611 de proteínas, $1.7000 \pm 0.0200\%$ de grasas, $18.3860 \pm 0.0479\%$ de fibras, $4.4973 \pm 0.0042\%$ de cenizas y $46.6389 \pm 0.0599\%$ de carbohidratos.
- El snack extruido a base de harina de pallar (*Phaseolus lunatus*) y harina arroz (*Oryza sativa*) con temperatura 95°C y formulación F2 (90:10) presenta una mejor calidad en todas sus características organolépticas, fisicoquímicas y biológicas proteicas.
- El mejor tratamiento es el snack T5 (Temp.= 95°C ; F2 (H.Arroz:90% - H.Pallar:10%)) y su composición química proximal fue: humedad $4.550 \pm 0.016\%$, Proteína $10.100 \pm 0.020\%$, Grasa $1.170 \pm 0.0153\%$, Fibra $2.853 \pm 0.274\%$, Ceniza $0.766 \pm 0.021\%$ y Carbohidratos $80.561 \pm 0.062\%$.
- La calidad fisicoquímica del snack es influenciada por la temperatura de extrusión y la formulación de harina de arroz y pallar. A una temperatura mayor de extrusión y una formulación con mayor porcentaje de harina de arroz favorece el grado de gelatinización, asimismo el almidón que contiene el arroz genera un mayor grado de expansión, el contenido de amilopectina favorece a la extrusión obteniendo productos más expandidos, en cuanto a la textura se observó que a menor porcentaje de fibra se tiene un producto más suave.
- Las características fisicoquímicas del mejor snack fueron: textura instrumental: 46.707 ± 0.274 mJ, Aw: 0.465 ± 0.012 , IAA: 4.781 ± 0.081 , ISA: 0.193 ± 0.023 , GG: $94.585 \pm 2.080\%$, VE: 11.375 ± 0.158 ml/g y IE: 2.428 ± 0.034 .
- El snack T5 presentó la mayor aceptabilidad sensorial en todos sus atributos para color, olor, sabor y textura.

- Las pruebas biológicas realizado al mejor tratamiento fue: Relación de eficiencia proteica (PER) = 2.302 ± 0.137 , Digestibilidad aparente (DA) = 85.482 ± 0.082 % y Valor biológico (VB) = 67.513 ± 0.275 %.
- En el análisis microbiológico el mejor tratamiento T5 obtuvo un recuento de aerobios mesófilos inferior a 10^5 , de acuerdo a la Norma Sanitaria N° 451-2006/MINSA este valor se encuentra dentro del límite máximo permitido.
- La actividad de agua determinó el tiempo de vida útil del snack estableciéndose un período de 27 días de duración del producto.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar más investigaciones en extrusión con cereales y legumbres andinas provenientes de nuestra región Ancash, para aprovechar nuestros productos nativos y generar más puestos de trabajo.
- Realizar investigaciones en base al contenido nutricional de los productos extruidos.
- Realizar investigaciones utilizando otros parámetros de extrusión como velocidad de tornillo, % de humedad, caudal de agua, entre otros.
- Realizar un aminograma de la mejor formulación del snack para comparar el contenido de los aminoácidos reales con los valores obtenidos mediante cómputo químico.
- Realizar investigaciones para mejorar la textura pegajosa del snack que se forma entre los dientes al momento de su consumo.
- Realizar un estudio de vida útil al producto con diferentes materiales de empaque que ayuden alargar la vida útil del snack.
- Realizar una evaluación económica para demostrar la factibilidad de la elaboración del snack con el mejor tratamiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarseth, K.A., Sorensen, M., Storebakken, T., 2009. Effects of red yeast inclusions in diets for salmonids and extrusion temperature on pellet tensile strength: Weibull analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126, 75–91.
- Abril, J. 2003. *Procesos de Conservación de Alimentos*. Ed. AMV, Mudi-prensa. Madrid, España., Pp. 54-69.
- Ah-hen, K., Lehnebach, G., Lemus, R., Zura, L., Leyton, P., Vegagálvez, A., Figuerola, F., 2014. Evaluation of different starch sources in extruded feed for Atlantic salmon. *Aquacult. Nutr.* 20, 183–191.
- Alcázar, C. J. 2002. *Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias*. Segunda Edición. Zaragoza-España
- Alcázar, J. 2010. *Manual de Aprendizaje de Materias Primas Regionales*. Arequipa-Perú.
- Allen, K., Carpenter, C., & Walsh, M. 2007. Influence of protein level and starch type on extrusion -expanded whey product. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Alonso, R. A. 2000. “Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans”. *Food Chemistry*, 68: 159–165.
- Alvis, A., Vélez, C., Villada, H., Rada, M. “Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas”. *Información Tecnológica*. 2008; 19(1), 19-28.
- Anderson, R. A., 1982. Water absorption and solubility and Amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chem.* 59, 265–269.
- Anmat, 2014. *Análisis Microbiológicos de los Alimentos*. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica.
- Apro, N. 2000. *La extrusión como tecnología flexible de procesamiento de alimentos*. Jornadas de desarrollo e innovación.
- Apro, N.J., Rodríguez, J., Orbea, M.M. y Puntieri, M.V. 2004. Desarrollo de harinas compuestas precocidas por extrusión y su aplicación en planes alimentarios. *5a Jornada de Desarrollo e Innovación*. 1-2 p.

- Aranda, T. J., y Bocanegra, R. G. 2018. Evaluación de parámetros durante la extrusión de una mezcla de harinas de tarwi (*lupinus mutabilis*) y arroz (*oryza sativa*) para la producción de un snack”. Universidad Nacional del Santa.
- Bandyopadhyay, S., Rout, R., 2001. Aquafeed extrudate flow rate and pellet characteristics from low-cost single-screw extruder. *J. Aquat. Food Prod. Technol.* 10, 3–15.
- Barrera, C. G., Pérez, C. P. 2014. Formulación de una mezcla proteica a base de maca (*Lepidium peruvianum chacón*), oca (*Oxalis tuberosa*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), y tocosh por el método de extrusión” Tesis. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Baudet, C. 1977. Clasificación Taxonómica de pallar. (F. H. Camarena, Trad.).
- Bello, P.L., Contreras, S.M., Romero, R., Solorza, J., Jiménez, A. 2002. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano (variedad macho). *Agrociencia*. P: 169-180.
- Berrios, J. M. 2010. Carbohydrate Composition of Raw and Extruded Pulse Flours. *Journal of Food Research International*, 40: 531-536.
- Betancur, A. L. 2001. Comparison of the chemical composition and functional properties of *Phaseolus lunatus* prime and tailing starches. *Food Chemistry.*, (82), 217-225.
- Blanco, A., Colasuonno, P., Gadaleta, A., Mangini, G., Schiavulli, A., & Simeone, R. 2011. Quantitative trait loci for yellow pigment concentration and individual carotenoid compounds in durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 255-264.
- Borjórquez, E. 2013. Evaluación de la capacidad antimicrobiana de fracciones peptídicas de hidrolizados proteínicos de frijol lima (*Phaseolus lunatus*).
- Bravo, R. E., y Ortega, R. J. 2017. Efecto de la granulometría y formulación en la calidad de un snack extruido a base de arroz (*oryza sativa* L.), quinoa (*chenopodium quinoa* willd.) y torta desgrasada de chía (*salvia hispánica* L.). Tesis. Universidad Nacional del Santa.
- Brody, A. 2003. Predicting Packaged Food Shelf Life. *Food Technology*, Vol. 57: 100-102.
- Cadena, C. 2010. Elaboración de un snack extruido expandido a base de chocho y gritz de maiz. Quito.
- Camacho, M., Hernández, L., Navarro, Q., Aguilar, E., Zazueta, J., Gómez, C., Gallegos, J., Rocha, N., González, R. 2010. Caracterización Fisicoquímica de una

- Botana de Tercera Generación Elaborada por el Proceso de Extrusión a Partir de Harina de Maíz Azul y Almidón de Maíz. Universidad de Sonora.
- Caravaca, R. 2003. Bases de la Producción Animal. Sevilla, España.
 - Carrasco, R. R., Pilco, J. J., Encina, C. R. 2011. Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y maíz (*Zea mays L.*) p: 207-224.
 - Carrillo, I. M., Reyes, M. A. 2013. Vida de los alimentos. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Vol. 2, Núm. 3.
 - Casas, J. 1996. “Evaluación de los parámetros de extrusión de una mezcla de harina de habas y maíz usando el método de superficie de respuesta”. Tesis para optar el título de ingeniero de Industrias Alimentarias. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
 - Castillo, V. K., Ochoa, M. L., Figueroa, C. J., Delgado, L. E., Gallegos, I. J., Morales, C. J. 2009. Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (*Zea mays L.*) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal. Archivos Latinoamericanos De Nutrición, 59 (4), 425–432.
 - Cervilla, N.S. 2012. Determinación del contenido de aminoácidos en harinas de quinua de origen argentino. Evaluación de su calidad proteica, actualización en nutrición, p: 107-113.
 - Charm, 2007. Food Engineering applied to accommodate Food Regulations, quality and testing, en Alimentos: Ciencia e Ingeniería. Vol. 16: 5-8.
 - Cheftel, J. 1986. Nutritional effects of extrusion cooking. Food Chemistry., 20: 263- 283.
 - Cheftel y Cheftel. 1994. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza. España.
 - Chen, L. 2013. Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods – A review. Journal of Food Engineering, vol. 119, no. 3, p. 497-507.
 - CIAT. 2010. Produccion Eco- Eficiente del Arroz en América Latina. Bogotá, Colombia.
 - Clark, J. (2006). Texturización proceso en la industria alimentaria de cereales tecnología de los alimentos. 2da., ed. Lima, Perú, Aquarios Gráfica Editorial, 91P.

- Collazos, C., Philip, W., Viñas, E., Alvistur, J., Urquieta, A., & Vásquez, J. 1993. Composición de Alimentos de mayor consumo en el Perú. Instituto Nacional de Nutrición, Ministerio de Salud, Lima.
- Da Silva, J., Gonçalves, J., De Sousa, N., Ribeiro, M., & De Paula, C. 2013. Caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 305-319.
- Darío, A. 2007. Determinación de las condiciones de extrusión adecuadas para elaborar harina de maíz con características similares a las de una harina nixtamalizada. Tesis de posgrado para obtener el grado de Magister en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional del Litoral Facultad de Ingeniería Química.
- Delahaye, P.E., Vásquez, H., Herrera, I. y Garrido, R. 1997. Snacks de maíz enriquecidos con fibra dietética y carotenoides de la harina de zanahoria (*Daucus carota*) procesados por extrusión. *Revista de la Facultad de Agronomía* 23, 235-248. Venezuela.
- Delgado, C., Zazueta, J., Gallegos, J., Aguilar, E., Camacho, L., Rocha, N., González, R. 2011. Elaboración y Caracterización de Alimentos Botana de Tercera Generación Expandidos por Microondas Enriquecidos con Harinas de Calabaza Cehualca (*Cucurbitamoschata D*) y Maíz Amarillo (*Zea mays L.*).
- DIGESA, MINSA. R.M N°451-2006. Norma Sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos y otros, destinados a Programas Sociales de Alimentación.
- Ditudompo, S., Takhar, P. S., Ganjyal, G. M. y Hanna, M. A. 2013. The effect of temperatura and moisture on the mechanical properties of extruded cornstarch. *Journal of Texture Studies*.
- Enríquez, A. M. 2004. Extrusión en la industria alimentaria. La Habana, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia.
- Escobar, P. 2012. Determinación de la calidad proteica y aceptabilidad de tres formulaciones de tortillas de maíz y frijol tipo "snack". Universidad de San Carlos de Guatemala, 91.
- Esteller, M., Lannes, S. 2005. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 25(4): 802-806.

- FAO/OMS. 1991. Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B12. Informe de una consulta mixta de expertos FAO/OMS, FAO Alimentación y Nutrición, Roma.
- FAO/WHO/UNU. 2007. Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition.
- FAO. 1985. Elaboración de productos Agrícolas.
- FAO. 1995. Norma del Codex para el arroz.
- FAO. 2007. Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos vegetales. Primera edición. Norma del codex para el arroz . CODEX STAN 198-1995. Roma.
- FAO. 2016. Seguimiento del mercado del arroz de la FAO, XIX (4) - Diciembre de 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations, http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Rice/Images/RMM/SMA_D.
- FAO. 2017. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fellows, P. 1993. Tecnología del procesado de los alimentos. Principios y prácticas. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España.
- FEN, F. E. 2011. Rice *Oryza sativa*. FEN, 1-40.
- Fennema, O. R., Damodaran, S., Parkin, K., & Sanz, B. 2010. Química de los Alimentos III. España.
- Fernández, G., Martínez, E., Bustos, F., & Orea, A. 2004. Physicochemical properties of caseinstarch interaction obtained by extrusion process.
- Fernández, J. 2010. Estudio de la interacción de los biopolímeros caseína y almidón por el proceso de extrusión.
- Ferreira, F., Ramírez, D., Wanderlei, P. 2014. Propiedades reológicas y de adsorción de agua de harina extrudida de arroz y bagazo de cebada. *Revista Ceres*. 61 (3): 313-322.
- Friedman, M. 1996. Nutritional value of proteins from different food sources, a review. *J Agric Food Chem*.
- Fritz, M., González, R., Carrara, C., Torres, R. y Guerrero, L.C. 2006. Selección de las condiciones de extrusión para una mezcla maíz-frijol: Aspectos sensoriales y operativos. *Braz. J. Food Technol. III JIPCA, Janeiro*. 3-7.
- Fuentes, M. R. 2008. Guía de manejo y cuidado de animales de laboratorio: ratón. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.

- Gacula, M.; Singh, J. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Editorial Academic Press. Orlando, Florida.
- García, C. 2009. Revisión de aplicaciones de extrusión.
- García, M. 2008. Aperitivos obtenidos a partir de cereales.
- 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.
- González, R., Osella, C., & Gordo, N. 1996. Parámetros indicadores del tratamiento térmico en porotos de soja desactivados. (L. Serena, Ed.) *Información Tecnológica*, 119-124.
- González, R. J., Torres, R. L., De Greef, D. M., Tosi, E., & Re, E. 2002. Effects of popping and extrusion processes on some hydration properties of amaranth. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 19(4), 391-395.
- González, R. J.; Torres, R. L.; De Greef, D. M. 2002. “Extrusión-Cocción de Cereales”. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 36(2): 104-115.
- González, F. J., Maldonado, S., y Hernández, M. 2015. Atributo nutricional y nutracéutica de panqué y barritas a base de harina de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 17(3), 9-14.
- González, R., Mora, R., Hernández, H., Sánchez, M., Bello, L. 2007. Extrusion of banana starch: characterization of the extrudates. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 348-356.
- Granito, M., Guerra, M., Torres, A., Guinand, J. 2004. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna sinensis*. *Interciencia* 29: 521-526
- Guy, R. 2001. “Materias primas para la cocción por extrusión”. En *Extrusión de los alimentos*, Cap 2, Editor Guy, R, Acribia SA, Zaragoza.
- Guy, R. 2002. *Extrusión de Alimentos: Tecnología y aplicaciones*. España: Editorial Acribia S.A.
- Guy, R. 2009. *Extrusión de Alimentos: Tecnología y aplicaciones*. España: Editorial Acribia S.A.
- Harper. 1992. A Comparative analysis of single and twin screw extruders. En: *Food extrusion Sc. and technology*. Ed: Kokini J. L. Ho Ch.T.and Karwe M. Marcel Dekker Inc New York. V. 8: 139-148.

- Hashimoto, J. M., Grossmann, M. 2003. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. *International Journal of Food Science and Technology*, V. 38,n.5,p.511-517.
- Hernandez, J. R., Quintero, A., Barnard, J., Balandran, R. 2007. Functional properties of extrudates prepared with blends of wheat flour/pinto bean meal with added wheat bran. *Food Science and Technology International* 13: 301–308.
- Hom, C.M., Chakrabarty, R., Utpal, R. 2011. Optimization of rice flour (*oryza sativa l*) and lali (*metapenaeopsis stridulans*) extrusion by response surface methodology. *International Journal of Advanced Engineering Technology*. Vol. II. P. 1-11.
- Huber, G. 2001. Snacks foods from cooking extruders. En: *Snacks foods processing*, (E. Lusas y L. Rooney, eds.), Pp 315-368. Technomic Publishing. Lancaster, Pennsylvania.
- Huber, G. (2010). *Developments and Trends in Extruded Snacks*.
- Hurtado, M., Escobar, B. y Estévez, A.M. 2001. Mezclas legumbre/cereal por fritura profunda de maíz amarillo y de tres cultivares de frejol para consumo “snacks”. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 5, 303-308.
- Ibañez, M. 2000. *Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones*. Area de nutrición y bromatología. Universidad Publica de Navarra Pamplona.
- Indecopi. 2011. *Bocaditos – Requisitos*. . Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y del Protección de la Propiedad Intelectual, Perú), Lima, Perú. Revisión: 2011. 1 ed. NTP 209. 226:1984.
- INEI. 2009. Perú: *Consumo Per cápita de los Principales Alimentos 2008-2009*. Consumo de Alimentos y Bebidas.
- Jin, Z., Hsieh, F., & Huff, E. 2005. Effects of soy fiber, salt, sugar, and screw speed on physical properties and microstructure of corn meal extrudate. *Journal of Cereal Science* 22, 185-194.
- Katsube, K. 2004. Quality assessment of rice seed protein using the capillary electrophoresis method. *Actas del 4 International Crop Science Congress, I.C.S.C*, 1-5.
- Kaur, S. S. 2015. “Effect of extrusion variables (temperature, moisture) on the antinutrient components of cereal brans”. *Journal of Food Science and Technology*, 1670–1676.
- Kent, N. 2013. *Tecnología de cereales*. España: Acribia.

- Khoury, C. 2014. Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 4001–4006.
- Kirby, A. R., Ollett, A. L., Parker, R., Smith, A. C., 1988. *J. Food Eng.* 8, 247.
- Konopacka, S. (2002). “*Journal of Food Science*”, Vol. 57,p.:87.
- Laines, E. 2006. Estudio de la estabilidad del pan parcialmente horneado conservado en refrigeración. Tesis de Licenciatura, Universidad de las Américas, Puebla, México.
- Lenzi, A. K., Spreafico, F. F., Teles, B. G., Guzmán, S. M. 2008. Efecto de la semilla de linaza (*linum usitatissimum*) en el crecimiento de ratas wistar. *Rev Chil Nutr* Vol. 35, N°4, Diciembre 2008. págs: 443-451.
- Limón, V., Zazueta, J., Martínez, F., Aguilar, E., Camacho, L., Jacobo, N. 2011. Propiedades Fisicoquímicas y Microestructurales de Pellets elaborados con Maíz de Calidad Proteínica Enriquecidos con Concentrado Proteínico de Leche por Extrusión. Tesis de posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Llopart, E. 2011. “Efectos de las condiciones de extrusión en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de productos extrudidos de sorgo integral de bajo contenido de taninos” Tesis postgrado. Universidad Nacional del Litoral. Argentina.
- Man, D. 2000. *Shelf Life Evaluation of Foods*. USA: Editoril Aspen Publication.
- Manrique, N. 2007. Caracterización de mezclas de almidones de mango y plátano pregelatinizados mediante diferentes condiciones de extrusión. *Agrociencia*. Vol. 41. México.
- Maroulis, Z. B.; Thymi, S.; Krokida, M. K.; Pappa, A. 2004. “Structural properties of extruded corn starch”. *Journal of Food Engineering*. 68(4): 519-526.
- Martel, R. 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.
- Martínez, O., Martínez, E. 2006. Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutr. Hosp.* 21 (Supl. 2) 1-14.
- Mataix, J. 2012. *Nutrición y Alimentación Humana: Nutrientes y Alimentos*. Barcelona: Océano.

- Meilgaard, M., Vance, G., Thomas, B. 2007. Sensory Evaluation Techniques. 4ta ed., pp. 108-120. Florida. CRC Press.
- MELGAR, L. E. 2012. Asistencia tecnica dirigida en manejo y sanidad en el cultivo de pallar. Guia Técnica, 4.
- Mercier, C., Linko, J.M., Harper. 1998. Extrusion Cooking. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, USA. P. 471.
- Millward, D., & Jackson, A. 2003. Protein/energy ratios of current diets in developed and developing countries compared with a safe protein/energy ratio: implication for recommended protein and amino acid intake. Health Nutr.
- Minagri. 2016. Boletín producción comercialización avicola. Tomado de: <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/prodagri-cola-pecuaria-avicola/2016/boletin-produccion-comercializacion-avicola-marzo.2016.pdf>
- MINAGRI. Mayo de 2017. Informe del Arroz. (J. M. Reategui, Ed.) Dirección General de Políticas Agrarias-MINAGRI, 1-9.
- Minolta. (1993). Precise color communication. Manual de colorímetros.
- MINSAL, 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. Ministerio de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima – Perú.
- Miranda, V.P., Marrugo, L.Y., Montero, C.P. 2013. Caracterización Funcional del Almidón de Frijol Zaragoza (*Phaseolus Lunatus L.*) y su Cuantificación de su almidón Resistente. Tecnológicas, ISSN 0123-7799, N° 30, pp. 17-32.
- Morales, P. B. 2015. Novel fiber-rich lentil flours as snack-type functional foods: an extrusion cooking effect on bioactive compounds. Journal of Functional Foods, 3135-3143.
- Moraru C. I, J. Kokini L. 2009. Nucleation and expansion during extrusion and microwave heating of cereal foods. Comp. Reviews Food Science and Food Safety 2: 120-138.
- Moughan, P. 2012. Dietary protein for human health. Nutricion, 108 (Suppl S2); S1-2.
- Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia., Corredor G., Romero, A., Jacobsens, E. 2006. Agroindustria de la Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) en los Países Andinos. Puno-Perú.
- Valiño, E., Marrugo, L., Cervilla N. 2015. Mejora del valor nutritivo de las leguminosas temporales *Vigna unguiculata*, *Canavalia ensiformis*, *Stizolobium*

- niveum*, *Lablab purpureus* mediante el procesamiento de sus granos con *Trichoderma viride*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. p: 81-89.
- Navarro. 2014. El guandul (*Cajanus cajan*) una alternativa en la industria de los alimentos.
 - Novoa, D. 2012 ingeniería y calidad de alimentos y calidad de alimentos .textura y parámetros texturales de la galleta, Cali, Colombia .en línea: <http://diegonova.wordpress.com/2011/01/29/textura-y-parametros-texturalesdela-galleta/> citado el 22 de enero del 2012.
 - NTP.205.011. (2014). Arroz. Arroz Elaborado. Requisitos
 - Nutriguia. 2003. Harina de Arroz . Guia de Nutricion, Tomado de [<http://www.guia-nutricion.com/harina-de-arroz/>].
 - OMS. 2017. Carencia de micronutrientes. World Health Organization.
 - Ormeño. 2015. Genomic analysis of three Bradyrhizobium geno(species) nodulating Lima bean (*Phaseolus lunatus L.*) in Peru. XV SEFIN.
 - Padrón, C. 2010. “Procesamiento digital de imágenes de frutos de semeruco (*Malpighia glabra L.*) durante el crecimiento y maduración”, En: Revista Científica Electrónica de Agronomía, Garca, vol. 17, No. 2, pp, 1-17.
 - Padrón, C. A., Padrón, G. M., Montes, A. I., Oropeza, R. A. 2012. “Determinación de color en epicarpio de tomates (*Lycopersicum esculentum Mill.*) con sistema de visión computarizada durante su maduración”. En Agronomía Costarricense, pp. 97-111.
 - Pastor, C., Drago, R., Gonzáles, R., Pastor, J., Alaiz, M., & Vioque, J. 2011. Effects of the addition of wild legumes (*Lathyrus annuus* and *Lathyrus clymenum*) on the physical and nutritional properties of extruded products based on whole corn and brown rice. Food Chemistry.
 - Paula, A.M., Conti, A.C. 2014. Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 121: 9-14
 - Pérez, C., Betancourt, D., Cassotto, M., Carmona, A., Tovar, J. 2007. Efecto de la extrusión sobre la biodisponibilidad de proteína y almidón en mezclas de harinas de maíz y frijol lima. Archivos latinoamericanos de nutrición. 57 (3). 278-286 pp.
 - Pérez, C., Cruz, R., Chel, L., Betancur, D. 2006. Caracterización física de extrudidos preparados con mezclas de harinas de maíz (*Zea mays l.*) y frijol lima (*Phaseolus lunatus l.*) Revista Mexicana de Ingeniería Química, vol. 5, núm. 2,

- 2006, pp. 145-155. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Distrito Federal, México.
- Pérez, C. 2007. Efecto de la extrusión sobre la biodisponibilidad de proteína y almidón en mezclas de harinas de maíz y frijol lima . Arch. Latinoam Nutr. 57, 3.
 - Pérez, G. 2007. Fundamentos del trabajo con animales de laboratorio en proyectos de investigación. Revista del Hospital J.M. Ramos Mejía.
 - Pérez, O. J. 2012. Tecnología de alimentos extruidos. Cuba.
 - Ponce, J. (2010). Elaboración de un extruido a base de cereales. Quito.
 - Pszczola, D.E. 2002. Preview Update-50 Ingredient Hot Spots Highlighted Ingredients. Food Technology - Chicago, 56(6), 32-55.
 - Rahman, M. S. Food stability determination by macro–micro region concept in the state diagram and by defining a critical temperature. J. Food Eng. 2010, 99, 402-416.
 - Ramírez, J. E. 2013. Caracterización físico-química de pellets extruidos de torta de higuerilla (*Ricinus comunis l*) visando su uso en alimentos balanceados. Embrapa Agroindústria de Alimentos, 1-6.
 - Revelo, A. 2010. Desarrollo y Evaluación de las Tecnologías de un Snack Laminado a partir de la Quinoa. Tesis Pregrado Ingeniería Agroindustrial, Quito.
 - Reyes G., Gómez S., Espinoza B., Bravo R., 2009. "Tablas Peruanas de composición de alimentos". Centro Nacional de alimentos y nutrición Lima.
 - Reyes, M. S. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.
 - Rodrigues, J., Beltrame, S., Maciero, M., Grotto, P., Cervejeira, B., & Godoy, E. 2011. Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais. Revista Tecnológica, 21-28.
 - Rodriguez, E., Sandoval, G., Cortes, M. 2012. Effect of quinoa and potato flours on the thermomechanical and breadmaking properties of wheat flour. Braz. J. Chem. Eng. 29(3):503-510.
 - Rodríguez, M. J., Ramírez, W. B., Vivar, V. M., Solís, S. A., Gómez, A. A., Castro, R. J., Medrano, R. H., Delgado, L. E. 2014. Efecto de la concentración de harina de frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*), contenido de humedad y temperatura de extrusión sobre las propiedades funcionales de alimentos acuícolas. Revista mexicana de Ingeniería química. Vol.13, N°3, p. 649-663.

- Rojas, G., 2002. Efecto del Tratamiento Térmico de la extrusión sobre la calidad proteica del Frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) del tipo Panamito. Tesis. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- Sacchetti, G., Pinnavaia, G., Guidoliu, E., Rosa, D. 2004. Effect of extrusión temperatura and feed composition on functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour based snack like products. *Food Research International* 73: 527-534.
- Salas, A. 2012. Aplicación del sistema haccp en los alimentos extruidos. Quito.
- Salas, W. A. 2003. Aplicación del sistema HACCP en el proceso de elaboración de alimentos de reconstitución instantánea a base de cereales extruidos. UNMSM Lima Perú.
- Sánchez, P. T. 2003. Procesos de elaboración de alimentos y bebidas.
- Sancho, J., Bota, E., Castro, J. 2009. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Editorial Alfaomega. México, D.F.
- Segura, M., Betancur, D. 2013. Bioactividad de péptidos derivados de proteínas alimentarias, *Omnia Science*, pp 139-154, Barcelona, España.
- Seker, M. 2005. Residence time distributions of starch with high moisture content in a single-screw extruder *J of Food Eng* .67.
- Silva E. 2007. Produção de macarrão pré-cozido à base de farinha mista de arroz integral e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão – Instituto de Tecnologia, Universidad Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Silva, J., Meneses, T., Cárdenas, M. 2013. Compendio de Normas Sanitarias Peruanas. Centro de formación continua. Inocua, calidad e inocuidad alimentaria.
- Shih, F. 2003. An update on the processing of high-protein rice products. *Review, Nahrung/Food*; 47 (6): 420-424.
- Suárez, M. M., Kizlansky, A., López, L.B. 2006. Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. Tesis. Universidad de Buenos Aires. p: 47-51.
- Teba, S. 2014. Desenvolvimento y caracterización de harinas mixtas extruidas de arroz y concentrado proteico de suero de leche bovino para la elaboración de bizcochos y papilla. Para la obtención en doctorado en Ciencias de la Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro. p: 115.
- Thomas, D. J., Atwell, W.A. 2004. Starches. *The Eagan Press Handbook Series*, New York, USA. p.101.

- Toro, R. G., Ancco, V. T., Ramos, H. D. 2014. Determinación de vida útil en anaquel de pan libre de gluten a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) envasado en polietileno y polipropileno. Universidad Nacional José María Arguedas. p: 68-71.
- Tovar, C. A. 2012. Caracterización física y mecánica de sémola de maíz extruida bajo diferentes condiciones de operación. Tesis. Venezuela, Universidad Simón Bolívar.
- Tovar, C., Hernández, E., Perafán, A., Enríquez, M., Portilla, Y., Ceron, L. 2017. Evaluación del efecto del proceso de extrusión en harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) normal y germinada. Vol. 15. No. 2.
- Túpac, 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.
- Valls P, 1993, IX curso de especialidad FEDNA, investigación el proceso de extrusión en cereal de habas de soja. Barcelona dictada el 8 y 9 de noviembre de 1993, publicada en http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Extrusi%C3%B3n_y_su_efecto.pdf. revisada (15. Agosto del 2016).
- Vasanthan, T. Y. 2001. Dextrinization of starch in barley flours with thermostable alpha-amylase by extrusion cooking. . Starch/Stärke 53, 616- 622.
- Velásquez, H. 2007. Interacción entre Bradyrhizobium sp. y micorrizas vesicales o arbusculares en el rendimiento de palmar (*Phaseolus lunatus L.*). . Tesis Ingeniero Agrónomo. UNALM.
- Velez, J, 2001. Métodos para medir propiedades en industrias de alimentos citados por Alvarado, J., Aguilera, M. Eds. Propiedades de difusión y análogas; Actividad acuosa. Ed. Acribia, Zaragoza-España. 12 pág.
- Veli, R. 1999. Efecto del abonamiento y la densidad de siembra en el rendimiento del pallar (*Phaseolus lunatus L.*) cv. G-25237 de crecimiento determinado bajo el sistema de rigo por goteo. Lima, Perú.
- Vílchez, L., Guevara, A., Encina, C. 2012. Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (*Lepidium meyenii Walp*). P 126-137.
- Walter, M., Marchezan, E. Julio de 2008. Arroz: composição e características nutricionais. Ciência Rural, 38(4), 1184 -1192.

- Wambugu, P., Furtado, A., Waters, D., Nyamongo, D., & Henry, R. 2013. Conservation and utilization of African Oryza genetic resources. *the rice journal*, 6:29.
- Welti, J., Vergara, F. 2002. “Actividad de agua. Concepto y aplicación en alimentos con alto contenido de humedad” en *Temas en Tecnología de Alimentos*, Volumen 1, Editorial Alfaomega, p.:14.
- Wittig, E. 2001. *Evaluación Sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos*. Test de valoración de calidad con escala por parámetro.
- Yellavila, S., Agbenorhevi1, J., Asibuo, J., Sampson, G. 2015. Proximate Composition, Minerals Content and Functional Properties of Five Lima Bean Accessions. P. 65-75.
- Yewande. 2015. Effects of processing methods on nutritive values of Ekuru from two cultivars of beans (*Vigna unguiculata* and *Vigna angustifoliata*).
- Zea Zea, C. 2011. *Determinación Biológica de la Calidad Proteica en Harina de Quinoa Extruida de la Variedad Negra Collana*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, E.P de Ingeniería Agroindustrial, Puno.
- Zhai, C. K., Lu, C. M., Zhang, X. Q., & Sun, G. J. 2001. Comparative study on nutritional value of Chinese and North American wild rice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14: 371-382.

VIII. ANEXOS

ANEXO I. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Anexo 1.1: Determinación de la Humedad

Se empleó el Método por desecación en estufa (AOAC, 1990). El método se aplica para alimentos sólidos, líquidos o pastosos no susceptibles a degradación al ser sometidos a temperaturas superiores a 105°C. Efectuar el análisis por triplicado.

Procedimiento:

- Colocar las placas limpias y secas por una hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.
- Sacar de la estufa y llevar al desecador hasta enfriar.
- Pesar las placas en la balanza analítica y registrar como P₁.
- Pesar 5 g. de muestra (snack molido) y registrar como P₂.
- Colocar las placas en estufa por 2.5 horas a 105°C.
- Dejar enfriar en el desecador y luego pesar las placas con la muestra seca P₃.

El cálculo del % humedad se determina con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100$$

P1 = Peso de la placa vacía

P2 = Peso de la placa más la muestra antes del secado

P3 = Peso de la placa más la muestras después del secado



Placas con muestras de snack en la estufa



Enfriado en el desecador

Anexo 1.2: Determinación de cenizas

La determinación de cenizas en los alimentos es referida como el análisis de residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha incinerado. 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. El porcentaje de cenizas se determinó mediante el “Método de Incineración”. AOAC (1984).

Procedimiento:

- Colocar el crisol en la mufla a 550°C durante 1 hora, luego pasarlo al desecador y dejarlo enfriar hasta temperatura ambiente, posteriormente pesar el crisol.
- Pesar 1 g de muestra en el crisol e incinerar en la cocina eléctrica hasta que no desprenda humo y las paredes del crisol estén blancas.
- Colocar el crisol con la muestra en la mufla a 550°C y calcinar durante 3 horas, hasta conseguir unas cenizas blancas o blanco grisáceo.
- Extraer el crisol de la mufla y enfriarlo en el desecador durante 30 minutos a temperatura ambiente y luego pesar el residuo.

El porcentaje de cenizas de la muestra se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{P_1 - P}{m} \times 100$$

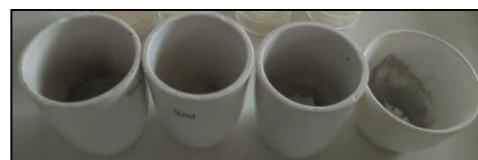
P_1 = Peso del crisol con las cenizas (muestra calcinada)

P = Peso del crisol vacío

m = Peso de la muestra



Mufla



Crisoles con muestra de snack

Anexo 1.3: Determinación de fibra

- Se pesó 1 g de muestra por duplicado (M1 y M2). En conjunto con las muestras se corrieron dos blancos (B1 y B2).
- Se mezclaron con 50 ml de buffer fosfato de pH 8.2 a 24°C.
- Se añadió 50 µl de solución de α -amilasa termoestable.
- Se incubó a baño maría por 30 min. a 95-100°C
- Se enfrió las muestras hasta 60°C.
- Se añadieron 100 µl de solución de proteasa a las muestras y blancos.
- Se incubó a baño maría a 60°C con agitación constante durante 30 minutos.
- Se ajustó el pH al intervalo 4,0-4,7 con NaOH 5% o HCl 5%.
- Se añadió 200 µl de amiloglucosidasa y se incubó en baño maría a 60°C durante 30 minutos.

FIBRA DIETÉTICA TOTAL (FDT)

- Se añadió 225 ml de etanol 95% a 60°C en cada muestra y blancos.
- Se dejó precipitar durante 1 hora.
- Se filtró el precipitado de cada digestión enzimática a través de un crisol con Celite, utilizando una bomba de vacío.

FDI (Fibra Dietética Insoluble):

- Se lavó el residuo filtrado con dos alícuotas de 15 ml de: a) Etanol 95%. b) Acetona.
- Se secó los crisoles con el residuo en una estufa a 105°C.
- Se enfrió y se pesó los crisoles para obtener el peso de los residuos.
- Se llevó a la mufla para análisis de cenizas de los residuos de M1 y B1.
- Se determinó la proteína por el método Kjeldahl x 6.25 para M2 y B2.
- Se calculó el contenido de fibra insoluble.

FDS (Fibra Dietética Soluble):

- Se lavó dos veces con 10 ml de agua destilada a 70°C.
- El filtrado y sus lavados con agua se ajustó a un peso de 80 g cada solución y se añadieron 320 ml de etanol al 95% precalentado a 60°C.

- Se formó un precipitado a temperatura ambiente durante 1 hora.
- Se filtró cada precipitado a través de un crisol con Celite, trasvasando todo el líquido y precipitado de manera cuantitativa con etanol 95%, utilizando una bomba de vacío.
- Se lavó el residuo filtrado con dos alícuotas de 15 ml de: a) Etanol 95%. b) Acetona
- Se enfrió y se pesó los crisoles para obtener el peso de los residuos.
- Se llevó a la mufla para análisis de cenizas de los residuos de M1 y B1.
- Se determinó la proteína por el método Kjeldahl x 6.25 para M2 y B2.
- Se calculó el contenido de fibra soluble.

Mediante la fórmula siguiente, calcular el % de FD de la muestra:

$$\% FD = \frac{\frac{R1 + R2}{2} - C - P - B}{\frac{M1 + M2}{2}}$$

M1: muestra 1 (g)

M2: muestra 2 (g)

R1: residuo de M1 (g)

R2: residuo de M2 (g)

C: ceniza de R1

P: proteína de R2

B: blanco



Muestra del snack con el buffer fosfato



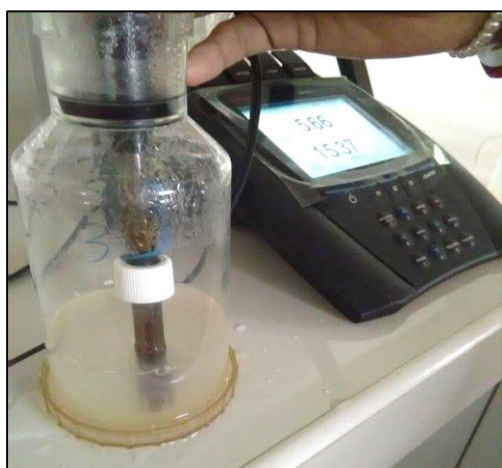
Baño maría



Adición de la enzima



Incubación a baño maría a 60 °C



Ajustando el pH y adición de enzima



Frascos retirados de baño maría

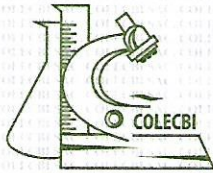


Adición de etanol al 95 %



Crisoles con residuos para analizar ceniza

Anexo 1.4: Análisis de proteínas y grasas



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20170906-007

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : **MARIA ROXANA ANELLANEDA TEJADA .**
DIRECCIÓN : **Urb. Bellamar Mz:G3 Lt:11- Nuevo Chimbote .**
PRODUCTO DECLARADO : **ABAJO INDICADO.**
CANTIDAD DE MUESTRA : **04 muestras**
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : **En bolsa de polietileno transparente y cerrada.**
FECHA DE RECEPCIÓN : **2017-09-06**
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : **2017-09-06**
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : **2017-09-06**
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : **En buen estado. Refrigeradas.**
ENSAYOS REALIZADOS EN : **Laboratorio Físico Químico.**
CÓDIGO COLECBI : **SS 170906-4**

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRAS			
	Harina de Pallar	Harina de Arroz	Snak F2 (90% Arroz + 10% Pallar) T 95°C	Snak F9 (85% Arroz + 15% Pallar) T 90°C
Proteínas (%) Factor 6,25	20,30	8,85	10,10	11,75
Grasa (%)	1,70	1,62	1,17	1,20

METODOLOGÍA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006.


Grasa : UNE 64021 1970

NOTA :

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C., sobre muestras ingresadas por el cliente.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión, Nuevo Chimbote, Setiembre 07 del 2017.

GVR/jms


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 320
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO II CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Anexo 2.1: Determinación de la Actividad de agua

- Pesar de 2 g. de las muestras (molido) y agregar en el recipiente del equipo.
- Colocar el recipiente con la muestra dentro del equipo analizador de actividad de agua.
- Esperar hasta que se estabilice la lectura automática del equipo
- Anotar los resultados mostrados en el equipo.
- Realizar cada el análisis de cada muestra por triplicado.



Muestra de snack molido

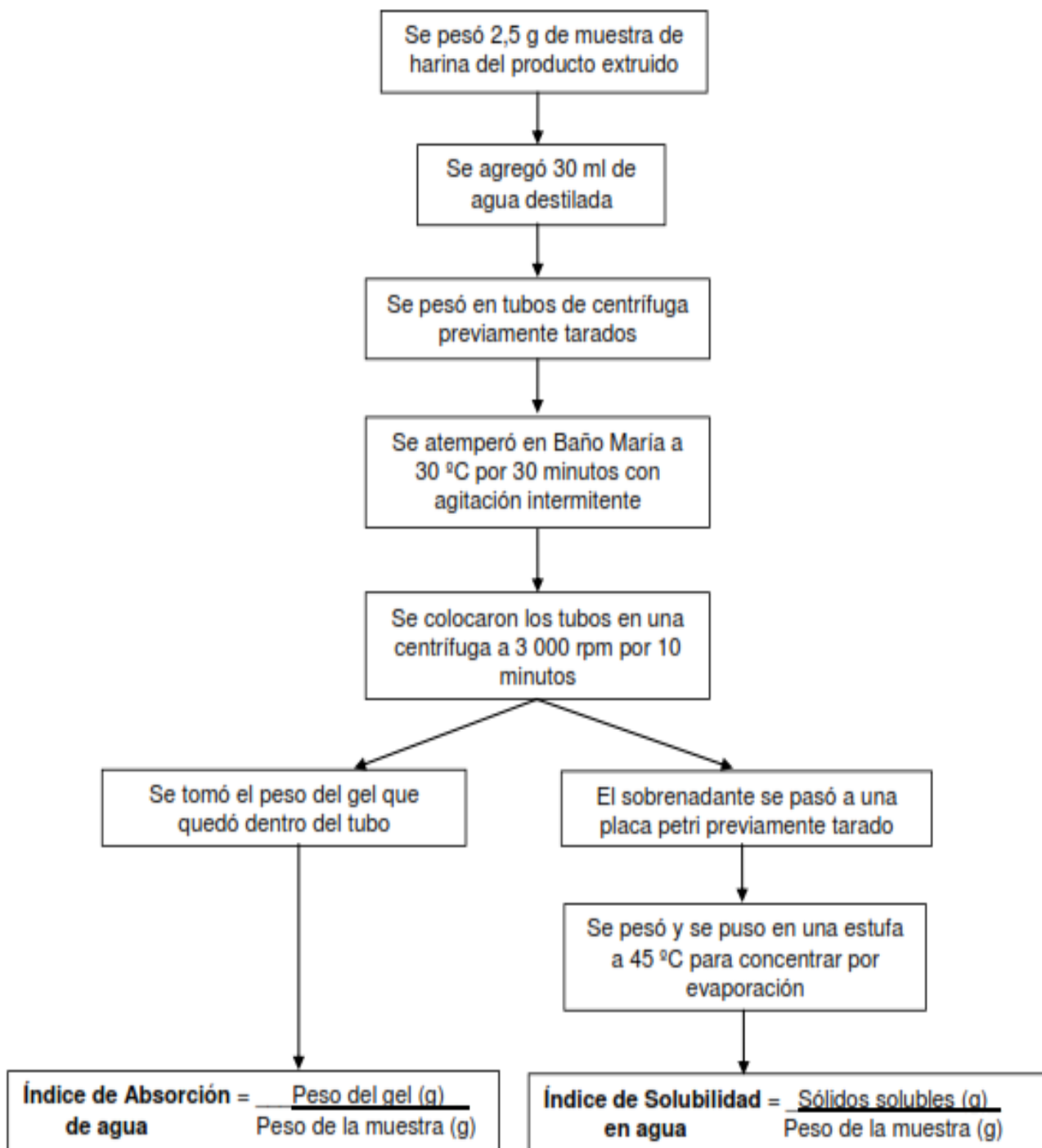


9 Tratamientos de snack molidos



Medición de la Actividad del agua

Anexo 2.2: Determinación del Índice de absorción en agua (IAA) e Índice de solubilidad en agua (ISA)





Muestra molida de snack con 12 ml de agua destilada



Agitación de la muestra para homogenizar



Centrífuga a 3000 rpm por 10 min.



Gel de la muestra



Placas con sobrenadante en estufa previamente tarado



Placas después de la estufa



Solución soluble seca



Pesar el sobrenadante seco

ANEXO III ANÁLISIS SENSORIAL

Anexo 3.1: Formato de evaluación sensorial para determinar los mejores tratamientos

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRE:

FECHA:

SEXO: MASCULINO

EDAD:

FEMENINO

Indicaciones:

Por favor, pruebe cada una de las muestras de izquierda a derecha e indique su nivel de agrado respecto a la característica de cada muestra colocando el número de acuerdo a la escala mostrada en la parte inferior. Antes de evaluar otra muestra beba un poco de agua.

PUNTAJE	DEFINICIÓN
1	Me disgusta muchísimo
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta ligeramente
5	Ni me gusta/ Ni me disgusta
6	Me gusta ligeramente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

MUESTRA	COLOR	AROMA	TEXTURA	SABOR

COMENTARIOS:

.....

¡Gracias!

Anexo 3.2: Formato de evaluación sensorial de los mejores tratamientos para determinar la vida útil.

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRE:

.....

FECHA:

SEXO: MASCULINO

EDAD:

FEMENINO

Indicaciones:

Por favor, pruebe cada una de las muestras de izquierda a derecha e indique su nivel de agrado respecto a la característica de cada muestra colocando el número de acuerdo a la escala mostrada en la parte inferior. Antes de evaluar otra muestra beba un poco de agua.

PUNTAJE	DEFINICIÓN
1	Me disgusta muchísimo
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta ligeramente
5	Ni me gusta/ Ni me disgusta
6	Me gusta ligeramente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

MUESTRA	COLOR	AROMA	TEXTURA	SABOR

COMENTARIOS:

¡Gracias!

Anexo 3.3: Análisis de varianza para los atributos color, olor, sabor y textura.

Anexo 3.3.1: Atributo color sensorial

Tabla 1: Análisis de varianza (ANOVA) para el color sensorial

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (0.05)	Sig.
Temperatura	0.3852	2	0.1926	0.3184	3.04	
Formulación	1.2074	2	0.6037	0.9981	3.04	
Temp * Form	6.0815	4	1.5204	2.5136	2.42	*
Error	157.8667	261	0.6049			
Total	165.5407	269				

En el análisis de varianza para el atributo de color se realizó los contrastes al nivel de significancia del 5%, se observa que el F calculado es mayor que el F tabulado en las interacciones de los factores temperatura y formulación, es decir presentó diferencias significativas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

En la siguiente figura utilizando una de las herramientas de calidad como es el histograma se observa los tratamientos de snacks extruidos para ver el grado de aceptabilidad del color.

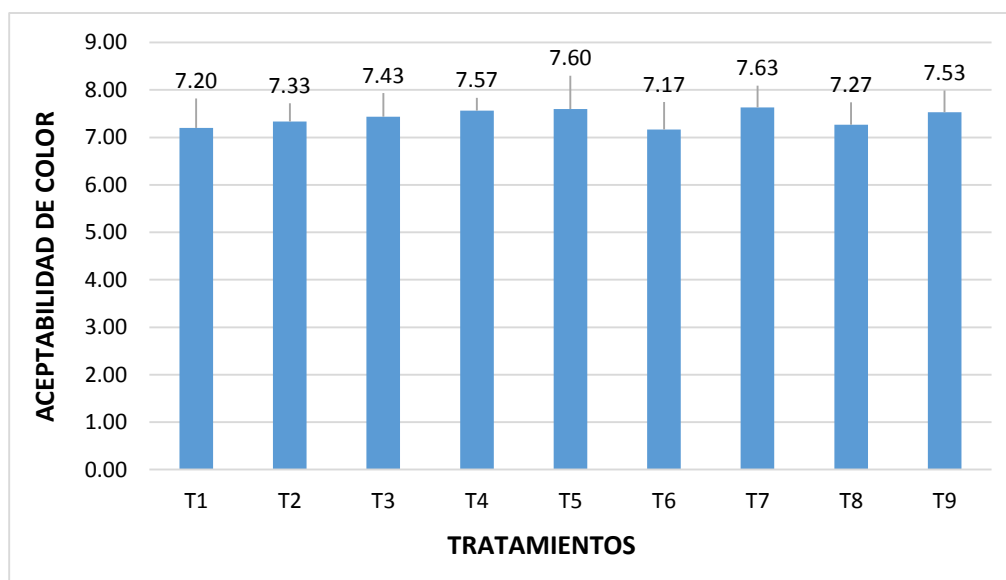


Gráfico 1: Histograma de aceptabilidad de color

Tabla 2: Datos de la evaluación sensorial para el atributo Color

TRATAMIENTO	90°C	95°C	100°C	90°C	95°C	100°C	90°C	95°C	100°C
	A:95%- P:5%	A:95%- P:5%	A:95%- P:5%	A:90%- P:10%	A:90%- P:10%	A:90%- P:10%	A:85%- P:15%	A:85%- P:15%	A:85%- P:15%
PANELISTAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	7	7	7	8	8	7	7	7	8
2	6	6	7	7	8	6	9	7	8
3	8	7	8	9	8	6	8	8	7
4	7	8	7	7	7	7	7	6	9
5	9	8	7	7	8	8	8	7	7
6	7	7	8	6	7	9	9	8	7
7	9	8	7	7	7	6	8	8	7
8	5	7	7	7	8	7	8	7	8
9	7	7	8	7	7	6	8	8	7
10	8	7	7	8	8	8	6	7	8
11	7	7	7	7	7	8	7	8	9
12	8	7	7	9	8	6	7	7	7
13	8	8	8	8	8	8	8	6	8
14	7	8	7	8	8	7	7	8	7
15	5	7	8	8	8	8	8	7	7
16	7	7	8	8	7	7	7	7	8
17	6	6	7	7	8	6	9	7	7
18	8	7	8	9	8	7	8	8	7
19	7	8	7	7	7	7	6	7	9
20	9	8	8	7	8	8	8	7	7
21	7	7	9	6	7	9	9	8	7
22	8	8	7	7	7	6	8	8	7
23	5	7	7	8	8	7	8	7	8
24	7	8	8	7	7	6	8	7	7
25	8	7	7	9	8	8	7	7	8
26	8	7	7	7	7	8	7	8	8
27	8	8	7	9	8	6	7	7	8
28	8	8	8	8	8	8	8	6	7
29	7	8	7	7	7	7	7	8	7
30	5	7	8	8	8	8	7	7	7
PROMEDIO	7.20	7.33	7.43	7.57	7.60	7.17	7.63	7.27	7.53
SUMA	216	220	223	227	228	215	229	218	226

Anexo 3.3.2: Atributo olor sensorial

Tabla 3: Análisis de varianza (ANOVA) para el olor sensorial

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (0.05)
Temperatura	0.1407	2	0.0704	0.0579	3.04
Formulación	1.3407	2	0.6704	0.5513	3.04
Temp * Form	0.3704	4	0.0926	0.0761	2.42
Error	317.3667	261	1.2160		
Total	319.2185	269			

En el análisis de varianza para el atributo de olor se realizó los contrastes al nivel de significancia del 5%, se observa que el F calculado es menor que el F tabulado en las interacciones de los factores temperatura y formulación, es decir no existe diferencias significativas, por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

En la siguiente figura utilizando una de las herramientas de calidad como es el histograma se observa los tratamientos extruidos para ver el grado de aceptabilidad del olor.

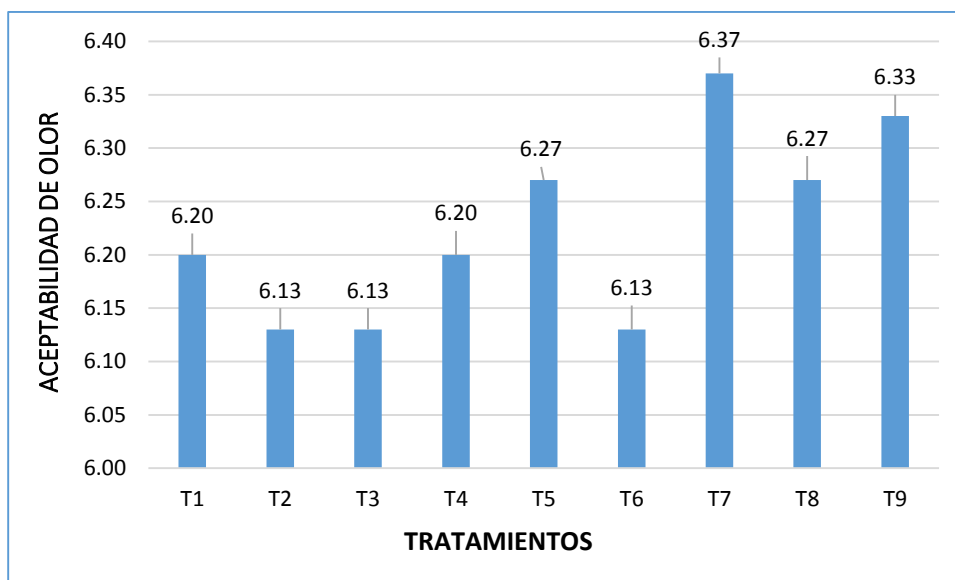


Gráfico 2: Histograma de aceptabilidad de olor

Tabla 4: Datos de la evaluación sensorial para el atributo Olor

TRATAMIENTO	90°C	95°C	100°C	90°C	95°C	100°C	90°C	95°C	100°C
	A:95%- P:5%	A:95%- P:5%	A:95%- P:5%	A:90%- P:10%	A:90%- P:10%	A:90%- P:10%	A:85%- P:15%	A:85%- P:15%	A:85%- P:15%
PANELISTAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	6	6	6	6	5	6	6	5	5
2	6	5	6	6	5	3	6	5	6
3	6	8	6	8	7	7	7	8	7
4	7	8	4	2	5	2	6	4	5
5	6	7	8	7	9	8	4	6	7
6	7	6	6	7	6	9	7	6	7
7	7	5	7	6	7	5	6	8	6
8	5	5	7	6	6	5	8	6	6
9	6	6	6	7	6	7	8	8	6
10	6	6	6	6	6	6	6	6	6
11	7	7	7	7	7	7	8	8	7
12	7	6	6	6	6	6	7	6	7
13	6	5	6	6	7	7	5	5	6
14	5	5	5	5	6	6	6	7	7
15	6	7	6	8	7	5	6	6	7
16	6	6	6	6	5	6	6	5	5
17	6	5	6	6	5	3	6	5	6
18	6	8	6	8	7	7	7	8	7
19	7	8	4	2	5	6	6	4	5
20	6	7	8	7	8	8	4	6	7
21	7	6	6	7	6	9	7	6	7
22	7	5	7	6	7	5	6	8	6
23	5	5	7	6	6	5	8	6	6
24	6	6	6	7	6	7	7	8	6
25	6	6	6	6	6	6	6	6	6
26	7	7	7	7	7	7	8	8	7
27	7	6	6	6	6	6	7	6	7
28	6	5	6	6	6	7	5	5	6
29	5	5	5	5	6	7	6	7	7
30	6	7	6	8	7	6	6	6	7
PROMEDIO	6.20	6.13	6.13	6.20	6.27	6.13	6.37	6.27	6.33
SUMA	186	184	184	186	188	184	191	188	190

Anexo 3.3.3: Atributo sabor sensorial

Tabla 5: Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor sensorial

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (0.05)
Temperatura	0.3630	2	0.1815	0.2786	3.04
Formulación	2.5852	2	1.2926	1.9841	3.04
Temp * Form	1.7926	4	0.4481	0.6879	2.42
Error	170.0333	261	0.6515		
Total	174.7741	269			

En el análisis de varianza para el atributo de sabor se realizó los contrastes al nivel de significancia del 5%, se observa que el F calculado es menor que el F tabulado en las interacciones de los factores temperatura y formulación, es decir no existe diferencias significativas, por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

En la siguiente figura utilizando una de las herramientas de calidad como es el histograma se observa los tratamientos extruidos para ver el grado de aceptabilidad del sabor.

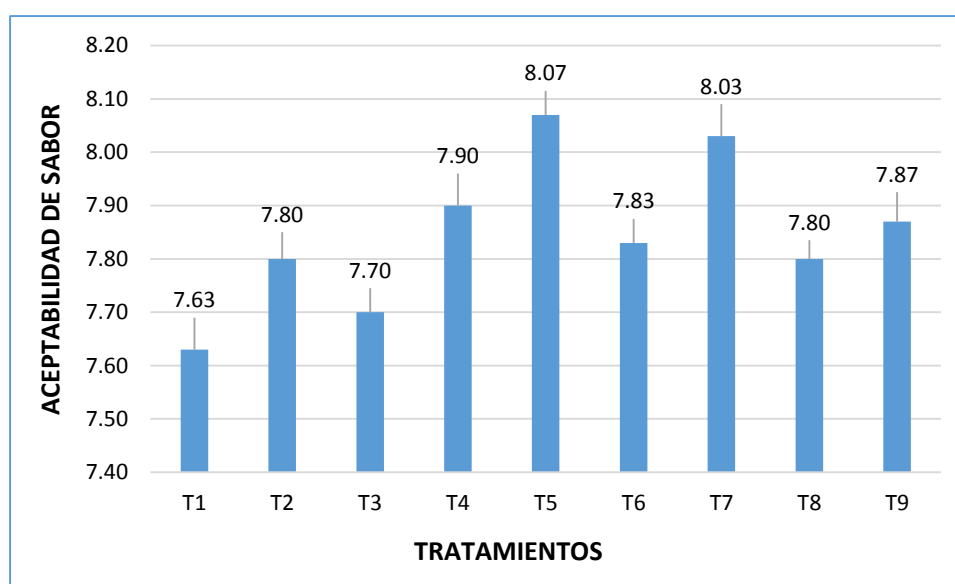


Gráfico 3: Histograma de aceptabilidad de sabor

Tabla 6: Datos de la evaluación sensorial para el atributo Sabor

TRATAMIENTO	90°C	95°C	100°C	90°C	95°C	100°C	90°C	95°C	100°C
	A:95%- P:5%	A:95%- P:5%	A:95%- P:5%	A:90%- P:10%	A:90%- P:10%	A:90%- P:10%	A:85%- P:15%	A:85%- P:15%	A:85%- P:15%
PANELISTAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	8	8	8	9	9	9	9	8	8
2	8	9	8	8	8	8	8	6	7
3	9	7	8	8	8	8	9	7	8
4	7	9	7	9	9	8	8	7	8
5	8	9	8	9	8	7	7	9	8
6	8	7	9	8	8	9	9	9	9
7	8	8	7	5	7	9	8	8	7
8	9	8	6	7	8	9	8	7	8
9	7	7	7	7	8	8	8	8	9
10	9	9	8	8	9	9	8	8	9
11	8	8	7	9	8	7	9	8	9
12	8	7	7	9	8	7	8	8	7
13	8	7	8	8	9	8	8	7	6
14	7	8	7	8	7	8	8	8	8
15	7	7	8	8	8	7	8	8	8
16	8	8	8	9	9	9	9	8	8
17	8	9	8	8	8	8	8	6	7
18	9	7	8	8	8	8	9	7	8
19	7	8	7	9	9	8	8	7	8
20	8	9	8	9	8	7	7	8	8
21	8	7	9	8	8	8	8	9	8
22	7	7	7	5	8	7	7	8	7
23	7	8	7	7	7	9	8	9	7
24	8	7	8	7	8	7	7	8	9
25	6	9	8	8	8	8	8	8	9
26	8	8	8	8	7	7	9	8	9
27	8	7	8	9	8	7	7	8	7
28	6	7	8	6	8	8	8	8	6
29	6	8	8	8	8	7	7	8	8
30	6	7	8	8	8	6	8	8	8
PROMEDIO	7.63	7.80	7.70	7.90	8.07	7.83	8.03	7.80	7.87
SUMA	229	234	231	237	242	235	241	234	236

Anexo 3.3.4: Atributo textura sensorial

Tabla 7: Análisis de varianza (ANOVA) para la textura sensorial

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (0.05)	Sig.
Temperatura	1.6074	2	0.8037	0.7501	3.04	
Formulación	17.9852	2	8.9926	8.3934	3.04	*
Temp * Form	10.7037	4	2.6759	2.4976	2.42	*
Error	279.6333	261	1.0714			
Total	309.9296	269				

En el análisis de varianza para el atributo de textura se realizó los contrastes al nivel de significancia del 5%, se observa que el F calculado es mayor que el F tabulado en las interacciones de los factores temperatura y formulación, es decir presentó diferencias significativas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

En la siguiente figura utilizando una de las herramientas de calidad como es el histograma se observa los tratamientos extruidos para ver el grado de aceptabilidad de la textura.

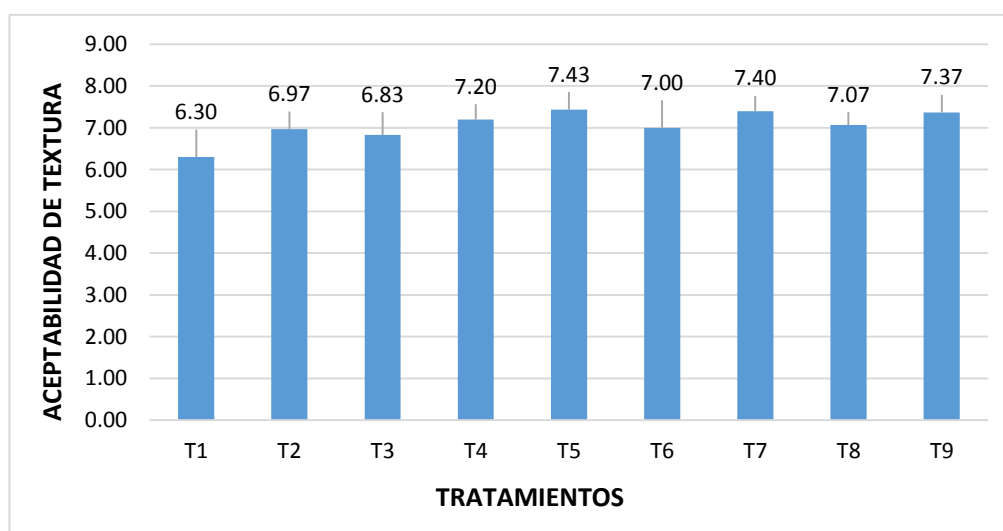


Gráfico 4: Histograma de aceptabilidad de textura

Tabla 8: Datos de la evaluación sensorial para el atributo Textura.

TRATAMIENTO	90°C	95°C	100°C	90°C	95°C	100°C	90°C	95°C	100°C
	A:95%- P:5%	A:95%- P:5%	A:95%- P:5%	A:90%- P:10%	A:90%- P:10%	A:90%- P:10%	A:85%- P:15%	A:85%- P:15%	A:85%- P:15%
PANELISTAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	5	7	6	6	9	6	8	9	7
2	6	7	6	7	7	7	6	6	6
3	5	7	7	8	7	7	8	8	7
4	6	6	5	6	6	8	8	6	6
5	8	6	6	8	7	7	6	9	9
6	7	7	8	7	7	8	9	6	9
7	6	5	7	6	9	8	5	7	7
8	6	8	5	7	8	8	8	5	7
9	6	7	6	7	8	8	7	8	6
10	8	7	8	7	7	8	7	7	9
11	7	8	9	9	7	8	9	8	7
12	6	7	7	7	6	7	7	8	8
13	8	8	8	8	6	8	8	8	8
14	6	7	6	7	6	6	7	8	8
15	6	6	6	6	8	6	7	7	8
16	6	7	6	6	8	6	8	9	8
17	7	7	6	7	8	6	6	6	6
18	9	7	9	8	8	6	8	8	7
19	9	6	5	6	7	7	8	6	6
20	6	6	6	8	7	7	7	7	6
21	5	7	8	7	7	6	9	7	7
22	5	5	7	6	8	7	5	7	6
23	7	8	5	8	8	6	8	5	7
24	5	7	6	7	8	7	7	8	7
25	7	7	8	8	8	7	8	7	7
26	5	7	6	8	8	8	8	8	8
27	5	7	8	8	8	7	8	7	8
28	5	9	7	7	7	8	8	7	9
29	6	9	9	8	8	6	7	4	9
30	6	7	9	8	7	6	7	6	8
PROMEDIO	6.30	6.97	6.83	7.20	7.43	7.00	7.40	7.07	7.37
SUMA	189	209	205	216	223	210	222	212	221

ANEXO IV DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL

Método desarrollado por Gacula y Singh, (1984).

1. Realizar las sumatorias de X e Y de datos experimentales

$$\Sigma X = X_1 + X_2 + X_3 + \dots X_n \quad (1)$$

$$\Sigma Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots Y_n \quad (2)$$

2. Determinar los promedios

n: número de datos experimentales

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} \dots \dots \dots (3)$$

$$\bar{Y} = \frac{\Sigma Y}{n} \dots \dots \dots (4)$$

3. Determinar las ΣX^2 y ΣY^2

4. Determinar la ΣXY

5. Determinar $\Sigma(X - X_p)^2 = S_{XX}$

$$\Sigma(X - X_p)(Y - Y_p) = S_{XY}$$

$$\Sigma(Y - Y_p)^2 = S_{YY}$$

6. Determinar los datos de regresión b0 y b1 (coeficiente y pendiente)

$$\bar{Y} = b_1x + b_0 \dots \dots \dots (5)$$

7. Luego fijar los datos experimentales de Y en f(X) con la ecuación (5)

Datos Exper.	Datos Exper.	Datos ajustados	Error Exp.
X	Y	$\bar{Y} = b_0 + b_1X$	$(Y - \bar{Y})(Y - \bar{Y})^2$
X	Y_1	\bar{Y}_1	$(Y_1 - \bar{Y}_1)(Y_1 - \bar{Y}_1)^2$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
X_n	Y_n	\bar{Y}_n	$(Y_n - \bar{Y}_n)(Y_n - \bar{Y}_n)^2$

$$SSe = \Sigma(Y - \bar{Y})^2 \dots \dots \dots (6)$$

8. Determinar el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe^2 = \frac{1}{n - 2} SSe = Se^2$$

$$MSe = S = \sqrt{\frac{1}{(n - 2)} SSe}$$

9. Luego para determinar la vida útil

$$\bar{X} = \frac{(Y - b_0)}{b_1}$$

10. Para hallar los intervalos de confianza para una regresión lineal del estimado b_0 y b_1 . Los intervalos de líneas rectas han sido consideradas por Acten (1957), Folks y Antle (1967), Dunn (1968) y otros. Para obtener (1- α) 100% nivel de confianza de intervalos lineales Graybill y Bowden sugieren los siguiente:

$$b_0 + b_1x \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la Tabla 9:

Tabla 9: Valores de $d\alpha$

n-2	α	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.1
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05

Fuente: Bowden y Graybill, 1966

Después de tener todos los datos se gráfica **Y^{\wedge} vs Tiempo**, **LCI vs Tiempo** y **LCS vs Tiempo** y estas rectas se interceptan con el **Límite de aceptabilidad**, donde la intercepción de **Y^{\wedge} vs Tiempo** y **Límite de aceptabilidad** se proyecta hacia el eje del tiempo para determinar hasta cuántos días el producto está en buenas condiciones de calidad e inocuidad.

Anexo 4.1: Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza del color sensorial para el snack T5 almacenado durante 49 días a temperatura ambiente.

Tabla 10: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil - Color

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X²	Y²	XY	(X-XProm)	(Y-YProm)	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	0	8.30	0	68.890	0.000	-24.500	1.263	600.250	1.594	-30.931
	7	8.10	49	65.610	56.700	-17.500	1.063	306.250	1.129	-18.594
	14	7.80	196	60.840	109.200	-10.500	0.763	110.250	0.581	-8.006
	21	7.40	441	54.760	155.400	-3.500	0.363	12.250	0.131	-1.269
	28	7.00	784	49.000	196.000	3.500	-0.037	12.250	0.001	-0.131
	35	6.50	1225	42.250	227.500	10.500	-0.538	110.250	0.289	-5.644
	42	5.90	1764	34.810	247.800	17.500	-1.138	306.250	1.294	-19.906
	49	5.30	2401	28.090	259.700	24.500	-1.738	600.250	3.019	-42.569
Suma	196	56.30	6860	404.250	1252.300	0.000	0.000	2058.000	8.039	-127.050
Prom(\bar{X})	24.5	7.04	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			SXX	SY Y	SXY
n	8									

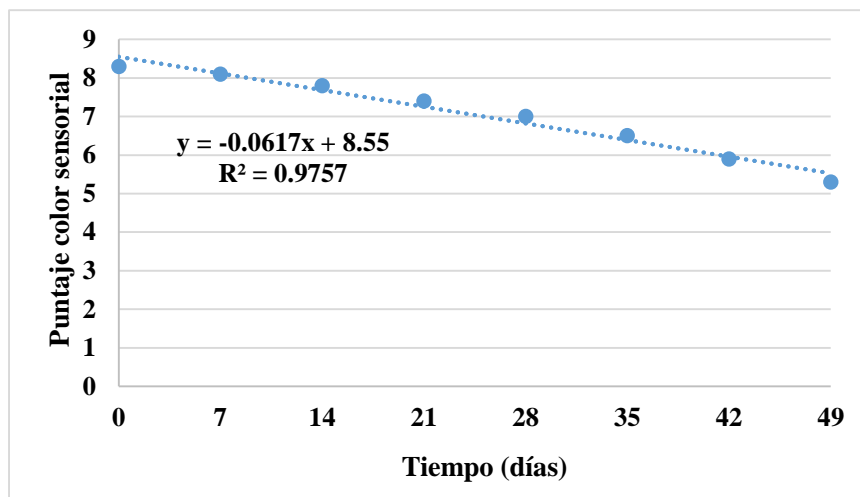


Gráfico 5: Tendencia del color sensorial del snack T5 durante 49 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal: $y = -0.0617x + 8.55$

Tabla 11: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b1X+b0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$
0	8.30	8.550	-0.250	0.063
7	8.10	8.118	-0.018	0.000
14	7.80	7.686	0.114	0.013
21	7.40	7.254	0.146	0.021
28	7.00	6.822	0.178	0.032
35	6.50	6.391	0.109	0.012
42	5.90	5.959	-0.059	0.003
49	5.30	5.527	-0.227	0.051
			Sse	0.195

Reemplazando en la fórmula del punto 8:

$$Mse = S = Sd = 0.18045$$

Reemplazando en la fórmula del punto 9:

$$\bar{X} = 41 \text{ días}$$

Tabla 12: Límite de confianza inferior (LCI) y límite de confianza superior (LCS)

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b1X+b0$	LCI	LCS
0	8.300	8.550	8.079	9.021
7	8.100	8.118	7.729	8.508
14	7.800	7.686	7.378	7.994
21	7.400	7.254	7.027	7.481
28	7.000	6.822	6.595	7.049
35	6.500	6.391	6.082	6.699
42	5.900	5.959	5.569	6.348
49	5.300	5.527	5.056	5.998

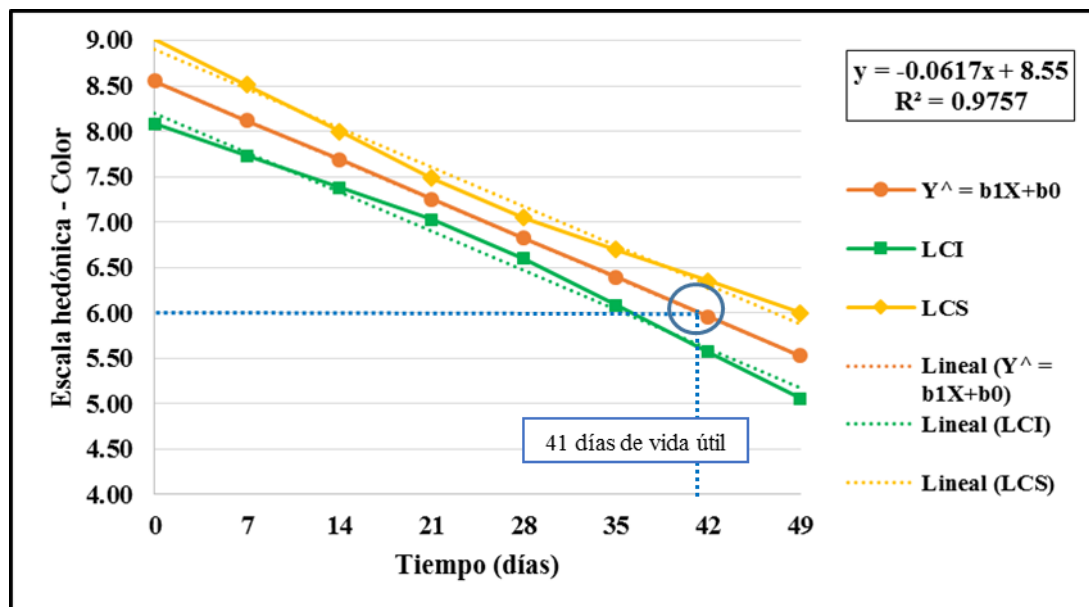


Gráfico 6: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo color sensorial

Anexo 4.2: Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza del color sensorial para el snack T7 almacenado durante 49 días a temperatura ambiente.

Tabla 13: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil - Color

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X²	Y²	XY	(X-XProm)	(Y-YProm)	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	0	8.50	0	72.250	0.000	-24.500	1.463	600.250	2.139	-35.831
	7	8.20	49	67.240	57.400	-17.500	1.163	306.250	1.351	-20.344
	14	8.00	196	64.000	112.000	-10.500	0.963	110.250	0.926	-10.106
	21	7.60	441	57.760	159.600	-3.500	0.563	12.250	0.316	-1.969
	28	7.20	784	51.840	201.600	3.500	0.163	12.250	0.026	0.569
	35	6.60	1225	43.560	231.000	10.500	-0.438	110.250	0.191	-4.594
	42	6.00	1764	36.000	252.000	17.500	-1.038	306.250	1.076	-18.156
	49	5.50	2401	30.250	269.500	24.500	-1.538	600.250	2.364	-37.669
Suma	196	57.60	6860	422.900	1283.100	0.000	1.300	2058.000	8.391	-128.100
Prom(\bar{X})	24.5	7.20	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			SXX	SYY	SXY
n	8									

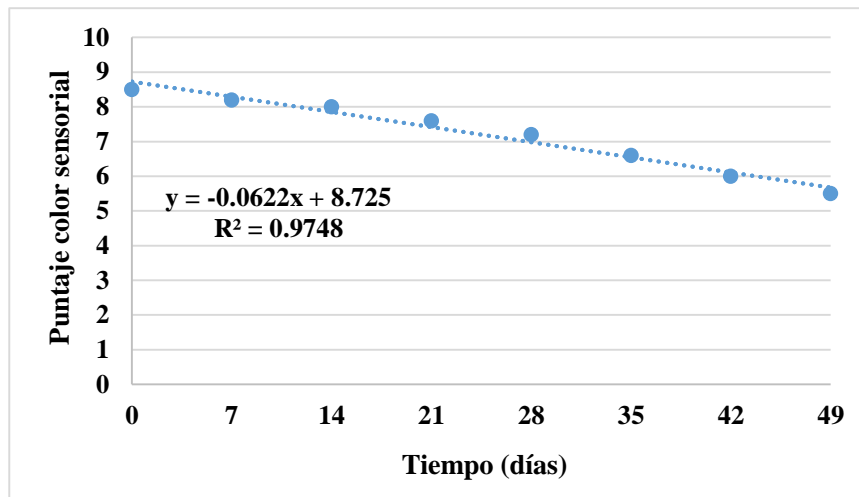


Gráfico 7: Tendencia del color sensorial del snack T7 durante 49 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal: $y = -0.0622x + 8.725$

Tabla 14: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b1X+b0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$
0	8.50	8.725	-0.23	0.051
7	8.20	8.290	-0.090	0.008
14	8.00	7.854	0.146	0.021
21	7.60	7.419	0.181	0.033
28	7.20	6.983	0.217	0.047
35	6.60	6.548	0.052	0.003
42	6.00	6.113	-0.113	0.013
49	5.50	5.677	-0.177	0.031
			Sse	0.206

Reemplazando en la fórmula del punto 8:

$$Mse = S = Sd = 0.1855$$

Reemplazando en la fórmula del punto 9:

$$\bar{X} = 44 \text{ días}$$

Tabla 15: Límite de confianza inferior (LCI) y límite de confianza superior (LCS)

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b1X+b0$	LCI	LCS
0	8.50	8.725	8.241	9.209
7	8.20	8.290	7.889	8.690
14	8.00	7.854	7.537	8.171
21	7.60	7.419	7.186	7.652
28	7.20	6.983	6.750	7.217
35	6.60	6.548	6.231	6.865
42	6.00	6.113	5.712	6.513
49	5.50	5.677	5.193	6.161

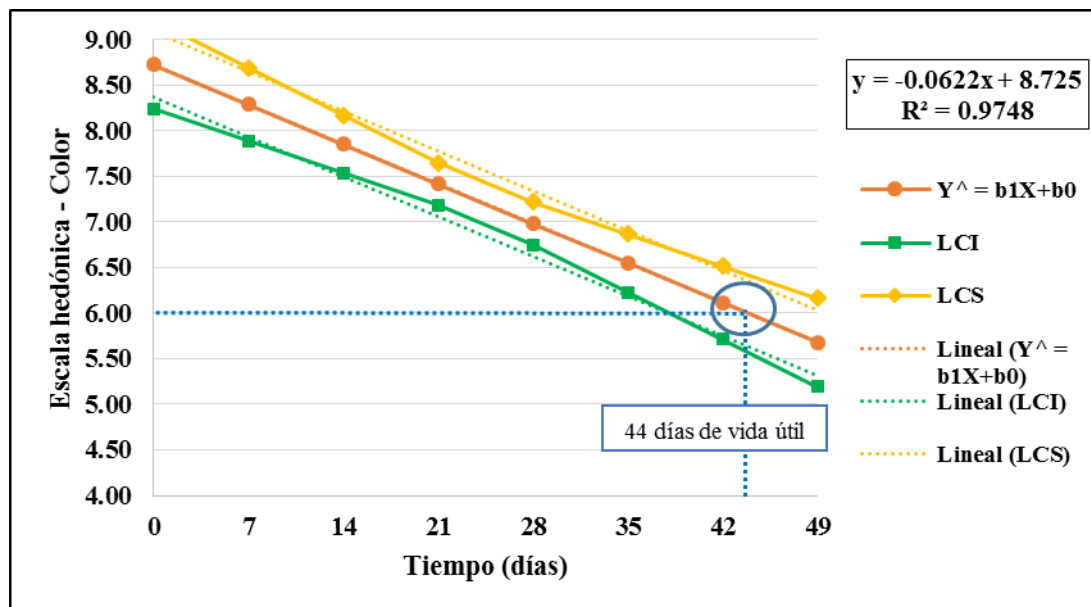


Gráfico 8: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo color sensorial

Anexo 4.3: Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza del olor sensorial para el snack T5 almacenado durante 49 días a temperatura ambiente.

Tabla 16: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil - Olor

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X²	Y²	XY	(X-XProm)	(Y-YProm)	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	0	8.40	0	70.560	0.000	-24.500	1.188	600.250	1.410	-29.094
	7	8.10	49	65.610	56.700	-17.500	0.887	306.250	0.788	-15.531
	14	7.80	196	60.840	109.200	-10.500	0.587	110.250	0.345	-6.169
	21	7.50	441	56.250	157.500	-3.500	0.288	12.250	0.083	-1.006
	28	7.20	784	51.840	201.600	3.500	-0.013	12.250	0.000	-0.044
	35	6.70	1225	44.890	234.500	10.500	-0.513	110.250	0.263	-5.381
	42	6.30	1764	39.690	264.600	17.500	-0.913	306.250	0.833	-15.969
	49	5.70	2401	32.490	279.300	24.500	-1.513	600.250	2.288	-37.056
Suma	196	57.70	6860	422.170	1303.400	0.000	0.000	2058.000	6.009	-110.250
Prom(\bar{X})	24.5	7.21	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			SXX	SYY	SXY
n	8									

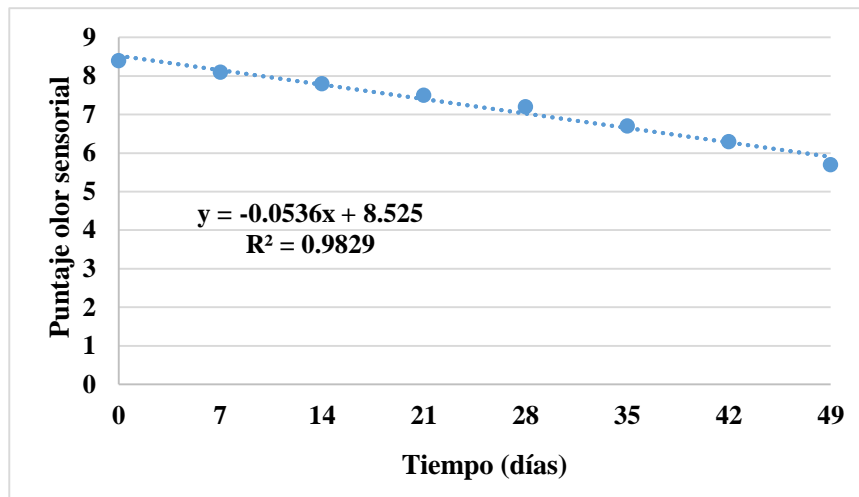


Gráfico 9: Tendencia del olor sensorial del snack T5 durante 49 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal: $y = -0.0536x + 8.525$

Tabla 17: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	8.40	8.525	-0.125	0.016
7	8.10	8.150	-0.050	0.002
14	7.80	7.775	0.025	0.001
21	7.50	7.399	0.101	0.010
28	7.20	7.024	0.176	0.031
35	6.70	6.649	0.051	0.003
42	6.30	6.274	0.026	0.001
49	5.70	5.899	-0.199	0.039
			Sse	0.103

Reemplazando en la fórmula del punto 8:

$$Mse = S = Sd = 0.13071$$

Reemplazando en la fórmula del punto 9:

$$\bar{X} = 47 \text{ días}$$

Tabla 18: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS)

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$\hat{Y} = b_1X + b_0$	LCI	LCS
0	8.40	8.525	8.184	8.866
7	8.10	8.150	7.868	8.432
14	7.80	7.775	7.551	7.998
21	7.50	7.399	7.235	7.564
28	7.20	7.024	6.860	7.189
35	6.70	6.649	6.426	6.872
42	6.30	6.274	5.992	6.556
49	5.70	5.899	5.558	6.240

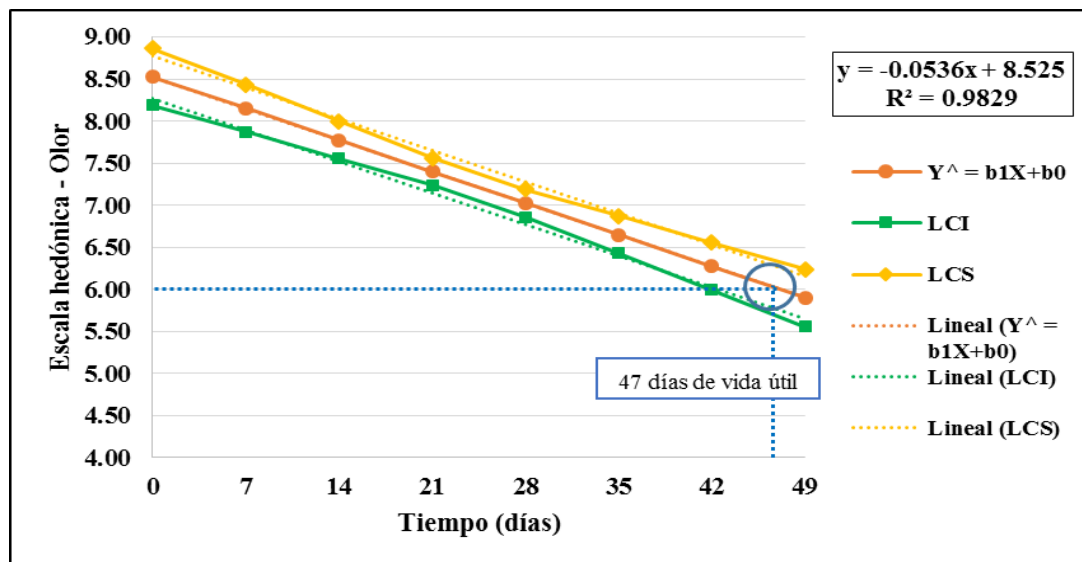


Gráfico 10: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo olor sensorial

Anexo 4.4: Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza del olor sensorial para el snack T7 almacenado durante 49 días a temperatura ambiente.

Tabla 19: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil - Olor

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X²	Y²	XY	(X-XProm)	(Y-YProm)	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	0	8.50	0	72.250	0.000	-24.500	1.288	600.250	1.658	-31.544
	7	7.90	49	62.410	55.300	-17.500	0.688	306.250	0.473	-12.031
	14	7.50	196	56.250	105.000	-10.500	0.288	110.250	0.083	-3.019
	21	7.30	441	53.290	153.300	-3.500	0.087	12.250	0.008	-0.306
	28	7.10	784	50.410	198.800	3.500	-0.113	12.250	0.013	-0.394
	35	6.40	1225	40.960	224.000	10.500	-0.813	110.250	0.660	-8.531
	42	6.00	1764	36.000	252.000	17.500	-1.213	306.250	1.470	-21.219
	49	5.60	2401	31.360	274.400	24.500	-1.613	600.250	2.600	-39.506
Suma	196	56.30	6860	402.930	1262.800	0.000	-1.400	2058.000	6.964	-116.550
Prom(\bar{X})	24.5	7.04	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			SXX	SYY	SXY
n	8									

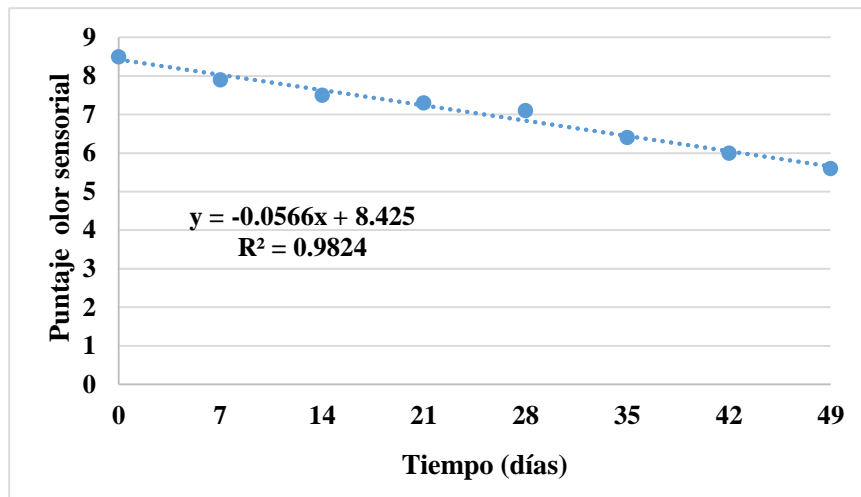


Gráfico 11: Tendencia del olor sensorial del snack T7 durante 49 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal: $y = -0.0566x + 8.425$

Tabla 20: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	8.50	8.425	0.075	0.006
7	7.90	8.029	-0.129	0.017
14	7.50	7.633	-0.133	0.018
21	7.30	7.236	0.064	0.004
28	7.10	6.840	0.260	0.067
35	6.40	6.444	-0.044	0.002
42	6.00	6.048	-0.048	0.002
49	5.60	5.652	-0.052	0.003
			Sse	0.118

Reemplazando en la fórmula del punto 8:

$$Mse = S = Sd = 0.14037$$

Reemplazando en la fórmula del punto 9:

$$\bar{X} = 43 \text{ días}$$

Tabla 21: Límite de confianza inferior (LCI) y límite de confianza superior (LCS)

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b1X+b0$	LCI	LCS
0	8.50	8.425	8.059	8.791
7	7.90	8.029	7.726	8.332
14	7.50	7.633	7.393	7.872
21	7.30	7.236	7.060	7.413
28	7.10	6.840	6.664	7.017
35	6.40	6.444	6.204	6.684
42	6.00	6.048	5.745	6.351
49	5.60	5.652	5.285	6.018

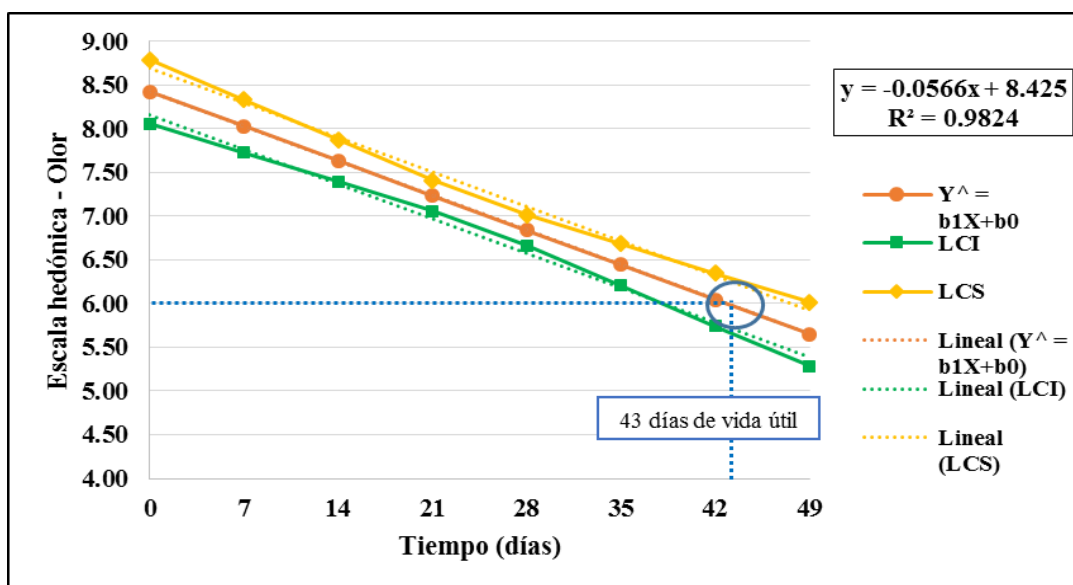


Gráfico 12: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo olor sensorial

Anexo 4.5: Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza del sabor sensorial para el snack T5 almacenado durante 49 días a temperatura ambiente.

Tabla 22: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil – Sabor

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X²	Y²	XY	(X-XProm)	(Y-YProm)	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	0	8.20	0	67.240	0.000	-24.500	1.213	600.250	1.470	-29.706
	7	7.80	49	60.840	54.600	-17.500	0.812	306.250	0.660	-14.219
	14	7.60	196	57.760	106.400	-10.500	0.612	110.250	0.375	-6.431
	21	7.20	441	51.840	151.200	-3.500	0.212	12.250	0.045	-0.744
	28	6.80	784	46.240	190.400	3.500	-0.188	12.250	0.035	-0.656
	35	6.50	1225	42.250	227.500	10.500	-0.488	110.250	0.238	-5.119
	42	6.10	1764	37.210	256.200	17.500	-0.888	306.250	0.788	-15.531
	49	5.70	2401	32.490	279.300	24.500	-1.288	600.250	1.658	-31.544
Suma	196	55.90	6860	395.870	1265.600	0.000	0.000	2058.000	5.269	-103.950
Prom(\bar{X})	24.5	6.99	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			SXX	SYY	SXY
n	8									

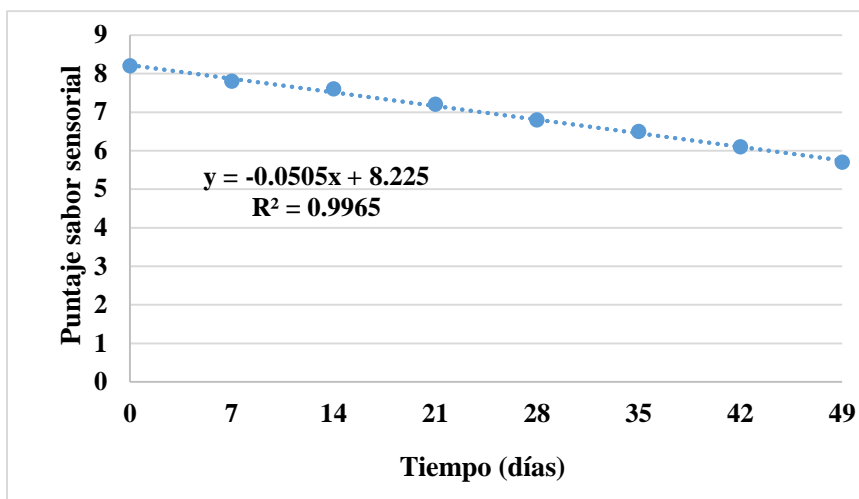


Gráfico 13: Tendencia del sabor sensorial del snack T5 durante 49 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal: $y = -0.0505x + 8.225$

Tabla 23: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	8.20	8.225	-0.025	0.001
7	7.80	7.872	-0.071	0.005
14	7.60	7.518	0.082	0.007
21	7.20	7.165	0.036	0.001
28	6.80	6.811	-0.011	0.000
35	6.50	6.458	0.043	0.002
42	6.10	6.104	-0.004	0.000
49	5.70	5.751	-0.050	0.003
Sse				0.018

Reemplazando en la fórmula del punto 8:

$$Mse = S = Sd = 0.0551$$

Reemplazando en la fórmula del punto 9:

$$\bar{X} = 44 \text{ días}$$

Tabla 24: Límite de confianza inferior (LCI) y límite de confianza superior (LCS)

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b1X+b0$	LCI	LCS
0	8.20	8.225	8.081	8.369
7	7.80	7.872	7.753	7.990
14	7.60	7.518	7.424	7.612
21	7.20	7.165	7.095	7.234
28	6.80	6.811	6.742	6.880
35	6.50	6.458	6.363	6.552
42	6.10	6.104	5.985	6.223
49	5.70	5.751	5.607	5.894

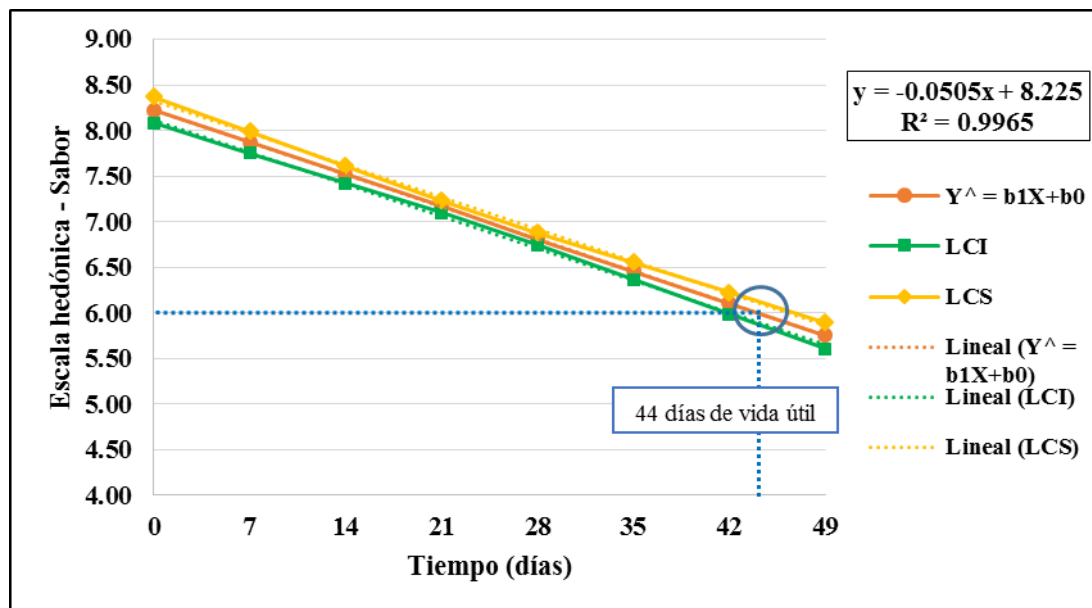


Gráfico 14: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo sabor sensorial

Anexo 4.6: Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza del sabor sensorial para el snack T7 almacenado durante 49 días a temperatura ambiente.

Tabla 25: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil – Sabor

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X²	Y²	XY	(X-XProm)	(Y-YProm)	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	0	8.10	0	65.610	0.000	-24.500	1.113	600.250	1.238	-27.256
	7	7.90	49	62.410	55.300	-17.500	0.913	306.250	0.833	-15.969
	14	7.30	196	53.290	102.200	-10.500	0.312	110.250	0.098	-3.281
	21	6.90	441	47.610	144.900	-3.500	-0.088	12.250	0.008	0.306
	28	6.60	784	43.560	184.800	3.500	-0.388	12.250	0.150	-1.356
	35	6.40	1225	40.960	224.000	10.500	-0.588	110.250	0.345	-6.169
	42	6.00	1764	36.000	252.000	17.500	-0.988	306.250	0.975	-17.281
	49	5.80	2401	33.640	284.200	24.500	-1.188	600.250	1.410	-29.094
Suma	196	55.00	6860	383.080	1247.400	0.000	-0.900	2058.000	5.056	-100.100
Prom(\bar{X})	24.5	6.88	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			SXX	SYY	SXY
n	8									

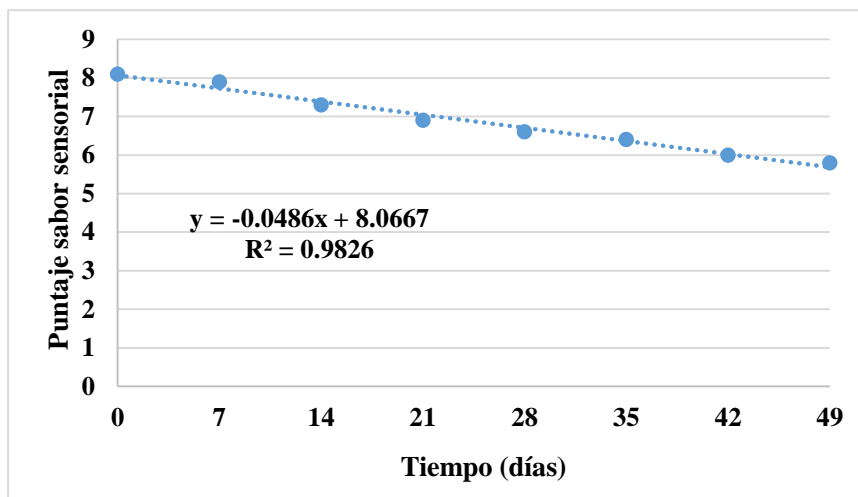


Gráfico 15: Tendencia del sabor sensorial del snack T7 durante 49 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal: $y = -0.0486x + 8.0667$

Tabla 26: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b1X+b0$	$Y-Y^{\wedge}$	$(Y-Y^{\wedge})^2$
0	8.10	8.067	0.033	0.001
7	7.90	7.727	0.174	0.030
14	7.30	7.386	-0.086	0.007
21	6.90	7.046	-0.146	0.021
28	6.60	6.706	-0.106	0.011
35	6.40	6.366	0.034	0.001
42	6.00	6.026	-0.026	0.001
49	5.80	5.685	0.115	0.013
			Sse	0.086

Reemplazando en la fórmula del punto 8:

$$Mse = S = Sd = 0.11986$$

Reemplazando en la fórmula del punto 9:

$$\bar{X} = 43 \text{ días}$$

Tabla 27: Límite de confianza inferior (LCI) y límite de confianza superior (LCS)

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b1X+b0$	LCI	LCS
0	8.10	8.067	7.754	8.379
7	7.90	7.727	7.468	7.985
14	7.30	7.386	7.182	7.591
21	6.90	7.046	6.895	7.197
28	6.60	6.706	6.555	6.857
35	6.40	6.366	6.161	6.570
42	6.00	6.026	5.767	6.284
49	5.80	5.685	5.373	5.998

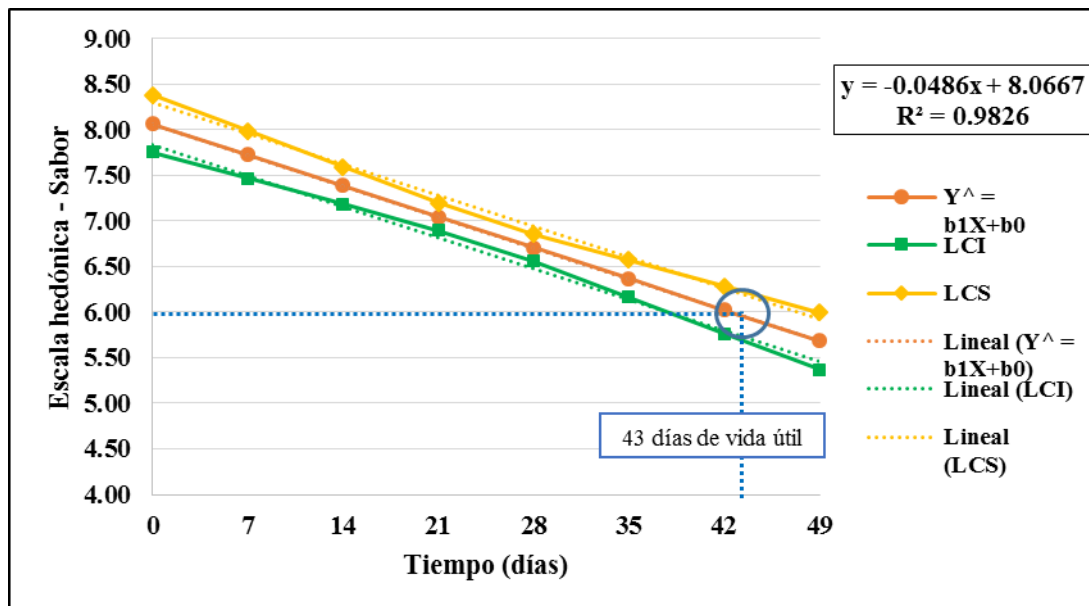


Gráfico 16: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo sabor sensorial

Anexo 4.7: Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza de textura sensorial para el snack T5 almacenado durante 49 días a temperatura ambiente.

Tabla 28: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil – Textura

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X²	Y²	XY	(X-XProm)	(Y-YProm)	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	0	8.00	0	64.000	0.000	-24.500	1.163	600.250	1.351	-28.481
	7	7.70	49	59.290	53.900	-17.500	0.863	306.250	0.744	-15.094
	14	7.40	196	54.760	103.600	-10.500	0.563	110.250	0.316	-5.906
	21	7.10	441	50.410	149.100	-3.500	0.262	12.250	0.069	-0.919
	28	6.70	784	44.890	187.600	3.500	-0.138	12.250	0.019	-0.481
	35	6.30	1225	39.690	220.500	10.500	-0.538	110.250	0.289	-5.644
	42	5.90	1764	34.810	247.800	17.500	-0.938	306.250	0.879	-16.406
	49	5.60	2401	31.360	274.400	24.500	-1.238	600.250	1.531	-30.319
Suma	196	54.70	6860	379.210	1236.900	0.000	0.000	2058.000	5.199	-103.250
Prom(\bar{X})	24.5	6.84	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			SXX	SYY	SXY
n	8									

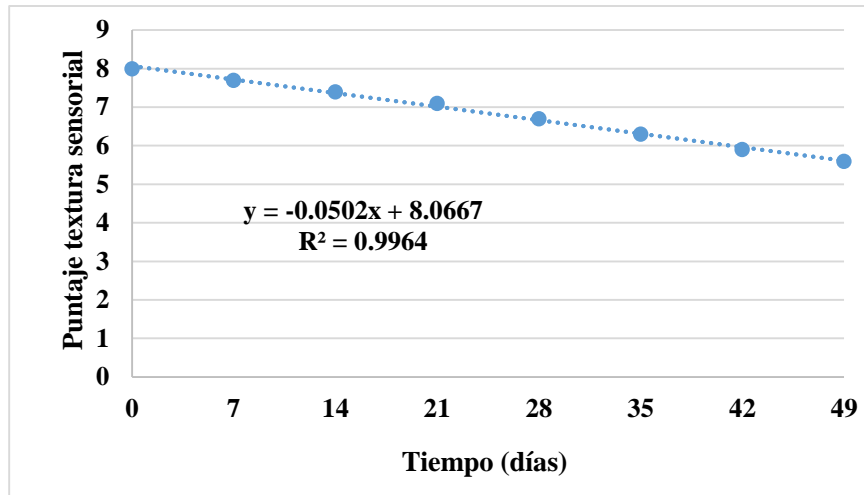


Gráfico 17: Tendencia de la textura sensorial del snack T5 durante 49 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal: $y = -0.0502x + 8.0667$

Tabla 29: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	8.00	8.067	-0.067	0.004
7	7.70	7.715	-0.015	0.000
14	7.40	7.364	0.036	0.001
21	7.10	7.013	0.087	0.008
28	6.70	6.661	0.039	0.002
35	6.30	6.310	-0.010	0.000
42	5.90	5.958	-0.058	0.003
49	5.60	5.607	-0.007	0.000
			Sse	0.019

Reemplazando en la fórmula del punto 8:

$$Mse = S = Sd = 0.0558$$

Reemplazando en la fórmula del punto 9:

$$\bar{X} = 41 \text{ días}$$

Tabla 30: Límite de confianza inferior (LCI) y límite de confianza superior (LCS)

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b1X+b0$	LCI	LCS
0	8.00	8.067	7.921	8.212
7	7.70	7.715	7.595	7.836
14	7.40	7.364	7.269	7.459
21	7.10	7.013	6.942	7.083
28	6.70	6.661	6.591	6.731
35	6.30	6.310	6.214	6.405
42	5.90	5.958	5.838	6.079
49	5.60	5.607	5.461	5.753

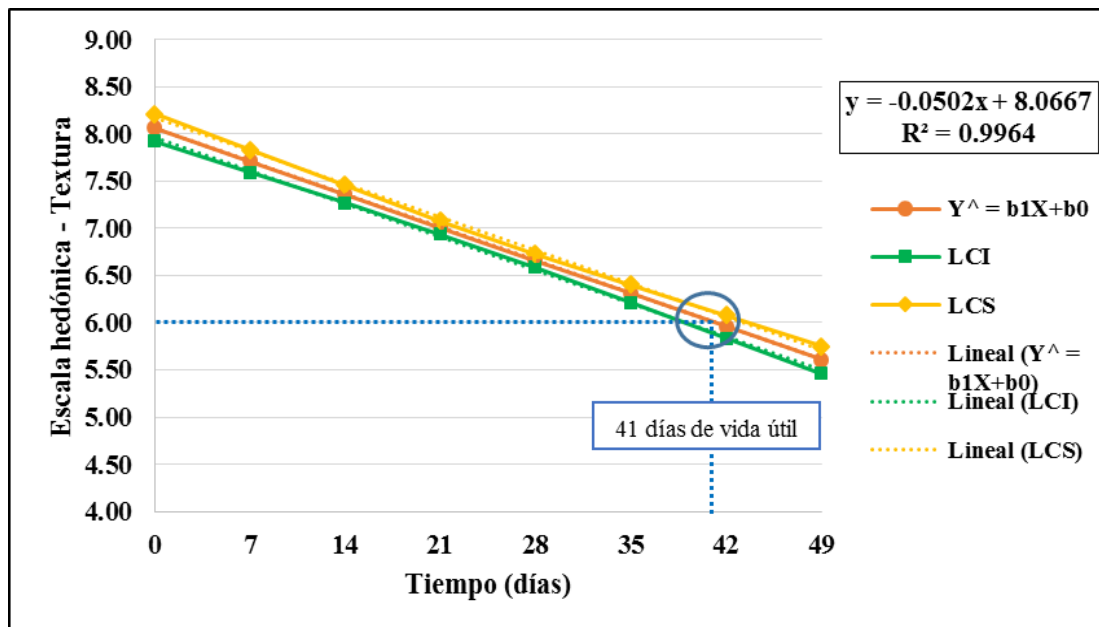


Gráfico 18: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T5 para el atributo textura sensorial

Anexo 4.8: Determinación del tiempo de vida útil y límites de confianza de textura sensorial para el snack T7 almacenado durante 49 días a temperatura ambiente.

Tabla 31: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil – Textura

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X²	Y²	XY	(X-XProm)	(Y-YProm)	(X-XProm)²	(Y-YProm)²	(X-XProm)(Y-YProm)
	0	7.80	0	60.840	0.000	-24.500	0.962	600.250	0.926	-23.581
	7	7.50	49	56.250	52.500	-17.500	0.663	306.250	0.439	-11.594
	14	7.30	196	53.290	102.200	-10.500	0.462	110.250	0.214	-4.856
	21	6.90	441	47.610	144.900	-3.500	0.063	12.250	0.004	-0.219
	28	6.40	784	40.960	179.200	3.500	-0.438	12.250	0.191	-1.531
	35	6.20	1225	38.440	217.000	10.500	-0.638	110.250	0.406	-6.694
	42	5.70	1764	32.490	239.400	17.500	-1.138	306.250	1.294	-19.906
	49	5.50	2401	30.250	269.500	24.500	-1.338	600.250	1.789	-32.769
Suma	196	53.30	6860	360.130	1204.700	0.000	-1.400	2058.000	5.264	-101.150
Prom(\bar{X})	24.5	6.66	ΣX^2	ΣY^2	ΣXY			SXX	SYY	SXY
n	8									

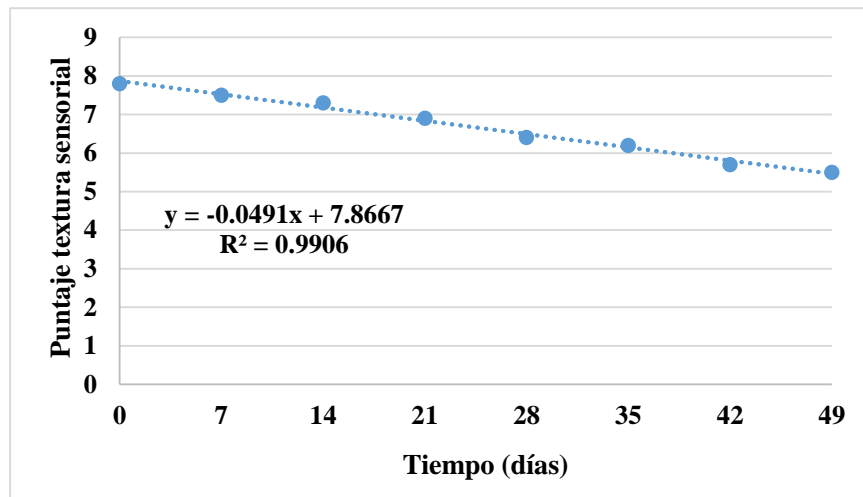


Gráfico 19: Tendencia de la textura sensorial del snack T7 durante 49 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Ecuación de regresión lineal: $y = -0.0491x + 7.8667$

Tabla 32: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1X + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	7.80	7.867	-0.067	0.004
7	7.50	7.523	-0.023	0.001
14	7.30	7.179	0.121	0.015
21	6.90	6.836	0.064	0.004
28	6.40	6.492	-0.092	0.008
35	6.20	6.148	0.052	0.003
42	5.70	5.805	-0.105	0.011
49	5.50	5.461	0.039	0.002
			Sse	0.047

Reemplazando en la fórmula del punto 8:

$$Mse = S = Sd = 0.08877$$

Reemplazando en la fórmula del punto 9:

$$\bar{X} = 38 \text{ días}$$

Tabla 33: Límite de confianza inferior (LCI) y límite de confianza superior (LCS)

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b1X+b0$	LCI	LCS
0	7.80	7.867	7.635	8.098
7	7.50	7.523	7.331	7.715
14	7.30	7.179	7.028	7.331
21	6.90	6.836	6.724	6.947
28	6.40	6.492	6.380	6.604
35	6.20	6.148	5.997	6.300
42	5.70	5.805	5.613	5.996
49	5.50	5.461	5.229	5.692

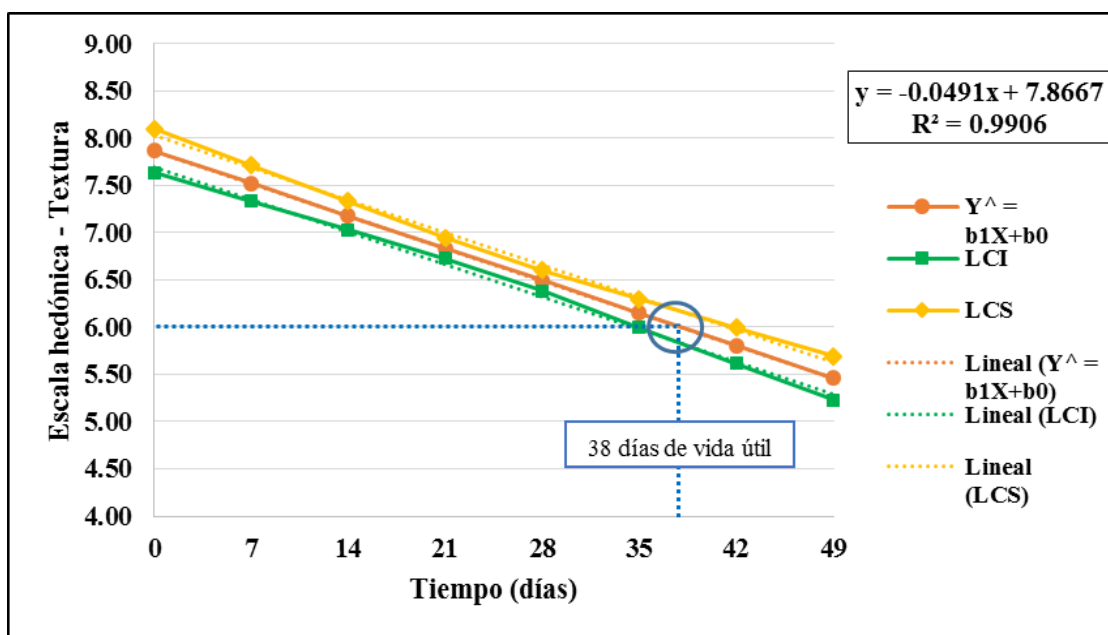


Gráfico 20: Representación gráfica de regresión lineal de la vida útil del snack T7 para el atributo textura sensorial

ANEXO V EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE CALIDAD PROTEICA

Anexo 5.1: Relación de Eficiencia Proteica (PER)

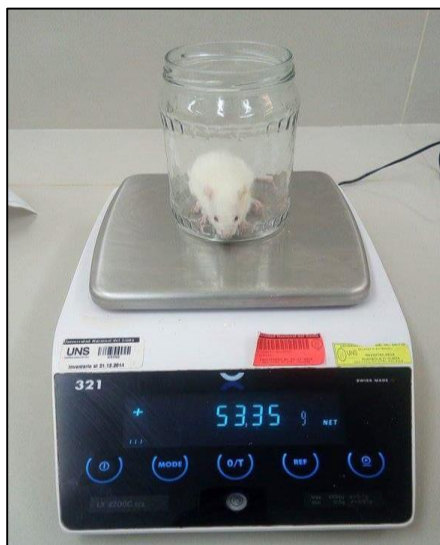
- Registrar el peso inicial de cada rata
- Se alimentaron durante 7 días a las ratas. Req: 10 g/día de alimento, 10% proteína, 380 Kcal.
- Registrar el peso de c/u de las ratas diariamente
- Pesar diariamente el alimento que sobra en los comederos y los desperdicios que se encuentran dentro de la jaula.

Cálculo:

$$PER = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$



Acondicionamiento de las jaulas con sus respectivos bebederos y comederos



Pesado de cada rata



Peso del alimento

Anexo 5.2: Digestibilidad Aparente (DA)

- El experimento duró 10 días (3 días de adaptación y 7 días de evaluación).
- Se utilizaron 4 ratas (2 machos y 2 hembras) por cada mejor tratamiento.
- Registrar el peso de c/u de las ratas.
- Anotar la cantidad aproximada de alimento 10 g/día y los desperdicios del alimento.
- Suministrarles agua *Ad libitum*.
- Mezclar el alimento con 0.01 gr de colorante rojo carmín (Día 4).
- Pesar las heces diariamente, las coloreadas el día 5 y de los demás días posteriores sin carmín. Guardarlas en refrigeración.
- Analizar el nitrógeno a las heces.

$$\% DA = \frac{N \text{ ingerido} - N \text{ excretado}}{N \text{ ingerido}} \times 100$$



Peso de las heces



Recolección de las heces



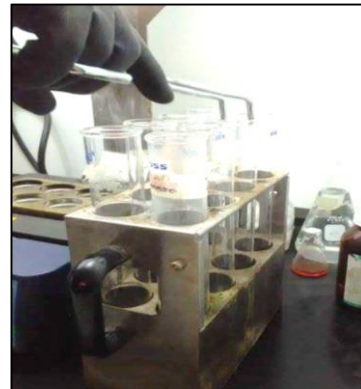
Análisis de Nitrógeno en las heces

Anexo 5.2: Valor Biológico (VB)

- El experimento duró 10 días (3 días de adaptación y 7 días de evaluación).
- Se utilizaron 4 ratas (2 machos y 2 hembras) por cada mejor tratamiento.
- Anotar la cantidad aproximada de alimento 10 g/día y los desperdicios.
- Suministrarles agua *Adlibitum*.
- Mezclar el alimento con 0.01 gr de colorante rojo carmín (Día 4).
- Registrar el peso de c/u de las ratas.
- Pesar las heces diariamente, las coloreadas el día 5 y de los demás días posteriores sin carmín. Guardarlas en refrigeración.
- Colectar la orina diariamente de cada rata y guardarlo en refrigeración.
- Analizar el nitrógeno de la orina y las heces



Muestras de orina recolectadas



Adición de pastillas de catalizador



Muestras de heces
y orina con H₂SO₄



Digester
automático



Titulación de la
muestra destilada

ANEXO VI ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE LOS MEJORES SNACKS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046**



Registro N°LE- 046

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20171012-004

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : LAURA ELISA LAUREANO CARBAJAL.
DIRECCIÓN : Ramón Castilla Mz.G Lote 7 Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : SNACK DE ARROZ Y PALLAR.
CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Bolsa de polipropileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-10-12
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-10-12
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2017-10-14
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Microbiología.
CÓDIGO COLECBI : SS 171012-4

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRAS	
	Tratamiento T5	Tratamiento T7
Aerobios Mesófilos (UFC/g)	<10	<10

METODOLOGÍA EMPLEADA

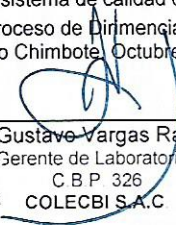
Aerobios Mesófilos Totales : ICMSF 1983 Reimpresión 2000 Vol I 2da Ed. II Editorial Acribia - España pág.:120 a 124. Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos Método de Recuento en Placa. Método 1.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C., sobre muestras ingresadas por el cliente.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Octubre 16 del 2017.

GVR/jms


 A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorios
 C B P 326
 COLECBI S.A.C

LC-MP-HRIE
Rev 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S A C

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com