

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Evaluación nutricional de snack extruido de cañihua
(*Chenopodium Pallidicaule*), frijol caballero (*Phaseolus
Lunatus L.*) y arroz (*Oryza Sativa*)**

**Tesis para obtener el título profesional de
Ingeniero Agroindustrial**

Autores:

Bach. Castillo Ramos, Jose Gabino

Código ORCID: 0000-0002-7904-0325

Bach. Bartolome Mendez, Jerson Jesus

Código ORCID: 0000-0002-5055-8833

Asesor:

Dr. Castillo Martínez, Williams Esteward

DNI N° 40169364

Código ORCID: 0000-0001-6917-1009

Coasesor:

Ing. Miuller Darwin, Morales Valdiviezo

DNI N° 45907113

Código ORCID: 0009-0008-8484-4310

Nuevo Chimbote - PERÚ

2026



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Yo, **Dr. Castillo Martínez, Williams Esteward**, Mediante la presente certifico mi asesoramiento de la tesis titulada, **“Evaluación Nutricional de snack extruido de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule*), frijol caballero (*Phaseolus Lunatus L.*) y arroz (*Oryza Sativa*)”**, elaborada por los **Bachilleres: Castillo Ramos, Jose Gabino y Bartolome Mendez, Jerson Jesus**, para obtener el título profesional de **Ingeniero Agroindustrial**, se ha efectuado conforme al reglamento general, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, mayo del 2026

Dr. Castillo Martínez, Williams Esteward

Asesor

DNI: 40169364

Código ORCID: 0000-0001-6917-1009



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Tesis titulada, “**Evaluación Nutricional de snack extruido de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule*), frijol caballero (*Phaseolus Lunatus L.*) y arroz (*Oryza Sativa*)**”, elaborada por los Bachilleres: Castillo Ramos, Jose Gabino y Bartolome Mendez, Jerson Jesus,

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

Dra. Paucar Menacho, Luz María

Presidente

DNI: 08099817

Código ORCID: 0000- 0001-5349-6167

Dr. Vasquez Guzman, Juan Carlos

Secretario

DNI: 40787073

Código ORCID: 0000- 0002-7112-4006

Dr. Castillo Martinez, Williams Esteward

Integrante

DNI: 40169364

Código ORCID: 0000-0001-6917-1009

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 horas del día veintinueve de diciembre del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 674-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Presidente)
- **Dr. Saúl Marcó Eusebio Lara** (Secretario)
- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** (Integrante)
- **M.s. Juan Carlos Vasquez Guzman** (Accesitario)

El M.s. Juan Carlos Vasquez Guzmán asumió el puesto de secretario por motivo de que el Dr. Saúl Marcó Eusebio Lara tenía programado otra sustentación como jurado evaluador en el mismo horario.

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **“EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE SNACK EXTRUIDO DE CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE) FRIJOL CABALLERO (PHASEOLUS LUNATUS L.) Y ARROZ (ORYZA SATIVA)”**, elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- BARTOLOME MENDEZ JERSON JESUS
- CASTILLO RAMOS JOSE GABINO


Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:


NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
BARTOLOME MENDEZ JERSON JESUS	18	Bueno

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

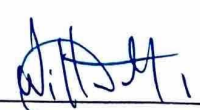
Nuevo Chimbote, 29 de diciembre del 2025



Dra. Luz María Paucar Menacho
Presidente



Ms. Juan Carlos Vasquez Guzman
Secretario



Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 horas del día veintinueve de diciembre del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 674-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Dra. Luz María Paucar Menacho (Presidente)
- Dr. Saúl Marcó Eusebio Lara (Secretario)
- Dr. Williams Esteward Castillo Martínez (Integrante)
- M.s. Juan Carlos Vasquez Guzman (Accesitario)

El M.s. Juan Carlos Vasquez Guzmán asumió el puesto de secretario por motivo de que el Dr. Saúl Marcó Eusebio Lara tenía programado otra sustentación como jurado evaluador en el mismo horario.

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: "EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE SNACK EXTRUIDO DE CAÑIHUA (*CHENOPODIUM PALLIDICAULE*) FRIJOL CABALLERO (*PHASEOLUS LUNATUS L.*) Y ARROZ (*ORYZA SATIVA*)", elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- BARTOLOME MENDEZ JERSON JESUS
- CASTILLO RAMOS JOSE GABINO


Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez**


Finalizada la sustentación, el Tesisista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:


NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
CASTILLO RAMOS JOSE GABINO	18	Buena

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 29 de diciembre del 2025


Dra. Luz María Paucar Menacho
Presidente


Ms. Juan Carlos Vasquez Guzman
Secretario


Dr. Williams Esteward Castillo Martínez
Integrante

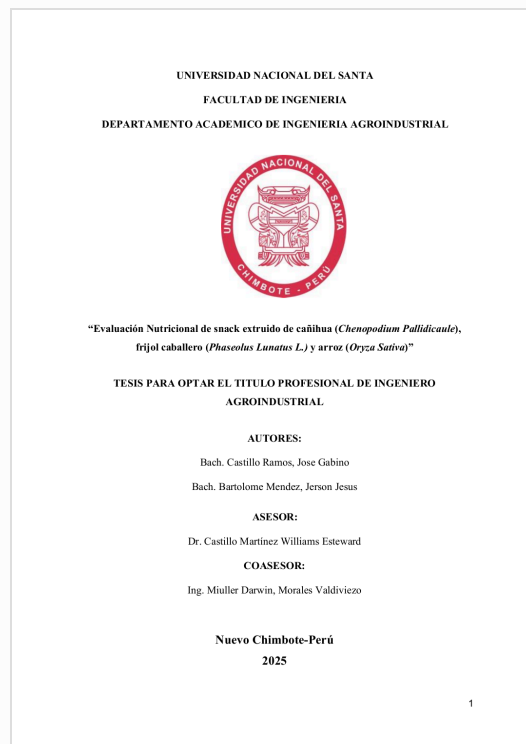


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jose castillo
Título del ejercicio: Revision de Informe final de Tesis
Título de la entrega: TESIS CASTILLO Y BARTOLOME 2025.pdf
Nombre del archivo: TESIS_CASTILLO_Y_BARTOLOME_2025.pdf
Tamaño del archivo: 4.79M
Total páginas: 211
Total de palabras: 36,046
Total de caracteres: 196,326
Fecha de entrega: 29-dic-2025 12:48a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2784590928



TESIS CASTILLO Y BARTOLOME 2025.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	1%
4	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	dspace.ueb.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	ri-ng.uaq.mx Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

Expresamos nuestra gratitud a Dios por su guía y acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto de investigación, fuente de inspiración que nos permitió alcanzar uno de nuestros más grandes anhelos. Agradecemos profundamente a nuestros familiares por su amor incondicional, sus sacrificios y su constante fortaleza a lo largo de los años. Su dedicación ha sido fundamental para nuestro crecimiento y logros, y su ejemplo continúa siendo una fuente de motivación. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a nuestro asesor, al Dr. Williams Castillo Martínez, por su valioso apoyo, por el exitoso trabajo conjunto y por compartir generosamente sus conocimientos con nosotros.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestra gratitud a Dios por acompañarnos en este camino académico y guiarnos en cada paso de nuestra formación. Agradecemos profundamente a nuestros padres por ser nuestra guía constante, por su apoyo incondicional y por alentarnos en los momentos en que más lo necesitamos. Nuestro reconocimiento también es para los ingenieros del IITA : Darwin, Janet, Melissa, William y Juanita, por su interés, apoyo y comprensión durante el desarrollo y evaluación de nuestra investigación. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al ingeniero Lenin, al Ms. John y al Dr. Williams por su orientación, interés y valiosa dirección a lo largo de este trabajo. Nos sentimos especialmente agradecidos con nuestra asesor y mentor, el Dr. Williams Castillo Martinez, cuya paciencia, conocimiento, dedicación y perseverancia fueron esenciales para la culminación de este estudio. Su aporte profesional ha sido decisivo para el éxito de este proyecto y quedará como parte importante de la historia de nuestra universidad.

INDICE

Pág.		
	CERTIFICACIÓN DE ASESOR.....	ii
	AVAL DEL JURADO EVALUADOR.....	iii
	DEDICATORIA.....	vi
	AGRADECIMIENTO.....	vii
	RESUMEN.....	xvi
	ABSTRACT.....	xvii
I.	INTRODUCCIÓN	19
II.	MARCOS TEORICO.....	22
2.1.	Cañihua Parda (<i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).....	22
2.1.1.	Origen	22
2.1.2.	Definición	22
2.1.3.	Característica del grano.....	23
2.1.4.	Caracterización químico proximal	23
2.1.5.	Utilidad de la Cañihua.....	23
2.2.	Frijol Caballero (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	24
2.2.1.	Origen	24
2.2.2.	Definición	24
2.2.3.	Uso del frijol caballero.....	25
2.2.4.	Composición Químico proximal.....	25
2.3.	Arroz (<i>Oryza sativa</i>).....	26
2.3.1.	Origen	26
2.3.2.	Definición	27
2.3.3.	Usos del arroz.....	27
2.3.4.	Composición Químico proximal.....	28
2.4.	Snack.....	29

2.4.1.	Definición.....	29
2.4.2.	Influencia de los snacks.....	29
2.5.	Miel de abeja.....	30
2.6.	Extrusión.....	30
2.6.1.	Clasificación de extrusores	30
2.6.2.	Importancia Industrial de la extrusión	31
2.7.	Análisis Sensorial.....	32
2.7.1.	Método de aceptabilidad sensorial.....	33
2.7.2.	Prueba Hedónica.....	33
2.8.	Análisis químico proximal.....	33
2.9.	Análisis de Proteínas.....	33
2.9.1.	Método de Kjeldahl.....	34
2.9.2.	Método de Dumas	34
2.10.	Compuestos Bioactivos.....	35
2.11.	Análisis de Varianza.....	35
2.12.	Cambio sensorial en el tiempo de un alimento	35
2.13.	Snacks comerciales en el Perú.....	36
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1.	Lugar de ejecución.....	37
3.2.	Materiales.....	37
3.2.1.	Materia Prima.....	37
3.2.2.	Insumos	38
3.2.3.	Reactivos.....	38
3.2.4.	Materiales de análisis en laboratorio	39
3.3.	Materiales de empaque.....	39
3.4.	Otros Materiales.....	40
3.5.	Equipos.....	40
3.6.	Materiales de empaque.....	41

3.7.	Métodos.....	42
3.7.1.	Caracterización de las materias primas y mejor formulación	42
3.7.2.	Análisis de compuestos bioactivos	43
3.7.3.	Análisis Físicos	43
3.7.4.	Análisis Fisicoquímicos.....	44
3.7.5.	Score Químico	46
3.7.6.	Cambio sensorial de las formulaciones en el tiempo	46
3.7.7.	Análisis Estadísticos	46
3.7.8.	Preparación de las materias primas	47
3.7.9.	Preparación de las formulaciones	51
3.7.10.	Producción de los snacks.....	52
3.7.11.	Determinación de la mejor formulación.....	55
IV.	RESUTADOS Y DISCUCIONES	56
4.1.	Caracterización Químico Proximal de las Materias Primas.....	56
4.2.	Análisis de Compuestos bioactivos.....	59
4.3.	Análisis fisicoquímicos.....	63
4.3.1.	Actividad de Agua.....	63
4.3.2.	Colorimetría.....	66
4.4.	Determinación de la mejor formulación de snack.....	70
4.4.1.	Análisis de proteínas de los snacks	70
4.4.2.	Análisis Sensorial de las formulaciones de snacks	74
4.5.	Caracterización Químico Proximal de la mejor formulación.....	90
4.6.	Análisis de compuestos bioactivos.....	93
4.6.1.	Polifenoles y capacidad antioxidante.....	93
4.7.	Análisis Físicos.....	94
4.8.	Análisis fisicoquímicos.....	98
4.9.	Score Químico.....	102
4.10.	Cambio sensorial en el tiempo.....	104

4.10.1. Análisis de Varianza del color.....	104
4.10.2. Análisis de Varianza del olor.....	108
4.10.3. Análisis de varianza del sabor	111
4.10.4. Análisis de varianza de la textura.....	114
4.10.5. Análisis de Varianza de la aceptabilidad.....	117
4.11. Evaluación de proteínas y sensorial de la mejor formulación recubierto en jarabe de miel con otros snacks comerciales.....	120
4.11.1. Análisis de Varianza para la proteína	121
4.11.2. Análisis de varianza para el color.....	124
4.11.3. Análisis de varianza para el olor.....	127
4.11.4. Análisis de varianza para el sabor	130
4.11.5. Análisis de varianza para la textura	133
4.11.6. Análisis de varianza para la aceptabilidad	136
V. CONCLUSIONES	139
VI. RECOMENDACIONES	141
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	142
VIII. ANEXOS.....	174

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.	Composición Químico Proximal de la cañihua Parda 23
Tabla 2.	Composición Químico Proximal del frijol Caballero (Phaseolus vulgaris L.)..... 26
Tabla 3.	Composición químico proximal del arroz (Oryza sativa) 29
Tabla 4.	Porcentajes de las harinas cañihua, frijol caballero y arroz para cada formulación 52
Tabla 5.	Caracterización químico proximal de las materias primas 56
Tabla 6 .	Capacidad antioxidante y polifenoles de las materias primas..... 61
Tabla 7.	Actividad de agua de las materias primas..... 64
Tabla 8.	Colorimetría de las materias primas..... 67
Tabla 9.	ANOVA de las formulaciones de snack en los porcentajes de las proteínas 71
Tabla 10.	Prueba Post Hoc de las formulaciones de snack en los porcentajes de proteínas 72
Tabla 11.	ANOVA de las formulaciones de snacks en el color 75
Tabla 12.	Prueba Post Hoc de las formulaciones de snacks en el color..... 76
Tabla 13.	ANOVA de las formulaciones de snacks en el olor 78
Tabla 14.	Prueba Post Hoc de las formulaciones de snacks en el olor 79
Tabla 15.	ANOVA de las formulaciones de snacks en el sabor 81
Tabla 16.	Pruebas Post Hoc de las formulaciones de snacks en el sabor..... 82
Tabla 17.	ANOVA de las formulaciones de snacks en la textura 84
Tabla 18.	Prueba Post Hoc de las formulaciones de snacks en la textura 85
Tabla 19.	ANOVA de las formulaciones de snack en la aceptabilidad..... 87
Tabla 20.	Prueba Post Hoc de las formulaciones de snack en la aceptabilidad . 88
Tabla 21.	Caracterización químico proximal de la mejor formulación 91
Tabla 22.	Proporción de polifenoles y capacidad antioxidante de la mejor formulación por cada 100gramos..... 93
Tabla 23	Análisis físicos de la mejor formulación del snack 94
Tabla 24.	Colorimetría de la mejor formulación del snack 99
Tabla 25	Actividad de agua de la mejor formulación del snack..... 100
Tabla 26	Índice de absorción de la formulación 101

Tabla 27.	Índice de solubilidad de la mejor formulación	101
Tabla 28.	Score químico de la mejor formulación del snack	103
Tabla 29.	ANOVA de las semanas en el color de la mejor formulación de snack.....	105
Tabla 30.	Prueba Post Hoc de las de las semanas en el color de la mejor formulación de snack	106
Tabla 31.	ANOVA de las semanas en el olor de la mejor formulación de snack.....	108
Tabla 32.	Prueba Post Hoc de las de las semanas en el olor de la mejor formulación de snack	109
Tabla 33.	ANOVA de las semanas en el sabor de la mejor formulación de snack.....	111
Tabla 34.	Prueba Post Hoc de las de las semanas en el sabor de la mejor formulación de snack	112
Tabla 35.	ANOVA de las semanas en la textura de la mejor formulación de snack.....	114
Tabla 36.	Prueba Post Hoc de las semanas en la textura de la mejor formulación de snack.....	115
Tabla 37.	ANOVA de las semanas en la aceptabilidad de la mejor formulación de snack	117
Tabla 38.	Prueba Post Hoc de las de las semanas en la aceptabilidad de la mejor formulación de snack	118
Tabla 39.	ANOVA de en la proteína entre snacks comerciales y mejor formulacion.....	121
Tabla 40.	Prueba Post Hoc de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en la `proteína.....	122
Tabla 41.	ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto con jarabe de miel con otros snacks similares en el color	124
Tabla 42.	ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en el color	125
Tabla 43.	ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto con jarabe de miel con otros snacks similares en el olor	127

Tabla 44.	ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en el olor	128
Tabla 45.	ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en el sabor	130
Tabla 46.	Prueba Post Hoc de la mejor formulación de snack recubierto con jarabe de miel con otros snacks similares en el sabor	131
Tabla 47.	ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto con jarabe de miel con otros snacks similares en la textura	133
Tabla 48.	ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en la textura	134
Tabla 49.	ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto con jarabe de miel con otros snacks similares en la aceptabilidad	136
Tabla 50.	Prueba Post Hoc de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en la aceptabilidad.....	137
Tabla 51.	Datos referentes a la curva de calibrado de polifenoles	195
Tabla 52.	Datos referentes a la curva de calibrado de la capacidad antioxidante	199

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 . Diagrama de flujo para la elaboración de la harina de cañihua y arroz	49
Figura 2 Diagrama de flujo para la elaboración de la harina de frijol Caballero	51
Figura 3 Diagrama de flujo para la elaboración de los snacks extruidos	54
Figura 4 Análisis de medias de las formulaciones en la proteína	73
Figura 5 Análisis de medias de las formulaciones en el color	77
Figura 6 Análisis de medias de las formulaciones en el olor.....	80
Figura 7 Análisis de medias de las formulaciones en el sabor.....	83
Figura 8 Análisis de medias de las formulaciones en la textura.....	86
Figura 9 Análisis de medias de las formulaciones en la aceptabilidad	89
Figura 10 Análisis de medias de las semanas en el color	107
Figura 11 Análisis de medias de las semanas en el olor	110
Figura 12 Análisis de medias de las semanas en el color	113
Figura 13 Análisis de medias de las semanas en la textura	116
Figura 14 Análisis de medias de las semanas en la aceptabilidad	119
Figura 15 Análisis de medias de los snacks en la proteína	123
Figura 16 Análisis de medias de los snacks en el color.....	126
Figura 17 Análisis de medias de los snacks en el olor	129
Figura 18 Análisis de medias de los snacks en el sabor	132
Figura 19 Análisis de medias de los snacks en la textura	135
Figura 20 Análisis de medias de los snacks en la aceptabilidad	138
Figura 21 Molino doble tornillo.....	174
Figura 22 Materia prima en la tolva y recepción de harina	174
Figura 23 Extrusor doble tornillo y su panel de control.....	175

	Pág.
Figura 24 Medidor del flujo de agua y extrusión del snack	175
Figura 25 Extruidos preliminares solo de arroz y snack de las harinas combinadas	176
Figura 26 Aspersión del jarabe miel de abeja sobre el snack.....	176
Figura 27 Secado de los snacks.....	177
Figura 28 Diagrama de flujo de la humedad.....	177
Figura 29 Harina de las materias primas	178
Figura 30 Calibración de la balanza y pesado de la placa petri.....	179
Figura 31 Peso de la muestra y proceso de deshidratado.....	179
Figura 32 Retirado de las muestras deshidratadas	180
Figura 33 Diagrama de flujo de la proteína.....	180
Figura 34 Pesado de las muestras y instrumento complemento del equipo.....	181
Figura 35 Proceso de determinación de proteínas y resultados de los análisis	181
Figura 36 Diagrama de flujo de la grasa	182
Figura 37 Pesado de la muestra y pesado del balon.....	183
Figura 38 Calibracion del equipo soxhlet y ntroduccion de la muestra al equipo	183
Figura 39 Pesado de la grasa de muestra y grasa de las 3 materias primas ..	184
Figura 40 Diagrama de flujo de la ceniza	184
Figura 41 Materias primas molidas y codificación de los vasos de ceniza	185
Figura 42 Pesado de los vasos de ceniza y pesado de la muestra	186
Figura 43 Introduccion de las muestras al incinerador y incinerado	186
Figura 44 Pesado de la muestra incinerada y muestras incineradas.....	187
Figura 45 Diagrama de flujo de las muestras incineradas	188
Figura 46 Enzimas y pesado de la muestra desgrasada	189
Figura 47 Aforacion de alcohol y agregado de enzimas	189

	Pág.
Figura 48 Introducción de las muestras al agitador y agitación	190
Figura 49 Recepción en la rejilla y medición del pH	190
Figura 50 Aforamiento de agua destilada y pesado de fibra.....	191
Figura 51 Diagrama de flujo de los polifenoles	192
Figura 52 Aditivos y agitación	193
Figura 53 Pesado de soluciones y preparación de reactivos.....	193
Figura 54 Preparación de curva de calibrado y lector multifuncional.....	194
Figura 55 Recepción de las muestras y microplacas en el lector multifuncional	194
Figura 56 Curva de calibrado de polifenoles	195
Figura 57 Diagrama de flujo de la capacidad antioxidante	196
Figura 58 Reactivos y su pesado.....	197
Figura 59 Agitación y soluciones	197
Figura 60 Preparación de curva y lectura del equipo.....	198
Figura 61 Curva de calibrado de trolox para el hallado de capacidad antioxidante	198
Figura 62 Diagrama de flujo de La textura.....	199
Figura 63 Parametrización de las medidas y medición de la textura	200
Figura 64 Diagrama de la colorimetría.....	200
Figura 65 Diagrama de la colorimetría.....	201
Figura 66 Medición de la actividad de agua	201
Figura 67 Diagrama del índice de absorción y solubilidad de agua	202
Figura 68 Materiales ,reactivos y adición de reactivos	203
Figura 69 Codificación y baño ultrasónico	203
Figura 70 Muestras y centrifugado	204
Figura 71 Filtración y pesado de extracto A	204

	Pág.
Figura 72 Codificado de extracto y secado de la sustancia B	205
Figura 73 Caracterización químico proximal de las materias primas.....	205
Figura 74 Proporción de polifenoles de las materias primas	206
Figura 75 Proporción de capacidad antioxidante de las materias primas.....	206
Figura 76 Actividad de agua de las materias primas	207
Figura 77 Calorificación de las materias primas	207
Figura 78 Snack recubierto con miel , Snack Angel, Snack Fitness y Snack Dyfferent.....	210
Figura 79 Evaluación sensorial en la planta piloto.....	211
Figura 80 Evaluación en el colegio experimental	212
Figura 81 Ficha de evaluacion sensorial para las 13 formulaciones.....	213
Figura 82 Ficha de evaluacion sensorial para los snacks comerciales.....	214

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue determinar la mejor formulación de los snacks extruidos a base de harina de cañihua parda, frijol caballero y arroz, a través de los mejores resultados de proteínas y características sensoriales para los niños y personas con problemas de nutrición. Se consideraron rangos de sustitución de harina de cañihua parda (8%-18%), frijol caballero cocido (6%-18%) y arroz (70%-80%) mediante el diseño de un solo factor para 13 formulaciones.

Los resultados sensoriales indicaron que la formulación 5 en cuanto al sabor, textura y aceptabilidad presentaba los mejores resultados, sin embargo, en cuanto al olor y textura la formulación 4 es el cual presentaba los mejores resultados, seguida por la formulación 5. Además, respecto al análisis de proteínas se determinó que la formulación 5 es la mejor formulación por presentar un valor elevado en cuanto a las demás formulaciones.

Finalmente se pudo concluir que la formulación 5 con una composición de 14% de cañihua, 16% de frijol caballero y 70% de arroz es la mejor formulación por tener las mayores características sensoriales y de proteínas a su favor, siendo este un producto nutritivo para niños, jóvenes y personas adultas que estén padeciendo desnutrición.

Palabras clave: snacks extruidos, proteínas, características sensoriales y nutrición.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the best formulation for extruded snacks based on brown cañihua flour, caballero beans, and rice, based on the best protein results and sensory characteristics for children and people with nutritional problems. Substitution ranges for brown cañihua flour (8%-18%), parboiled caballero beans (6%-18%), and rice (70%-80%) were considered.

The sensory results indicated that formulation 5 had the best results in terms of taste, texture, and acceptability; however, formulation 4 had the best results in terms of smell and texture, followed by formulation 5. Furthermore, the protein analysis determined that formulation 5 was the best formulation due to its higher protein content compared to the other formulations.

Finally, it was concluded that formulation 5, with a composition of 14% cañihua, 16% caballero beans, and 70% rice, is the best formulation because it has the greatest sensory and protein characteristics in its favor, making it a nutritious product for children, young people, and adults suffering from malnutrition.

Keywords: extruded snacks, proteins, sensory characteristics, and nutrition.

I. INTRODUCCIÓN

La desnutrición sigue siendo un grave problema de salud pública a nivel mundial, especialmente entre niños y adolescentes en edad escolar, debido a la deficiencia de micronutrientes esenciales y esta carencia provoca fatiga, bajo rendimiento académico y retrasos en el desarrollo físico y cognitivo, afectando de manera significativa a regiones como América Latina y el Caribe (Fanzo et al., 2018).

Ante esta situación, el desarrollo de alimentos funcionales, como los snacks extruidos, se presenta como una alternativa eficaz para mejorar la calidad nutricional de la dieta, gracias a su capacidad de incorporar ingredientes ricos en proteínas y compuestos bioactivos, además en el Perú, la desnutrición afecta a más del 40% de los niños (Chalco, 2021), y también se observa entre adolescentes y jóvenes universitarios. Investigaciones recientes han encontrado una relación directa entre la anemia y el bajo rendimiento académico en este grupo, lo que resalta la necesidad de estrategias alimentarias innovadoras que contribuyan a una mejor nutrición y rendimiento (De la Cruz y Lázaro, 2024).

Frente a este panorama, la industria alimentaria ha mostrado un notable interés en el desarrollo de alimentos funcionales y nutritivos, destacando los snacks extruidos por su alta aceptación, facilidad de consumo y versatilidad para incorporar ingredientes nativos andinos con alto valor nutricional (Delgado et al., 2024). Dentro de estos insumos destacan la cañihua parda, por su notable contenido de proteínas, hierro, calcio, fibra dietética y compuestos antioxidantes; el frijol caballero, como fuente proteica complementaria; y el arroz valorado por su aporte energético y por mejorar la textura de los productos extruidos, elementos que en conjunto pueden contribuir significativamente a una mejor nutrición académica

(Molleda, 2023). Además, la utilización de cereales andinos no solo aprovecha los recursos agrícolas nacionales, sino que también promueve la diversificación alimentaria, el desarrollo agroindustrial sostenible (Cajavilca,2022).

En este contexto, la tecnología de extrusión se posiciona como una alternativa para elaborar snacks saludables a partir de mezclas de harinas, ya que mejora la digestibilidad y permite conservar nutrientes esenciales. Además, estudios recientes han evidenciado que la extrusión de harinas de cañihua, combinadas con otros cereales, da lugar a productos con alta aceptación sensorial y un elevado valor nutricional (Lavado, 2022).

En ese sentido, se plantea como problema de investigación: ¿Cuál es la mejor formulación de snack extruido a base de mezclas de las harinas de cañihua parda, frijol caballero y arroz con las mejores características sensoriales y porcentaje de proteínas? Y proponiendo como hipótesis: La formulación de un snack extruido de harina de cañihua (8 – 18%) , harina de frijol caballero cocido (6 – 17 %) y arroz (70 – 80%) promoverá a obtener características sensoriales y porcentajes de proteínas adecuadas .

Por consiguiente, esta investigación tiene como propósito determinar la mejor formulación de los snacks extruidos a base de harina de cañihua parda (*Chenopodium Pallidicaule*), frijol caballero (*Phaseolus Lunatus L.*) y arroz (*Oryza Sativa*), a través de los mejores resultados de proteínas y características sensoriales, además se tiene como objetivos específicos:

- Realizar una caracterización químico proximal y de compuestos bioactivos (polifenoles y capacidad antioxidante) a la cañihua parda (*Chenopodium pallidicaule*), frijol caballero (*Phaseolus lunatus* L.) en crudo y cocido, y el arroz (*Oryza sativa*).
- Determinar la mejor formulación de snacks extruidos a través de los mejores valores de proteínas y características sensoriales.
- Evaluar las características químico proximales y de compuestos bioactivos (polifenoles y capacidad antioxidante) a la mejor formulación de snack extruido.
- Realizar una comparación sensorial y de proteínas de la mejor formulación de snack recubierta con jarabe de miel con otros snacks comerciales similares.

II. MARCO TEORICO

2.1. Cañihua Parda (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

2.1.1. Origen

La cañihua parda es un pseudocereal originario de la región andina de Sudamérica, específicamente del Altiplano entre Perú y Bolivia, donde se ha cultivado tradicionalmente en altitudes elevadas entre 3 600 y 4 500 m sobre el nivel del mar debido a su extraordinaria tolerancia a condiciones ambientales extremas como sequías, heladas y suelos pobres, lo cual la diferencia de otros cultivos tradicionales y explica su domesticación y mantenimiento por comunidades indígenas de la zona andina desde tiempos antiguos (Bruno,2023).

2.1.2. Definición

La cañihua es un grano considerado nutracéutico o alimento funcional y además, el grano de cañihua posee el atributo de no contener saponina, a diferencia de la quinua, lo que facilita el tratamiento de la materia prima, y esta especie es tomada en cuenta como uno de los componentes estratégicos de la seguridad alimentaria, a partir de la cual se podrían elaborar productos innovadores en la industria de alimentos (Huamani,2018). Su alto contenido de proteínas la convierte en una excelente opción para dietas con poco consumo de carne, además de contener una combinación equilibrada de aminoácidos esenciales como la isoleucina, la lisina y el triptófano (Zegarra, 2018). La harina de cañihua parda es el producto obtenido del procesamiento del grano de *Chenopodium pallidicaule* mediante etapas de limpieza, tostado y molienda hasta obtener una fracción harinosa de color marrón (Huaman,2022).

2.1.3. Característica del grano

La cañihua parda se caracteriza por su pequeño diámetro de de 0.5 a 1.5 mm y por una apariencia densa que facilita su molino y fraccionamiento para harinas finas, además su perfil físico incluye una baja relación área/volumen y una superficie relativamente lisa y estas propiedades físicas, junto con su composición lipídica y de proteínas, permiten formar geles y matrices cohesivas cuando se usan agentes gelificantes (Kim y Iida, 2023).

2.1.4. Caracterización químico proximal

A continuación, se detalla la composición existente del análisis proximal, por cada 100gr de las variedades de la harina de cañihua respectivamente:

Tabla 1

Composición Químico Proximal de la cañihua Parda

	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Humedad (%)
Ramírez-López et al., (2023)	19.52 ± 0.59	0.58 ± 0.01	61.21 ± 0.47	2.89 ± 0.03	9.76 ± 0.11	6.04 ± 0.01
Gonzales Cari, J. M. (2024)	11.38 ± 0.25	6.61 ± 0.34	67.91 ± 0.93	3.27 ± 0.14	8.03 ± 0.03	10.79 ± 0.25
Narvaez (2025)	17.29 ± 0.03	7.73 ± 0.02	60.97 ± 0.044	3.88 ± 0.01	4.42 ± 0.02	5.71 ± 0.01

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

2.1.5. Uso de la Cañihua

Generalmente, se usa para hacer galletas, tortas, mazamorra y jugos, además, se prepara el famoso pito de cañihua, que se obtiene al remojar el grano, tostarlo y molerlo en molinos de piedra y este ingrediente se emplea en la elaboración de

diferentes productos, como bebidas y thayachas, que son pequeñas masas saladas cubiertas con una capa de leche congelada (Casanave y Ruiz,2022).

2.2. Frijol Caballero (*Phaseolus vulgaris L.*)

2.2.1. Origen

El frijol caballero, especie que tuvo su origen en el continente americano y cuya domesticación ocurrió de forma independiente en al menos dos centros principales: el mesoamericano y el andino, además que estudios genómicos recientes sitúan al acervo andino que incluye poblaciones originarias del área de Perú y Ecuador como uno de los centros de domesticación y diversificación del frijol común, desde donde se desarrollaron numerosas variedades criollas locales como el frijol caballero (Rendon et al.,2017).

2.2.2. Definición

El frijol caballero es una variedad local del frijol común utilizada en sistemas agrícolas de la costa peruana; se caracteriza por ser una planta herbácea, de hábito erecto o rastrero según condiciones de cultivo, con hojas pecioladas de textura delgada y vainas cuya morfología y número de granos varían entre genotipos y prácticas agronómicas, además esta variedad se cultiva tanto para consumo humano como para manejo de sistemas agrícolas de pequeña escala, y presenta valores de rendimiento y parámetros morfo-agronómicos que han sido documentados en estudios y tesis locales que evalúan su comportamiento frente a distintos tratamientos (Moreno, 2022).

Galván Mondragón (2023) describe la harina de frijol como el producto en polvo obtenido a partir de granos de frijol seleccionados y limpiados que se someten a un tratamiento térmico según la tecnología aplicada, seguido de molienda y

tamizado para conseguir una granulometría uniforme; esta harina se emplea como materia prima en alimentos y su caracterización química y funcional determina su idoneidad tecnológica.

2.2.3. Uso del frijol caballero

Estudios bioquímicos lo han identificado como fuente de compuestos con potencial de beneficio para la salud, incluido un lectín llamado lunatina con actividad antioxidante y antifúngica (Ñafi, Belgis y Fridannisa, 2021). Además, al germinarse, mejora su digestibilidad y reduce factores anti nutricionales, lo que lo convierte en un ingrediente prometedor para alimentos densos en nutrientes (Wu y Shin, 2025)

Escudero (2023) indica que la elaboración de harina de frijol comprende la preparación previa del grano la eliminación total o parcial del tegumento cuando se busca modificar fibra o sabor, y la molienda hasta obtener un polvo con propiedades físico-químicas y reológicas adecuadas para su incorporación en masas, sopas y productos panaderos; resalta además su aporte proteico y la necesidad de ajustar procesos para mejorar digestibilidad.

2.2.4. Composición Químico proximal

El frijol caballero es una buena fuente de proteínas, fibra y carbohidratos, y proporcionan energía, minerales esenciales y aminoácidos esenciales equilibrados que podrían ser útiles durante la preparación de alimentos (Adebo, 2023). A continuación, en la siguiente tabla se detalla la composición química proximal de la harina del frijol caballero:

Tabla 2*Composición Químico Proximal del frijol Caballero (Phaseolus vulgaris L.)*

	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Ceniza	Fibra	Humedad
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Neupane et al.,(2024)	23.55 ± 0.13	1.50 ± 0.04	59.22 ± 0.17	3.95 ± 0.10	3.94 ± 0.12	7.86 ± 0.05
Maliza et al., (2024)	38.57 ± 3.76	4.66 ± 0.84	40.65 ± 1.72	8.51 ± 0.601	1.335 ± 0.33	7.465 ± 0.388
Palupi et al., (2022)	15.93 ± 0.55	1.15 ± 0.04	68.89 ± 1.55	3.67 ± 0.47	27.87 ± 0.37	11.78 ± 0.85

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

2.3. Arroz (*Oryza sativa*)

2.3.1. Origen

El arroz doméstico *Oryza sativa* tiene su origen en la cuenca del valle del río Yangtsé, en el sur de China, hace aproximadamente 9 000 años, a partir de poblaciones de arroz silvestre *Oryza rufipogon*, además que el cambio climático global alrededor de hace 4.200 años habría favorecido esta diversificación, impulsando la expansión del arroz hacia el Sudeste Asiático (Gutaker,2020).

Por otro lado, en el subcontinente indio surgió un grupo particular de arroz domesticado, el llamado grupo aromático como resultado de hibridación entre variedades domesticadas que llegaron desde el este de Asia y poblaciones locales silvestres, donde este hallazgo sugiere que la domesticación del arroz no fue un proceso único, sino que distintos grupos humanos en Asia contribuyeron a la diversificación genética del cultivo (Civán et al.,2019).

2.3.2. Definición

El grano de arroz es la cáscara dura externa y la cariopsis comestible de la planta *Oryza sativa*, compuesta por pericarpio, aleurona y endospermo con reservas de almidón y proteínas; determina calidad de molienda y valor nutricional, mientras que características físicas como longitud, forma y peso de mil granos influyen en su clasificación comercial, y la identificación fenotípica y genotípica de granos es clave para estudios de mejoramiento y trazabilidad (Guerra, 2023).

La harina de arroz se define como el polvo obtenido tras la molienda del grano de arroz descascarillado o integral, con propiedades funcionales dependientes de la variedad, contenido de almidón y tamaño de partícula; su proceso puede incluir desgomado, secado y molienda fina para obtener granulometrías específicas para panificación o productos sin gluten, y sus características reológicas, índice de absorción de agua y daño de almidón condicionan su uso tecnológico en masas y panes, siendo objeto de optimización mediante tecnologías de micro molienda y control de tamaño de partícula (Lu et al., 2024).

2.3.3. Usos del arroz

Su sabor neutro y propiedades hipoalergénicas hacen de arroz sea valorada en fórmulas infantiles, productos dietéticos y premezclas comerciales, mientras que las modificaciones y el tamaño de partícula permiten ajustar su funcionalidad tecnológica como ingrediente principal en alimentos sin gluten, aportando estructura y almidón a panes, galletas, pasteles y mezclas instantáneas; además son base para fideos y productos tradicionales asiáticos que hoy se industrializan

y

exportan

(Park, 2023).

La harina de arroz también se emplea como aporte funcional y portador en formulaciones enriquecidas y como ingrediente en productos cárnicos procesados, rebozados y salsas para mejorar textura y estabilidad, además técnicas de molienda fina, micro trituración y tratamientos físicos amplían su uso en panadería, pastelería y snacks, además de permitir la formulación de panes altos en fibra y productos de valor agregado con propiedades nutricionales mejoradas (Elkatry, 2023).

Se puede elaborar una bebida refrescante tradicional, ampliamente consumida en países de Centroamérica, utilizando harina de arroz, como es el caso de la horchata de arroz y también se produce una bebida no endulzada a partir de arroz integral molido, y la mayoría de las variedades obtienen su dulzura mediante la hidrólisis enzimática de los carbohidratos para convertirlos en azúcares más simples (Hernández et al., 2019).

2.3.4. Composición Químico proximal

El arroz (*Oryza sativa*) presenta una composición próxima típica dominada por carbohidratos (almidón) como fracción principal, con contenido de proteína moderado, grasas bajas, cenizas en proporciones pequeñas y fibra relativamente reducida; la humedad varía según el secado y almacenamiento (Siregar et al, 2024). A continuación, en la siguiente tabla se detalla la composición químico proximal de la harina de arroz:

Tabla 3*Composición químico proximal del arroz (Oryza sativa)*

	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Humedad (%)
Arzu (2025)	7.08 ± 0.08	0.60 ± 0.01	77.17 ± 0.30	0.52 ± 0.01.	0.72 ± 0.10	13.85 ± 0.10
Kim et al.,(2021)	8.05 ± 0.07	1.16 ± 0.36	79.45 ± 5.86	0.66 ± 0.22	1.85 ± 1.77	12.55 ± 0.64
Enyi et al.,(2024)	14.20 ± 0.18	0.28 ± 0.10	72.36 ± 0.23	0.71 ± 0.26	1.70 ± 0.26	10.80 ± 0.20

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

2.4. Snack

2.4.1. Definición

El concepto de snack proviene del idioma inglés y es una pequeña porción de alimento que se ingiere para satisfacer el apetito y proporcionar energía y se trata de un bocadillo envasado, como por ejemplo las papas fritas donde en los últimos años, el mercado de estos aperitivos ha experimentado un notable crecimiento (Rojas et al. en 2021).

2.4.2. Influencia de los snacks

Borg et al. (2019) sostienen que un alimento listo para consumir formulado como snack completo teóricamente optimiza la ingesta energética y micro nutricional necesaria en lactantes y preescolares al concentrar energía, proteína y micronutrientes en una porción reducida, además que esto permite superar barreras prácticas y, en teoría, aumentar la probabilidad de cubrir requerimientos diarios en contextos con dietas deficitarias.

Reggi et al. (2024) describen teóricamente que alimento diseñado como snack completo puede suministrar una proporción significativa de las necesidades proteicas y energéticas de niños malnutridos con porciones pequeñas y alta digestibilidad.

2.5. Miel de abeja

La miel de abeja es una sustancia natural compleja producida por las abejas a partir del néctar de las flores, además que su composición química incluye principalmente azúcares como fructosa y glucosa, pero también contiene proteínas, aminoácidos, enzimas, vitaminas, minerales y compuestos fenólicos (Gonzales et al.,2019).

2.6. Extrusión

La extrusión constituye un proceso integral que combina diversas operaciones como la transferencia de calor y masa, la reducción del tamaño de partículas, la mezcla, la formación, la texturización y la caramelización, con el propósito de modificar la estructura original de los cereales además que se clasifica como un tratamiento térmico de alta exigencia, dado que requiere temperaturas elevadas, generalmente entre 100 y 180 °C, además de alta presión y fuerzas de corte significativas (Saklani et al., 2021).

2.6.1. Clasificación de extrusores

Abilmazhinov et al., (2023) distingue primero entre extrusores de tornillo y no tornillo: los de tornillo se subdividen en de un solo tornillo y de dos tornillos, siendo el primero simple y adecuado para productos secos y formulaciones uniformes, mientras que el de dos tornillos ofrece mayor control de mezclado y transferencia de calor, y se clasifica además por la geometría de los tornillos

y por el sentido de giro lo que determina la intensidad de mezcla y la distribución del tiempo de residencia; esta taxonomía permite elegir equipo según la necesidad de mezcla, corte y control de humedad en extruidos.

Rao et al. (2022) añade otra capa práctica de clasificación por modo de operación y escala: extrusores continuos frente a discontinuos y por propósito funcional, cada uno con diferentes diseños de barril y perfil de tornillo; además clasifica por mecánica de accionamiento y por la presencia de elementos auxiliares lo que influye directamente en la capacidad de procesamiento, grado de corte y productividad del extruido.

Lubis et al., (2024) complementan el enfoque señalando la clasificación basada en características geométricas y funcionales del tornillo: segmentos de alimentación, transición y metrificación; elementos transportadores, mezcladores y de corte; y variaciones en paso y profundidad que permiten modular el cizallado. Asimismo diferencian extrusores de bajo y alto corte según la configuración de elementos y velocidad, y por diámetro y relación, parámetros críticos para el desarrollo de expansión y textura; esta clasificación técnica es importante al escalar formulaciones de laboratorio a planta piloto e industrial (Martinez,2020).

2.6.2. Importancia Industrial de la extrusión

La tecnología de extrusión permite transformar materias primas vegetales o de legumbres en ingredientes con mejor digestibilidad y funcionalidad, al combinar

operaciones de mezcla, cocción, moldeado y secado en un solo proceso continuo; mediante estos cambios térmomecánicos se logra gelatinización del almidón, desnaturalización de proteínas y desestructuración de matrices celulares, lo que mejora la disponibilidad nutricional del producto final y permite su uso en alimentos listos para consumo (Bhattarai et al., 2025).

Además, la extrusión representa una estrategia sostenible y eficiente desde lo industrial: al optimizar el uso de subproductos de cereales y legumbres, reducir factores anti nutricionales y mejorar la estabilidad microbiológica del alimento, se facilita la producción masiva de alimentos funcionales con bajo costo energético y menores pérdidas nutritivas, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al aprovechamiento de recursos agrícolas (Orozco et al,2023).

2.7. Análisis Sensorial

La evaluación sensorial es una herramienta esencial para seleccionar la mejor formulación porque combina pruebas analíticas y afectivas que permiten identificar qué atributos influyen más en la aceptación del consumidor y además la implementación de pruebas hedónicas ayuda a cuantificar desajustes sensoriales y orientar ajustes de ingredientes o procesos (Clapham et al., 2023)

La combinación de técnicas tradicionales y tecnológicas facilita la optimización iterativa de recetas, aportando rapidez y mayor objetividad en la selección de la formulación final, además estas metodologías también permiten segmentar respuestas por perfil de consumidor y ajustar formulaciones a nichos específicos (Rodrigues, Dias y Teixeira, 2024).

2.7.1. Método de aceptabilidad sensorial

La aceptabilidad sensorial para elegir la mejor formulación debe realizarse mediante una prueba afectiva con consumidores no entrenados usando una escala hedónica estructurada para los atributos clave como apariencia, aroma, sabor, textura y apreciación global con presentación monódica aleatorizada y orden de servicio balanceado (Fiorentini, Kinchla y Nolden, 2020).

2.7.2. Prueba Hedónica

La prueba hedónica es usada para medir la aceptación y preferencia de consumidores y se diseña idealmente como una prueba de aceptación en ubicación central o como prueba de uso en el hogar ,seleccionando una muestra representativa del público objetivo y controlando el orden de servicio, tiempos de enjuague y fatiga por producto; los evaluadores registran su grado de agrado mediante una escala hedónica y pueden combinarse preguntas adicionales para enriquecer el análisis (Drake, Watson y Liu, 2023).

2.8. Análisis químico proximal

El examen de los componentes químicos aproximados es de gran importancia en el campo de la industria alimentaria y la investigación científica, ya que ofrece datos esenciales sobre la composición y el valor nutricional de los alimentos, permitiendo mejorar su aplicación en productos, así como cumplir estándares de calidad y control regulatorio (Mpili et al., 2024).

2.9. Análisis de Proteínas

La determinación de proteínas en alimentos requiere la selección cuidadosa del método analítico, pues técnicas clásicas como Kjeldahl y Dumas cuantifican

nitrógeno total y lo convierten a proteína usando factores de conversión, mientras que ensayos colorimétricos y la aminoácido-análisis miden proteínas de forma distinta; las diferencias en extracción, matriz y selectividad provocan variaciones sistemáticas entre métodos, por lo que la elección debe basarse en la matriz del alimento, la precisión requerida y la presencia de nitrógeno no proteico. (Mæhre et al., 2018).

2.9.1. Método de Kjeldahl

La determinación de nitrógeno por el método de Kjeldahl es una técnica clásica y ampliamente empleada para estimar el contenido de proteína cruda en alimentos; consiste en la digestión de la muestra con ácido sulfúrico para convertir el nitrógeno orgánico en ion amonio, seguido de la neutralización y destilación del amoníaco liberado y su titulación para cuantificar el nitrógeno total, cuya cifra se multiplica por un factor de conversión para obtener proteína (Hayes, 2020).

2.9.2. Método de Dumas

El método de Dumas es un procedimiento instrumental para la determinación del nitrógeno total en matrices orgánicas que consiste en la combustión completa de la muestra en atmósfera de oxígeno, la reducción de los óxidos de nitrógeno formados a N_2 , el secado y la separación de los gases producidos, y la cuantificación final del nitrógeno mediante detectores, además este enfoque permite obtener la fracción nitrogenada total de manera rápida y automatizable, evita el uso de reactivos corrosivos propios del método de Kjeldahl, y es especialmente útil en laboratorios con alta carga de muestras por su velocidad y reproducibilidad. (McClements et al., 2021).

2.10. Compuestos Bioactivos

Los compuestos bioactivos son sustancias presentes en alimentos que, además de sus propiedades nutricionales, tienen efectos beneficiosos para la salud. Incluyen polifenoles, terpenoides, alcaloides y glucosinolatos, y se encuentran en frutas, verduras, granos y otros (Sorrenti et al.,2023).

Estos compuestos pueden influir en rutas metabólicas, modular la respuesta inflamatoria, interactuar con el microbioma intestinal y contribuir a la prevención de enfermedades crónicas cuando forman parte de patrones dietarios adecuados (Kussmann, Abe Cunha y Berciano, 2023).

2.11. Análisis de Varianza

La prueba de análisis de varianza (ANOVA) es una herramienta estadística fundamental en investigaciones experimentales y comparativas, diseñada para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de tres o más grupos, además el estadístico P resultante compara la varianza explicada por el modelo con la varianza residual y acompañado de pruebas post-hoc, permite identificar qué pares de grupos difieren entre sí manteniendo el control del error tipo I (Chatzi y Doody, 2023).

2.12. Cambio sensorial en el tiempo de un alimento

La evolución sensorial de un alimento durante su almacenamiento refleja interacciones físicas y químicas que suelen traducirse en variaciones en aroma, sabor, color y textura, además permite que los panelistas entrenados miden estas variaciones mediante análisis descriptivo o pruebas de aceptabilidad en puntos de muestreo definidos, lo que permite identificar tendencias y establecer límites de aceptación; además el seguimiento

repetido por paneles humanos aporta información importante sobre la percepción real del consumidor que no siempre se correlaciona linealmente con parámetros instrumentales (Kácalová y Jarošová, 2023).

La sensibilidad de panelistas a cambios sutiles varía según el atributo y el método, dado que en algunos estudios paneles descriptivos no detectaron diferencias estadísticamente significativas en intensidades de ciertos atributos a corto plazo, aunque sí se observaron cambios sensoriales en el tiempo (Moazzem et al., 2024)

Por ello, los paneles de consumidores y paneles entrenados cumplen roles complementarios: los primeros para estimar aceptabilidad y los segundos para describir qué atributos cambian y por qué (Tolve et al., 2024).

2.13. Snacks comerciales en el Perú

El mercado de snacks en el Perú ha experimentado un crecimiento significativo, influenciado por cambios en los hábitos de consumo y la globalización, además que estudios han señalado una asociación entre el consumo de snacks y bebidas azucaradas con el aumento del sobrepeso en niños peruanos (Alviso et al.,2018).

Además, investigaciones sobre la calidad nutricional de los alimentos en supermercados de Lima han revelado que muchos productos, incluidos los snacks, exceden los límites establecidos para nutrientes críticos como azúcares y grasas saturadas, lo que ha llevado a la implementación de etiquetado frontal de advertencia (Meza, Villareal, y Saavedra,2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en los siguientes lugares de la Universidad Nacional del Santa:

- Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa (IITA): Área de operaciones unitarias, área de control de calidad y área de bioprocesos.
- EAP de ingeniería agroindustrial: Laboratorio de Investigación de productos agroindustriales y laboratorio de análisis y composición de productos agroindustriales
- Instalaciones del área de evaluación sensorial de la Planta piloto agroindustrial

3.2. Materiales

3.2.1. Materia Prima

- Cañihua Parda (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen): La cañihua parda fue adquirida directamente de pequeños productores de la comunidad campesina de Nuñoa, ubicada en la provincia de Melgar, región Puno. El abastecimiento fue de 20 kilogramos y se realizó durante la campaña agrícola local, trabajando con asociaciones familiares que cultivan este pseudocereal en parcelas altoandinas por encima de los 3 800 m s. n. m.
- Arroz Pulido (*Oryza sativa*): El arroz pulido se obtuvo de agricultores del valle de Santa, en la provincia de Santa, región Áncash. La compra fue de 60 kilogramos se realizó a productores rurales que realizan el cultivo bajo

sistemas de riego del Canal La Víbora, quienes entregan el grano después del proceso comunitario de pilado en molinos locales.

- Frijol Caballero (*phaseolus vulgaris* L.): El frijol caballero fue adquirido a pequeños agricultores de los caseríos agrícolas de Chanquillo y Vinzos, en la provincia de Santa, Áncash. La adquisición fue de 30kg y se efectuó durante la cosecha de campo, coordinando directamente con proveedores rurales que trabajan en sistemas de cultivo mixto en secado.

3.2.2. Insumos

- Miel de Abeja comercial. Marca Bells's

3.2.3. Reactivos

- Éter de petróleo (40-60°). Marca: Lab Chemical
- Solución de hidróxido de sodio 0.1N. Marca: Hanna Instruments
- Alcohol 96%. Marca: Alkofarma
- Alcohol 70%. Marca: Alkofarma
- Fosfato monosódico monohidratado. Marca: Merck
- Fosfato disódico heptahidratado. Marca: Lab Chemical
- Fluoresceína Sodium Salt 68. Marca: Merck
- Folin 2N. Marca: Lab Chemical
- AAPH en polvo. Marca: Merck
- Trolox . Thermo Scientific Acros.
- Metanol de pureza al 80%. Marca: Merck .
- Acetona de pureza al 70%. Legacy Nails
- Ácido gálico de pureza al 97%. Marca: Merck
- Carbonato de sodio de pureza al 7.5%. Marca: J. T. Baker

- Ácido ascórbico de pureza al 10%. Marca:SCHARLAU
- Acido sulfúrico 1M. Marca: Hanna Instruments

3.2.4. Materiales de análisis en laboratorio

- Bureta de 50ml
- Puntas de micropipetas de 200 ul, 1000 ul y 5000 ul
- Crisoles de porcelana
- Embudo de vidrio
- Matraces Erlenmeyer de 250ml
- Mortero
- Papel filtro
- Pinzas de metal y de madera
- Pipetas 1.5 y 10 ml
- Probetas de 50 y 100 ml y 500ml
- Fiolas de 10,25,50 y 100ml
- Vasos de precipitado de 50 y 100ml
- Placas Petri de vidrio

3.3. Materiales de empaque

- Bolsas de polipropileno
- Bolsas negras de polietileno
- Bolsas blancas de polietileno
- Bolsas herméticas

3.4. Otros Materiales

- Cubetas
- Marcadores
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Material para prueba sensorial: Espacios de degustación, encuestas, lapiceros, platos descartables y marcador.

3.5. Equipos

- Extrusor de dos tornillos de marca Inbramaq y tipo de modelo PQ DRX-50. Procedente de Brasil
- Secador de bandejas de marca TORRH y tipo de modelo SBT-10X10. Procedente de Perú
- Módulo de molienda y tamizado de marca Torrh y de tipo de modelo 60XL. Procedente de Perú
- Mufla de marca Thermolyne y tipo de modelo 347 034 984. Procedente de Alemania
- Módulo de extractor de grasas de marca Foss y tipo de modelo SOXTEC. Procedente de China
- Agitadora digital de marca IKA y de tipo de modelo MS 3. Procedente de Brasil
- Centrífuga de marca EPPENDORF AG. y tipo de modelo R. Procedente de Alemania
- Lector Multimodal de marca Bio Tek y tipo de modelo Synergy H1

- Destilador de agua de marca Labtech y tipo de Modelo: LWD – 3004.Procedente de Perú.
- Estufa de marca POL- EKO y tipo de modelo SW-17TC.Procedente de EE.UU
- Balanza de precisión eléctrica de marca Precisa y tipo de modelo XB4 200C.Procedente de Suiza.
- Refrigeradora y Congeladora de marca Bosch y tipo de modelo KSV 44. Procedente de Suiza.
- Determinador de actividad de agua de marca Retronic y tipo de modelo Hydrolab2.Procedente de Suiza
- Equipo de baño maría de marca Cole Parmer y tipo de modelo 8892.Procedente de EE. UU
- Colorímetro de marca Konica y tipo de modelo CR-400.Procedente de EE.UU.
- Texturómetro de marca Brookfield y tipo de modelo CT3-4500.Procedente de EE.UU.

3.6. Materiales de empaque

- Bolsas de polipropileno
- Bolsas negras de polietileno
- Bolsas blancas de polietileno
- Bolsas herméticas

3.7. Métodos

3.7.1. Caracterización de las materias primas y mejor formulación

La caracterización se llevó a cabo de forma individual para cada una de las muestras, mediante análisis realizados en el laboratorio de investigación y desarrollo de productos agroindustriales de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EAPIA).

3.7.1.1. Humedad

Se empleo la Norma Técnica Peruana N.T.P. 205.037:1975.

3.7.1.2. Proteína

Se empleo la Norma Técnica Peruana N.T.P. 205.005:1979, revisada en 2011.

3.7.1.3. Grasa

Se realizo la determinación del contenido de grasa empleando el método AOAC, 963.15 del año 2005.

3.7.1.4. Ceniza

Se aplico la Norma Técnica Peruana N.T.P. 205.038:1975, revisada en el año 2011.

3.7.1.5. Fibras Dietética Total

Se llevó a cabo la determinación del contenido de fibra utilizando el método AOAC, 985.29 del año 1985.

3.7.1.6. Carbohidratos

El contenido de carbohidratos se determinó por NTP 205.038 por diferencia, aplicando la siguiente formula:

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

3.7.2. Análisis de compuestos bioactivos

3.7.2.1. Polifenoles

Los polifenoles se evaluaron en extractos hidroalcohólicos y se cuantificaron mediante un análisis colorimétrico utilizando el método de Folin-Ciocalteu, adaptado a placas multipocillo, de acuerdo con lo descrito por Pico et al. (2020). Los resultados se expresaron como miligramos de equivalentes de ácido gálico por 100 g de materia seca (mg GAE/100 g).

3.7.2.2. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante fue evaluada mediante el método fluorescente de absorción de radicales de oxígeno, utilizando un lector multimodal con longitudes de onda de excitación y emisión de 485 y 520 nm, respectivamente. El AAPH se empleó como agente generador de radicales, y la actividad antioxidante se cuantificó en función del estándar Trolox. Los resultados se expresaron como μmol de equivalentes de Trolox (TE) por gramo de peso seco.

3.7.3. Análisis Físicos

3.7.3.1. Volumen específico(v)

Para determinar el volumen específico del snack, se puede emplear el método de desplazamiento de semillas, el cual consiste en introducir el extruido en una probeta de 500ml, para después llenar el espacio restante con las semillas hasta cubrir completamente el ras de los snacks, y luego medir el volumen desplazado por estas, para finalmente el volumen total (extruido y semillas) se divide entre el peso total (extruido y semillas) para obtener el volumen específico (ml/g).

3.7.3.2. Densidad Aparente(ρ_a)

Se determinó por la metodología descrita por Chavez-Jáuregui et al. (2000).

Para la obtención de la densidad aparente se empleó la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m}{(\pi L (\frac{d}{2})^2)}$$

Donde:

ρ = Densidad aparente

m=masa

L=Longitud de la muestra

d=Diámetro de la muestra

3.7.3.3. Textura Instrumental

La fuerza de corte (FC) y el trabajo de corte (WC) de los extruidos fueron evaluados utilizando un texturómetro, siguiendo el método 74-09.01 establecido por la AACCI (2010).

3.7.3.4. Índice de expansión (I.E)

Se calculó a partir de la relación entre el diámetro del producto obtenido y el diámetro de la boquilla del troquel empleado, siguiendo la metodología propuesta por Meza et al. (2019).

$$IE = \frac{\text{Diametro estandar de los snacks en cm}}{\text{Daiemtro de la abertura en cm}}$$

3.7.4. Análisis Físicoquímicos

3.7.4.1. Colorimetría

La evaluación del color de las harinas se realizó utilizando un colorímetro marca KONICA MINOLTA, aplicando el sistema de medición CIE-LAB, el cual

permitio obtener los valores de luminosidad (L^*), que varía de 0 para el negro a 100 para el blanco, así como los parámetros a^* y b^* , que indican la tendencia hacia el verde (-) o rojo (+), y hacia el azul (-) o amarillo (+), respectivamente. Adicionalmente, se calcularon la cromaticidad (C^*) y el ángulo de tonalidad (h^*) conforme a los procedimientos establecidos por Minolta .

3.7.4.2. Actividad de agua (A_w)

Se realizó una evaluación instrumental utilizando un medidor de actividad de agua (a_w) de la marca ROTRONIC, modelo HYGROLAB2

3.7.4.3. Índice de absorción en agua (IAA)

El índice de absorción de agua se evaluó mediante la centrifugación de la muestra a 3000 rpm durante 10 minutos; posteriormente, el sobrenadante se transfirió a una placa Petri y se pesó el gel retenido en el interior del tubo, siguiendo la metodología descrita por Meza et al. (2019)

$$IA = \frac{\text{Residuo gelatinoso en gr}}{\text{Harina en gr}}$$

3.7.4.4. Índice de solubilidad en agua (ISA)

El índice de solubilidad en agua se evaluó mediante la centrifugación de la muestra a 3000 rpm durante 10 minutos, seguida del secado del sobrenadante a 90 °C por un periodo de 4 horas, de acuerdo con la metodología propuesta por Meza et al. (2019)

$$ISA = \frac{\text{Residuo seco en gr}}{\text{Harina en gr}}$$

3.7.5. Score Químico

La cuantificación química de los aminoácidos esenciales se expresó en miligramos por gramo de proteína contenida en la muestra, comparándose con los valores establecidos para la proteína de referencia y los resultados se presentaron en términos porcentuales, de acuerdo con el patrón aminoacídico propuesto para la población infantil ,además que el aminoácido que presentó el menor porcentaje en relación con el patrón se consideró como el primer aminoácido limitante, en cambio, aquellos aminoácidos que superaron el 100 % fueron indicativos de una proteína de alta calidad o completa (Valle, 2019).

3.7.6. Cambio sensorial de los snacks en el tiempo

Para evaluar los cambios sensoriales en el tiempo, se realizaron análisis sensoriales semanalmente desde la elaboración de los snacks. Estos fueron sometidos a una prueba con escala de 5 puntos, desde "Me disgusta mucho" hasta "Me gusta mucho" que será representado con un valor 1. El estudio concluyó cuando los evaluadores ya empiezen a percibir cambios significativos en el análisis sensorial del snack.

3.7.7. Análisis Estadísticos

3.7.7.1. Determinación de las formulaciones

Para la determinación de las formulaciones de harina de Cañihua (8-18%), Frijol Caballero (6-17%) y Arroz (70-80%) fue conducido mediante el diseño de un solo factor.

3.7.7.2. Análisis de varianza

Para averiguar si existe diferencia significativa entre los análisis sensoriales, proteínas de formulaciones, evaluación de cambio sensorial de cada semana de la

mejor formulación y por último la evaluación sensorial y de proteínas de la mejor formulación recubierto con jarabe de miel con otros snacks comerciales, se realizó el análisis de varianza y cuales difieren entre ella se usó la prueba Post Hoc (Turkey HSD).

3.7.7.3. ANOM

El ANOM es una herramienta muy útil para complementar la prueba de Tukey porque, mientras Tukey te dice entre qué grupos hay diferencias significativas después de un ANOVA, el ANOM te muestra de forma visual y sencilla cuáles grupos se están alejando del promedio general. Es decir, Tukey compara grupo contra grupo, pero el ANOM compara cada grupo con la media total, lo que ayuda a identificar más fácilmente qué tratamientos están fuera de lo esperado. Juntos, permiten tener una visión más clara y completa de los resultados, algo útil cuando estás analizando distintas formulaciones, como en el caso de snacks.

3.7.7.4. Graficas de barras

Para complementar los valores hallados de las materias primas se empleó grafico de barras, este tipo de representación gráfica ayudo a interpretar fácilmente los resultados cuantitativos y resalto las características distintivas de cada materia prima.

3.7.8. Preparación de las materias primas

3.7.8.1. Cañihua y arroz

a. Recepción

Las materias primas llegaron a las instalaciones de Operaciones Unitarias del IITA, donde se acondicionó el ambiente de trabajo.

b. Selección y limpieza

La cañihua y el arroz, en diferentes tiempos y por separado se esparcieron sobre una superficie de acero inoxidable previamente limpia y desinfectada. Mediante un análisis visual, se separaron las impurezas como ripio, pajas, granos de otros cereales y otras muestras extrañas que podrían dañar la calidad de la harina.

c. Secado

Se utilizó un secador del IITA, donde la cañihua y el arroz se esparció en varias bandejas y se sometió a un secado de 12 horas a 60°C. El proceso de secado se monitoreó hasta que el producto alcanzó un peso constante, indicando que estaba completamente seco. Además, se verificó que la humedad fuera inferior al 14% para evitar el desarrollo de microorganismos, insectos y ácaros, que podrían causar pérdidas y deterioro del producto durante su almacenamiento.

d. Molienda

Tras el secado, el arroz y la cañihua en diferentes tiempos y por separado pasaron por un molino de martillos, donde al final ambas materias primas se convirtieron en harina.

e. Tamizado

Con el propósito de uniformizar el tamaño de las partículas de las harinas, se utilizó un tamiz con malla N° 80.

f. Envasado

Una vez tamizado, las harinas de arroz y cañihua fueron pesadas y colocadas en bolsas.

g. Sellado

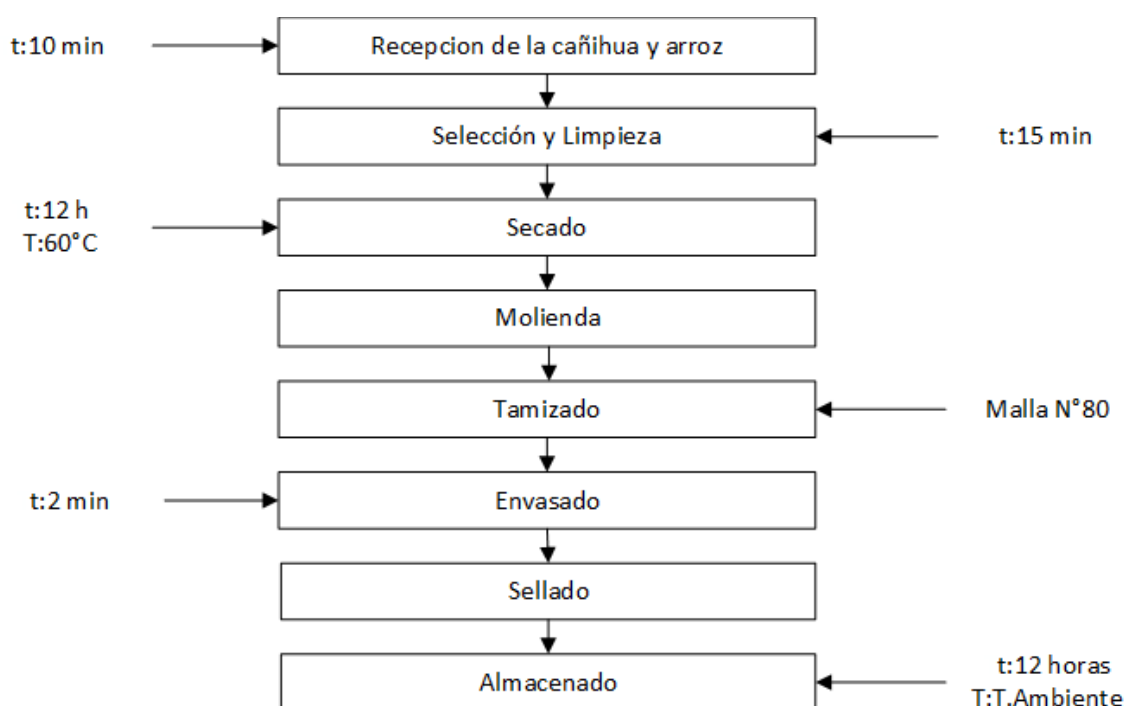
Se continuo con el sellado de las harinas de cañihua y frijol, que consistió en apretar de manera mínima la bolsa, permitiendo la más mínima presencia de oxígeno, para después sellar la bolsa con el mismo cierre adherido de la bolsa.

h. Almacenado

La harina de arroz y cañihua se almacenaron a temperatura ambiente en el almacén del Laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial.

Figura 1

Diagrama de flujo para la elaboración de la harina de cañihua y arroz



3.7.8.2. Harina del frijol caballero

a. Recepción

El frijol caballero fue trasladado al laboratorio de Operaciones Unitarias del IITA, y se adecuó el ambiente de trabajo. Luego, se llevó a cabo el pesaje y la desempacada para comenzar con la selección.

b. Selección y limpieza

El frijol caballero se dispuso sobre una mesa de acero inoxidable previamente higienizada y desinfectada. Se eligieron los granos apropiados para el proceso, descartando aquellos dañados o con impurezas.

c. Cocción

Se continuo, con la cocción que consistió en agregar el frijol en una olla de acero inoxidable con agua, donde las proporciones del frijol con el agua es de 4:1, en una cocina industrial, lo cual duro la cocción 3 horas.

d. Secado

Para secar el frijol cocido, se empleó un secador de bandejas. Los granos se distribuyeron en varias bandejas y se sometieron a una temperatura de 60°C durante un periodo de 12 horas. El proceso de secado se monitoreó hasta que el producto alcanzó un peso constante, indicando que estaba completamente seco.

e. Molienda

Una vez que los frijoles estaban secos, se sometieron a un molino de martillos para transformarlos en harina.

f. Tamizado

Con el propósito de uniformizar el tamaño de las partículas de la harina, se utilizó un tamiz con malla N° 80.

g. Envasado

La harina, después de pasar por el tamizado, se pesó y se envasó en bolsas herméticas.

h. Sellado

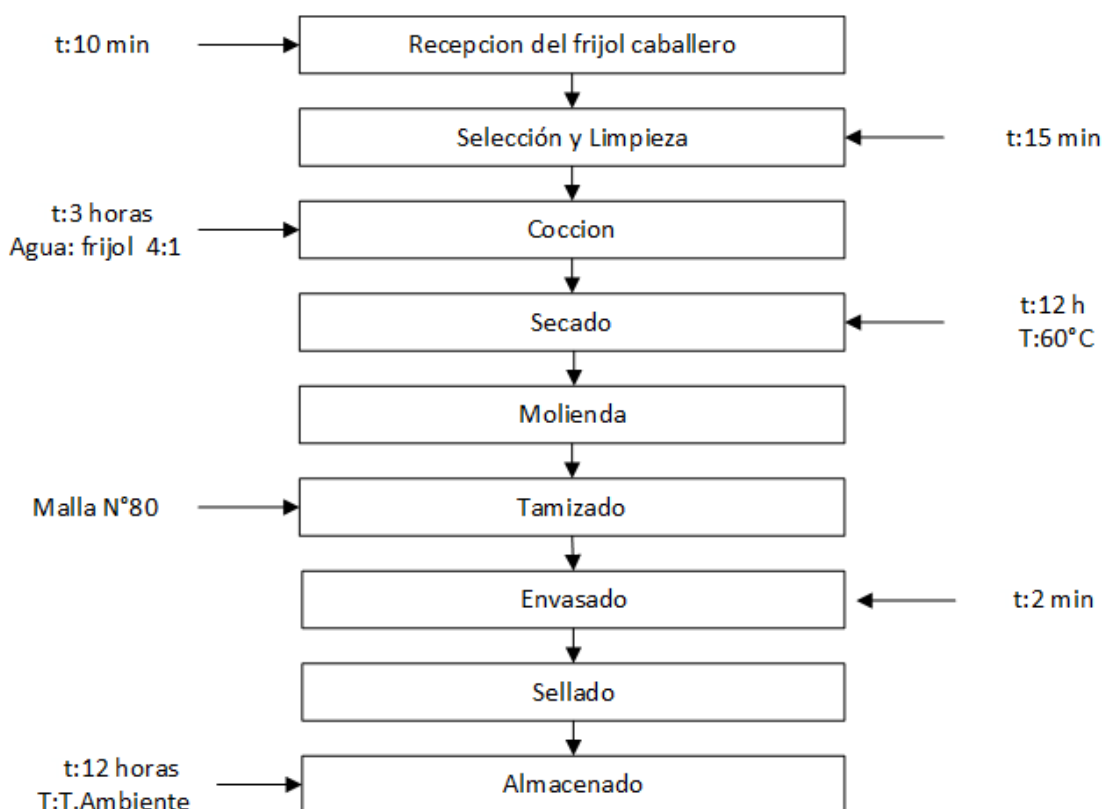
Se continuo con el sellado de la harina de frijol caballero cocido, que consistió en apretar de manera mínima la bolsa, permitiendo la más mínima presencia de oxígeno, para después sellar la bolsa con el mismo cierre adherido de la bolsa.

i. Almacenamiento

Finalmente, las bolsas con la harina envasada se almacenaron a temperatura ambiente en el almacén del Laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial.

Figura 2

Diagrama de flujo para la elaboración de la harina de frijol Caballero



3.7.9. Preparación de las formulaciones

Se combinaron diferentes proporciones de harina de cañihua parda (H.Cañihua.P), harina de frijol caballero cocido (H.F.C. Cocido) y harina de arroz

(H.Arroz), además el diseño utilizado es el diseño de un solo factor ,y se propusieron 13 formulaciones. A continuación, se detalla la composición de cada formulación en la tabla:

Tabla 4

Porcentajes de las harinas cañihua, frijol caballero y arroz para cada formulación

Formulación	%H.Cañihua	%H.F.C.Cocido	H.Arroz
F1	10	14	76
F2	10	12	77
F3	18	10	72
F4	13	12	75
F5	14	16	70
F6	16	10	74
F7	14	6	80
F8	9	11	80
F9	9	14	77
F10	16	8	76
F11	18	9	73
F12	9	17	74
F13	13	12	75

3.7.10. Producción de los snacks

3.7.10.1. Recepción de las harinas

Las harinas de arroz (56kg), cañihua parda (16kg) y frijol caballero cocido (23kg) fueron trasladadas al laboratorio de Operaciones Unitarias del IITA, y se adecuó el ambiente de trabajo. Luego, se llevó a cabo el pesaje y la desempacada para comenzar con la selección.

3.7.10.2. Pesado

Se realizo un pesado de las harinas en bolsas separadas, tomando como base a 6 kg para cada formulación.

3.7.10.3. Mezclado

Se continuo con el mezclado que consistió, en introducir las harinas de cada muestra según el tratamiento en una sola bolsa, y hacer movimientos constantes hasta que la mezcla de las 3 harinas quede distribuida como una sola harina, según sea el tratamiento.

3.7.10.4. Extrusión

Luego de haber preparado las mezclas para cada tratamiento, se introduce las mezclas al extrusor ,que atraviesa varias temperaturas ,comenzando la temperatura 1 a 30°C,temperatura 2 a 45°C,temperatura 3 a 55°C,temperatura 4 a 75°C,temperatura 5 a 95°C,temperatura 6 a 105°C,temperatura 7 a 115°C y la temperatura melt de 124°C.Ademas para el caudal del agua se manejó a 15ml/min, adicionando un dato adicional ,cuando se cambiaban de tratamientos en la alimentación al extrusor se tenía que esperarse 40 segundos.

3.7.10.5. Secado

Se continuo con el secado, que consistió en colocar cada tratamiento en una sección de las bandejas, para después colocarlo en el secador a una temperatura de 12 horas y una temperatura de 60°C

3.7.10.6. Envasado

Luego de haber transcurrido las 12 horas, se retiró los snacks secos de las bandejas, y se procedio a envasar en bolsas herméticas

3.7.10.7. Sellado

Se continuo con el sellado de tratamientos de los snacks, que consistió en apretar de manera mínima la bolsa, permitiendo la más mínima presencia de oxígeno, para después sellar la bolsa con el mismo cierre adherido de la bolsa.

3.7.10.8. Rotulación

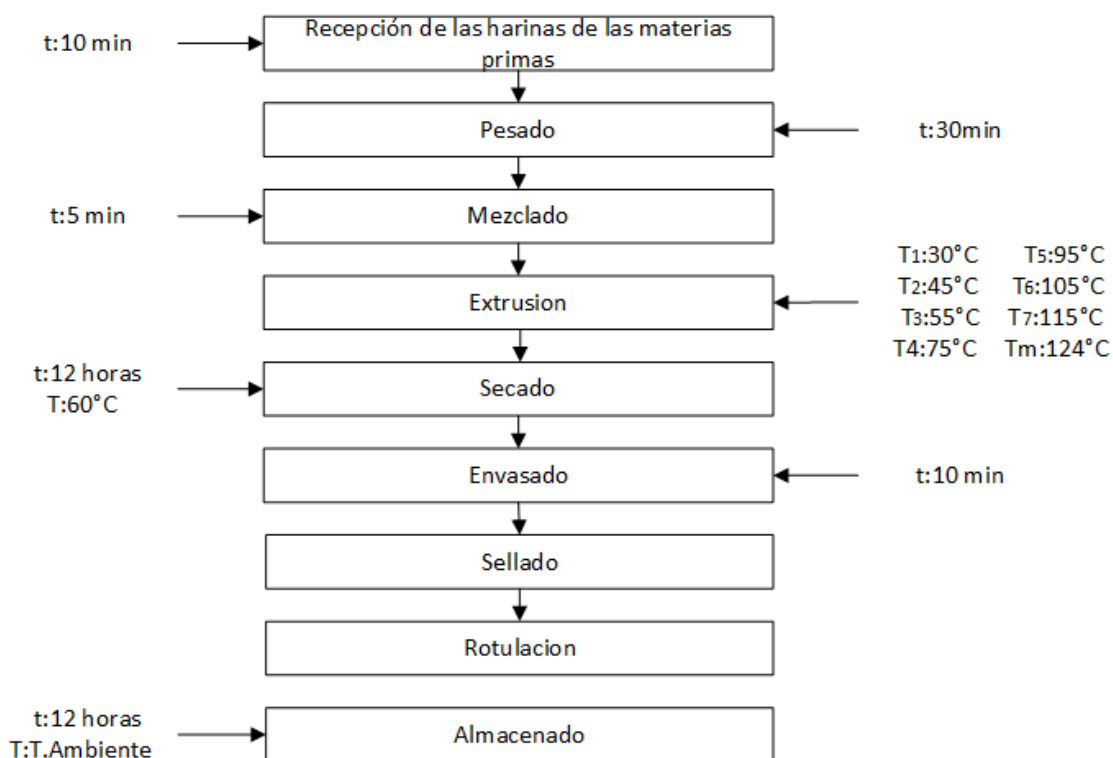
Después se empezó a rotular la bolsa con un plumón indeleble, el número de tratamiento y también se agregó sus porcentajes de harinas.

3.7.10.9. Almacenado

Finalmente, las bolsas con los snacks se almacenaron a temperatura ambiente en el almacén del Laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial, para sus posteriores análisis.

Figura 3

Diagrama de flujo para la elaboración de los snacks extruidos



3.7.11. Determinación de la mejor formulación

Para la determinación de la formulación óptima del snack, se consideró dos criterios importantes, los cuales son:

3.7.11.1. Evaluación sensorial

Para la evaluación se contó con la participación de 50 panelistas no entrenados y las categorías evaluadas incluyeron olor, color, sabor, textura y aceptabilidad. A cada evaluador se le entregaron 13 formulaciones de snacks, identificadas con códigos numéricos aleatorios de tres cifras.

3.7.11.2. Evaluación de proteínas

Para la evaluación proteica del snack, se empleó el método de DUMAS, la cual evaluó el porcentaje de proteínas para cada formulación por triplicado del snack. Los resultados fueron productivos, ya que, de los 13 formulaciones evaluados, 2 destacaron por presentar los mejores porcentajes de proteínas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización Químico Proximal de las Materias Primas

A continuación, en la tabla, se detalló la composición química proximal de harina la cañihua parda (H.Cañihua P.), harina de frijol caballero crudo (H.F.C. Crudo), harina de frijol caballero cocido (H.F.C. Cocido) y harina arroz (H.Arroz) en el desarrollo del snack, proporcionando información sobre los niveles de humedad, proteínas, lípidos, fibra, ceniza y carbohidratos por diferencia presentes en la materia prima.

Tabla 5 .

Caracterización químico proximal de las materias primas

Composición	H. Cañihua P. (%)	H.F.C. Crudo (%)	H.F.C. Cocido (%)	H. Arroz (%)
Humedad	8.875 ± 0,002	10.932±0.002	5.117±0.001	11.321 ± 0,005
Cenizas	2.652 ± 0.001	3.408 ± 0.173	6.140 ± 0.037	3.526 ± 0.001
Proteínas	18.199 ± 0.002	27.420± 0.001	24.263±0.002	7.728 ± 0.324
Grasas	6.811 ±0.015	2.186 ± 0.006	2.485 ± 0.011	0.744 ± 0.002
Fibra	13.976 ± 0.017	2.764± 0.003	2.274±0.012	25.034 ± 0.112
Carbohidratos	49.720 ± 0.029	53.513 ± 0.013	59.721±0.051	51.477 ± 0.008

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

La H.Cañihua P. presentó una humedad de 8.875%, valor que se encuentra dentro del rango de 8.5% a 10.2% reportado por Luque et al. (2024), Rodríguez et al. (2023) y Choque et al. (2022), que refleja buena estabilidad y conservación del grano. Su ceniza fue de 2.652%, menor al intervalo de 3.7% a 4.1% señalado por los mismos autores, diferencia atribuida a variaciones del suelo o al secado, sin

afectar su calidad mineral. El contenido proteico fue de 18.199%, coincidiendo con los 18.0% a 19.2% informados por los mismos autores, lo que ratifica su valor como fuente vegetal de proteínas. Además, el contenido de grasa fue de 6.811%, ligeramente inferior al 7.4% a 7.8% descrito, pero mantiene su aporte saludable de ácidos grasos insaturados, especialmente linoleico y oleico.

La H. Cañihua P. tuvo fibra fue de 13.976%, superior al rango de 6.0% a 6.3% reportado por Luque et al. (2024), Rodríguez et al. (2023), Choque et al. (2022), posiblemente por diferencias varietales o mayor proporción de fracciones insolubles que mejoran la digestión y el control glucémico. En contraste, los carbohidratos alcanzaron 49.72%, valor menor al rango de 62.5% a 63.2% informado por los mismos autores, atribuible al alto contenido de proteínas y fibra que reduce la fracción de almidón por los mismos autores y en conjunto H. cañihua P. evidencio una composición equilibrada, con estabilidad fisicoquímica, elevado valor proteico y potencial para formular alimentos con bajo índice glucémico y alta funcionalidad dietética.

El H.F.C. Crudo crudo presentó una humedad de 10.93%, coincidente con el rango de 6.49% a 10.9% de frijoles comunes informado por Neupane et al. (2024), Lozano et al. (2023) y Aquino et al., (2021), situándose en el límite superior y evidenciando la necesidad de un secado postcosecha para evitar deterioro microbiano. El contenido de ceniza 3.41% se encontró dentro del rango de 3.34% a 4.69% reportado por los mismos autores, lo que confirma su adecuación mineral. Además, mostró un alto valor proteico de 27.42%, superior al rango 16.86 a 23.55% registrado por dichos investigadores, lo cual podría atribuirse a factores genéticos o ambientales favorables, coincidiendo con la alta digestibilidad reportada por Aquino et al., (2021).

El contenido de grasa del H.F.C. Crudo fue de 2.19%, concordante con el rango de 0.78% a 2.1% señalado por Neupane et al., (2024) y Lozano et al., (2023) para harinas frijoles comunes, lo que refleja influencia del grado de madurez o ecotipo. En contraste, la fibra de 2.76% fue menor al rango 6.65 a 6.8% de los mismos autores, probablemente por pérdidas durante el procesamiento. Los carbohidratos hallados en este trabajo fueron de 53.15% resultaron inferiores al intervalo de 58.74 a 66.37% citado por los mismos investigadores, posiblemente por diferencias edafoclimáticas. En conjunto, estas variaciones confirman que H.F.C. Crudo es una fuente relevante de proteínas y minerales, aunque sus menores niveles de fibra y carbohidratos justifican estudios sobre ecotipo y manejo postcosecha.

El H.F.C. Cocido presentó una humedad de 5.117%, similar a los 4.97% de Nosworthy et al. (2018) para frijoles pintos cocidos y al rango de 4.58 a 6.72% reportado por Byarugaba et al. (2023) para harinas de frijoles comunes sometidas a tratamientos térmicos, evidenciando un secado eficiente en frijoles comunes cocidos. Además, el valor de harinas de frijoles Michigan cocidos, menor al 7.68% de Lozano et al. (2023), sugiere mejor estabilidad para su uso en harinas.

Su contenido de cenizas del H.F.C. Cocido en este trabajo fue de 6.14%, el cual superó los de Lozano et al. (2023) que hallaron 4.41% y los 3.94 a 4.58% determinados por Byarugaba et al. (2023), atribuible a la variedad genética y al método térmico.

La proteína hallada en este trabajo fue de 24.263% que se mantuvo dentro del rango de 21.55 a 24.92% reportado por Nosworthy et al. (2018) y por encima del 23.09 a 26.74% observado por Byarugaba et al. (2023), mostrando una alta

retención proteica y adecuada respuesta al tratamiento. El contenido de grasa fue de 2.485%, el cual se encuentra dentro del rango 1.28 a 2.10% también reportado por Byarugaba et al. (2023) y algo mayor a los 1.60 a 1.76% de Nosworthy et al. (2018) y Lozano et al. (2022), indicando menor pérdida lipídica durante la cocción.

La fibra dietética que se halló en el trabajo fue 2.274%, el cual resultó inferior a los 4.12 a 7.01% encontrados por Byarugaba et al. (2023), probablemente por degradación térmica de fracciones insolubles. Los carbohidratos hallados fueron de 59.721%, los cuales coincidieron con el rango 56.21 a 60.51% reportado por Byarugaba et al. (2023) pero fueron menores que los 69.5 a 70.29% de Lozano et al. (2023), lo que refleja un balance composicional con más proteínas y minerales, consolidando el valor nutricional del H.F.C. Cocido.

Respecto al H. arroz blanco, el contenido de humedad hallado de 11.321% se mantuvo dentro del rango indicado por Kraithong, Lee y Rawdkuen (2018) y Kumari et al., (2025), el cual fue de 8.4% a 11%, demostrando buena retención de agua y estabilidad. El valor de ceniza hallado fue de 3.256%, el cual fue mayor al señalado por los mismos autores; esta diferencia se debe posiblemente por residuos minerales del salvado, dado que los rangos de ceniza reportados fueron de 0.8% a 1.6% en arroz blanco. La proteína hallada de 7.728% coincidió con los rangos de los autores de 6.1% a 8.7%, reflejando un perfil adecuado, mientras que el contenido de grasa de 0.744% se ubicó dentro de los valores 1.1% a 3.4% de los autores, lo que sugiere una menor presencia del germen y una mayor estabilidad oxidativa.

El H. arroz, en contenido de fibra de 25.034% superó ampliamente los rangos de 0.7% a 9.9%, señalado por Kraithong et al. (2018) y por los hallazgos de

Wattanavanitchakorn et al. (2023) indicando la conservación del pericarpio y la capa de aleurona. Esta alta fibra se asoció con la reducción de carbohidratos, el cual presentó 51.477%, por debajo del rango de los valores de 2.7% a 9.9% evidenciando la relación inversa entre ambos componentes. Dicho comportamiento demuestra que la molienda mantuvo estructuras no digeribles, mejorando el valor funcional y el potencial de uso en productos con mayor contenido de fibra.

4.2. Análisis de Compuestos bioactivos

El análisis de compuestos bioactivos como polifenoles y capacidad antioxidante en snacks fue importante porque estos compuestos ayudan a prevenir enfermedades crónicas, al reducir el estrés oxidativo y la inflamación, protegiendo contra patologías como enfermedades cardiovasculares, diabetes y ciertos cánceres.

A continuación, en la tabla, se detalla la proporción de polifenoles y capacidad antioxidante de harina la cañihua parda (H.Cañihua P.), harina de frijol caballero crudo (H.F.C. Crudo), harina de frijol caballero cocido (H.F.C. Cocido) y harina arroz (H.Arroz) en el snack, proporcionando información en mg GAE/100 g y μ moles ET /100 g respectivamente presentes en la materias primas.

Tabla 6*Capacidad antioxidante y polifenoles de las materias primas*

Composición	H.Cañihua P.	H.F.C. Crudo	H.F.C. Cocido	H.Arroz
Polifenoles (mg GAE/100g)	52.865 ± 1.532	13.555 ± 0.445	12.311 ± 0.182	4.659 ± 0.157
C. Antioxidante (μmoles ET/100g)	10,388 ± 413.8	3,476.765 ± 39.634	2,651.520 ± 13.986	1,023.914 ± 37.296

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

El contenido de polifenoles en la H.Cañihua P. fue de 52.865 mg GAE/100 g, valor que coincide con el rango reportado por Limachi et al. (2023) de 27 a 58 mg GAE/100 g y que refleja la influencia del origen genético y geográfico en la concentración de compuestos fenólicos. Las diferencias frente a los valores mayores de Paucar-Menacho et al. (2023) de 170 a 740 mg GAE/100 g podrían deberse a variaciones en las condiciones de cultivo y procesamiento, factores determinantes en la síntesis de estos compuestos.

La capacidad antioxidante fue de 10 388 μmol ET/100 g, superando los rangos de autores como Huamaní et al. (2020) de 2 700 a 4 200 μmol ET/100 g y Centeno (2019) de 1 696 a 1 927 μmol ET/100 g. Este resultado evidencia una alta acumulación natural de antioxidantes en la variedad parda, similar a lo observado por Poma (2018) de 11 659.8 a 15 090 μmol ET/100 g, lo que confirma que ciertos genotipos de cañihua poseen mayor potencial antioxidante intrínseco asociado a su composición fenólica.

La H.F.C. Crudo presentó 13.555 mg GAE/100 g, valor coherente con los rangos reportados por Osuna et al. (2023), Claros (2021) y Herrera et al. (2018) desde 22.4 a 261 mg GAE/100g. Las diferencias se asocian al genotipo, las condiciones de cultivo y al método analítico. Aunque el valor hallado fue menor, refleja adecuadamente la naturaleza antioxidante de la H.F.C. Crudo según su perfil fenólico, el método ORAC permitió una estimación indirecta pero consistente con otros estudios, considerando la influencia del solvente y del ambiente de cultivo sobre la variación de los polifenoles.

La capacidad antioxidante del H.F.C. Crudo fue de 3476.765 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ según el método ORAC, resultado similar al de Osuna et al. (2023), Claros (2021) y Herrera et al. (2018) desde 1710 y 3920 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$. El valor obtenido evidencia una alta capacidad antioxidante intrínseca, asociada al contenido de polifenoles y a la sensibilidad del método ORAC, lo que confirma su potencial funcional en la dieta humana.

La H.F.C. Cocido presentó 112.311 mg GAE/100 g de compuestos fenólicos totales, valor dentro del rango reportado por Yang et al. (2018) de 80 a 453.77 mg GAE/100 g. Su concentración podría relacionarse con una baja densidad de pigmentos fenólicos, similar a lo observado en harina de frijoles blancos según Rodríguez et al. (2021), donde las diferencias se asocian al tipo de variedad y al efecto del tratamiento térmico.

La H.F.C. Cocido, en cuanto a la capacidad antioxidante, se obtuvo 2651.520 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ mediante ORAC, superando los rangos de Yang et al. (2018) de 400 a 6207 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ y ubicándose en el rango medio. Esto sugiere una buena conservación de compuestos antioxidantes activos tras la cocción, lo cual

se explica por la mayor sensibilidad del método ORAC para detectar la actividad frente a radicales peroxilo.

El contenido de polifenoles totales de 4.659 mg GAE/100 el H.Arroz se explica por el refinamiento y el tratamiento térmico, que reducen significativamente los compuestos fenólicos respecto a granos crudos o harinas nativas de 20.85 a 167.13 mg GAE/100 g de Alotaibi et al., (2024) y Thanuja y Parimalavalli, (2020). La gran variabilidad entre variedades sugieren que la muestra corresponde a un arroz blanco muy refinado y posiblemente de grano grande, justificando el valor bajo obtenido en comparación con los rangos reportados. La capacidad antioxidante de 1023.914 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ en la H.arroz supera ampliamente los valores de harinas de arroz de 65.51 a 534 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ reportados por Rico, Cano y y Martin, (2021) y Brunet et al., (2023). El valor elevado hallado podría deberse a metabolitos secundarios o compuestos conjugados liberados durante la extracción ORAC, lo que explica su alta capacidad antioxidante pese al bajo contenido de polifenoles observado por Shao, Zhang y Bao, (2020).

4.3. Análisis fisicoquímicos

4.3.1. Actividad de Agua (Aw)

Posteriormente, en la tabla, se detalló la propiedad de actividad de agua en la cañihua parda (H.Cañihua P.), harina de frijol caballero crudo (H.F.C. Crudo), harina de frijol caballero cocido (H.F.C. Cocido) y harina arroz (H.Arroz) en el desarrollo del snack, proporcionando la cantidad de agua liberada disponible presentes en la materia prima.

Tabla 7*Actividad de agua de las materias primas*

Propiedad	H.Cañihua P.	H.F.C. Crudo	H.F.C. Cocido	H.Arroz
Aw	0.538 ± 0.007	0.523 ± 0.003	0.499 ± 0.005	0.540 ± 0.003

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

El valor de actividad de agua (aw) hallado en la H.Cañihua P. fue 0.538, cifra que se sitúa dentro del amplio rango documentado por Lerma (2021), quien reportó valores de aw entre 0.112 y 0.976 en 26 accesiones de las harinas de cañihua evaluadas a 13 °C, lo que refleja la marcada variabilidad genética y ambiental de este cultivo. Asimismo, el resultado concuerda con los valores observados por Barraza y Perez (2023) en harina de cañihua, quienes determinaron que la actividad de agua en harinas de cañihua alcanzó valores superiores a 0.60 al ajustarse la humedad de las muestras, lo que clasifica al material en la categoría de alimentos de humedad baja a intermedia; de este modo, el valor obtenido de 0.538 se respalda tanto por trabajos sobre grano seco como por estudios de productos derivados de cañihua.

El hallazgo también se alinea con reportes más recientes, Mérida et al. (2023) registro una actividad de agua 0.50 promedio al evaluar seis cultivares de harina de cañihua, reforzando la descripción de la especie como de higroscopicidad moderada, y Luque et al. (2024) encontraron que, al formular galletas sin gluten con harina de cañihua, la aw se mantuvo entre 0.40 y 0.50, lo que indica que la harina contribuye a la retención hídrica sin incrementar la humedad libre. En

conjunto, estas comparaciones justifican la validez del valor 0.538 y sugieren que, desde el punto de vista de estabilidad y seguridad alimentaria, la H.Cañihua P. parda presenta comportamiento higroscópico coherente que no compromete la formulación ni la conservación del producto.

La actividad de agua (a_w) del H.F.C. Crudo fue 0.523, menor al promedio de 0.63 reportado en harinas de frijoles comunes, lo que refleja menor disponibilidad de agua libre y, por tanto, mayor estabilidad frente a daños físicos y microbiológicos (Orquide et al., 2023). Esta diferencia podría deberse a una testa más compacta o menos porosa que limita el intercambio de humedad con el entorno, generando un equilibrio higroscópico distinto. Teixeira et al. (2018) demostraron que un frijol blanco con humedad de 0.142 en base seca presentó una relación directa entre contenido de humedad y a_w , evidenciando que pequeñas variaciones en humedad o temperatura afectan dicho equilibrio, lo que respalda los valores obtenidos en el presente estudio.

La H.F.C. Cocido presentó una actividad de agua de 0.499, lo que indica una humedad moderada sin riesgo de alteración. Este resultado es superior a los valores reportados por Hernandez et al. (2025), quienes encontraron que harinas de frijol presentaron valores de actividad de agua por debajo de 0.60, reflejando que la cocción y procesamiento reducen la disponibilidad de agua libre en matrices de leguminosas, lo cual coincide con una menor probabilidad de crecimiento microbiano. Asimismo, Estanech et al. (2024) evidenciaron que procesos de fermentación y tratamiento térmico en harinas de legumbres reducen significativamente la actividad del agua, demostrando que las leguminosas y sus tratamientos funcionales influyen en la disponibilidad de agua en los sistemas alimentarios.

El valor hallado de 0.499 concuerda con Forsido et al. (2021), quienes señalaron que los tratamientos térmicos y de almacenamiento afectan la retención de agua y la estabilidad de la aw en matrices de leguminosas cocidas, garantizando estabilidad sin deshidratación extrema. En síntesis, la evidencia sugiere que el H.F.C. Cocido mantiene un equilibrio adecuado entre retención de humedad y control microbiano, coherente con lo reportado por Belén et al. (2025), Estanech et al. (2024) y Forsido et al. (2021).

La actividad de agua de la H. arroz analizado fue de 0.540, valor mucho menor al rango de 0.973 reportado por Lee et al. (2025) en arroz tradicionalmente al vapor, lo que indica que el arroz cocido usual mantiene un nivel de agua de actividad cercano a valores donde puede ocurrir crecimiento microbiano si no se enfría rápidamente. Esta diferencia se asocia al menor contenido de humedad de la H. arroz seco. Este valor también se ubica por debajo del promedio de 0.85 descrito por Ozbekova y Kulmyrzaev (2019) en arroz blanco almacenado, posiblemente por menor exposición a la humedad ambiental. Sharma et al. (2024) obtuvieron entre 0.80 y 0.90 en arroz instantáneo tratado térmicamente, lo que sugiere que la muestra actual podría haber sido sometida a un secado más intenso o a condiciones de almacenamiento más controladas.

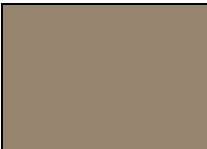
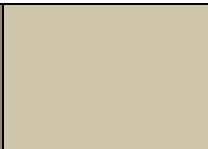
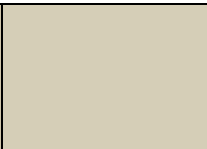
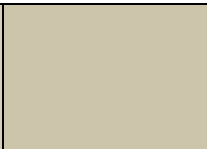
De forma coherente, Dutta et al. (2020) señalaron que la actividad de agua puede alcanzar 0.95 bajo alta humedad relativa, lo que respalda que el valor reducido de 0.540 se relacione con un entorno de baja humedad que limitó la absorción de agua.

4.3.2. Colorimetría

Siguiendo con los análisis, en la tabla, se detalló la colorimetría de la harina de cañihua parda (H.Cañihua P.), harina de frijol caballero crudo (H.F.C. Crudo), harina de frijol caballero cocido (H.F.C. Cocido) y harina arroz (H.Arroz) del snack, proporcionando información de las propiedades L*, a* y b* presentes en la materia prima. A continuación, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 8

Colorimetría de las materias primas

Propiedad	H.Cañihua P.	H.F.C. Crudo	H.F.C. Cocido	H.Arroz
L*	56.830 ±	82.803±	80.183 ±	79.623 ±
	0.155	0.890	0.503	0.561
a*	3.723 ± 0.186	-0.187 ±	0.337 ± 0.156	-0.697 ±
		0.155		0.084
b*	14.440 ±	12.123 ±	14.660 ±	14.007 ±
	0.511	0.274	0.298	0.234
C*	14.907±0.497	12.124±0.274	14.671±0.298	14.023±0.234
h*	75.407±1.91	90.91±0.73	88.66±0.61	92.85±0.35
Referencia del color				

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

La H.Cañihua P. mostró una luminosidad (L*) de 56.830, superior al 45.3 de Merida et al. (2023), indicando menor presencia de pigmentos oscuros, como sostienen Gómez Rosas y Pachari (2022). El valor a* de 3.723 fue menor al rango de 4.0 a 6.5 descrito por Paucar-Menacho et al. (2025), lo que sugiere menor contenido de antocianinas. En cambio, el b* de 14.440 coincidió con el límite

superior reportado por Paucar-Menacho et al. (2025) y con los 13.2 de Callohuanca et al. (2021), reflejando una tonalidad amarilla intensa respaldada por el croma C^* de 14.907 característico del grano sin procesar (Merida et al., 2023).

El matiz h^* de 75.407, superior a los 70° de Luque et al. (2024), evidencia una mayor tendencia al color amarillo con leves tonos verdosos por acción de pigmentos fenólicos. En general, los resultados coinciden con los rangos reportados por autores recientes, confirmando que la H.Cañihua P. presenta una apariencia cromática propia pero coherente con la literatura científica.

El H.F.C. Crudo mostró una luminosidad L^* de 56.830, superior a los valores de frijol común en estado natural en un rango de 31.6 a 36.3 reportados por Sánchez (2024), lo que confirma que la variedad de un producto si llega a ser un factor importante a considerar, lo corrobora que a^* de 3.723 es mucho menor que los 12.4 del autor, indicando escasa pigmentación rojiza propia del grano fresco. El valor b^* de 14.440 superó ampliamente los 5.7 y 3.2 de frijol común reportado por el mismo autor, evidenciando mayor presencia de tonalidades amarillas no degradadas. Frente al frijol negro de Galvan (2023) de los valores de L^* de 25.45 y b^* de 1.42, el H.F.C. Crudo mostró una coloración más clara y amarillenta, asociada a diferencias varietales y a la ausencia de pigmento de su propia variedad.

El frijol H.F.C. Crudo presentó un croma C^* de 14.907, superior a los 10.1 y 12.3 obtenidos por Sánchez (2024) y Ponce et al. (2019) respectivamente, reflejando mayor saturación cromática por pigmentos estables. El ángulo de tono h^* fue 75.407°, con predominio de matiz amarillo frente a los 34.1° y 60° reportados por

dichos autores respectivamente. Estas diferencias indican que el color del grano crudo se conserva sin alteración térmica ni genética.

El frijol H.F.C. Cocido mostró un valor de luminosidad L^* de 80.183, inferior a los 84.54 reportados por Galván (2023) y por Navneet y Joye (2025) respectivamente, lo que evidencia un mayor oscurecimiento del grano debido a reacciones de pardeamiento no enzimático, como la de Maillard y la caramelización. El valor a^* de 0.337 indicó una ligera tendencia a tonos rojizos, menor que el 1.09 descrito por Navneet y Joye (2025), reflejando el cambio del color blanquecino del grano crudo hacia tonalidades cálidas originadas por la desnaturalización térmica de pigmentos sensibles al calor durante la cocción, lo que coincide con el comportamiento cromático descrito por ambos autores.

La H.F.C. Cocido del valor b^* de 14.660 fue superior al 13.72 señalado por Galván (2023), mostrando una mayor intensidad amarilla asociada con la oxidación de compuestos fenólicos. Este incremento fue coherente con el valor C^* de 14.671, mayor al 13.47 informado por Navneet y Joye (2025), lo que sugiere una mayor saturación cromática y concentración de pigmentos amarillos en la muestra cocida. Asimismo, el ángulo de tono h^* de 90.91° se desplazó hacia tonalidades más cercanas al amarillo puro respecto al 85.45° de Navneet y Joye (2025), de resultado atribuible a las condiciones térmicas del tratamiento, que alteraron la orientación cromática del grano, confirmando una intensificación del color similar a lo indicado por estudios previos.

Los valores colorimétricos de la H.Arroz blanco L^* de 75.407, a^* de -0.697 , b^* de 14.007, C^* de 14.023 y h^* de 92.85° mostraron menor luminosidad y mayor saturación amarilla que los reportados por Jamanca et al. (2024), quienes hallaron L^* de 85.2, a^* de -1.5 , b^* de 9.8, C^* de 9.9 y h^* de 96.5° , lo que sugiere un leve

oscurecimiento posiblemente asociado al secado o almacenamiento. El valor a^* indicó un tono más neutro que los rangos de -2.0 a 0.0 señalados por Li et al. (2023), mientras que el incremento de b^* y C^* evidenció una saturación amarilla mayor, atribuible a reacciones de Maillard incipientes o a variaciones genéticas del grano, lo que justifica la diferencia respecto a los valores de referencia.

El matiz de H.Arroz de h^* de 92.85° confirmó una tonalidad amarillenta más notoria, similar a la descrita por Ahn y Kwon (2025), quienes observaron que los tratamientos térmicos aumentan b^* y reducen L^* , generando un color dorado más perceptible. De manera coherente, Aznan et al. (2021) destacaron que pequeñas variaciones en L^* , a^* y b^* provocan cambios perceptibles en la calidad visual, por lo que los resultados obtenidos evidencian transformaciones significativas tanto físico-químicas como sensoriales, coherentes con la literatura consultada.

4.4. Determinación de la mejor formulación de snack

Para la determinación de la mejor formulación se realizó un análisis de proteínas y una evaluación sensorial a varias formulaciones de snacks que permitió identificar no solo la opción con mejor perfil nutricional, sino también aquella que ofrece mayor aceptación por parte del consumidor.

4.4.1. Análisis de proteínas de los snacks

Duarte et al. (2019) en su estudio sobre la hidrólisis de concentrados de proteína de suero con tripsina, los autores utilizaron ANOVA de una vía y la prueba de Tukey para analizar la formación de péptidos en diferentes condiciones experimentales. Encontraron que el aumento de la temperatura incrementó significativamente la cantidad de ciertos péptidos, lo que sugiere que la temperatura influye en la extensión de la hidrólisis proteica. Además Shen et

al.(2021) evaluaron la calidad del arroz cocido en diferentes variedades, utilizando ANOVA para analizar las propiedades sensoriales y fisicoquímicas.

Este tipo de análisis permitió obtener datos de los porcentajes de proteínas de las 13 formulaciones del snack por triplicado a través del método de Dumas, lo cual resulto ser productivo al sustentar afirmaciones nutricionales y establecer comparaciones de medias entre las formulaciones a través del análisis de varianza y si es necesario la prueba Post Hoc.

4.4.1.1. Análisis de varianza de la proteína de las formulaciones de snacks

A continuación, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de las 13 formulaciones del snack donde proporciona información de valores importantes, pero el que resalta más es la significancia de las formulaciones respecto a las proteínas.

Tabla 9

ANOVA de las formulaciones de snack en los porcentajes de las proteínas

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre formulaciones	10.309	12	0.859	80.252	0.000
Error	0.278	26	0.011		
Total corregido	10.588	38			

Analizando los resultados del ANOVA para el componente de proteína de las 13 formulaciones, se observó que la significancia es 0.000, lo cual es menor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre las 13 formulaciones de snacks, con un nivel

de confianza de 95%. Ahora, luego de haber encontrado que hay diferencia de significativa entre las 13 formulaciones se procedió a realizar una prueba Post Hoc (Turkey HSD), donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto a la proteína, para luego complementarlo con el ANOM.

Tabla 10

Prueba Post Hoc de las formulaciones de snack en los porcentajes de proteínas

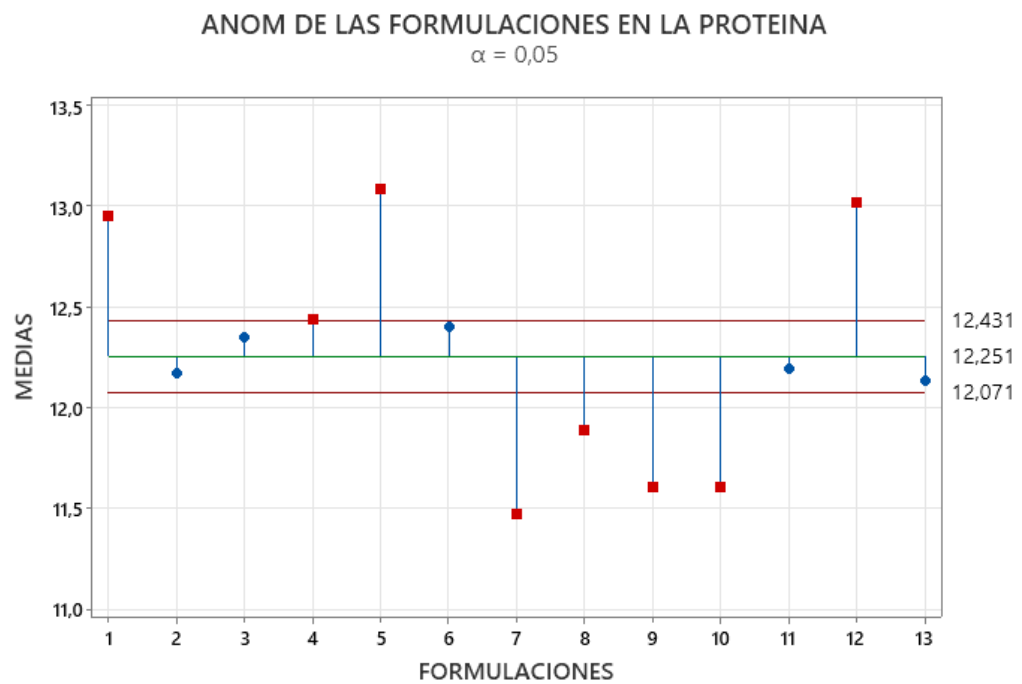
		Proteínas					
	F	N	Subconjuntos				
			1	2	3	4	5
Tukey	F7	3	11.469				
HSD	F9	3	11.601	11.601			
	F10	3	11.601	11.601			
	F8	3		11.885	11.885		
	F13	3			12.134	12.134	
	F2	3			12.170	12.170	
	F11	3			12.190	12.190	
	F3	3				12.347	
	F6	3				12.396	
	F4	3				12.434	
	F1	3					12.945
	F12	3					13.012
	F5	3					13.085
	Sig.		0.926	0.088	0.053	0.061	0.894

En la Tabla 10 donde se aplicó la prueba de Tukey, se identificó el contenido de proteína donde la media de la formulación 7 fue de 11.469, lo cual fue significativamente más bajo y se ubicó en el subconjunto 1. Ahora bien, las medias de las proteínas de las formulaciones 5 ,12, y 1 fueron 13.085, 13.012 y 12.945 respectivamente que se ubicaron en el subconjunto superior 5, donde de

estas últimas formulaciones destacaron significativamente, en especial la formulación 5 que presentó la media más alta. Por otro lado, las otras formulaciones que están ubicadas en los subconjuntos 2,3, y 4 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 4

Análisis de medias de las formulaciones en la proteína



En la Gráfica 4 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general de proteína fue de 12.251, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 12.431 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 12.071. Por otro lado las medias de las proteínas de las formulaciones 7,9,10 y 8 fueron 11.469, 11.601, 11.601 y 11.885 respectivamente que se ubicaron por debajo del LDI lo y evidenció medias significativamente bajas. Sin embargo, la media de la formulación 5 fue 13.085 seguidas por las medias de las formulaciones 12 y 1 que fueron 13.012 y 12.945 respectivamente, los cuales superaron el LDS, lo que confirmó sus medias significativamente superiores.

Adicionalmente, las medias de las otras formulaciones no se diferencian significativamente por que se encuentran dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar los mejores resultados de la proteína, donde la formulación 5 destacó por su media superior, seguida por las formulaciones 12 y 1 que también mostraron medias significativamente elevadas respecto a las medias de las otras formulaciones no consideradas.

4.4.2. Análisis Sensorial de las formulaciones de snacks

El análisis sensorial resulto importante en la evaluación de un snack, ya que permitió conocer cómo perciben y aceptan los consumidores sus características como sabor, textura, color, aroma y aceptabilidad. Además, facilito comparar e identificar a la mejor formulación a través del ANOVA y de turkey como hizo Duran et al., (2023) y para lograr un producto final que no solo cumplió con requisitos nutricionales, sino también con las expectativas y gustos del público al que está dirigido y complementarlo con el visualmente con el ANOM como hizo Aranda y Bocanegra (2018).

Ghanbari et al. (2021) compararon tres métodos de caracterización sensorial basados en la percepción del consumidor para desarrollar un postre funcional a base de cereales. Utilizaron ANOVA y la prueba de Tukey para analizar las puntuaciones de intensidad dadas por los consumidores.

4.4.2.1. Análisis de varianza para el color

Continuando, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de las 13 formulaciones del snack donde proporciono información de valores importantes,

pero el que resalto más es la significancia de las formulaciones respecto a las propiedades organolépticas del color.

Tabla 11

ANOVA de las formulaciones de snacks en el color

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre formulaciones	106.138	12	8.845	9.633	0.000
Error	584.860	637	0.918		
Total corregido	690.998	649			

Evaluando los resultados del ANOVA para el atributo de color de las 13 formulaciones, se identificó que la significancia es 0.000, lo cual es menor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre las 13 formulaciones de snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Después de haber encontrado que hay diferencia de significativa entre las 13 formulaciones se procedió a realizar una prueba post-Hoc (Turkey HSD), donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto al el color, para luego complementarlo con el ANOM.

Tabla 12*Prueba Post Hoc de las formulaciones de snacks en el color*

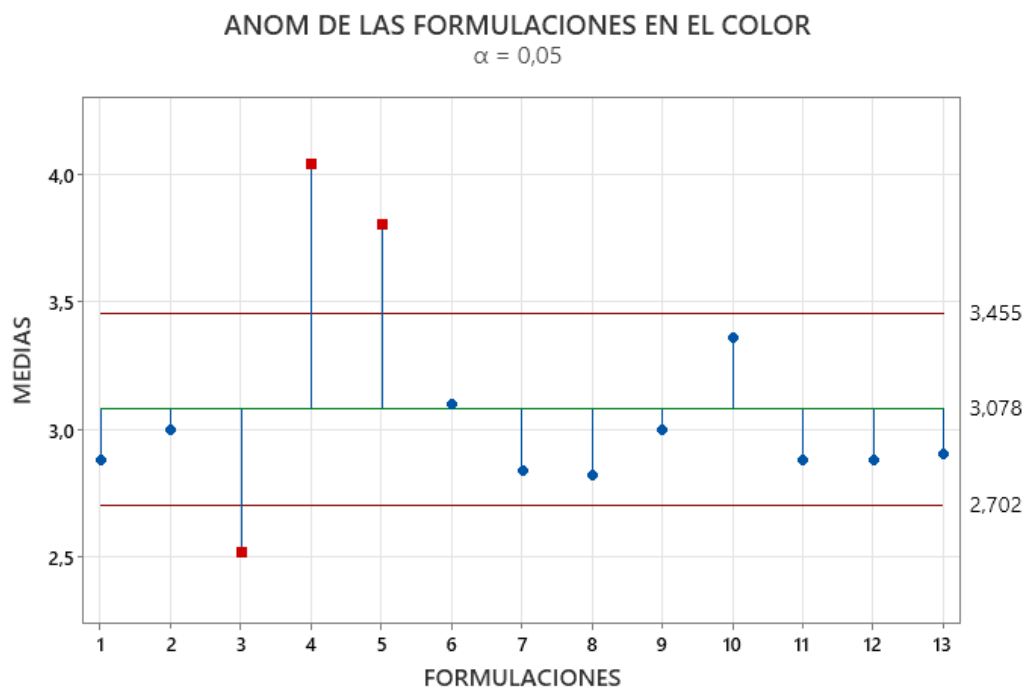
		Color				
		F	N	Subconjunto		
			1	2	3	4
Tukey HSD	F3	50	2.520			
	F8	50	2.820	2.820		
	F7	50	2.840	2.840		
	F1	50	2.880	2.880		
	F11	50	2.880	2.880		
	F12	50	2.880	2.880		
	F13	50	2.900	2.900		
	F9	50	3.000	3.000		
	F2	50	3.000	3.000		
	F6	50		3.100	3.100	
	F10	50		3.360	3.360	
	F5	50				3.800
	F4	50				4.040
Sig.		0.117	0.197	0.521	0.990	

En la Tabla 12 donde se aplicó la prueba de Tukey, se identificó la característica del color donde la media de la formulación 3 fue de 2.520, lo cual fue significativamente más bajo y se ubicó en el subconjunto 1. Ahora bien, las medias del color de las formulaciones 4 y 5 fueron 4.040 y 3.800 respectivamente, que se ubicaron en el subconjunto superior 4, donde de estas últimas formulaciones, destaco la formulación 4 por ser la media significativamente más

alta. Por otro lado, las otras formulaciones que están ubicadas en los subconjuntos 2,3, y 4 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 5

Análisis de medias de las formulaciones en el color



En la Figura 5 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general del color fue de 3.078, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 3.455 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 2.702. Por otro lado la media del color de las formulaciones 3 fue 2.520 que se ubicó por debajo del LDI y evidenció media significativamente baja. Sin embargo, la media de la formulación 4 fue 4.040 seguida por la media de la formulación 5 que fue 3.800, lo cuales superaron el LDS, lo que confirmó sus medias significativamente superiores. Adicionalmente, las medias de las otras formulaciones no se diferencian significativamente por que se encontraron dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar los mejores resultados del color, donde la formulación 4 destacó por presentar una media significativamente superior a todas las formulaciones, seguida por la formulación 5 que también mostro una media significativamente elevada respecto a la mayoría de las otras medias de las formulaciones no consideradas.

4.4.2.2. Análisis de Varianza del olor

Respecto a la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de las 13 formulaciones del snack donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las formulaciones respecto a las propiedades organolépticas del olor.

Tabla 13

ANOVA de las formulaciones de snacks en el olor

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre formulaciones	31.858	12	2.691	6.256	0.000
Error	262.620	637	0.412		
Total corregido	294.906	649			

Analizando los resultados del ANOVA para el atributo de olor de las 13 formulaciones, se conoció que la significancia es 0.000, lo cual es menor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre las 13 formulaciones de snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Luego de haber encontrado que hay diferencia de significativa entre las 13 formulaciones se procede a realizar una prueba post-Hoc (Turkey HSD), donde

en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto al olor, para luego complementarlo con el ANOM.

Tabla 14

Prueba Post Hoc de las formulaciones de snacks en el olor

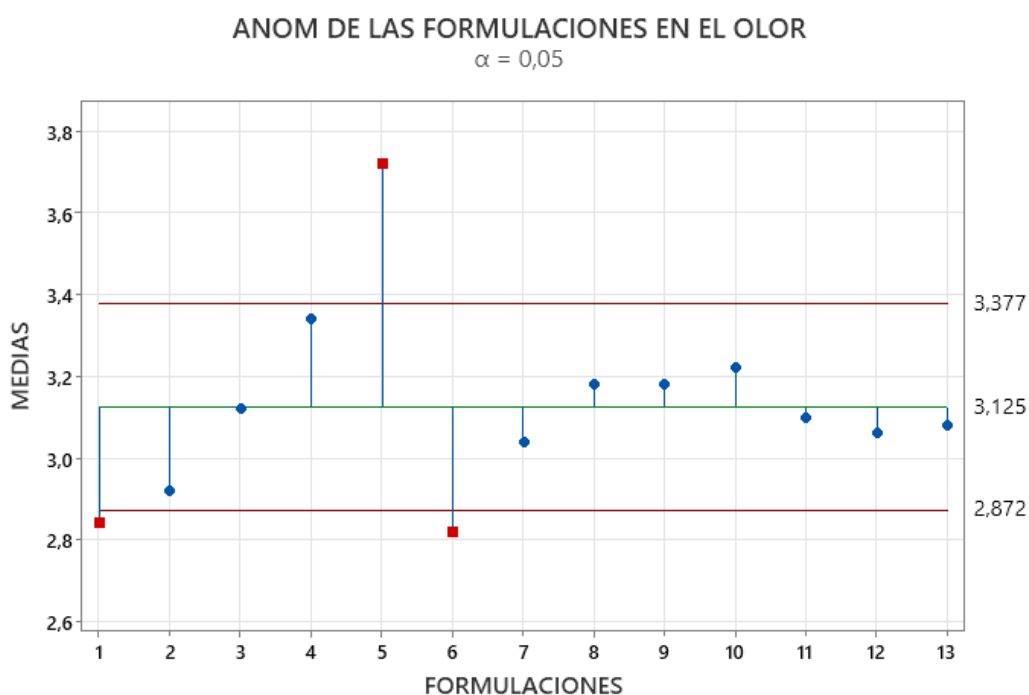
		Olor			
		F	N	Subconjuntos	
				1 2 3	
Tukey HSD	F6	50	2.820		
	F1	50	2.840		
	F2	50	2.920	2.920	
	F7	50	3.040	3.040	
	F12	50	3.060	3.060	
	F13	50	3.080	3.080	
	F11	50	3.100	3.100	
	F3	50	3.120	3.120	
	F9	50	3.180	3.180	
	F8	50	3.180	3.180	
	F10	50	3.220	3.220	
	F4	50		3.340 3.340	
	F5	50			3.720
	Sig		0.092	0.059	0.140

En la Tabla 14 donde se aplicó la prueba de Tukey, se identificó la característica del olor donde las medias de las formulaciones 6 y 1 fueron de 2.820 y 2.840 respectivamente, lo cuales fueron significativamente más bajos y se ubicaron en el subconjunto 1. Ahora bien, las medias del olor de la formulación 5 fue 3.720

que se ubicó en el subconjunto superior 3, donde de esta última formulación destaco, por ser la media significativamente más alta. Por otro lado, las otras formulaciones que se ubicaron en el subconjunto 3 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 6

Análisis de medias de las formulaciones en el olor



En la Figura 6 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general del olor fue de 3.125, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 3.377 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 2.872. Por otro lado las medias del olor de las formulaciones 6 y 1 fueron de 2.820 y 2.840 que se ubicaron por debajo del LDI y evidenció medias significativamente bajas. Sin embargo, la media de la formulación 5 fue 3.720, la cual supero el LDS, lo que confirmó su media significativamente superior. Adicionalmente, las medias de las otras formulaciones no se diferencian significativamente por que se encontraron dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar el mejor resultado del olor, donde la formulación 5 destacó por presentar una media significativamente superior respecto a las medias de las otras formulaciones no consideradas.

4.4.2.3. Análisis de varianza del sabor

Ahora bien, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de las 13 formulaciones del snack donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalta más es la significancia de las formulaciones respecto a las propiedades organolépticas del sabor.

Tabla 15

ANOVA de las formulaciones de snacks en el sabor

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre formulaciones	174.326	12	14.527	32.167	0.000
Error	287.680	637	0.452		
Total corregido	462.006	649			

Evaluando los resultados del ANOVA para el atributo del sabor de las 13 formulaciones, se identificó que la significancia es 0.000, lo cual es menor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre las 13 formulaciones de snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Posteriormente de haber encontrado que hay diferencia de significativa entre las 13 formulaciones se procedió a realizar una prueba post-Hoc (Turkey HSD),

donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto al sabor, para luego complementar con el ANOM.

Tabla 16

Pruebas Post Hoc de las formulaciones de snacks en el sabor

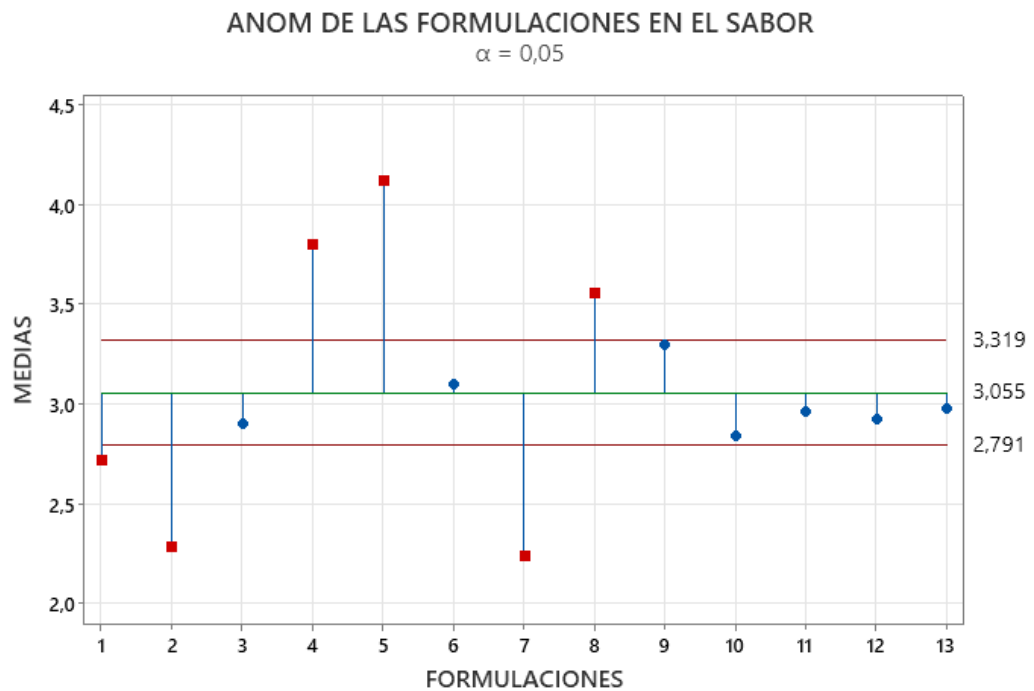
		Sabor							
F	N	Subconjunto							
		1	2	3	4	5	6	7	
	F7	50	2.240						
Tukey HSD	F2	50	2.280	2.280					
	F1	50		2.270	2.720				
	F10	50			2.840				
	F3	50			2.900	2.900			
	F12	50			2.920	2.920			
	F11	50			2.960	2.960			
	F13	50			2.980	2.980			
	F6	50			3.100	3.100			
	F9	50				3.300	3.300		
	F8	50					3.560	3.560	
	F4	50						3.800	3.800
	F5	50							4.120
	Sig.			1.000	0.058	0.192	0.134	0.774	0.856

En la Tabla 16 donde se aplicó la prueba de Tukey, se identificó la característica del sabor donde la media de la formulación 7 fue de 2.240, lo cual fue significativamente más bajo y se ubicó en el subconjunto 1. Ahora bien, las medias del sabor de la formulación 5 fue 4.120 que se ubicó en el subconjunto superior 7, donde esta última formulación destacó, por ser la media

significativamente más alta. Por otro lado, las otras formulaciones que están ubicadas en los subconjuntos 2,3,4,5 y 6 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 7

Análisis de medias de las formulaciones en el sabor



En la Figura 7 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general del sabor fue de 3.055, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 3.319 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 2.791. Por otro lado las medias del sabor de las formulaciones 7, 2 y 1 fueron 2.240, 2.280 y 2.270 respectivamente, que se ubicaron por debajo del LDI y evidenciaron medias significativamente bajas. Sin embargo, la media de la formulación 5 fue 5.120, seguidas por las medias de las formulaciones 4 y 8 que fueron 3.800 y 3.560 respectivamente, las cuales superaron el LDS, lo que confirmó sus medias significativamente superiores. Adicionalmente, las medias

de las otras formulaciones no se diferencian significativamente por que se encontraron dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar el mejor resultado del sabor, donde la formulación 5 destacó por presentar una media significativamente superior respecto a la media de las otras formulaciones no consideradas.

4.4.2.4. Análisis de Varianza de la textura

Respecto a la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de las 13 formulaciones del snack donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las formulaciones respecto a las propiedades organolépticas de la textura.

Tabla 17

ANOVA de las formulaciones de snacks en la textura

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre formulaciones	145.646	12	12.137	22.429	0.000
Error	344.700	637	0.541		
Total corregido	490.346	649			

Realizando una evaluación de los resultados del ANOVA para el atributo de la textura de las 13 formulaciones, se apreció que la significancia es 0.000, lo cual es menor al valor p que vino representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre las 13 formulaciones de snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Además de haber encontrado que hubo diferencia de significativa entre las 13 formulaciones se procedió a realizar una prueba post-Hoc (Turkey HSD), donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto a la textura, para luego complementarlo con el ANOM.

Tabla 18

Prueba Post Hoc de las formulaciones de snacks en la textura

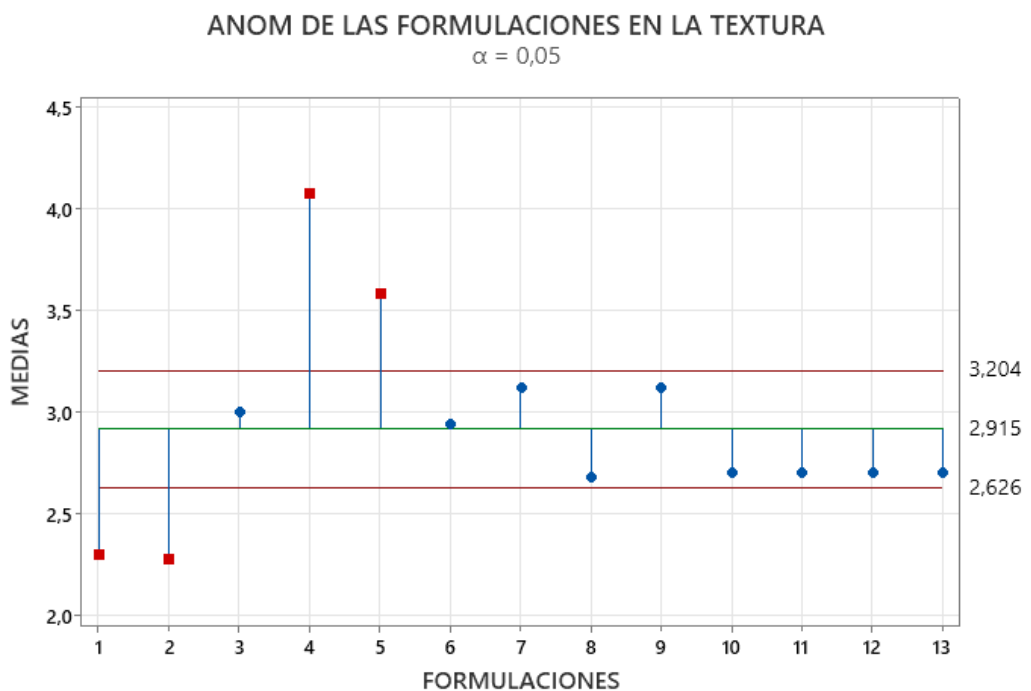
		Textura					
		F	N	Subconjuntos			
				1	2	3	4
Tukey HSD	F2	50	2.280				
	F1	50	2.300				
	F8	50	2.680	2.680			
	F10	50	2.700	2.700			
	F11	50	2.700	2.700			
	F12	50	2.700	2.700			
	F13	50	2.700	2.700			
	F6	50		2.940			
	F3	50		3.000			
	F9	50		3.120	3.120		
	F7	50		3.120	3.120		
	F5	50				3.580	
	F4	50					4.080
Sig.			0.102	0.070	1.000	1.000	

En la Tabla 18 donde se aplicó la prueba de Tukey, se identificó la característica de la textura donde las medias de las formulaciones 2 y 1 fueron de 2.280 y 2.300 respectivamente, lo cuales fueron significativamente más bajos y se ubicaron en

el subconjunto 1. Ahora bien, las medias de la textura de la formulación 4 fue 4.080 que se ubicó en el subconjunto superior 4, la cual destaco por ser significativamente superior a todas las formulaciones, seguida de la media de la formulación 5 que fue 3.580, que llego ser la media significativamente más superior respecto a la mayoría de las medias de formulaciones. Por otro lado, las otras formulaciones que están ubicadas en los subconjuntos 2 y 3 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 8

Análisis de medias de las formulaciones en la textura



En la Figura 8 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó qué la media general del sabor fue de 2.915, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 3.204 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 2.626. Por otro lado las medias de las formulaciones 2 y 1 fueron de 2.280 y 2.300 respectivamente que se ubicaron por debajo del LDI y evidenciaron medias significativamente bajas. Sin embargo, la media de la formulación 4 fue 4.080,

seguida por la media de la formulación 5 que fue 3.580, la cuales superaron el LDS, lo que confirmó sus medias significativamente superiores. Adicionalmente, las medias de las otras formulaciones no se diferenciaron significativamente por que se encontraron dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar los mejores resultados de la textura, donde la formulación 4 destacó por presentar una media significativamente superior a todas las formulaciones, seguida por la formulación 5 que también mostro una media significativamente elevada respecto a la mayoría de las otras medias de las formulaciones no consideradas.

4.4.2.5. Análisis de varianza de la aceptabilidad

Después, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de las 13 formulaciones del snack donde proporcio información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las formulaciones respecto a las propiedades organolépticas de la aceptabilidad.

Tabla 19

ANOVA de las formulaciones de snack en la aceptabilidad

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre formulaciones	105.215	12	8.768	15.454	0.000
Error	361.400	637	0.567		
Total corregido	466.615	649			

Analizando los resultados del ANOVA para el atributo de la aceptabilidad de las 13 formulaciones, se apreció que la significancia es 0.000, lo cual es menor al valor p que vino representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar

que, si existe diferencia significativa entre las 13 formulaciones de snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Luego de haber encontrado que hubo diferencia de significativa entre las 13 formulaciones se procedió a realizar una prueba post-Hoc (Turkey HSD), donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto a la aceptabilidad, para luego complementar con el ANOM.

Tabla 20

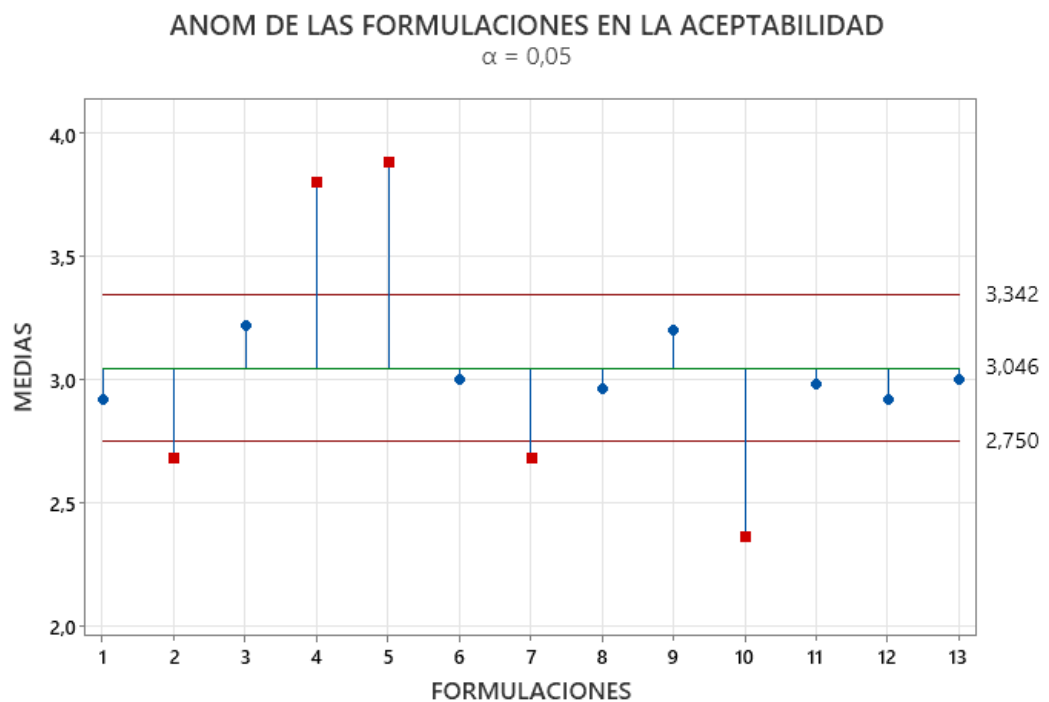
Prueba Post Hoc de las formulaciones de snack en la aceptabilidad

		Aceptabilidad					
		F	N	Subconjuntos			
				1	2	3	4
Tukey HSD	F10	50	2.360				
	F2	50	2.680	2.680			
	F7	50	2.680	2.680			
	F1	50		2.920	2.920		
	F11	50		2.920	2.920		
	F8	50		2.960	2.960		
	F12	50		2.980	2.980		
	F6	50		3.000	3.000		
	F13	50		3.000	3.000		
	F9	50			3.200		
	F3	50			3.220		
	F4	50					3.800
	F5	50					3.880
Sig.			0.647	0.647	0.738	1.000	

En la Tabla 20 donde se aplicó la prueba de Tukey, se identificó la característica de la aceptabilidad donde la media de la formulación 10 fue de 2.360, lo cual fue significativamente más bajo y se ubicó en el subconjunto 1. Ahora bien, las medias del color de las formulaciones 5 y 4 fueron 3.880 y 3.800 respectivamente, que se ubicaron en el subconjunto superior 4, donde de estas últimas formulaciones, destaco la formulación 5 por ser la media significativamente más alta. Por otro lado, las otras formulaciones que están ubicadas en los subconjuntos 2 y 3 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 9

Análisis de medias de las formulaciones en la aceptabilidad



En la Figura 9 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general de la aceptabilidad fue de 3.046, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 3.342 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 2.750. Por otro lado la media de las formulaciones 10, 2 y 7 fueron 2.360, 2.680 y 2.680 respectivamente, que se ubicó por debajo del LDI y evidenció media

significativamente baja. Sin embargo, la media de la formulación 5 fue 3.880 seguida por la media de la formulación 4 que fue 3.800, los cuales superaron el LDS, lo que confirmó sus medias significativamente superiores. Adicionalmente, las medias de las otras formulaciones no se diferencian significativamente por que se encontraron dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar los mejores resultados de la aceptabilidad, donde la formulación 5 destacó por presentar una media significativamente superior a todas las formulaciones, seguida por la formulación 4 que también mostro una media significativamente elevada respecto a la mayoría de las otras medias de las formulaciones no consideradas.

4.5. Caracterización Químico Proximal de la mejor formulación

Siguiendo con la caracterización químico proximal, en la tabla, se detalló la composición química proximal de la mejor formulación (F5) de todos los snacks considerando los mejores valores de proteínas y características sensoriales, proporcionando información sobre los niveles de humedad, proteínas, lípidos, fibra, ceniza y carbohidratos por diferencia presentes prima.

Tabla 21*Caracterización químico proximal de la mejor formulación*

Composición	Porcentaje (%)
Humedad	3.479 ± 0.106
Cenizas	1.189 ± 0.001
Proteínas	13.085 ± 0.001
Grasas	3.768 ± 0.001
Fibra dietaria total	8.679 ± 0.002
Carbohidratos	69.800 ± 0.001

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

El snack extruido presentó una humedad de 3.479%, valor menor al rango reportado por Díaz (2024) y Laureano y Avellaneda (2018), quienes informaron 7.8% y 10.4%, respectivamente. Esta diferencia puede atribuirse a una mayor eficiencia en la pérdida de agua durante la extrusión y al menor contenido hídrico de los ingredientes utilizados, especialmente arroz y cañihua, que exhiben baja retención de agua bajo altas temperaturas (Verona, 2022). En cuanto al contenido de cenizas de 1.189%, fue inferior al 3.5% reportado por Aro y Calsin (2019). Esta reducción se asoció a la menor proporción de cañihua en la formulación y al efecto diluyente del arroz, cuyo contenido mineral es cercano al 1.8% (Laureano y Avellaneda, 2018).

El contenido proteico de 13.085% se ubicó dentro del intervalo descrito por Verona (2022) para snacks con cañihua y fue ligeramente inferior al 18.5 a 19.0% observado en snacks extruidos enriquecidos con leguminosas como frijol o haba

según Natabirwa et al. (2020), lo que sugiere que la formulación actual aporta proteínas de buena calidad desde los granos analizados. Este resultado se justifica por la contribución de cañihua, que presenta un alto valor proteico y un perfil equilibrado de aminoácidos esenciales, junto con el frijol, que complementa la concentración proteica, logrando niveles superiores a los snacks formulados únicamente con arroz (Laureano y Avellaneda, 2018). Respecto al contenido de grasas de 3.768%, este fue menor al 5.0% reportado por Díaz (2024) para snacks de cañihua pura, pero mayor al rango de 1.5% a 3.0% señalado por Poma et al. (2019) en productos con arroz o frijol. Esta composición lipídica intermedia puede atribuirse a la presencia combinada de ambos granos, ricos en lípidos insaturados, aunque parte de ellos se pierde durante la extrusión (Díaz, 2024).

En cuanto a la fibra, el valor obtenido de 8.679% superó los rangos reportados por Verona (2022) y Laureano y Avellaneda (2018) para snacks con arroz en el rango de 3.0% a 6.0% en productos con frijol. Este incremento se explicó por la combinación sinérgica de cañihua y frijol, ingredientes con alta densidad de fibra, que incrementaron la fracción dietaria total del producto.

Finalmente, el contenido de carbohidratos de 69.80% se aproximó al intervalo superior de snacks con arroz de 70% a 75% descrito por Laureano y Avellaneda (2018), superando los valores de formulaciones reportados por Aro y Calsin (2019) y los 12.07% de proteína y proporciones carbohidratos más altas observadas en extrudidos ricos en frijol, lo que se justifica por la predominancia del arroz en la mezcla, cuya alta concentración de almidón contribuye al perfil glucídico característico del snack extruido.

4.6. Análisis de compuestos bioactivos

4.6.1. Polifenoles y capacidad antioxidante

Siguiendo con los análisis, en la tabla, se detalló la proporción de polifenoles y capacidad antioxidante de la mejor formulación del snack en las mezclas de harinas de las materias primas, proporcionando información en mg GAE/100 g y μ moles ET/100g respectivamente presentes.

Tabla 22

Proporción de polifenoles y capacidad antioxidante de la mejor formulación por cada 100gramos

Composición	Valor
Polifenoles (mg GAE/100g)	14.453 \pm 0.024
C.Antioxidante (μ moles ET/100g)	1,917.959 \pm 21.815

Nota. Media de 3 repeticiones \pm desviación estándar

La mejor formulación presentó una cantidad de polifenoles de 14.453 mg GAE/100 g, valor moderadamente bajo frente a snacks pigmentados como el maíz morado de 64.00 mg GAE/100 g por parte de Castillo y Vera, (2024). Pedrosa Guillamón y Arribas (2021) reportaron reducciones de 40.94 a 94.82 mg GAE/100 g, mientras Arribas et al. (2019) observaron incrementos del 36 % en mezclas de arroz, frijol y algarroba, y finalmente Rico Cano y Martín (2021) indicaron que cañihua con legumbres bajo mayor calor alcanza de 56.8 a 81.3 mg GAE/100 g. El bajo contenido de polifenoles en este estudio se atribuye a la limitada disponibilidad de fenoles en arroz y frijol caballero y a condiciones de extrusión menos intensas.

La capacidad antioxidante fue 1,917.959 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$, inferior a 31,961 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ en maíz morado y kiwicha (Castillo y Vera, 2024), mientras valores de capacidad antioxidante en variedades de frijol oscilaron entre 243.59 y 1282.70 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ reportados por Salas, Ordóñez y Reátegui (2021) y Félix et al., (2020). La baja actividad antioxidante en este snack se justifica por el reducido contenido fenólico inicial del arroz, la menor proporción de cañihua y el uso de frijol caballero, limitando la donación de electrones frente a radicales libres pese al efecto térmico.

4.7. Análisis Físicos

Los análisis físicos de un snack fueron importantes porque ayudaron a conocer sus características como el volumen específico, densidad aparente, textura instrumental y índice de expansión, aspectos que influyen directamente en cómo percibimos sus características sensoriales y el tiempo en que puede conservarse en buen estado.

Tabla 23

Análisis físicos de la mejor formulación del snack

Propiedades	Valor
Volumen Especifico(cm^3/g)	3.167 ± 0.017
Densidad Aparente(g/cm^3)	0.318 ± 0.002
Fuerza de corte(N)	38.901 ± 1.522
Trabajo de corte (N.s)	72.780 ± 10.650
I. de expansión (%)	3.749 ± 1.87

Nota. Media de 3 repeticiones \pm desviación estándar

El snack extruido de cañihua, frijol caballero y arroz alcanzó un volumen específico de $3.167 \text{ cm}^3/\text{g}$, valor dentro del rango de 1.85 a $345 \text{ cm}^3/\text{g}$ reportado por Alefew, Tiruneh y Yehuala (2024) en mezclas de arroz, lupino y calabaza. Cotocallapa et al. (2021) obtuvieron $2,94 \text{ cm}^3/\text{g}$ en extruidos de arroz con 20% de harina de frijol negro a $160 \text{ }^\circ\text{C}$ y 20% de humedad, resultados que confirman que la humedad y la temperatura influyen directamente en la densidad y aireación, justificando la expansión observada en este estudio.

El valor de $3.167 \text{ cm}^3/\text{g}$ se asemeja al de $3.63 \text{ cm}^3/\text{g}$ descrito por Rangira et al. (2020) en extrudados de almidón de guisante bajo condiciones de extrusión, reflejando una buena expansión y textura aireada. No obstante, fue inferior a los $17 \text{ cm}^3/\text{g}$ informados por Lisiecka, Wojtowicz y Gancarz (2021) en snacks con microondas y fibra de zanahoria. Asimismo, Alefthew et al. (2024) reportaron hasta $3.0 \text{ cm}^3/\text{g}$ en mezclas extrudidas de arroz, lupino y calabaza, lo que demuestra que la formulación hallada presentó una expansión controlada acorde con las propiedades de los pseudocereales y leguminosas empleadas.

La densidad aparente del snack formulado con cañihua, frijol caballero y arroz fue de $0.318 \text{ g}/\text{cm}^3$, resultado que se atribuye a la baja expansión generada por los ingredientes seleccionados. Este valor coincide con el rango señalado por Santacruz Cadena y Yáñez (2022), quienes obtuvieron densidades de 0.199 a $0.427 \text{ g}/\text{cm}^3$ en productos con alto contenido de fibra como el chocho y la quinua, confirmando que la presencia de fibra limita la expansión y aumenta la compactación del producto.

De igual modo, los valores inferiores reportados por Espinoza Roldán y Martínez (2021) de $0.0668 \text{ g}/\text{cm}^3$ para un snack de maiz, arroz y kiwicha y Mendoza y Salazar (2025) de $0.062 \text{ g}/\text{cm}^3$ para un snack de quinua con sangre deshidratada

reflejan snacks más aireados. En comparación, el valor de 0.318 g/cm^3 del presente estudio indica un producto más denso y compacto, cuya estructura se justifica por la alta proporción de fibra dietaria y almidones resistentes presentes en la cañihua y el frijol caballero, componentes que limitan la expansión y aumentan la densidad del snack.

El valor de fuerza de corte de 38.901 N de la mejor formulación se debió a la interacción entre proteínas del frijol y compuestos funcionales de la cañihua, que generaron una matriz cohesiva. Este resultado concuerda con Mathad, Gavahian y Lin (2025), quienes hallaron hasta 42.7 N en extruidos con cereales y pseudocereales, y con Mitrus et al. (2023), que reportaron rangos de 10.90 a 93.63 N en extruidos de frijol. Dichos valores respaldan que la inclusión de leguminosas incrementa la dureza moderada del producto sin afectar su estructura, mostrando similitudes en comportamiento físico con formulaciones proteicas mixtas.

El valor obtenido fue superior al de Escobedo (2022), quien reportó 20 N en extruidos con 60 % de frijol y 40 % de maíz, diferencia explicada por la mayor proporción de arroz y cañihua que mejoró la integridad sin excesiva dureza. En comparación, Azih et al. (2024) observaron hasta 199.93 N en extruidos de frijol mungo cocido, evidenciando que el presente snack logró una textura equilibrada. Esto confirma que la formulación desarrollada permitió una adecuada compactación y crocancia, manteniendo una resistencia mecánica intermedia acorde con la aceptación sensorial esperada en productos expandidos.

El trabajo de corte de la mejor formulación de snack fue de 72.780 N.s, valor que refleja la estructura compacta generada por estos ingredientes. La harina de cañihua reduce la gelatinización y eleva la densidad de la matriz (Quíspe et al.,

2023), mientras que con 38 % de cañihua se registraron durezas de hasta 32 N en galletas sin gluten (Luque et al., 2024). De modo similar, Leiva et al. (2025) describen extruidos con durezas superiores a las comerciales por interacciones proteicas y gelatinización limitada, lo cual, junto con la compactación del frijol caballero, justifica la resistencia a la corte observada en la formulación actual.

El aporte del frijol caballero se asocia con el aumento de dureza en extruidos elaborados con frijoles bajo humedad elevada y temperatura moderada, por efecto de compactación (Barbosa et al., 2025) y (Samodra et al., 2024). Además, el arroz crudo contribuye a la firmeza estructural, ya que su mayor humedad eleva la resistencia (Mathad, Gavahian, y Lin, J., 2025) y la ausencia de pregelatinización genera texturas densas (Wang et al., 2024). En conjunto, estos mecanismos justifican que el valor de 72.780 N·s sea congruente con la composición y las condiciones de gelatinización limitadas reportadas por los autores.


El índice de expansión de 3.749 en el snack de cañihua, frijol caballero y arroz se relaciona con la interacción de ingredientes y condiciones de extrusión. En un estudio con mezcla de harina de frijol y arroz integral, se observó que al aumentar la proporción de legumbre, el índice de expansión radial se incrementó desde valores de 2.31 hasta 3.36, lo que indica que una proporción moderada de legumbre puede favorecer la expansión del extruido (Mathad, Gavahian, y Lin, 2025). De forma similar, en extruidos de cebada sin cáscara con adición de frijol mungo, el rango de expansión estuvo entre 2.03 y 2.33 bajo distintas condiciones de extrusión, señalando la influencia de la humedad de alimentación y velocidad de tornillo sobre la expansión (Singh, Singh, y Singh, , 2024), lo cual coincide con Vicente et al. (2023) hallaron valores de 3.2 en arroz bien procesado, similar al presente estudio.

La expansión de 3.749 supera el promedio de 2.5 reportado por Félix et al. (2020), demostrando una mayor sinergia entre harinas y condiciones de extrusión. Este resultado confirma que una formulación equilibrada de cereales y leguminosas mejora la expansión frente a los valores previos (Vicente et al., 2023). La acción combinada de arroz y cañihua favoreció una estructura más aireada, en concordancia con Paucar-Menacho et al. (2022) y los estudios de extrusión mencionados que muestran cómo la composición de legumbres y condiciones de proceso afectan la expansión. Por tanto, la mezcla extruida y el control del proceso explican el incremento observado.

4.8. Análisis fisicoquímicos

Los análisis físico-químicos realizados fueron la colorimetría, la actividad de agua (a_w), el índice de absorción en agua (IAA) y el índice de solubilidad en agua (ISA), que se comenzó desde la colorimetría que nos permitió detectar cambios en el color en el snack, algo que influye directamente en cómo lo percibimos visualmente. A su vez, la actividad de agua se halló para anticipar si el snack es estable frente al crecimiento de microorganismos, ya que muchos de ellos solo prosperan cuando el nivel de a_w supera ciertos límites. Además, indicadores como el IAA y el ISA nos facilitó entender cómo interactúa el snack con el agua algo que afecta directamente su textura, su facilidad para rehidratarse, su desempeño durante el procesamiento y en última instancia, cómo lo percibe y acepta quien lo consume.

Tabla 24*Colorimetría de la mejor formulación del snack*

Propiedades	Propiedades
L	76.307±0.614
A	0.570 ± 0.180
B	12.337 ± 0.162
C	12.345 ±0.162
H	87.36±0.84
Referencia del color	

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

La mejor formulación presentó un L* de 76.307, el cual superó los valores de Quispe et al. (2023) de 74.2 a 69.8 y Tapia Marimon y Salazar (2023) de 47.10, atribuyéndose al menor efecto de pigmentos oscuros de snacks. El a* de 0.570 hallado es menor en comparación con 1.68 de Alberco(2023) , mostrando baja tendencia rojiza y menor reacción de Maillard. El b* hallado de 12.337 coincidió con Quispe et al. 10.5 a 12.8 y Devrajan et al. (2018) de 4.22 a 16.88, indicando pigmentos amarillos moderados. En conjunto, la formulación generó un color claro y estable frente a los snacks de los autores mencionados.

El valor de C* de 12.345 y h* de 87.36 evidenciaron estabilidad cromática y color uniforme del snack. El C* fue superior a Alberco (2023) y similar a Devrajan et al. (2018), mientras el valor de h* hallado en esta investigación se debe al contenido de C , orientándose a tonos amarillos claros con poca presencia rojiza.

El valor de croma C* fue 12.345 evidenciando una saturación cromática mientras que el ángulo tonal h* fue 87.36 ligeramente superior a los valores descritos en el

estudio anterior lo cual es indicativo de una tonalidad más clara y menos rojiza atribuible al equilibrio entre frijol, cañihua y arroz sin ingredientes que oscurezcan significativamente el producto (Kojic et al.,2022)

Tabla 25

Actividad de agua de la mejor formulación del snack

Propiedad	Valor
Aw	0.347 ± 0.003

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

Laureano y Avellaneda (2018) hallaron actividades de agua entre 0.473 a 0.511 en snacks de pallar y arroz, influenciadas por la proporción de legumbre y la temperatura de extrusión (100 a 115 °C). En comparación, la mejor formulación presentó 0.347, valor mucho menor que indica mayor estabilidad y textura más seca. Este resultado coincide con Velásquez y Flórez (2024), quienes observaron valores menores a 0.60 en snacks similares, límite que impide el crecimiento microbiano. Así, el valor de 0.347 supera este estándar y asegura un cambio sensorial prolongada sin necesidad de conservadores.

Tapia, Marimon y Salazar (2023) reportaron humedades de 4.46 % a 5.81 % en extruidos, equivalentes a una actividad de agua de 0.40 a 0.55. Frente a ello, el valor de 0,347 demuestra menor disponibilidad de agua y mejor crocancia. Lo que refleja que el efecto del proceso de extrusión y de la mezcla de ingredientes, optimizando la estabilidad y seguridad del snack como alimento de conservación prolongada

Tabla 26*Índice de absorción de la formulación*

Propiedad	Valor (%)
I. de absorción	5.004 ± 0.036

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

El índice de absorción de agua (IAA) fue de 5.004 % de materia seca, asociado a la composición de cañihua, frijol caballero y arroz, y al grado de gelatinización alcanzado. Este valor superó el 4.95 % informado por Quispe et al. (2024) para extruidos, evidenciando que la adición del frijol caballero aportó más sitios hidrofílicos por su contenido proteico. Este comportamiento coincide con lo reportado por Vanier et al. (2018), quienes observaron valores de IAA en extruidos de cereales y leguminosas entre 5.4 y 7.3 g/g de materia seca bajo condiciones de extrusión controladas, lo que sugiere que las condiciones térmicas empleadas favorecieron una gelatinización adecuada sin degradar la estructura, manteniendo una red parcialmente expandida y estable en la mezcla

Este resultado hallado también superó el rango de 3.84 % a 4.13 % de Ziena y Ziena (2022) en formulaciones con cereales y legumbres, posiblemente por la mayor accesibilidad del almidón y menor formación de complejos proteína y almidón.

Tabla 27*Índice de solubilidad de la mejor formulación*

Propiedad	Valor (%)
I. de solubilidad	23.942 ± 0.004

Nota. Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

El snack extruido de cañihua, frijol caballero y arroz presentó un índice de solubilidad en agua de 23.94 %, dentro del rango de 18.17 % a 30.10 % reportado por Aburto y Taboada (2019). Este valor evidencia una despolimerización intermedia del almidón, donde la cañihua y el frijol limitaron su ruptura excesiva, favoreciendo la gelatinización. La estructura parcialmente conservada contribuyó a una textura adecuada, similar a lo descrito por Muñoz et al. (2022), quienes observaron incrementos significativos en el índice de solubilidad después de la extrusión en snacks basados en quinoa con alta proteína, destacando la influencia de la formulación y las condiciones de procesamiento sobre las características funcionales del almidón.

Kaur et al.,(2022) reportaron variaciones del índice de solubilidad de agua (ISA) en extrudados de maíz con proteína de alta calidad entre 20.6 % y 38.6 %, dependiendo de la composición de materia prima y las condiciones de extrusión empleadas. En este estudio, el valor de 23.94 % refleja un equilibrio adecuado entre ingredientes y parámetros de proceso, generando un daño estructural controlado del almidón. La interacción entre cañihua y frijol caballero habría evitado una fragmentación excesiva, manteniendo una solubilidad media que favorece la funcionalidad y calidad sensorial del snack, en concordancia con los resultados de los autores citados.

4.9. Score Químico

Continuación se continuo con el análisis de Score químico que se mencionó por categoría a la población de nivel primaria (N.P), nivel secundaria (N.S) y nivel universitario (N.U) en comparación con la mejor formulacion de snack. En la siguiente se detalla los valores determinados:

Tabla 28*Score químico de la mejor formulación del snack*

Aminoácido esencial	Snack (mg/g)	Requerimiento			Score Químico (%)		
		Fao (2018)			Fao (2018)		
		N.P	N.S	N.U	N.P	N.S	N.U
Histidina	20.99	16	16	15	131	131	140
Isoleucina	36.62	31	30	30	118	122	122
Leucina	68.18	61	60	59	112	114	116
Lisina	50.45	48	48	45	105	105	112
Met. + Cist.	30.46	24	23	25	127	132	122
Fenil .+ Tiro.	66.93	41	41	38	163	163	176
Treonina	34.87	25	25	23	139	139	152
Tripofano	7.99	6.6	6.5	6	121	123	133
Valina	45.84	40	40	39	115	115	118

Vatan y Babienk (2023) hallaron que solo 8 de 24 alimentos en niños ucranianos cubrían aminoácidos esenciales, con una ingesta menor a 0.95 g/kg/día. Anyiam et al.,(2025) mostraron que mezclas de proteína de guisante y arroz con proporciones equilibradas alcanzaron un PDCAAS cercano a 1.0, indicando que la combinación de leguminosas y cereales puede lograr una calidad proteica comparable a la de proteínas animales cuando los perfiles de aminoácidos se complementan adecuadamente. Esto evidencia que las mezclas vegetales equilibran lisina y metionina, aunque sin lograr siempre una puntuación ideal de 1.0 en todas las formulaciones, reafirmando su papel en dietas complementarias.

Tapia et al. (2023) registraron en snacks de cañihua y frijol una digestibilidad de 72.6 % a 74.4 % y altos niveles de leucina de 84.91 mg/g y lisina de 51.51 mg/g, superiores a la FAO. Quispe et al. (2024) obtuvieron PDCAAS de 0.75 a 0.85 y más de 0.83 con >40 % de cañihua, cubriendo requerimientos proteicos juveniles. Más aún, investigaciones recientes han demostrado que la combinación de proteínas de cereales con leguminosas o pseudocereales puede aumentar la calidad proteica total de la mezcla, debido a la complementariedad de aminoácidos y la mejora de la digestibilidad, resultando en PDCAAS y DIAAS mayores que los de cada fuente por separado (Sá y House, 2024).

4.10. Cambio sensorial en el tiempo

Se evaluó el cambio sensorial de la mejor formulacion a través del análisis sensorial con personas, semana a semana, fue importante porque nos ayudó a saber hasta cuándo el producto mantiene su buen color, olor, sabor textura y aceptabilidad, tal como le gusta al consumidor.

4.10.1. Análisis de Varianza del color

A continuación, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de las semanas del cambio sensorial de la mejor formulación del snack donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalta más es la significancia de las semanas respecto a las propiedades organolépticas del color.

Tabla 29 .

ANOVA de las semanas en el color de la mejor formulación de snack

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre semanas	3.185	8	0.398	1.714	0.104
Error	23.000	99	0.232		
Total corregido	26.185	107			

Evaluando los resultados del ANOVA para el atributo de color de las 9 semanas, se apreció que la significancia es 0.104, lo cual es mayor al valor p que vino representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, no existe diferencia significativa en el cambio sensorial durante las 9 semanas evaluadas para el snack de la mejor formulación, con un nivel de confianza de 95%.

Luego de haber realizado el ANOVA, se verifico que contraste con la prueba de Post-Hoc (Turkey HSD) donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto a las semanas en el color y para ultimo también se realizó el ANOM.

Tabla 30

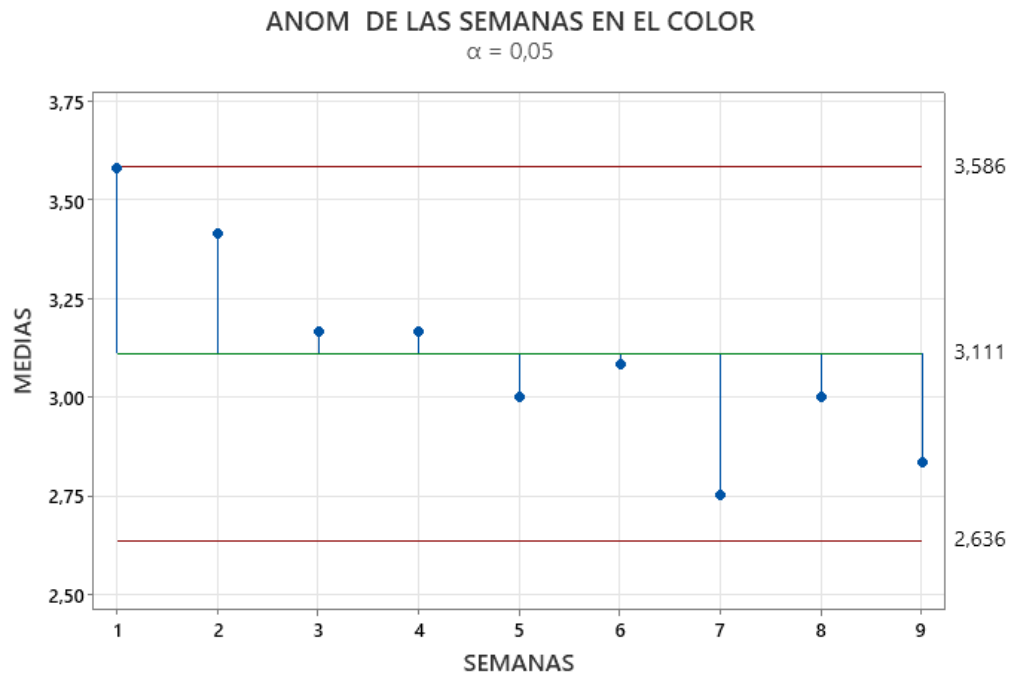
Prueba Post Hoc de las de las semanas en el color de la mejor formulación de snack

Color			
	Semanas	N	Subconjuntos
			1
Tukey HSD	S9	12	2.92
	S5	12	3.00
	S8	12	3.00
	S1	12	3.08
	S6	12	3.08
	S7	12	3.08
	S4	12	3.17
	S3	12	3.33
	S2	12	3.50
	Sig.		

En la Tabla 30 donde se aplicó la prueba de Tukey, se evaluó la percepción de los panelistas en base a la mejor formulación del snack en el color a través de 9 semanas y se determinó que la media más alta y baja fueron de las semanas 2 y 9 con valores de 3.50 y 2.92 respectivamente, sin embargo, se pudo afirmar que las medias no varían de manera significativa dado a que todas las medias se encuentran ubicadas en el subconjunto 1.

Figura 10

Análisis de medias de las semanas en el color



En la Figura 10 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general del color fue de 3.111, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 3.586 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 2.636. Evaluando las 9 semanas en base al color de la mejor formulación del snack se determinó que la media más alta y baja fueron de las semanas 2 y 9 con valores de 3.50 y 2.92 respectivamente, sin embargo, las medias para cada semana se encuentran dentro de los límites de decisión, con lo cual se puede afirmar, que las medias no varían de manera significativa.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar que las 9 semanas no fueron suficientemente significativas, para determinar hasta que semana el snack deja de ser del agrado para los panelistas respecto al color.

4.10.2. Análisis de Varianza del olor

Después, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de las semanas de cambio sensorial de la mejor formulación del snack donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las semanas respecto a las propiedades organolépticas del olor.

Tabla 31

ANOVA de las semanas en el olor de la mejor formulación de snack

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre semanas	2.519	8	0.315	1.251	0.278
Error	24.917	99	0.252		
Total corregido	27.435	107			

Analizando los resultados del ANOVA para el atributo de olor de las 9 semanas, se apreció que la significancia es 0.278, lo cual es mayor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que no existe diferencia significativa entre las 9 semanas en el cambio sensorial de la mejor formulación, con un nivel de confianza de 95%.

Posteriormente de haber realizado el ANOVA, se verifico que contraste con la prueba de Post-Hoc (Turkey HSD) donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto a las semanas en el olor y para ultimo también se realizó el ANOM.

Tabla 32

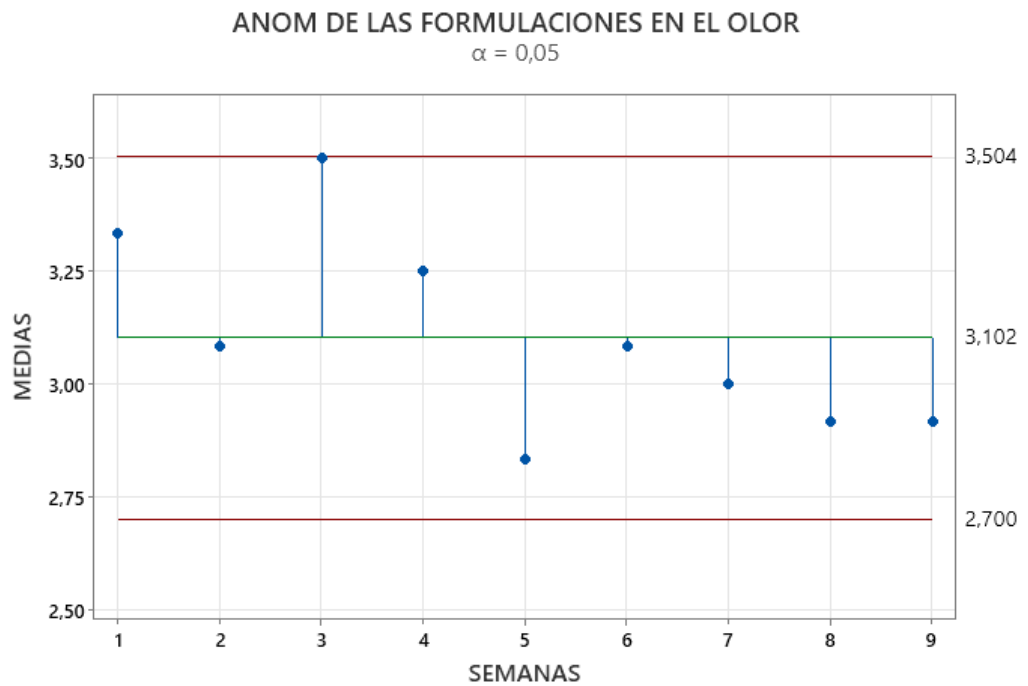
Prueba Post Hoc de las de las semanas en el olor de la mejor formulación de snack

Olor			
	Semanas	N	Subconjuntos
			1
Tukey HSD	S8	12	2.92
	S9	12	2.92
	S7	12	3.00
	S6	12	3.08
	S2	12	3.08
	S5	12	3.17
	S4	12	3.25
	S1	12	3.33
	S3	12	3.33
	Sig.		0.524

En la Tabla 32 donde se aplicó la prueba de Tukey, se evaluó la percepción de los palistas en base a la mejor formulación del snack en el olor a través de 9 semanas y se determinó que la media más alta y baja fueron de las semanas 3 y 8 con valores de 3.33 y 2.92 respectivamente, sin embargo, se pudo afirmar que las medias para cada semana no varían de manera significativa dado a que todas las medias se encuentran ubicadas en el subconjunto 1.

Figura 11

Análisis de medias de las semanas en el olor



En la Figura 11 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general del olor fue de 3.102, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue 3.504 y el límite de decisión inferior (LDI) fue 2.700. Evaluando las 9 semanas en base al color de la mejor formulación del snack se determinó que la media más alta y baja fueron de las semanas 3 y 8 con valores de 3.33 y 2.92 respectivamente, sin embargo, las medias para cada semana se encuentran dentro de los límites de decisión, con lo cual se puede afirmar, que las medias para cada semana no varían de manera significativa.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar que las 9 semanas no fueron suficientemente significativas, para determinar hasta que semana el snack deja de ser del agrado para los panelistas respecto al olor.

4.10.3. Análisis de varianza del sabor

Posteriormente, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de las semanas del cambio sensorial de la mejor formulación del snack donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las semanas respecto a las propiedades organolépticas del sabor.

Tabla 33

ANOVA de las semanas en el sabor de la mejor formulación de snack

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre semanas	17.130	8	2.141	5.985	0.000
Error	35.417	99	0.358		
Total corregido	52.546	107			

Realizando un análisis de los resultados del ANOVA para el atributo del sabor de las 9 semanas, se apreció que la significancia es 0.00, lo cual es menor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre las 9 semanas de cambio sensorial de la mejor formulación, con un nivel de confianza de 95%.

Luego de haber realizado el ANOVA, se verifico que contraste con la prueba de Post-Hoc (Turkey HSD) donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto a las semanas en el sabor y para ultimo también se realizó el ANOM

Tabla 34

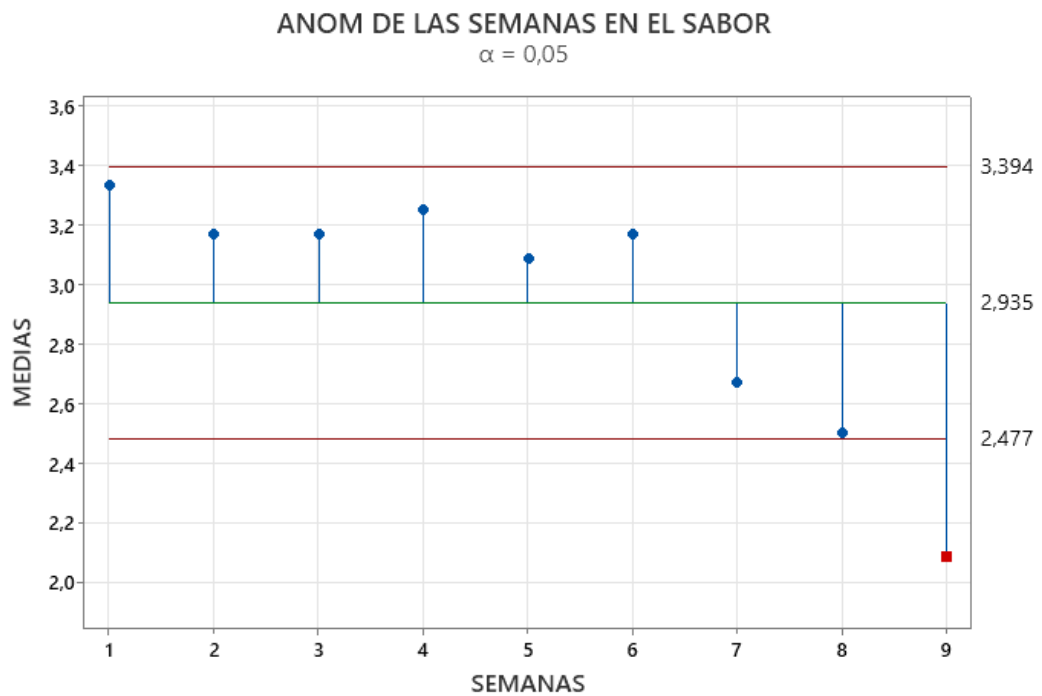
Prueba Post Hoc de las de las semanas en el sabor de la mejor formulación de snack

Sabor					
	Snack	N	Subconjuntos		
			1	2	3
Tukey HSD	S9	12	2.080		
	S8	12	2.500	2.50	
	S7	12	2.670	2.67	2.67
	S5	12		3.08	3.08
	S2	12		3.17	3.17
	S3	12		3.17	3.17
	S6	12		3.17	3.17
	S4	12		3.25	3.25
	S1	12		.	3.33
	Sig.		0.302	0.065	0.151

En la Tabla 34 donde se aplicó la prueba de Tukey, se evaluó la percepción de los panelistas en base a la mejor formulación del snack en el sabor a través de 9 semanas y se identificó que la media de la semana 9 fue de 2.080, lo cual fue significativamente más bajo y se ubicó en el subconjunto 1. Ahora bien, la media de la semana 1 fue 3.330, que se ubicó en el subconjunto superior 3 y que destacó por ser la semana por ser la media significativamente más alta. Por otro lado, las otras semanas que están ubicadas en los subconjuntos 2 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 12

Análisis de medias de las semanas en el color



En la Figura 12 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general del sabor fue de 2.935, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 3.394 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 2.477. Ahora bien, la media de la semana 9 fue 2.080, que se ubicó por debajo del LDI y evidenció una media significativamente baja. Por otro lado, las medias de las otras semanas no se diferencian significativamente por que se encontraron dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar, que hasta la media de la semana 9, el snack dejó de ser del agrado de los panelistas respecto al sabor, por presentar una media significativamente baja en base a las medias de las demás semanas.

4.10.4. Análisis de varianza de la textura

Se sigue en la siguiente tabla, se detalló el análisis de varianza de las semanas de cambio sensorial de la mejor formulación del snack donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las semanas respecto a las propiedades organolépticas de la textura.

Tabla 35

ANOVA de las semanas en la textura de la mejor formulación de snack

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre semanas	19.667	8	2.458	8.931	0.000
Error	27.250	99	0.275		
Total corregido	46.917	107			

Se realizó un análisis de los resultados del ANOVA para el atributo de la textura de las 9 semanas, se apreció que la significancia es 0.00, lo cual es menor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre las 9 semanas del cambio sensorial de la mejor formulación, con un nivel de confianza de 95%.

Posteriormente de haber realizado el ANOVA, se verifico que contraste con la prueba de Post-Hoc (Turkey HSD) donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto a las semanas en la textura y para ultimo también se realizó el ANOM.

Tabla 36

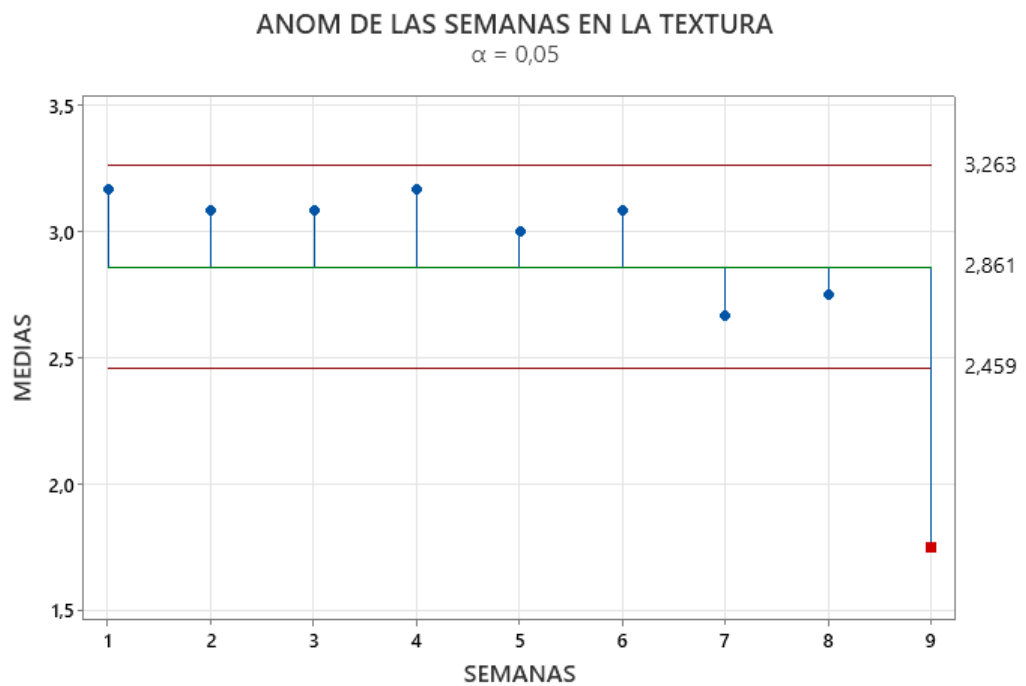
Prueba Post Hoc de las semanas de la textura de la mejor formulación de snack

Textura				
	Semanas	N	Subconjuntos	
			1	2
Tukey HSD	9	12	1.75	
	7	12		2.67
	8	12		2.75
	5	12		3.00
	6	12		3.08
	2	12		3.08
	3	12		3.08
	1	12		3.17
	4	12		3.17
	Sig.		1.000	0.332

En la Tabla 36 donde se aplicó la prueba de Tukey, se evaluó la percepción sensorial de los panelistas en base a la mejor formulación del snack en la textura a través de 9 semanas y se identificó la media de la semana 9 fue de 1.75, lo cual fue significativamente más bajo y se ubicó en el subconjunto 1. Por otro lado, las otras semanas que están ubicadas en los subconjuntos 2 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 13

Análisis de medias de las semanas en la textura



En la Figura 13 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general de la textura fue de 2.861, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 3.263 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 2.459. Ahora bien, la media de la semana 9 fue 2.080, que se ubicó por debajo del LDI y evidenció una media significativamente baja. Además, las medias de las otras semanas no se diferencian significativamente por que se encontraron dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar, que hasta la media de la semana 9, el snack dejó de ser del agrado de los panelistas respecto a la textura, por presentar una media significativamente baja en base a las medias de las demás semanas.

4.10.5. Análisis de Varianza de la aceptabilidad

Continuando con los análisis, en la tabla se detalló el análisis de varianza de las semanas de cambio sensorial de la mejor formulación del snack donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las semanas respecto a las propiedades organolépticas de la textura.

Tabla 37

ANOVA de las semanas en la aceptabilidad de la mejor formulación de snack

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre semanas	16.963	8	2.120	6.509	0.000
Error	32.250	99	0.326		
Total corregido	49.213	107			

Evaluando los resultados del ANOVA para el atributo de la aceptabilidad de las 9 semanas, se apreció que la significancia es 0.000, lo cual es menor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre las 9 semanas de cambio sensorial de la mejor formulación, con un nivel de confianza de 95%.

Continuando con los análisis, después de haber realizado el ANOVA, se verifico que contraste con la prueba de Post-Hoc (Turkey HSD) donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto a las semanas en la aceptabilidad y para ultimo también se realizó el ANOM.

Tabla 38

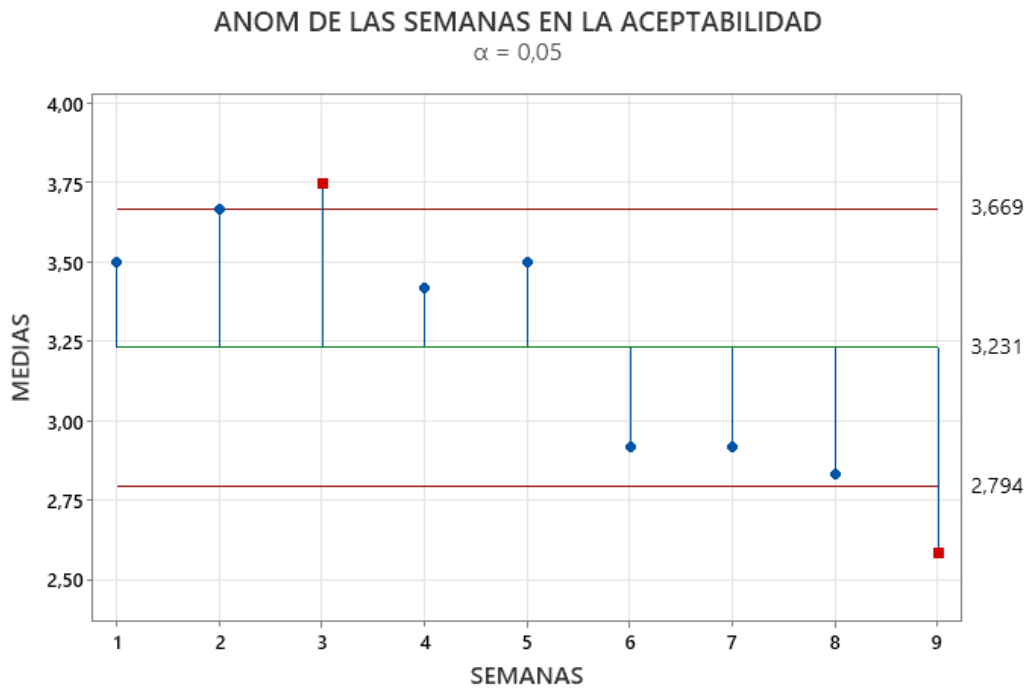
Prueba Post Hoc de las de las semanas en el sabor de la mejor formulación de snack

Aceptabilidad					
	Semanas	N	Subconjuntos		
			1	2	3
Tukey HSD	9	12	2.58		
	8	12	2.83	2.83	
	6	12	2.92	2.92	
	7	12	2.92	2.92	
	4	12		3.42	3.42
	1	12		3.50	3.50
	5	12		3.50	3.50
	2	12			3.67
	3	12			3.75
	Sig.		0.883	0.111	0.883

En la Tabla 38 donde se aplicó la prueba de Tukey, se evaluó la percepción sensorial de los panelistas en base a la mejor formulación del snack en la aceptabilidad a través de 9 semanas y se identificó la media de la semana 9 fue de 2.58, lo cual fue significativamente más bajo y se ubicó en el subconjunto 1. Ahora bien, la media de la semana 3 y 2 fueron 3.750 y 3.67 respectivamente, que se ubicaron en el subconjunto superior 3 y que destacaron por ser la semana con las medias significativamente más altas. Por otro lado, las otras semanas que están ubicadas en los subconjuntos 2 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 14

Análisis de medias de las semanas en la aceptabilidad



En la Figura 14 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general de la aceptabilidad fue de 3.231, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 3.669 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 2.794. Ahora bien, la media de la semana 9 fue 2.580, que se ubicó por debajo del LDI y evidenció una media significativamente baja. Sin embargo, la media de la semana 3 fue 3.75 y supero el LDS, lo que confirmó su media significativamente superior, Además, las medias de las otras semanas no se diferencian significativamente por que se encontraron dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar, que hasta la media de la semana 9, el snack dejo de ser del agrado de los panelistas respecto a la aceptabilidad, por presentar una media significativamente baja en base a las medias de las demás semanas.

Phadake et al. (2025) comprobaron que en un snack de soya y arroz almacenado en envases laminados, la textura crujiente y el sabor empezaron a deteriorarse después de 22 semanas, aunque el color y el olor se mantuvieron aceptables. De manera similar, Yadav, Bijoy y Arora (2018) observaron que los snacks almacenados en atmósfera modificada conservaron mejor su aceptabilidad, aunque también notaron pérdida de crocancia y cambios de color después de cinco meses.

Martin et al. (2020) reportaron que en extrudados con pseudocereales, la textura fue la primera en verse afectada desde la semana 10, mientras que olor y sabor se mantuvieron por algo más de 12 semanas. En línea con estas evidencias, en nuestro estudio se notó que el sabor, la aceptabilidad y la textura de la mejor formulación comenzaron a dejar de agradar a los panelistas hasta la semana 9.

4.11. Evaluación de proteínas y sensorial de la mejor formulación recubierto en jarabe de miel con otros snacks comerciales

Luego de haber realizado a la mejor formulación los análisis, después se procedió a recubrirlo en jarabe de miel donde se realizó un análisis de proteínas y sensorial con otros snacks comerciales similares, los cuales son: Ángel (maíz, trigo y avena con sabor a miel), DYFFERENT (garbanzo, kiwicha y arroz, endulzando con eritritol y fruto del monje) y Fitness (trigo integral, arroz, maíz y avena integral con almendras y sabor a miel).

Además, para que los panelistas no tuvieran una noción por preferencia de una marca en específico en los snacks, se le puso nombres homogéneos a la mejor formulación, Angel, DYFFERENT y Fitness los cuales fueron Snack1, Snack 2, Snack 3 y Snack 4 respectivamente.

4.11.1. Análisis de Varianza para la proteína

Continuando, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de la mejor formulación recubierto en jarabe de miel con otros snacks comerciales similares donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las formulaciones respecto a la propiedad de la proteína.

Tabla 39.

ANOVA de en la proteína entre snacks comerciales y mejor formulacion

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre Snacks	59.017	3	19.672	2653.6	0.00
				65	0
Error	0.059	8	0.007		
Total corregido	59.076	11			

Se realizo una evaluación de los resultados del ANOVA para la característica de la proteína de la mejor formulación recubierta en jarabe de miel con los snacks comerciales, se apreció que la significancia es 0.00, lo cual es menor al valor p que vino representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre los snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Luego de haber realizado el ANOVA entre la mejor formulación recubierto en jarabe de miel con otros snacks comerciales similares se procedió a realizar una prueba Post Hoc (Turkey HSD) para que constate, donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto a la textura, para luego realizar el ANOM.

Tabla 40 .

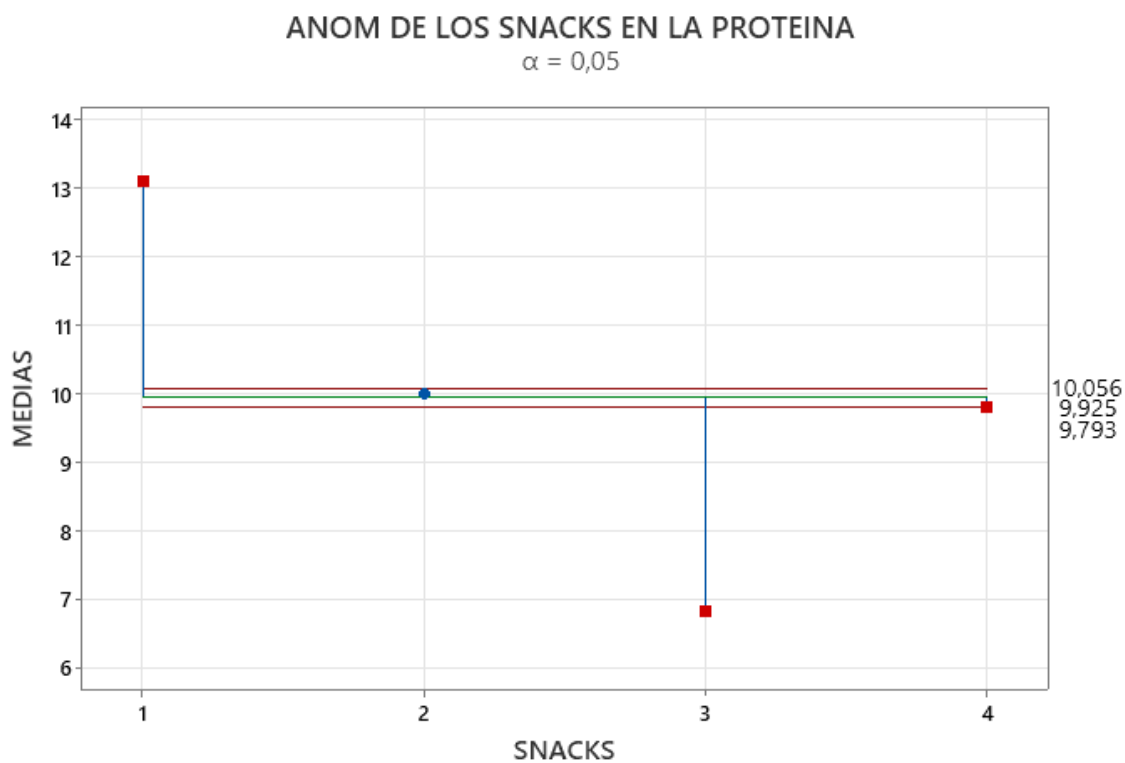
Prueba Post Hoc de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en la proteína

		Proteína				
		Snack	N	Subconjuntos		
				1	2	3
Tukey HSD	3	3	6.817			
	4	3			9.7900	
	2	3			9.9933	
	1	3				13.0853
	Sig.		1.000	0.077	1.000	

En la Tabla 40 donde se aplicó la prueba de Tukey, se identificó el contenido de proteína donde el snack 3 con una media de 6.817, lo cual fue significativamente más bajo y se ubicó en el subconjunto 1. Ahora bien, la media del snack 1 fue 13.085 y se ubicó en el subconjunto superior 3, donde este snack destacó por que presentó la media significativamente más alta. Por otro lado, las otras formulaciones que están ubicadas en los subconjuntos 2 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 15

Análisis de medias de los snacks en la proteína



En la Figura 15 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general de proteína fue de 9.925, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 10.056 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 9.793. Por otro lado las medias del snack 3 y 4 fueron 6.817 y 9.790 respectivamente y se ubicaron por debajo del LDI lo que evidenció medias significativamente bajas. Sin embargo, la media del snack 1 fue 13.085 y supero el LDS, lo que confirmó su media significativamente superior. Adicionalmente, las medias del otro snack no se diferencian significativamente por que se encuentran dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar el mejor resultado respecto a la proteína, que fue el snack 1, porque presento su media significativamente superior en base a las medias de los demás snacks.

4.11.2. Análisis de varianza para el color

Respecto a la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de la mejor formulación con otros snacks comerciales similares donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las formulaciones respecto a las propiedades organolépticas del color.

Tabla 41

ANOVA de la mejor formulación de snack (F5) recubierto con jarabe de miel con otros snacks similares en el color

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre formulaciones	3.135	3	1.045	1.487	0.219
Error	137.740	196	0.703		
Total corregido	140.875	199			

Analizando los resultados del ANOVA para el atributo del color de la mejor formulación recubierta en jarabe de miel con los snacks comerciales, se apreció que la significancia es 0.219, lo cual es mayor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, no existió diferencia significativa entre los snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Luego de haber realizado el ANOVA entre la mejor formulación recubierto en jarabe de miel con otros snacks comerciales similares se procedió a realizar una prueba Post Hoc (Turkey HSD) para que constate, donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto al color, para luego se realice el ANOM.

Tabla 42

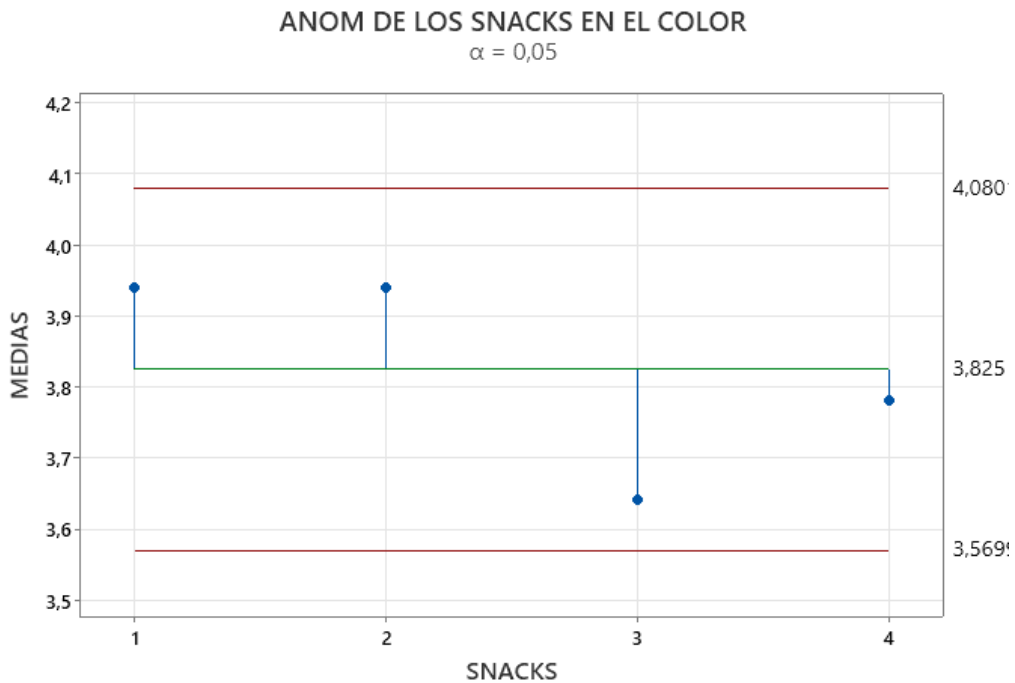
ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en el color

Color			
	Semanas	N	Subconjuntos
			1
Tukey HSD	3	50	3.64000
	4	50	3.78000
	2	50	3.94000
	1	50	3.94000
	Sig.		0.282

En la Tabla 42 donde se aplicó la prueba de Tukey, se evaluó la percepción de los panelistas en base a la mejor formulación del snack en el color y se determinó que la media más alta y baja fueron de los snacks 3 y 1 con valores de 3.640 y 3.940 respectivamente, sin embargo, se pudo afirmar que las medias para cada snack no varían de manera significativa dado a que todas las medias se encuentran ubicadas en el subconjunto 1.

Figura 16

Análisis de medias de los snacks en el color



En la Figura 16 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general del olor fue de 3.825, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue 4.080 y el límite de decisión inferior (LDI) fue 3.569. Evaluando las cada snack se determinó que la media más alta y baja fueron de las semanas 3 y 1 con valores de 3.640 y 3.940 respectivamente, sin embargo, las medias para cada snack se encuentran dentro de los límites de decisión, con lo cual se puede afirmar, que las medias para cada snack no varían de manera significativa.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar que los cuatro snacks evaluados no presentan suficiente diferencia significativa, para determinar un snack significativamente superior.

4.11.3. Análisis de varianza para el olor

Siguiendo, en la siguiente tabla se detalla el análisis de varianza de la mejor formulación con otros snacks comerciales similares donde proporciona información de valores importantes, pero el que resalta más es la significancia de las formulaciones respecto a las propiedades organolépticas del olor.

Tabla 43

ANOVA de la mejor formulación de snack) recubierto con jarabe de miel con otros snacks similares en el olor

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre formulaciones	1.255	3	0.418	0.744	0.527
Error	110.140	196	0.562		
Total corregido	111.395	199			

Realizando un análisis de los resultados del ANOVA para el atributo del olor de la mejor formulación recubierta en jarabe de miel con los snacks comerciales, se apreció que la significancia es 0.527, lo cual es mayor al valor p que vino representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que no existió diferencia significativa entre los snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Luego de haber realizado el ANOVA entre la mejor formulación recubierto en jarabe de miel con otros snacks comerciales similares se procedió a realizar una prueba Post Hoc (Turkey HSD) para que constate, donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto al olor, para luego que se realice el ANOM.

Tabla 44

ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en el olor

Olor			
	Semanas	N	Subconjuntos
			1
Tukey HSD	3	50	3.74000
	4	50	3.76000
	1	50	3.78000
	2	50	3.94000
	Sig.		0.542

En la Tabla 44 donde se aplicó la prueba de Tukey, se evaluó la percepción de los panelistas en base a la mejor formulación del snack en el olor y se determinó que la media más alta y baja fueron de los snacks 3 y 2 con valores de 3.740 y 3.940 respectivamente, sin embargo, se pudo afirmar que las medias para cada semana no varían de manera significativa dado a que todas las medias se encuentran ubicadas en el subconjunto 1.

Figura 17

Análisis de medias de los snacks en el olor



En la Figura 17 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general del olor fue de 3.805, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue 4.033 y el límite de decisión inferior (LDI) fue 3.576. Evaluando las cada snack se determinó que la media más alta y baja fueron de las semanas 3 y 2 con valores de 3.740 y 3.940 respectivamente, sin embargo, las medias para cada snack se encuentran dentro de los límites de decisión, con lo cual se puede afirmar, que las medias para cada snack no varían de manera significativa.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar que los cuatro snacks evaluados no presentan suficiente diferencia significativa, para determinar un snack significativamente superior.

4.11.4. Análisis de varianza para el sabor

Ahora bien, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de la mejor formulación con otros snacks comerciales similares donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las formulaciones respecto a las propiedades organolépticas del sabor.

Tabla 45

ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en el sabor

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre formulaciones	18.975	3	6.325	9.306	0.000
Error	133.220	196	0.680		
Total corregido	152.195	199			

Se realizó una evaluación de los resultados del ANOVA para el atributo de la textura de la mejor formulación recubierta en jarabe de miel con los snacks comerciales, se apreció que la significancia es 0.00, lo cual es menor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre los snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Luego de haber realizado el ANOVA entre la mejor formulación recubierto en jarabe de miel con otros snacks comerciales similares se procedió a realizar una prueba Post Hoc (Turkey HSD) para constatar, donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto al sabor, para luego que se realice el ANOM

Tabla 46

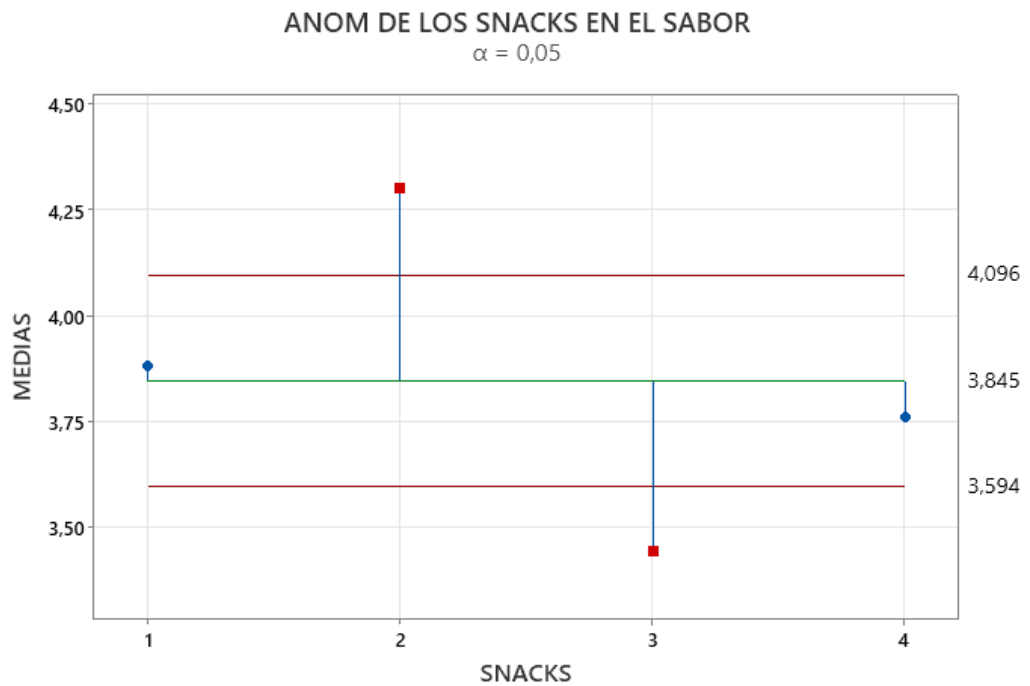
Prueba Post Hoc de la mejor formulación de snack recubierto con jarabe de miel con otros snacks similares en el sabor

Sabor					
	Snack	N	Subconjuntos		
			1	2	3
Tukey HSD	3	50	3.44000		
	4	50	3.76000	3.76000	
	1	50		3.88000	3.88000
	2	50			4.30000
	Sig.		0.215	0.886	0.056

En la Tabla 46 donde se aplicó la prueba de Tukey, se identificó la característica sensorial del sabor donde el snack 3 con una media de 3.440, lo cual fue significativamente más bajo y se ubicó en el subconjunto 1. Ahora bien, la media del snack 1 fue 4.300 y se ubicó en el subconjunto superior 3, donde este snack destacó por que presentó la media significativamente más alta. Por otro lado, los otros snacks que están ubicadas en los subconjuntos 2 no mostraron una diferencia significativa en sus medias.

Figura 18

Análisis de medias de los snacks en el sabor



En la Figura 18 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general del sabor fue de 3.845, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 4.096 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 3.594. Por otro lado la media del snack 3 fue 3.440 y se ubicó por debajo del LDI lo que evidenció media significativamente baja. Sin embargo, la media del snack 1 fue 4.300 y supero el LDS, lo que confirmó su media significativamente superior. Adicionalmente, las medias de los otros snacks no se diferencian significativamente por que se encuentran dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar el mejor resultado respecto al sabor, que fue el snack 1, porque presento su media significativamente superior en base a las medias de los demás snacks.

4.11.5. Análisis de varianza para la textura

A continuación, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de la mejor formulación en jarabe de miel con otros snacks comerciales similares donde proporciona información de valores importantes, pero el que resalta más es la significancia de las formulaciones respecto a las propiedades organolépticas de la textura.

Tabla 47

ANOVA de la mejor formulación de snack (F5) recubierto con jarabe de miel con otros snacks similares en la textura

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre formulaciones	4.855	3	1.618	2.306	0.078
Error	137.540	196	0.702		
Total corregido	142.395	199			

Se evaluó los resultados del ANOVA para el atributo de la textura de la mejor formulación recubierta en jarabe de miel con los snacks comerciales, se apreció que la significancia es 0.078, lo cual es mayor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, no existe diferencia significativa entre los snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Posteriormente de haber realizado el ANOVA entre la mejor formulación recubierto en jarabe de miel con otros snacks comerciales similares se procedió a realizar una prueba Post Hoc (Turkey HSD) para constatar, donde en la siguiente tabla se comparó las medias más detalladas respecto a la textura, para luego que se realice el ANOM.

Tabla 48

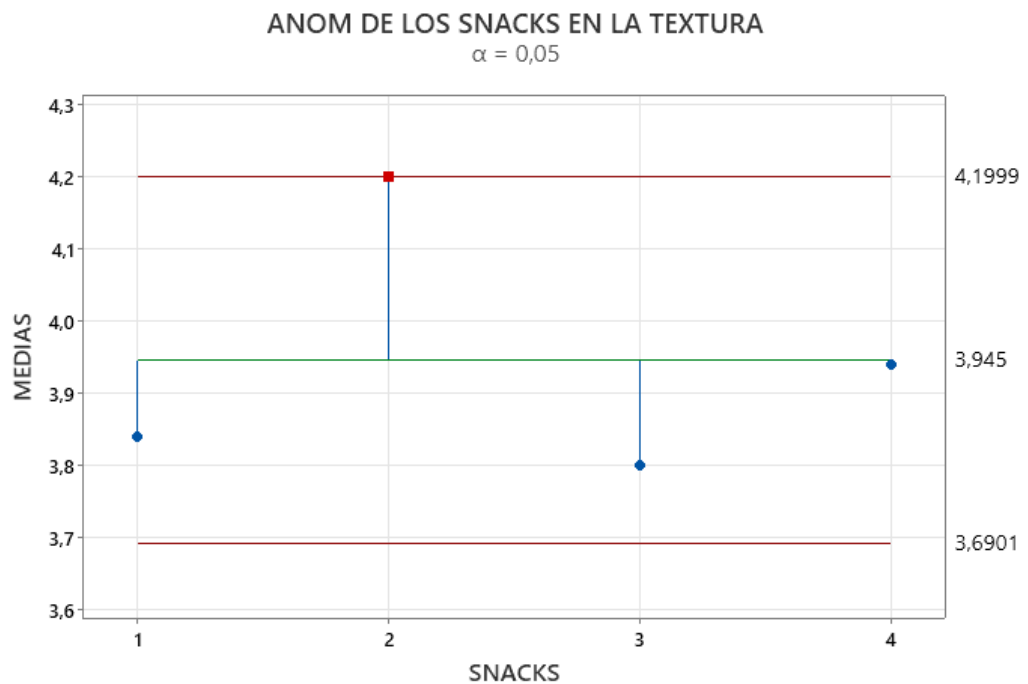
ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en la textura

Textura			
	Snack	N	Subconjuntos
			1
Tukey HSD	3	50	3.800
	1	50	3.840
	4	50	3.940
	2	50	4.200
	Sig.		0.083

En la Tabla 48 donde se aplicó la prueba de Tukey, se evaluó la percepción de los panelistas en base a la mejor formulación del snack en el olor y se determinó que la media más alta y baja fueron de los snacks 3 y 2 con valores de 3.740 y 3.940 respectivamente, sin embargo, se pudo afirmar que las medias para cada semana no varían de manera significativa dado a que todas las medias se encuentran ubicadas en el subconjunto 1.

Figura 19

Análisis de medias de los snacks en la textura



En la Figura 19 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general del olor fue de 3.805, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue 4.033 y el límite de decisión inferior (LDI) fue 3.576. Evaluando las cada snack se determinó que la media más alta y baja fueron de las semanas 3 y 2 con valores de 3.740 y 3.940 respectivamente, sin embargo, las medias para cada snack se encuentran dentro de los límites de decisión, con lo cual se puede afirmar, que las medias para cada snack no varían de manera significativa.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar que los cuatro snacks evaluados no presentan suficiente diferencia significativa, para determinar un snack significativamente superior.

4.11.6. Análisis de varianza para la aceptabilidad

Continuando, en la siguiente tabla se detalló el análisis de varianza de la mejor formulación con otros snacks comerciales similares donde proporciono información de valores importantes, pero el que resalto más es la significancia de las formulaciones respecto a las propiedades organolépticas de la aceptabilidad.

Tabla 49

ANOVA de la mejor formulación de snack recubierto con jarabe de miel con otros snacks similares en la aceptabilidad

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Entre Snacks	14.215	3	4.738	7.539	0.000
Error	123.180	196	0.628		
Total corregido	137.395	199			

Se analizo los resultados del ANOVA para el atributo en la aceptabilidad de la mejor formulación recubierta en jarabe de miel con los snacks comerciales, y se apreció que la significancia es 0.00, lo cual es menor al valor p que viene representado por un valor de 0.05, entonces se pudo afirmar que, si existe diferencia significativa entre los snacks, con un nivel de confianza de 95%.

Después de haber realizado el ANOVA entre la mejor formulación recubierto en jarabe de miel con otros snacks comerciales similares se procedió a realizar una prueba Post Hoc (Turkey HSD) para constatar, donde en la siguiente tabla se compara las medias más detalladas respecto a la aceptabilidad, para luego realizar el ANOM

Tabla 50

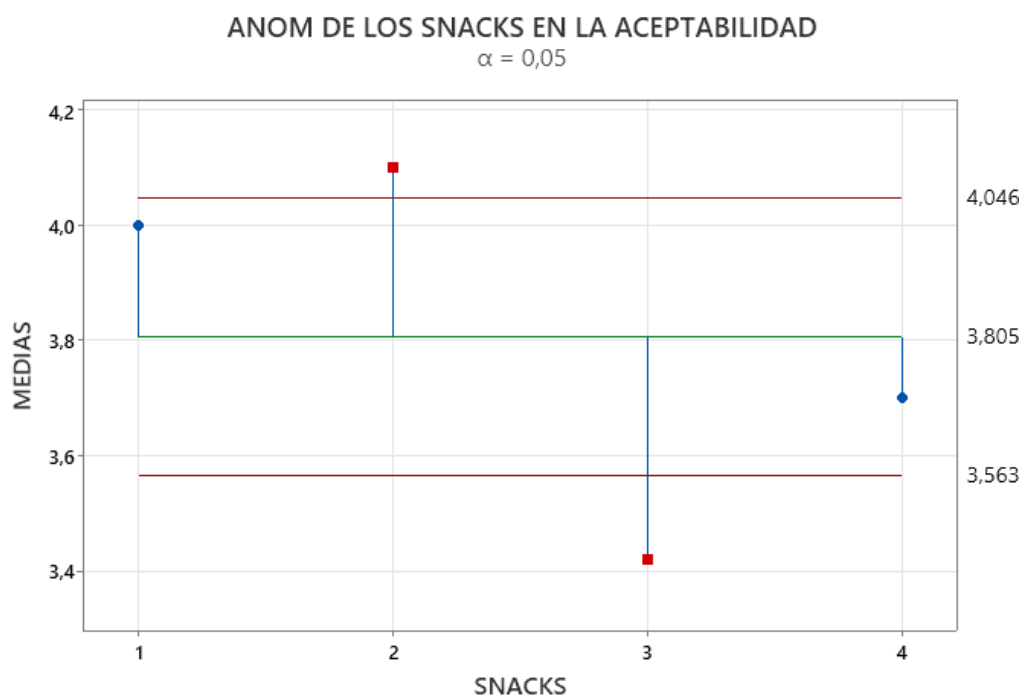
Prueba Post Hoc de la mejor formulación de snack recubierto en jarabe de miel con otros snacks similares en la aceptabilidad

Aceptabilidad				
	Snack	N	Subconjuntos	
			1	2
Tukey HSD	3	50	3.420	
	4	50	3.700	3.700
	1	50		4.000
	2	50		4.100
	Sig.		0.293	0.060

En la Tabla 50 donde se aplicó la prueba de Tukey, se identificó la característica sensorial de aceptabilidad donde la media del snack 3 fue de 3.420, lo cual llegó a ser significativamente más bajo y se ubicó en el subconjunto 1. Ahora bien, la media del snack 2 y 1 fueron fue 4.100 y 4.00 respectivamente, y se ubicaron en el subconjunto superior 3, donde el snack 2 destacó, por que presentó la media significativamente más alta. Por otro lado, el snack 4 no mostro una diferencia significativa en su media.

Figura 20

Análisis de medias de los snacks en la aceptabilidad



En la Figura 20 donde se aplicó el análisis del ANOM, se visualizó que la media general de la aceptabilidad fue de 3.805, respecto con la media del límite de decisión superior (LDS) fue de 4.046 y el límite de decisión inferior (LDI) fue de 3.563. Por otro lado la media del snack 3 fue 3.420 y se ubicó por debajo del LDI lo que evidenció media significativamente baja. Sin embargo, la media del snack 2 fue 4.100 y superó el LDS, lo que confirmó su media significativamente superior. Adicionalmente, las medias de los otros snacks no se diferencian significativamente por que se encuentran dentro de los límites de decisión.

Ambas herramientas estadísticas de Tukey y ANOM coincidieron en identificar el mejor resultado respecto al sabor, que fue el snack 2, porque presentó su media significativamente superior en base a las medias de los demás snacks.

V. CONCLUSIONES

- La cañihua parda presento proteínas y fibra que fueron de 18.20% y 13.98% respectivamente, mientras que el frijol caballero crudo presentó un valor de proteínas y carbohidratos de 27.42% y 53.51% respectivamente; sin embargo, en el frijol caballero cocido su contenido de proteínas y fibras fueron 24.26% y 2.27% respectivamente, finalmente el arroz presento carbohidratos y proteínas de 51.48% y 7.73% respectivamente.
- La harina de cañihua parda, harina de frijol caballero cocido y harina de arroz presentó valores de polifenoles totales y capacidad antioxidante de 52.865 mg GAE/100 g y 10,388 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$, 13.56 mg GAE/100 g y 3,476.765 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ 12.31 mg GAE/100 g y 2,651.520 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ y 4.66 mg GAE/100 g y 1,023.914 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ respectivamente.
- Se determinó que la mejor formulación de snack, fue la formulación 5 la cual contenía 14% de cañihua parda,16% de frijol caballero y 70% de arroz considerando solo las características sensoriales y valor de proteínas.
- La mejor formulación en cuanto a la humedad, cenizas proteínas, grasas, fibra dietaria y carbohidrato presento valores de 3.479%,1.189%,13.085,3.768%,8.679% y 69.9% respectivamente. También se reveló la presencia de polifenoles y capacidad antioxidante de 14.453 mg GAE/100 g y 1,917.9 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ respectivamente.
- La comparación de la formulación 5 recubierta con jarabe de miel con snacks comerciales similares en cuanto a las proteínas, resulto ser superior, sin embargo, en el color, olor y textura, nuestro snack con los demás snacks

comerciales no presentó diferencia, mientras que en cuanto al sabor y aceptabilidad no llegó a ser el mejor.

VI. RECOMENDACIONES

- Considerando que la cocción del frijol caballero reduce significativamente su contenido proteico, de fibra y de compuestos fenólicos, se sugiere evaluar tecnologías alternativas de procesamiento (cocción a presión, germinación o extrusión de baja severidad) que permitan preservar mejor sus nutrientes y bioactivos, contribuyendo así al valor agregado del producto final
- Se recomienda continuar con investigaciones que permitan enriquecer esta formulación con otros ingredientes funcionales como semillas, frutas deshidratadas o fuentes de ácidos grasos saludables que aumenten el contenido de polifenoles y antioxidantes, sin afectar su aceptabilidad sensorial.
- Se recomienda explorar recubrimientos alternativos para productos comestibles como miel de caña, panela, stevia o frutas en polvo que aporten dulzor, textura atractiva y compuestos bioactivos, incrementando así la aceptación del consumidor.
- Se sugiere profundizar en comparaciones con un mayor número de snacks comerciales, no solo en parámetros sensoriales, sino también en composición proximal y bioactivos, con el fin de posicionar la formulación desarrollada como una alternativa competitiva.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abilmazhinov, Y., Bekeshova, G., Nesterenko, A., Dibrova, Z., Ermolaev, V., Ponomarev, E., & Vlasova, V. (2023). A Review on The Improvement of Extruded Food Processing Equipment: Extrusion Cooking in Food Processing. *Food Science and Technology*, 43. <https://doi.org/10.5327/fst.80621>
- Aburto Rodríguez, R. N., & Taboada Rosales, J. M. (2019). *Efecto del proceso de extrusión en la calidad proteica de un snack, utilizando quinua (Chenopodium quinoa) y harina de habas (Vicia faba)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional UNS. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3454>
- Adebo, J.A.(2023). A Review on the Potential Food Application of Lima Beans (Phaseolus lunatus L.), an Underutilized Crop. *Applied Sciences*. 13(3):1996. <https://doi.org/10.3390/app13031996>
- Ahn, S.-C., & Kwon, T. (2025). Identification of the instrumental quality and the sensory difference between homemade cooked rice and aseptic-packaged cooked rice. *Food Science & Nutrition*, 13(4), e3742. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3742>
- Alberco Laymito, C. I. (2023). *Elaboración de pan sin gluten utilizando harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule), arroz (Oryza sativa) y almidón de maíz (Zea mays)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio UNALM-Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5775>

- Alefew, Y. D., Tiruneh, A. T., & Yehuala, T. F. (2024). Optimization of extrusion conditions for development of high quality rice-lupin-pumpkin based extruded snack food. *Heliyon*, 10(24), Article e40913. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40913>
- Alefew, Y. D., Tiruneh, A. T., y Yehuala, T. F. (2024). *Optimization of extrusion conditions for development of high quality rice-lupin-pumpkin based extruded snack food*. *Heliyon*, 10(24), e40913. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40913>
- Alotaibi, S. H., Babiker, E. E., Alshammari, G. M., & Yahya, M. A. (2024). The Effect of Cooking and Simulated Digestion on the Antioxidants and Minerals in Rice Grains: A Predictor for Nutritional Efficiency. *Agriculture*, 14(8), 1270. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081270>
- Alviso-Orellana, C., Estrada-Tejada, D., Carrillo-Larco, R. M., & Bernabé-Ortiz, A. (2018). Sweetened beverages, snacks and overweight: findings from the Young Lives cohort study in Peru. *Public Health Nutrition*, 21(9), 1627–1633. <https://doi.org/10.1017/S1368980018000320>
- Anyiam, P. N., Phongthai, S., Sai-Ut, S., Kingwascharapong, P., Jung, Y. H., Zhang, W., & Rawdkuen, S. (2025). Nutritional components and digestibility profiles of some potential plant-based protein sources. *Foods*, 14(10), 1769. <https://doi.org/10.3390/foods14101769>
- Aquino-Bolaños, E. N., Garzón-García, A. K., Alba-Jiménez, J. E., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., Carrillo-Rodríguez, J. C., & Santos-Basurto, M. A. (2021). Physicochemical Characterization and Functional Potential of *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus coccineus* L. Landrace Green

<https://doi.org/10.3390/agronomy11040803>

Aro Aro, J. M., & Calsin Cutimbo, M. (2019). *Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (Chenopodium quinoa Willd), cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen), cebada (Hordeum vulgare L.) maiz (Zea mays L.), haba (Vicia faba L.) y soya (Glycine max L. Merr) por proceso de cocción - extrusión*. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(4). <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.506>

Arribas, C., Cabellos, B., Cuadrado, C., Guillamón, E., & Pedrosa, M. M. (2019). Bioactive compounds, antioxidant activity, and sensory analysis of rice-based extruded snacks-like fortified with bean and carob fruit flours. *Foods*, 8(9), Article 381. <https://doi.org/10.3390/foods8090381>

Arzu, T., Dhali, M., & Sujon, Md. A. K. (2025). *Comparative proximate analysis of rice (Oryza sativa) from different districts in the northern part of Bangladesh*. *International Journal of Biological and Pharmaceutical Sciences Archive*, 10(01), 77–85. <https://doi.org/10.53771/ijbpsa.2025.10.1.005>

Azih, S. S., Kajihansa, O. E., Adebawale, A. A., & Adegunwa, M. O. (2024). Optimization of extrusion variables for the production of extruded snacks from mung bean (*Vigna radiata*) flour. *Research Journal of Food Science and Nutrition*, 9(1), 15–28. <https://doi.org/10.31248/RJFSN2024.168>

Aznan, A., Gonzalez Viejo, C., Pang, A., & Fuentes, S. (2021). Computer vision and machine learning analysis of commercial rice grains: A potential

digital approach for consumer perception studies. *Sensors*, 21(19), 6354.

<https://doi.org/10.3390/s21196354>

Barbosa, F. , Silva, A. A., Theodoro, J. M. V., Santos, M. B., de Carvalho, C. W. P., Martino, H. S. D., & da Silva, B. P. (2025). *Physicochemical, nutritional, and sensory properties of ready-to-eat whole grain bean snacks*. *Food Research International*. Advance online publication.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116754>

Barraza Jáuregui, G. C., & Pérez Malca, A. J. (2023). *Efecto de la temperatura en las isotermas de adsorción de harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule)* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo).

Repositorio Digital de la Universidad Nacional de Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/19247>

Bhattacharai, R. R., Jayasree Joshi, T., Sruthi, N. U., Rao, P. S., & Johnson, S. (2025). Effects of extrusion cooking on nutritional and health attributes of sorghum and millets: Special reference to protein and starch digestibility. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(1), vvae093.

<https://doi.org/10.1093/ijfood/vvae093>

Borg, B., Mihrshahi, S., Laillou, A., Sigh, S., Sok, D., Peters, R., Chamnan, C., Berger, J., Prak, S., Roos, N., Griffin, M., & Wieringa, F. T. (2019). Development and testing of locally-produced ready-to-use therapeutic and supplementary foods (RUTFs and RUSFs) in Cambodia: Lessons learned.

BMC Public Health, 19, Article 1200. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7445-2>

- Brunet-Loredo, A., López-Belchí, M. D., Cordero-Lara, K., Noriega, F., Cabeza, R. A., Fischer, S., Careaga, P., & Garriga, M. (2023). Assessing grain quality changes in white and black rice under water deficit. *Plants*, *12*(24), Article 4091. <https://doi.org/10.3390/plants12244091>
- Bruno, M. C. (2023). Archaeobotanical Insights into Kañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Domestication: A Rustic Seed Crop of the Andean Altiplano. *Agronomy*, *13*(8), 2085. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082085>
- Byarugaba, R., Nabubuya, A., Muyonga, J. H., & Mwakha, A. (2023). *Effects of roasting conditions on the proximate composition and functional properties of common bean (Phaseolus vulgaris) flours*. Tanzania Journal of Science, *49*(2), 546–558. <https://doi.org/10.4314/tjs.v49i2.23>
- Cajavilca Veramendi, V. (2022). Calidad proteica y aceptabilidad de tres formulaciones de galletas a base de granos andinos [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/360877386_Calidad_proteica_y_aceptabilidad_de_tres_formulaciones_de_galletas_a_base_de_granos_andinos
- Callohuanca-Pariapaza, M. A., Mamani-Mamani, E., Mamani-Paredes, J., & Canaza-Cayo, A. W. (2021). Perigonium color and the antioxidant capacity of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista de Ciencias Agrícolas*, *38*(2), 99–110. <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.164>

- Casanave, M. y Ruiz, R.(2022).Evaluación del aporte nutricional de los granos germinados y sin germinar de quinua, kiwicha y cañihua.[Para obtener el Grado Académico De Maestria En Nutrición Y Dietética]. <http://hdl.handle.net/20.500.11955/964>
- Castillo Chavarry, A. N., & Vera Ramirez, J. O. (2024). *Formulación y elaboración óptima de un snack extruido a base de maíz morado, arroz y kiwicha*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4968>
- Centeno Janampa, Y. C. (2019). *Capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos presentes en el germinado de dos cultivares de Chenopodium pallidicaule Aellen “cañihua”* (Trabajo de investigación, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga). Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4411>
- Chalco Quispe, Z. (2021). Prevalencia de anemia en niños menores de 5 años de edad atendidos en el Hospital San Juan Bautista, Huaral, 2020 [Trabajo de investigación para optar por el título de especialista en medicina pediátrica, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio institucional. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/11229/Prevalencia_ChalcoQuispe_Zulreni.pdf
- Chatzi, A., & Doody, O. (2023). The one-way ANOVA test explained. *Nurse Researcher*, 31(3), 8–14. <https://doi.org/10.7748/nr.2023.e1885>

- Choque Delgado, G. T., Carlos Tapia, K. V., Pacco Huamani, M. C., & Hamaker, B. R. (2022). Peruvian Andean grains: Nutritional, functional properties and industrial uses. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(29), 9634-9647. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2073960>
- Civán, P., Ali, S., Batista-Navarro, R. T., Drosou, K., Ihejieta, C., Chakraborty, D., Ray, A., Gladieux, P., & Brown, T. (2019). *Origin of the Aromatic Group of Cultivated Rice (Oryza sativa L.) Traced to the Indian Subcontinent. Genome Biology and Evolution*, 11, 507–512. <https://doi.org/10.1093/gbe/evz039>
- Clapham, D., Belissa, E., Inghelbrecht, S., Pensé-Lhéritier, A.-M., Ruiz, F., Sheehan, L., Shine, M., Vallet, T., Walsh, J., & Tuleu, C. (2023). *A guide to best practice in sensory analysis of pharmaceutical formulations. Pharmaceutics*, 15(9), 2319. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15092319>
- Claros Osorio, P. D. P. (2021). *Evaluación de la capacidad antioxidante total y contenido de polifenoles totales del Phaseolus vulgaris “Frijol”* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio UNJFSC. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/5297>
- De la Cruz Cordova, Y. M., & Lazaro Nolasco, J. M. (2024). Anemia y rendimiento académico en estudiantes del primer año de secundaria de la Institución Educativa Micaela Bastidas, distrito de El Tambo-Huancayo, Junín, 2024 [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio institucional. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/16637/11/IV_FCS_508_TE_De%20la%20Cruz_Lazaro_2024.pdf

- Delgado Laime, M. D. C., Huaraca Aparco, R., Tapia Tadeo, F., Cahuana Lipa, R., Anchari Oblitas, Y. F., & Sota Cano, A. (2024). Evaluación nutricional de snacks extruidos a base de tres variedades de quinua andina peruana. *Revista Alfa*, 8(23). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.275>
- Devrajan, N., Prakash, P., Jindal, N., & Kala, S. (2018). Effect of extrusion cooking on functional properties of germinated buckwheat-corn based snacks using RSM. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 3112–3118. <https://www.phytojournal.com/archives/2018.v7.i2.4005/effect-of-extrusion-cooking-on-functional-properties-of-germinated-buckwheat-corn-based-snacks-using-rsm>
- Diaz Carbajal, M. I. (2024). *Evaluacion fisicoquimica y tecno-funcional de snack extruido con dos variedades de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)* (Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano). Repositorio Institucional. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/23932>
- Drake, M. A., Watson, M. E., & Liu, Y. (2023). Sensory analysis and consumer preference: Best practices. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14, 427–448. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-023619>
- Dutta, A., Subramanian, A. S., Chakraborty, R., & Erdogdu, F. (2020). *Numerical modeling of water uptake in white rice (Oryza sativa L.) using variable diffusivity approach*. *Biosystems Engineering*, 191, 116-128. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.01.011>

- Elkatry, H. O., & Elkatry, H. (2023). *The potential use of Indian rice flour or husk in fortification and bakery applications*. *Frontiers in Nutrition*, 10, Article 1240527. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1240527>
- Enyi, C. U., Nwachukwu, C. A., Ogbedeagu, C. O., & Okorie-Humphrey, C. (2024). *Proximate and mineral compositions of rice varieties from three (3) agro-ecological zones in Nigeria*. Preprint at Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4936669/v1>
- Escobedo Ávila, A. (2022). *Evaluación del efecto del consumo de una botana de frijol (Phaseolus vulgaris L.) sobre la concentración de lípidos sanguíneos por medio de un ensayo clínico cruzado aleatorizado*. Repositorio CIATEJ. <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/892>
- Escudero Verona, R. I., & Verona Tamayo, D. I. (2023). *Inclusión de la harina de frijol caupí (Vigna unguiculata) en formulaciones de panadería en la zona Caribe Colombiana* [Trabajo de investigación, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD]. Repositorio UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/59960/diveronat.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Espinoza C., K., Roldan A., D., & Martínez O., N. (2021). *Elaboración de snack extruido a partir de cereales y concentrado de proteína de pota (Dioscorea alata) y determinación de su vida útil*. *Anales Científicos*, 82(1), 180–191. <https://doi.org/10.21704/ac.v82i1.1754>
- Estanech, A. F. C., Cunha Júnior, P. C., da Rocha Ferreira, E. H., Barbosa Júnior, J. L., & Martins Jacintho Barbosa, M. I. (2024). *Techno-functionalities*

and antioxidant capacity of chickpea flour fermented by Lacticaseibacillus casei or by co-culture (Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium, & Streptococcus thermophilus). Ciência Rural, 54(10), e20230611. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230611>

Fanzo, J., Hawkes, C., Udomkesmalee, E., Afshin, A., Allemandi, L., Assery, O., Baker, P., Battersby, J., Bhutta, Z., Chen, K., Corvalan, C., Di Cesare, M., Dolan, C., Fonseca, J., Grummer-Strawn, L., Hayashi, C., McArthur, J., Rao, A., Rosenzweig, C. and Schofield, D. (2018). *2018 Global Nutrition Report: Shining a light to spur action on nutrition*. Development Initiatives. <https://repository.mdx.ac.uk/item/88148>

Félix-Medina, J. V., Montes-Ávila, J., Reyes-Moreno, C., Perales-Sánchez, J. X. K., Gómez-Favela, M. A., Aguilar-Palazuelos, E., & Gutiérrez-Dorado, R. (2020). Second-generation snacks with high nutritional and antioxidant value produced by an optimized extrusion process from corn/common bean flours mixtures. *LWT, 124*, 109172. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109172>

Fiorentini, M., Kinchla, A. J., & Nolden, A. A. (2020). Role of sensory evaluation in consumer acceptance of plant-based meat analogs and meat extenders: A scoping review. *Foods, 9(9)*, Article 1334. <https://doi.org/10.3390/foods9091334>

Forsido, S. F., Welelaw, E., Belachew, T., & Hensel, O. (2021). *Effects of storage temperature and packaging material on physico-chemical, microbial and sensory properties and shelf life of extruded composite baby food flour*. *Heliyon, 7(4)*, e06821. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06821>

- Galván Mondragón, D. E. (2023). *Caracterización química y nutracéutica de raviolos elaborados a base de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio UAQ. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/7878/1/RI007206.pdf>
- Gomez Cahuata, J. F., Rosas-Quina, Y. E., & Pachari Vera, E. (2022). Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) a promising superfood in food industry: A review. *Nutrition & Food Science*, 52(6), 917–928. <https://doi.org/10.1108/NFS-09-2021-0277>
- Gonzales Cari, J. M. (2024). *Caracterización proximate de la cañihua var. Cupi* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional de la UNSAAC. <https://hdl.handle.net/20.500.12918/10810>
- Gonzales, G. F., Gasco, M., Malheiros-Pereira, A., & Gonzales-Castañeda, C. (2019). *Medicinal properties of Lepidium meyenii (Maca): A review*. *Journal of Natural Products*, 82(3), 576–588. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.8b00968>
- Guerra-Lacayo, R. A. (2023). *Phenotypic and genotypic characterization of grain quality in rice and implications for breeding* [Disertación doctoral, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College]. LSU Scholarly Repository. https://repository.lsu.edu/gradschool_dissertations/6188
- Gutaker, R. M., et al. (2020). *Genomic history and ecology of the geographic spread of rice*. *Nature Plants*, 6, 259–270. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-0659-6>

- Hayes, M. (2020). *Measuring protein content in food: An overview of methods*. *Foods*, 9(10), 1340. <https://doi.org/10.3390/foods9101340>
- Hernández Monzón, A., Madernás Sánchez, D., Pérez-Argüelles, R., & Trujillo Pérez, G. (2019). Desarrollo de una bebida elaborada con harina de arroz y ajonjolí. Universidad de La Habana, La Habana, Cuba. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852019000100089&lng=es&tlng=es.
- Hernandez, D. B., Córdova-Aguilar, M. S., Ascanio, G., & Martínez-Arellano, I. (2025). *Production of isolates from bean and lentil: Bioactive compounds, functional and nutritional characterization*. *Food Chemistry Advances*, 9, 101191. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101191>
- Herrera-Hernández, I. M., Armendáriz-Fernández, K. V., Muñoz-Márquez, E., Sida-Arreola, J. P., & Sánchez, E. (2018). Characterization of bioactive compounds, mineral content and antioxidant capacity in bean varieties grown in semi-arid conditions in Zacatecas, Mexico. *Foods*, 7(12), 199. <https://doi.org/10.3390/foods7120199>
- Huaman Nuñez, A. P. (2022). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de galletas a base de harina de lúcuma (*Pouteria lucuma*) y harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) con colágeno hidrolizado [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima]. Repositorio institucional de la Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/17427>
- Huamaní, F., (2018). “Evaluación del perfil químico nutricional y actividad antioxidante de tres ecotipos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*)

Aellen) procedentes de Puno”. [Tesis Para Obtener El Título De

Químico Farmacéutico]. <https://hdl.handle.net/20.500.12866/4369>

Huamaní, F., Tapia, M., Portales, R., Doroteo, V., Ruiz, C., & Rojas, R. (2020).

Proximate analysis, phenolics, betalains, and antioxidant activities of three ecotypes of kañiwa (Chenopodium pallidicaule Aellen) from Peru.

CONCYTEC Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e

Innovación. <https://hdl.handle.net/20.500.12390/2556>

Jamanca-Gonzales, N. C., Ocrosopoma-Dueñas, R. W., Eguilas-Caushi, Y. M.,

Padilla-Fabian, R. A., & Silva-Paz, R. J. (2024). Food grain quality:

Analysis of physical, biometric, and colorimetric properties to promote

consumption. *Heliyon*, 10(2), e29234.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29234>

Kácalová, T., & Jarošová, A. (2023). How storage time affects sensory, chemical,

and physical characteristics of flavored olive oil. *Food Science &*

Nutrition, 11(10), 6648–6659. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3613>

Kaur, N., Singh, B., Sharma, S., & Kumar, R. (2022). *Study of relationships*

between independent extrusion variables and dependent product

properties during quality protein maize extrusion. Applied Food

Research, 2(1), Article 100048.

<https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100048>

Kim, D.-S., & Iida, F. (2023). *Kaniwa (Chenopodium pallidicaule)’s nutritional*

composition and its applicability as an elder-friendly food with gelling

agents. Gels, 9(1), 61. <https://doi.org/10.3390/gels9010061>

- Kim, S., Cho, J. H., Kim, H. B., & Song, M. (2021). *Rice as an alternative feed ingredient in swine diets*. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(3), 465–474. <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e5>
- Kojić, J., Belović, M., Krulj, J., Pezo, L., Teslić, N., Kojić, P., Tukuljac, L. P., Šeregelj, V., & Ilić, N. (2022). Textural, Color and Sensory Features of Spelt Wholegrain Snack Enriched with Betaine. *Foods*, 11(3), 475. <https://doi.org/10.3390/foods11030475>
- Kraithong, S., Lee, S., & Rawdkuen, S. (2018). Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour. *Journal of Cereal Science*, 79, 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.015>
- Kumari, D. P. S., Devi, G. N., Lakshmi, K., & Chamundeswari, N. (2025). *Evaluation of proximate composition and their association studies in popular rice varieties of Andhra Pradesh at different polishing levels*. **Asian Journal of Research and Review in Agriculture**, 7(1), 165–170. <https://doi.org/10.56557/ajrra/2025/v7i1166>
- Kussmann, M., Abe Cunha, D. H., & Berciano, S. (2023). *Bioactive compounds for human and planetary health*. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1193848. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1193848>
- Lai, D., Maimann, A.B., Macea, E., Ocampo, C.H., Cardona, G., Pičmanová, M., Darbani, B., Olsen, C., Debouck, D., Raatz, B., Birger Lindberg, B., and Rook, F. (2020). Biosynthesis of cyanogenic glucosides in *Phaseolus lunatus* and the evolution of oxime-based defenses. *Plant Direct*. 4. 1– 13. <https://doi.org/10.1002/pld3.244>

- Laureano Carbajal, L. E., & Avellaneda Tejada, M. R. (2018). *Influencia de la temperatura de extrusión en la calidad de un snack elaborado a base de pallar (*Phaseolus lunatus*) y arroz (*Oryza sativa*)* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional UNS. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3233>
- Lavado Cruz, A. A. (2022). Desarrollo de un extruido saludable a partir de harinas de quinua y cañihua germinadas con adición de maíz [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4099>
- Lee, Y. C., Hwang, C. C., Tsai, Y. H., & Huang, Y. T. (2025). *Development and pasteurization of in-packaged ready-to-eat rice products prepared with novel microwave-assisted induction heating (MAIH) technology*. *Applied Food Research*, 5(1), 100697. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100697>
- Leiva-Castro, B., Mamani-Benavente, L., Elías-Peñañiel, C., Comettant-Rabanal, R., Silva-Paz, R., Olivera-Montenegro, L., & Paredes-Concepción, P. (2025). Andean Pseudocereal Flakes with Added Pea Protein Isolate and Banana Flour: Evaluation of Physical–Chemical, Microstructural, and Sensory Properties. *Foods*, 14(4), 620. <https://doi.org/10.3390/foods14040620>
- Lerma Humpire, L. M. (2021). *Relación entre actividad de agua y propiedades físicas de granos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en 26 accesiones mediante análisis de imágenes* (Tesis de pregrado).

Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14958>

Li, C., Yao, S., Song, B., Zhao, L., Hou, B., Zhang, Y., Zhang, F., Qi, X. (2023). Evaluation of cooked rice for eating quality and its components in Geng rice. *Foods*, 12(17), 3267. <https://doi.org/10.3390/foods12173267>

Limachi, J., Huanca, S., Castañeta, G., Miranda-Flores, D., Palma, V., Yañiquez, J., Tejada, L., Mollinedo, P., Dimov, K., Popova, T., & Peñarrieta, M. (2023). Antioxidant potential and fatty acid profile of different canihua (*Chenopodium pallidicaule*) cultivars, raised in Bolivian Altiplano. *Food Science and Applied Biotechnology*, 6(2), 383-394. <https://doi.org/10.30721/fsab2023.v6.i2.284>

Lisiecka, K., Wójtowicz, A., & Gancarz, M. (2021). Characteristics of newly developed extruded products supplemented with plants in a form of microwave-expanded snacks. *Materials*, 14(11), Article 2791. <https://doi.org/10.3390/ma14112791>

Lozano-Aguirre, M. G., Rodríguez-Miranda, J., Falfán-Cortes, R. N., & Hernández-Santos, B. (2023). Physicochemical and techno-functional properties of mixtures of Michigan bean protein concentrate (*Phaseolus vulgaris* L): maltodextrin. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(2), 1844–1851. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01753-z>

Lu, M., Yang, W., Zhang, H., Yu, Y., Chen, F., & Hao, Y. (2024). Study on the Characteristics of Fine Rice Flour by Micro-Crushing and Its Effects on

the Quality Improvement of Rice Cakes. *Foods*, 13(22), 3565.

<https://doi.org/10.3390/foods13223565>

Lubis, A. M. H. S., Kudus, S. I. A., Amran, A. S., Mustafa, N., Taha, M. M., & Shahruruzaman, M. A. (2024). Flow Analysis and Shear Rate Comparison of Counter-rotating and Co-rotating Intermeshing Twin-screw Extruders for Filament Extrusion of Polypropylene-based Biocomposites. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 32(S2), 1-13.

<https://doi.org/10.47836/pjst.32.S2.01>

Luque-Vilca, O. M., Paredes-Erquinigo, J. Y., Quille-Quille, L., Choque-Rivera, T. J., Cabel-Moscoso, D. J., Rivera-Ashqui, T. A., & Silva-Paz, R. J. (2024). Utilization of Sustainable Ingredients (Cañihua Flour, Whey, and Potato Starch) in Gluten-Free Cookie Development: Analysis of Technological and Sensorial Attributes. *Foods*, 13(10), 1491.

<https://doi.org/10.3390/foods13101491>

Mæhre, H. K., Dalheim, L., Edvinsen, G. K., Elsamei, A., & Eilertsen, K. E. (2018). Protein determination — Method matters. *Foods*, 7(1), 5.

<https://doi.org/10.3390/foods7010005>

Maliza, R., Syaidah, R., Rosdianto, A.M. *et al.* Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) powder ameliorates pituitary-liver-axis regulation and anti-inflammatory activity in malnourished rats. *Food Prod Process and Nutr* 6, 97 (2024).

<https://doi.org/10.1186/s43014-024-00269-x>

Martin, A., Schmidt, V., Osen, R., Bez, J., Ortner, E., & Mittermaier, S. (2020). Texture, sensory properties and functionality of extruded snacks from

pulses and pseudocereal proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(12), 5011–5021. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11041>

Mathad, G. N., Gavahian, M., & Lin, J. (2025). Effects of extrusion parameters on the physicochemical properties of mung bean–brown rice extrudate for new product development. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(1), vvae077. <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvae077>

Mathad, G. N., Gavahian, M., & Lin, J. (2025). *Effects of extrusion parameters on the physicochemical properties of mung bean–brown rice extrudate for new product development*. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(1), Article vvae077. <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvae077>

Mathad, G. N., Gavahian, M., & Lin, J. (2025). Effects of extrusion parameters on the physicochemical properties of mung bean–brown rice extrudate for new product development. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(1), Article vvae077. <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvae077>

Mendoza Arocutipa, E. E., & Salazar Mamani, M. K. (2025, 31 de marzo). *Optimización de la adición de sangre avícola como fuente de hierro hemínico en extruidos elaborados a partir de maíz (Zea mays) y quinua (Chenopodium quinoa)* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/4069>

Mérida-López, J., Pérez, S. J., Morales, R., Purhagen, J., Bergenstahl, B., & Rojas, C. C. (2023). Comparison of the Chemical Composition of Six Canihua

(*Chenopodium pallidicaule*) Cultivars Associated with Growth Habits and after Dehulling. *Foods*, 12(8), 1734. <https://doi.org/10.3390/foods12081734>

Meza, S. L. R., Sinnecker, P., Schmiele, M., Massaretto, I. L., Chang, Y. K. y Marquez, U. M. L. (2019). Production of innovative gluten-free breakfast cereals based on red and black rice by extrusion processing technology. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 4855-4866. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03951-y>

Meza-Hernández, M., Villarreal-Zegarra, D., & Saavedra-Garcia, L. (2020). Nutritional Quality of Food and Beverages Offered in Supermarkets of Lima According to the Peruvian Law of Healthy Eating. *Nutrients*, 12(5), 1508. <https://doi.org/10.3390/nu12051508>

Mitrus, M., Wójtowicz, A., Oniszczyk, T., Combrzyński, M., Bouasla, A., Kocira, S., Czerwińska, E., & Szparaga, A. (2023). Application of extrusion-cooking for processing of white and red bean to create specific functional properties. *Applied Sciences*, 13(3), 1671. <https://doi.org/10.3390/app13031671>

Moazzem, M. S., Hayden, M., Kim, D.-J., & Cho, S. (2024). Assessment of changes in sensory characteristics of strawberries during 5-day storage through correlation between human senses and electronic senses. *Foods*, 13(20), 3269. <https://doi.org/10.3390/foods13203269>

Molleda Ordoñez, A. A. (2023). *Desarrollo de una barra alimenticia de cereales y granos andinos enriquecida con concentrado proteico de papa (Dioscorea alata)* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/8a9c1358-4195-429c-b14e-f17bcfe597da>

Moreno, D. M. (2022). Aplicación de bioestimulantes para incrementar el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Caballero, valle Lacramarca [Tesis de licenciatura, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional de la Universidad San Pedro. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/23072>

Mpili, P., Vicent, V., & Rweyemamu, L. (2024). Evaluation of the proximate composition, functional, and pasting properties of ichipipi maize flour. *Applied Food Research*, 4, Article 100408. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100408>

Muñoz-Pabón, K. S., Parra-Polanco, A. S., Roa-Acosta, D. F., Hoyos-Concha, J. L., & Bravo-Gómez, J. E. (2022). *Physical and paste properties comparison of four snacks produced by high protein quinoa flour extrusion cooking. Frontiers in Sustainable Food Systems.* <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.852224>

Nafi', A., Belgis, M., & Fridannisa, A. (2021). *The extraction and partial characterization of lunatin from lima bean (Phaseolus lunatus L.). International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources*, 2(2), artículo 30. <https://doi.org/10.46676/ij-fanres.v2i2.30>

Nárvaez Montoya, C. V. (2024). *Evaluación de la calidad y digestibilidad de la proteína de la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)* [Tesis de

pregrado, Universidad Le Cordon Bleu]. Repositorio Institucional ULCB.
<https://hdl.handle.net/20.500.14546/1252>

Natabirwa, H., Nakimbugwe, D., Lung'aho, M., Tumwesigye, K. S., & Muyonga, J. H. (2020). Bean-based nutrient-enriched puffed snacks: Formulation design, functional evaluation, and optimization. *Food Science & Nutrition*, 8(9), 4763–4772. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1727>

Navneet & Joye, I. (2025). Bean flour under pressure: Probing the techno-functionality through processing-structure-function analysis. *Food Chemistry*, 482, 144013. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144013>

Neupane, B. S., Olee, D., Shrestha, D. S., Kharel, G. P., & Koirala, N. (2024). *Nutritional and phytochemicals analysis of high-altitude common bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars of Nepal*. *eFood*, 5, e182. <https://doi.org/10.1002/efd2.182>

Nosworthy, M. G., Medina, G., Franczyk, A. J., Neufeld, J., Appah, P., Utioh, A., Frohlich, P., House, P., & J. D. (2018). Effect of Processing on the In Vitro and In Vivo Protein Quality of Beans (*Phaseolus vulgaris* and *Vicia Faba*). *Nutrients*, 10(6), 671. <https://www.mdpi.com/2072-6643/10/6/671>

Orozco-Angelino, X., Espinosa-Ramírez, J., & Serna-Saldívar, S. O. (2023). *Extrusion as a tool to enhance the nutritional and bioactive potential of cereal and legume by-products*. *Food Research International*, 169, 112889. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112889>

Orquíde, Y., Fernández, H., Toledo, R. J. S., León, M. V., Tamayo, E. F., Nohay, R. C., & Rodríguez, L. P. (2024). *Influence of the Conservation Method*

on the Postharvest Quality Indicators of Phaseolus vulgaris L. J. Nutrition and Food Processing, 7(13). <https://doi.org/10.31579/2637-8914/269>

Osuna-Gallardo, E. I., Cuevas-Rodríguez, E. O., Sepúlveda-García, C. I., Reyes-Moreno, C., León-López, L., Han, R., & Hernández-Álvarez, A. J. (2023). Impact of cooking and extrusion processing on nutritional, antinutritional, and techno-functional characteristics of indigenous bean (*Phaseolus coccineus*). *ACS Food Science & Technology*, 3(11), 1835–1853. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00416>

Ozbekova, Z., & Kulmyrzaev, A. (2019). Study of moisture content and water activity of rice using fluorescence spectroscopy and multivariate analysis. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 223, Article 117357. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.117357>

Palupi, H. T., Estiasih, T., Yunianta, & Sutrisno, A. (2022). Physicochemical and protein characterization of lima bean (*Phaseolus lunatus L.*) seed. *Food Research*, 6(1), 168–177. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(1\).107](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(1).107)

Park, J. (2023). *Rice-based gluten-free foods and technologies: A review*. *Foods*, 12(22), 4110. <https://doi.org/10.3390/foods12224110>

Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Castillo-Martinez, W. E., Simpalo-Lopez, W. D., López-Rodríguez, W., & Quezada-Berrú, S. (2025). Optimization of a craft ale-type beer enriched with cañihua malt (*Chenopodium pallidicaule*) and banana passionfruit juice (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). *Heliyon*, 11(4), e42610. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42610>

- Paucar-Menacho, L. M., Schmiele, M., Lavado-Cruz, A. A., Verona-Ruiz, A. L., Mollá, C., Peñas, E., Frías, J., Simpalo-Lopez, W. D., Castillo-Martínez, W. E., & Martínez-Villaluenga, C. (2022). Andean Sprouted Pseudocereals to Produce Healthier Extrudates: Impact in Nutritional and Physicochemical Properties. *Foods*, *11*(20), 3259. <https://doi.org/10.3390/foods11203259>
- Paucar-Menacho, L., Simpalo-López, W. D., Castillo-Martínez, W. E., Esquivel-Paredes, L. J., & Martínez-Villaluenga, C. (2023). Improving Nutritional and Health Benefits of Biscuits by Optimizing Formulations Based on Sprouted Pseudocereal Grains. *Foods*, *11*(11), 1533. <https://doi.org/10.3390/foods11111533>
- Pedrosa, M. M., Guillamón, E., & Arribas, C. (2021). Autoclaved and extruded legumes as a source of bioactive phytochemicals: A review. *Foods*, *10*(2), 379. <https://doi.org/10.3390/foods10020379>
- Phadake, J., Khushi, M., Pawaskar, M., Moog, M., & Athawale, G. (2025). Development of ready-to-eat extruded high protein snack products with soy and rice flour. *International Journal of Agriculture and Food Science*, *7*(5), 90–93. <https://doi.org/10.33545/2664844X.2025.v7.i5b.381>
- Pico, J., Pismag, M., Laudouze, M., Martínez, M. (2020). Evaluación sistemática de las reacciones de Folin-Ciocalteu y Fast Blue BB durante el análisis de fenoles totales en leguminosas, frutos secos y semillas vegetales. *Alimentos y funciones*, *11*, 9868 – 9880. <https://doi.org/10.1039/D0FO01857K>

- Poma Pari, K. J. (2018). *Actividad antihipertensiva, hipocolesterolémica y antioxidante de hidrolizados proteicos de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) mediante estudios in vivo* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Repositorio digital UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3217>
- Ponce-Fernández, N. E., Polloreña-López, G., Rosas-Domínguez, C., López-Peñuelas, V. M., & Osuna-Izaguirre, S. C. (2019). Composición química, características funcionales y capacidad antioxidante de formulaciones de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) Blanco Sinaloa 92. *Agrociencia*, 53(1), 35-44. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1749>
- Quispe, A. J., Moreno, M. C., Leon, A. M., Bouchon, P., & Medina, W. T. (2024). Design of cañihua-rice: Development and characterization of an analogue of rice by warm-extrusion of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) and rice (*Oryza sativa*) flours. *Food and Humanity*, 2, Article 100193. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.12.001>
- Ramírez-López, S., Ditchfield, C., & Moraes, I. C. F. (2023). Physicochemical properties of grain and starch from Kanihua (*Chenopodium pallidicaule*) compared with Quinoa (*Chenopodium quinoa*) originated from Peru. *Chemical Engineering Transactions*, 102, 49–54. <https://doi.org/10.3303/CET23102009>
- Rangira, I., Gu, B.-J., Ek, P., & Ganjyal, G. M. (2020). Pea starch exhibits good expansion characteristics under relatively lower temperatures during

extrusion cooking. *Journal of Food Science*, 85(10), 3333–3344.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15450>

Rao, R. R., Pandey, A., Hegde, A. R., & Kulkarni, V. I. (2022). Metamorphosis of twin screw extruder-based granulation technology: Applications focusing on its impact on conventional granulation technology. *AAPS PharmSciTech*, 23(1), 1–23. <https://doi.org/10.1208/s12249-021-02173-w>

Reggi, D., Alessio, G., Ndereyimana, A., Minuti, A., Spigno, G., & Bertoni, G. (2024). Ready-to-Use Supplementary-Food Biscuit Production with Low-Cost Ingredients for Malnourished Children in Sub-Saharan Africa. *Foods*, 13(11), 1614. <https://doi.org/10.3390/foods13111614>

Rendón-Anaya, M., Montero-Vargas, J. M., Saburido-Álvarez, S., Vlasova, A., Capella-Gutiérrez, S., Ordaz-Ortiz, J. J., Aguilar, O. M., Vianello-Brondani, R. P., Santalla, M., Delaye, L., Gabaldón, T., Gepts, P., Winkler, R., Guigó, R., Delgado-Salinas, A., & Herrera-Estrella, A. (2017). *Genomic history of the origin and domestication of common bean unveils its closest sister species*. **Genome Biology**, 18, 60. <https://doi.org/10.1186/s13059-017-1190-6>

Rico, D., Cano, A. B., & Martín-Diana, A. B. (2021). Pulse-Cereal Blend Extrusion for Improving the Antioxidant Properties of a Gluten-Free Flour. *Molecules*, 26(18), 5578. <https://doi.org/10.3390/molecules26185578>

Rodrigues, S. S. Q., Dias, L. G., & Teixeira, A. (2024). *Emerging methods for the evaluation of sensory quality of food: Technology at service*. *Current Food*

<https://doi.org/10.1007/s43555-024-00019-7>

Rodríguez Madrera, R., Campa Negrillo, A., Suárez Valles, B., & Ferreira Fernández, J. J. (2021). Phenolic content and antioxidant activity in seeds of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Foods*, 10(4), 864.

<https://doi.org/10.3390/foods10040864>

Rodríguez, J. P., Bonifacio, A., Gómez-Pando, L. R., Mujica, Á., & Sørensen, M. (2023). Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). En *Neglected and Underutilized Crops: Future Smart Food* (págs. 45–93). Academic Press.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90537-4.00011-9>

Rodríguez-Miranda, J., Ramírez-Wong, B., Vivar-Vera, M. A., Solís-Soto, A., Gómez-Aldapa, C. A., Castro-Rosas, J., Medrano-Roldán, H., & Delgado-Licon, 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*, 13(3), 649–663.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382014000300001&lng=es&tlng=es

Sá, A. G. A., & House, J. D. (2024). *Protein quality of cereals: Digestibility determination and processing impacts*. **Journal of Cereal Science**, 117,

103892. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.103892>

Saklani, A., Kaushik, R., & Kumar, K. (2021). Response surface analysis and process optimization of non-cereal (elephant foot yam, taro and water

chestnut) snacks. *International Journal of Food Studies*, 10(2).

<https://doi.org/10.7455/ijfs/10.2.2021.a2>

Salas, R., Ordóñez, E. & Reátegui, D. (2018). *Polifenoles totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) en cuatro variedades de frejol (Phaseolus vulgaris L.) crudo seco, remojado y cocido*. *RevIA*, 5(1 y 2).<https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/59>

Samodra, A. ., Karyadi, J. N. W., Susanti, D. Y., Mahanani, R. S., Dwinata, V. F. S., Rahmawati, D. K., Sinuhaji, P. F. P., & Kurniawati, M. (2024). Physical characteristics of extrudate from mixed corn grit – red bean flour with treatment of moisture content and extruder barrel temperature. *BIO Web of Conferences*, 96, 02002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249602002>

Sánchez Rivera, K. E. (2024). *Evaluación del efecto de la cocción del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) sobre las propiedades reológicas, fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial del producto tipo hummus*. Repositorio Institucional TESIUAQ Facultad de Química Maestría Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/9864>

Santacruz Terán, S. G., Cadena Maldona, C. D., & Yáñez Sotomayor, S. X. (2022). Elaboración de un snack salado extruido expandido a base de chocho (*Lupinus mutabilis*) y maíz. *Revista ESPAMCIENCIA*, 13(1), 32–38. https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i1.223

Shao, Y., Zhang, G., & Bao, J. (2020). Total phenolic content and antioxidant capacity of rice grains with extremely small size. *African Journal of*

Agricultural Economics and Rural Development, 8(11), 1–5.

<https://www.internationalscholarsjournals.com/articles/total-phenolic-content-and-antioxidant-capacity-of-rice-grains-with-extremely-small-size.pdf>

Sharma, S., Semwal, A. D., Srihari, S. P., Govind Raj, T., & Wadikar, D. (2024).

Effect of salt pretreatments on physico-chemical, cooking and rehydration kinetics of instant rice. *Journal of Food Science and Technology*, 61(4), 770–781. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05877-y>

Singh, G., Singh, B., & Singh, A. (2024). *Investigating extrusion impact on*

functional, textural properties, morphological structure, and molecular interactions in hullless barley-based extruded snacks supplemented with mung bean. *Journal of Texture Studies*, 55(4), e12854. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12854>

Siregar, S., Nurhikmat, A., Amdani, R. Z., Hatmi, R. U., Kobarsih, M.,

Kusumaningrum, A., Karim, M. A., Dameswari, A. H., Siswanto, N., Siswoprayogi, S., & colaboradores. (2024). *Estimation of proximate composition in rice using ATR-FTIR spectroscopy and chemometrics*. *ACS Omega*, 9, 32760–32768.

<https://doi.org/10.1021/acsomega.4c02816>

Sorrenti, V., Burò, I., Consoli, V., & Vanella, L. (2023). Recent Advances in Health

Benefits of Bioactive Compounds from Food Wastes and By-Products: Biochemical Aspects. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms24032019>

- Tapia, M., Marimón, S. J., & Salazar, N. (2023). *Development of Extruded Snacks with Protein Hydrolysed from Jumbo Squid (Dosidicus gigas) by-Product and Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. *Biology and Life Sciences Forum*, 25(1), Article 4. <https://doi.org/10.3390/blsf2023025004>
- Teixeira, P. L., de Andrade, E. T., & Devilla, A. I. (2018). Isosteric heat, entropy, and gibbs free energy of pumpkin seeds (*Cucurbita moschata*). *Engenharia Agrícola*, 38(1), 97-102. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n1p97-102/2018>
- Thanuja, B., & Parimalavalli, R. (2020). Comparison of antioxidant compounds and antioxidant activity of native and dual modified rice flour. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 11(3), 1203–1209. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.11\(3\).1203-09](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.11(3).1203-09)
- Tolve, R., Sportiello, L., Rainero, G., Pelattieri, A., Trezzi, M., & Favati, F. (2024). A sensory shelf-life study for the evaluation of new eco-sustainable packaging of single-portion croissants. *Foods*, 13(9), 1390. <https://doi.org/10.3390/foods13091390>
- Vanier, N. L., Pozzada dos Santos, J., Almeida Villanova, F., Colussi, R., Cardoso Elias, M., Pan, J., & De Berrios, J. (2018). *Effects of rice amylose content and processing conditions on the quality of rice and bean-based expanded extrudates*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42, e13758. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13758>
- Vatan, M. M., & Babienko, V. V. (2023). *Amino acid score of some products for younger school children nutrition*. *Journal of Education, Health and Sport*, 13(2), 323–330. <https://doi.org/10.12775/JEHS.2023.13.02.046>

- Velasquez Meza, M. Y., & Florez Huilca, Y. (2024). *Evaluación del proceso de extrusión en la calidad nutricional y su aceptabilidad sensorial del producto snack a base de harinas de maíz (Zea mays), cañihua (Chenopodium canihua cook) y sangre bovina* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. UNSAAC-Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12918/10435>
- Verona Ruiz, A. L. (2022). *Extruido de grits de maíz (Zea mays) con harinas de quinua (Chenopodium quinoa) y kiwicha (Amarantus caudatus) germinadas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional UNS. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4144>
- Vicente-Jurado, D., García-Segovia, P., Gutiérrez-Cano, J. D., Martínez-Monzó, J. M., Catalá-Civera, J. M., & Igual-Ramo, M. I. (2023). Effect of extrusion compression ratio and particle size of rice on the sectional expansion index of third-generation snacks [Proceedings of the 4th International Electronic Conference on Foods]. *Foods*, 12(1), 69. <https://doi.org/10.3390/foods2023-15121>
- Wang, Y., Jiang, L., Cui, K., Gu, Z., Yang, Y., Zhao, R., Wang, X., & Jiang, H. (2024). Thermal and textural properties of extruded rice affect its cooking performances and the texture of the steamed extruded rice. *Grain & Oil Science and Technology*, 7(4), 237–245. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2024.10.002>
- Wattanavanitchakorn, S., Wansuksri, R., Chaichoompu, E., Kamolsukyeunyong, W., & Vanavichit, A. (2023). Dietary fibre impacts the texture of cooked

whole grain rice. *Foods*, 12(4), 899.
<https://doi.org/10.3390/foods12040899>

Wattanavanitchakorn, S., Wansuksri, R., Chaichoompu, E., Kamolsukyeunyong, W., & Vanavichit, A. (2023). Dietary fibre impacts the texture of cooked whole grain rice. *Foods*, 12(4), 899.
<https://doi.org/10.3390/foods12040899>

Wu, Y., & Shin, W.-S. (2025). Germination-Induced Changes in the Nutritional, Bioactive, and Digestive Properties of Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.). *Foods*, 14(12), 2123. <https://doi.org/10.3390/foods14122123>

Yadav, U., Bijoy, R., & Arora, S. (2018). Evaluation of quality changes in nutritionally enriched extruded snacks during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 3939–3948.
<https://doi.org/10.1007/s13197-018-3319-3>

Yang, Q. Q., Gan, R.-Y., Ge, Y.-Y., Zhang, D., & Corke, H. (2018). Polyphenols in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Chemistry, analysis, and factors affecting composition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(6), 1518-1539. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12391>

Zegarra, S. (2018). Preparation of a bread suitable for celiacs based on *Chenopodium pallidicaule* aelle (cañihua) flour and evaluation of its sensory acceptability (Tesis para optar el Grado de Doctor en Nutrición. Universidad San Ignacio de Loyola). Lima – Perú.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000500561>

Ziena, H. M. M., & Ziena, A. H. M. (2022). Nutritious novel snacks from some of cereals, legumes and skimmed milk powder. *Applied Food Research*, 2(4), Article 100092. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100092>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. PROCESO DE MOLIENDA

Figura 21

Molino doble tornillo

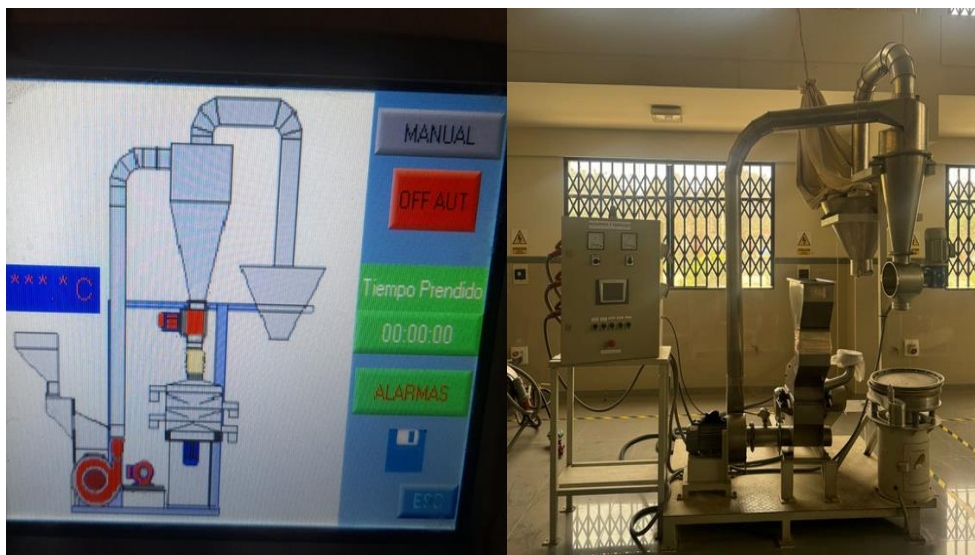


Figura 22

Materia prima en la tolva y recepcion de harina



ANEXO 2: PROCESO DE EXTRUSION

Figura 23

Extrusor doble tornillo y su panel de control



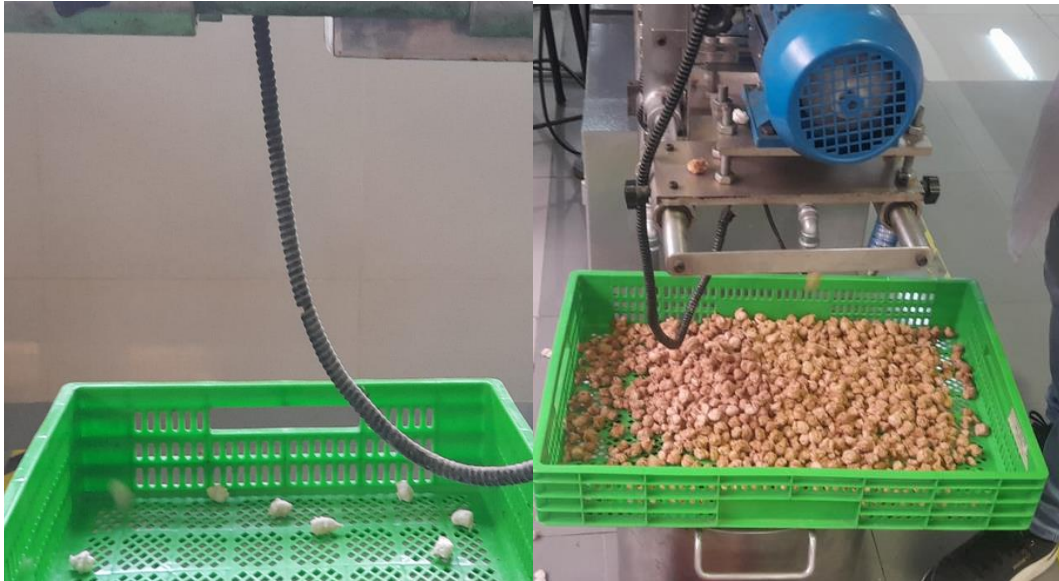
Figura 24

Medidor del flujo de agua y extrusión del snack



Figura 25

Extruidos preliminares solo de arroz y snack de las harinas combinadas



ANEXO 3: PROCESO DE ASPERSION DEL JARABE DE MIEL

Figura 26

Aspersión del jarabe miel de abeja sobre el snack



ANEXO 4: SECADO DEL SNACK BAÑADO EN MIEL

Figura 27

Secado de los snacks

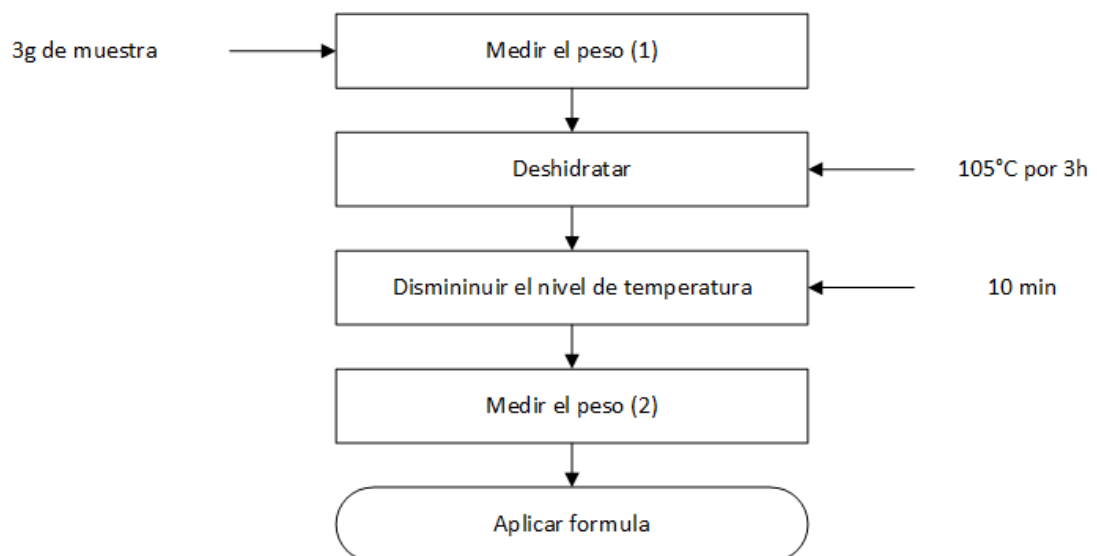


ANEXO 5: ANALISIS PROXIMAL

-Humedad

Figura 28

Diagrama de flujo de la humedad



Formula:

$$\%Humedad = \frac{P1 - P2}{m} * 100$$

Donde:

- P1 = Peso de la placa más muestra
- P2 = Peso de la placa más muestra seca
- m = Peso de la muestra

Figura 29

Harina de las materias primas



Figura 30

Calibración de la balanza y pesado de la placa petri



Figura 31

Peso de la muestra y proceso de deshidratado

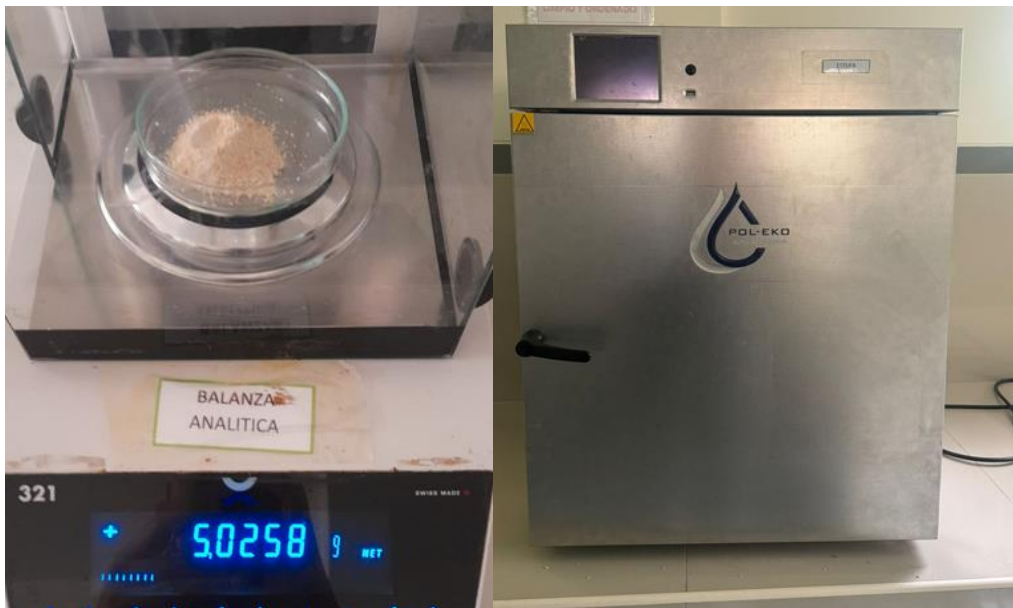


Figura 32

Retirado de las muestras deshidratadas



-Proteína

Figura 33

Diagrama de flujo de la proteína

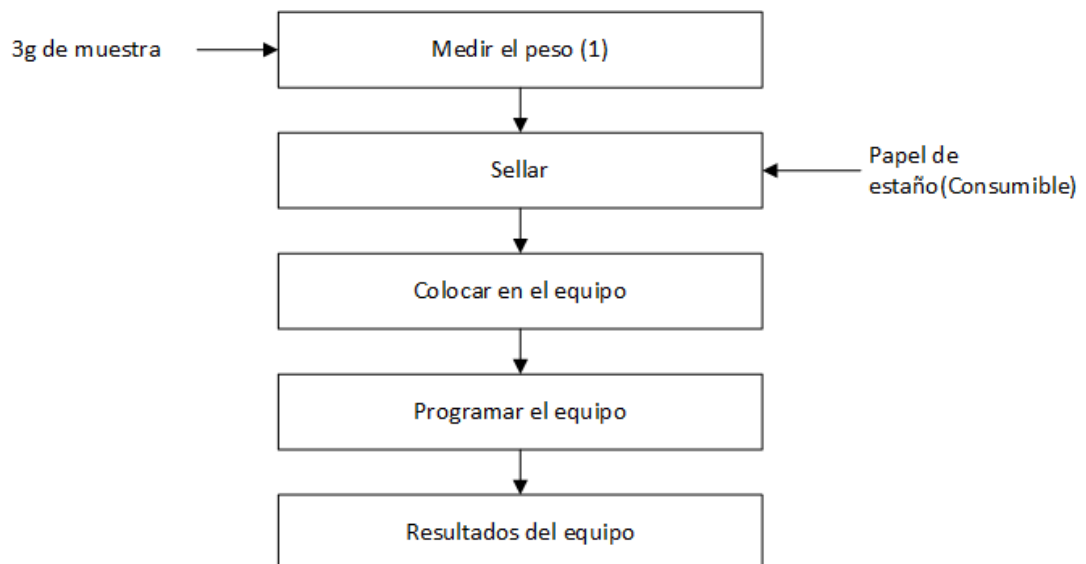


Figura 34

Pesado de las muestras y instrumento complemento del equipo



Figura 35

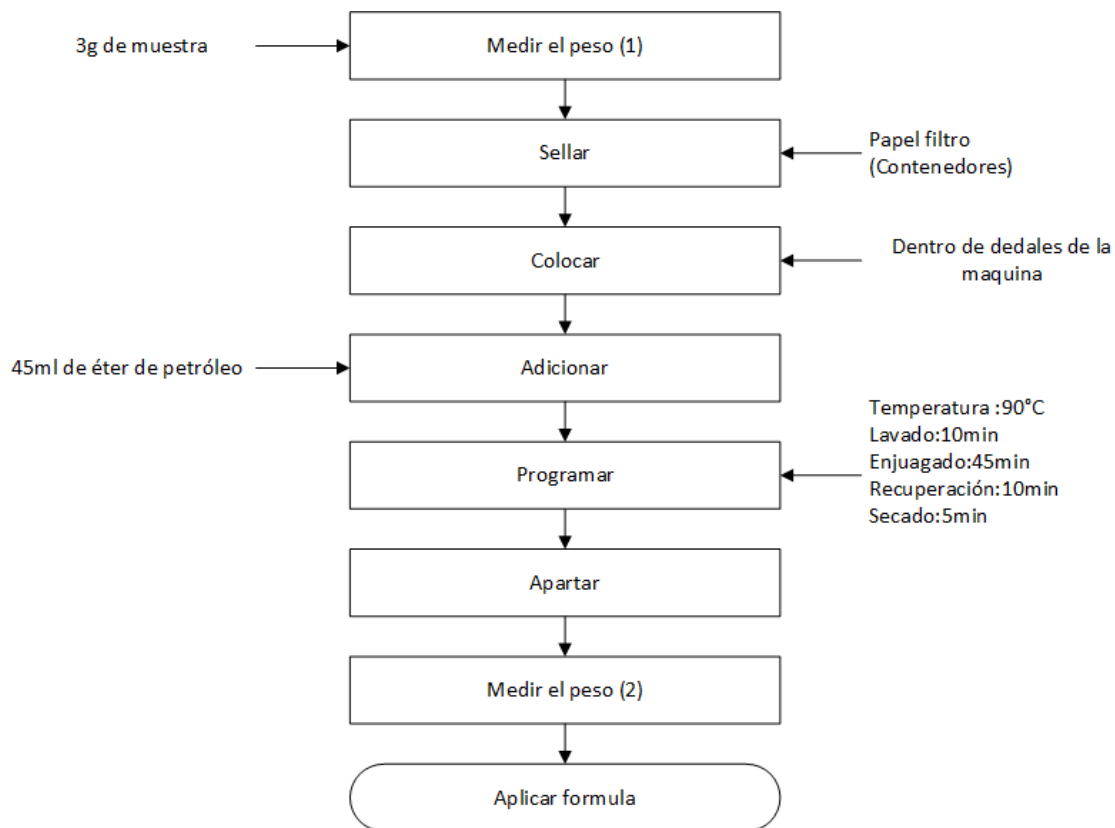
Proceso de determinación de proteínas y resultados de los análisis



-Grasa

Figura 36

Diagrama de flujo de la grasa



Formula:

$$\%Fibra = \frac{Pvf - Pv}{m} \times 100$$

Donde:

Pvf: Peso del vaso con fibra.

Pv: Peso del vaso vacío.

m: Peso de la muestra.

Figura 37

Pesado de la muestra y pesado del balon



Figura 38

Calibracion del equipo soxhlet y ntroduccion de la muestra al equipo



Figura 39

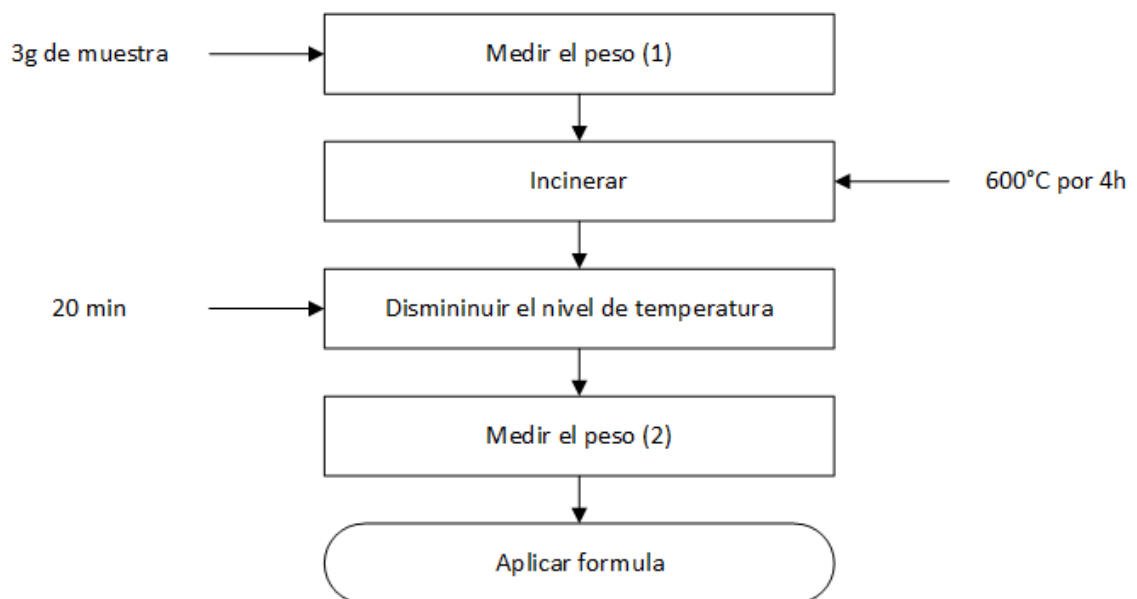
Pesado de la grasa de muestra y grasa de las 3 materias primas



-Ceniza

Figura 40

Diagrama de flujo de la ceniza



Formula:

$$\%Ceniza = \frac{P1 - P0}{m} * 100$$

Donde:

- P1 = Peso del crisol más muestra
- P0 = Peso del crisol
- m = Peso de la muestra

Figura 41

Materias primas molidas y codificación de los vasos de ceniza



Figura 42

Pesado de los vasos de ceniza y pesado de la muestra



Figura 43

Introduccion de las muestras al incinerador y incinerado



Figura 44

Pesado de la muestra incinerada y muestras incineradas



-Fibras Dietética Total

Figura 45

Diagrama de flujo de las muestras incineradas

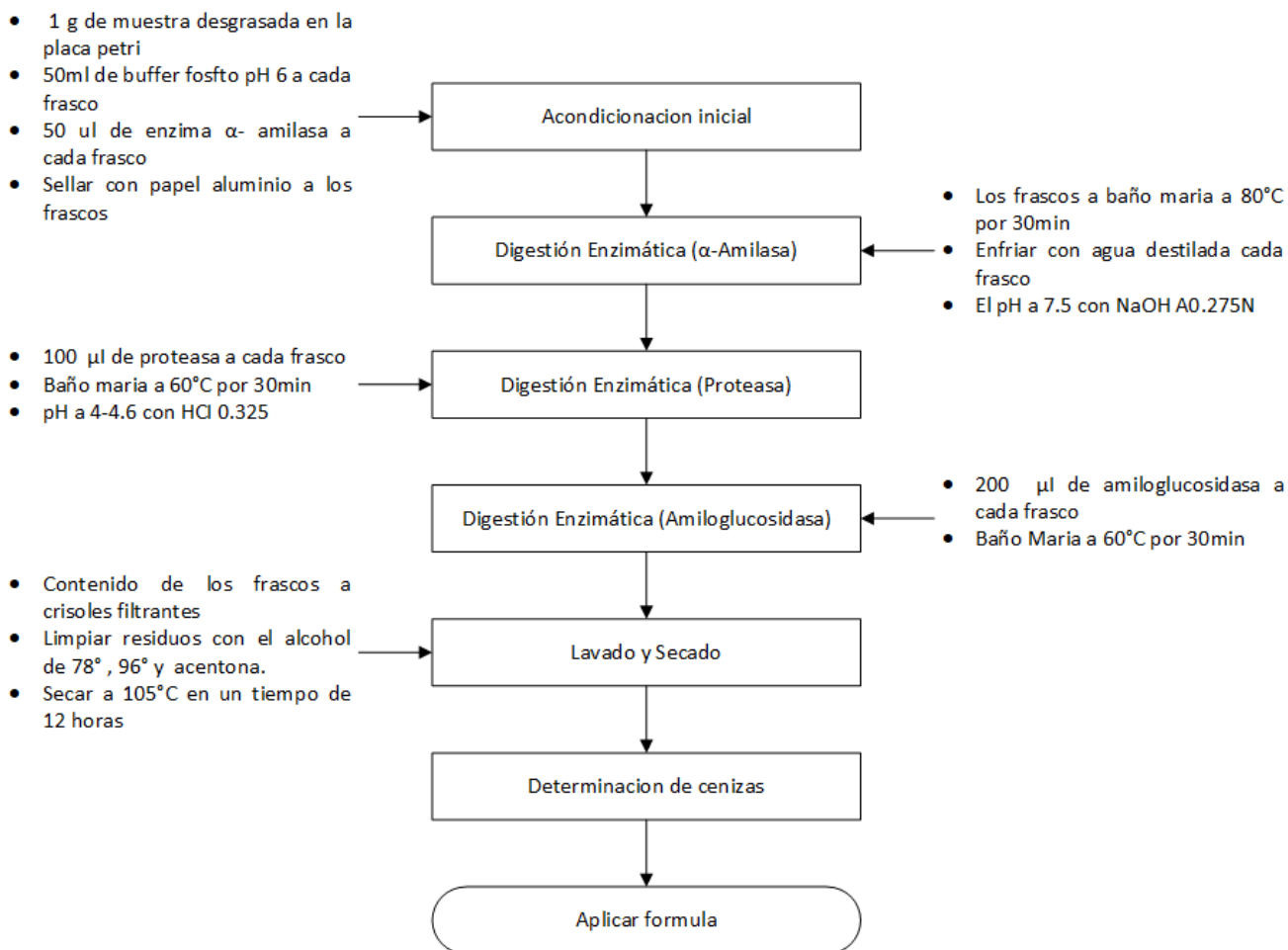


Figura 46

Enzimas y pesado de la muestra desgrasada



Figura 47

Aforacion de alcohol y agregado de enzimas



Figura 48

Introducción de las muestras al agitador y agitación



Figura 49

Recepción en la rejilla y medición del pH



Figura 50

Aforamiento de agua destilada y pesado de fibra



ANEXO 6: COMPUESTOS BIOACTIVOS

-Polifenoles

Figura 51

Diagrama de flujo de los polifenoles

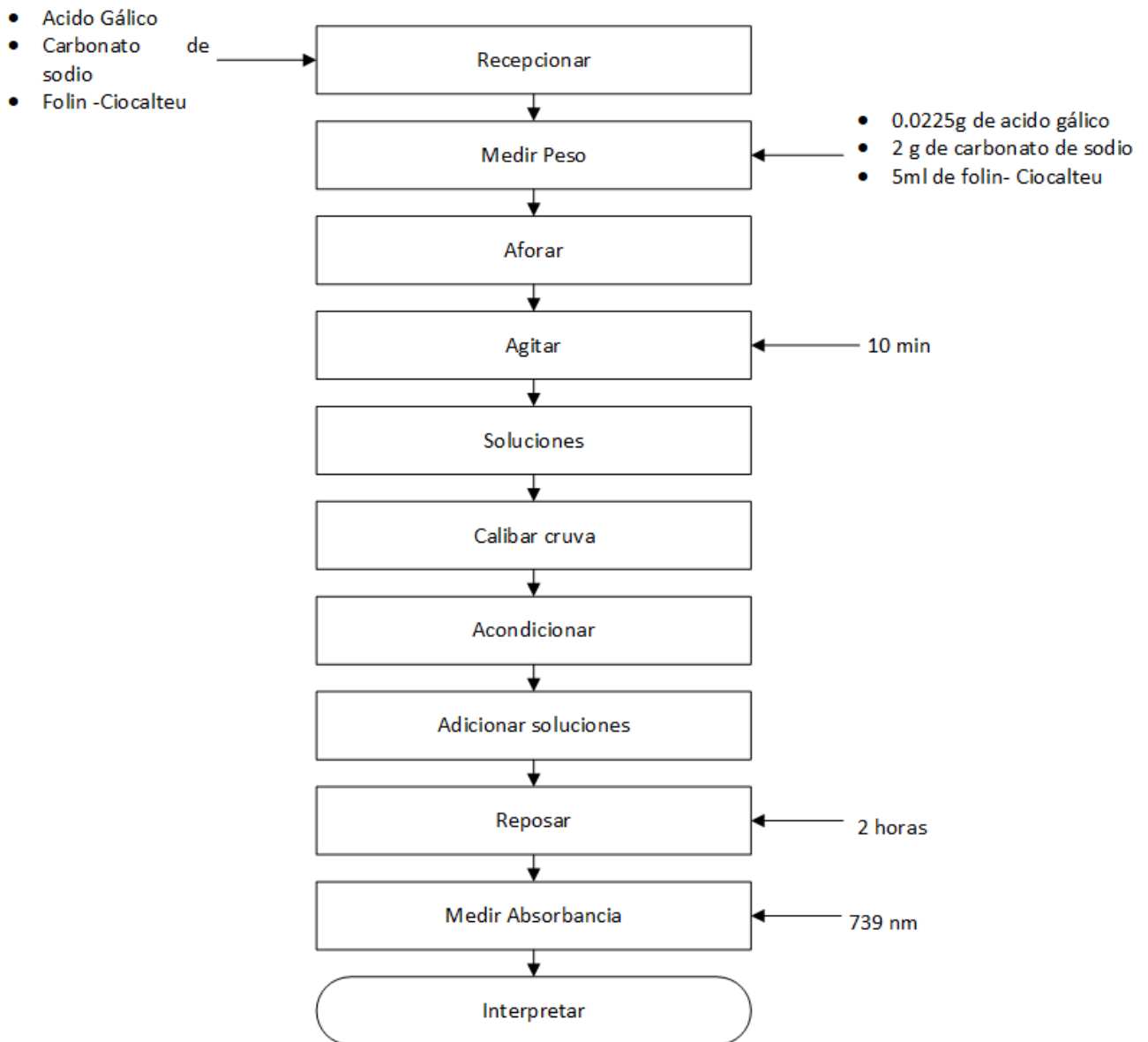


Figura 52

Aditivos y agitación



Figura 53

Pesado de soluciones y preparacion de reactivos



Figura 54

Preparación de curva de calibrado y lector multifuncional

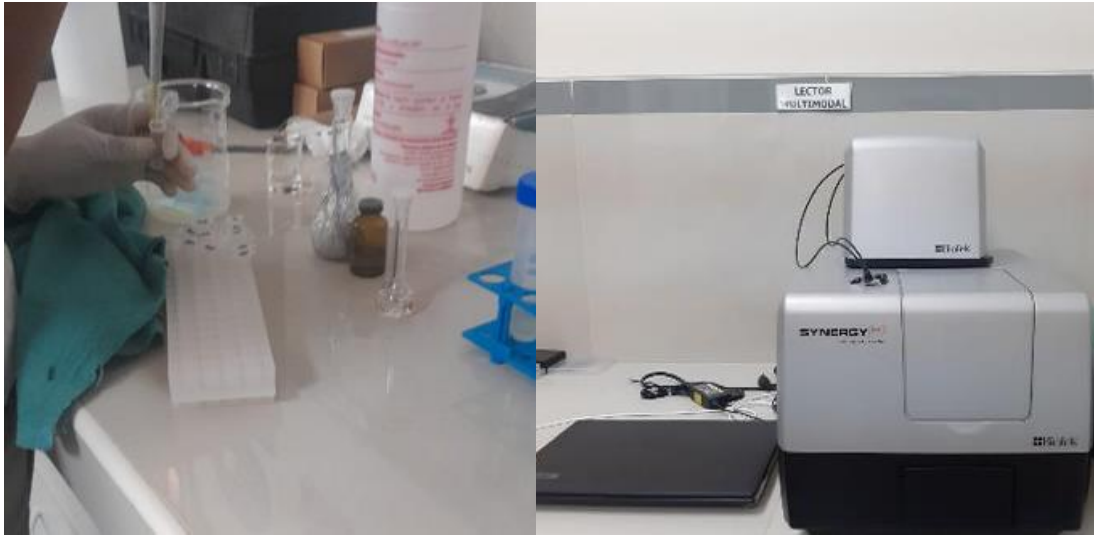


Figura 55

Recepción de las muestras y microplacas en el lector multifuncional



Figura 56

Curva de calibrado de polifenoles

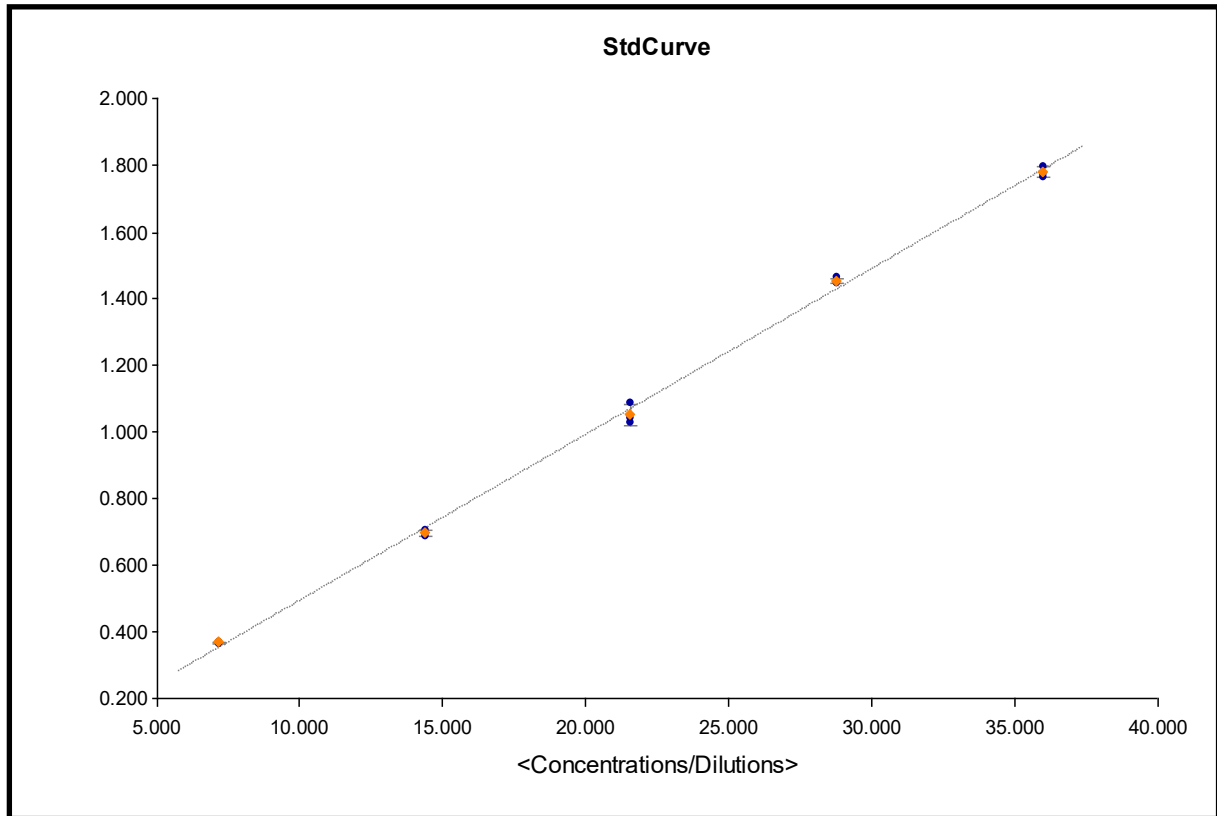


Tabla 51

Datos referentes a la curva de calibrado de polifenoles

Nombre de la curva	Formula de la curva	A	B	R2
StdCurve	$Y=A*X+B$	0,0497	-0,00375	0,999

-Capacidad antioxidante

Figura 57

Diagrama de flujo de la capacidad antioxidante

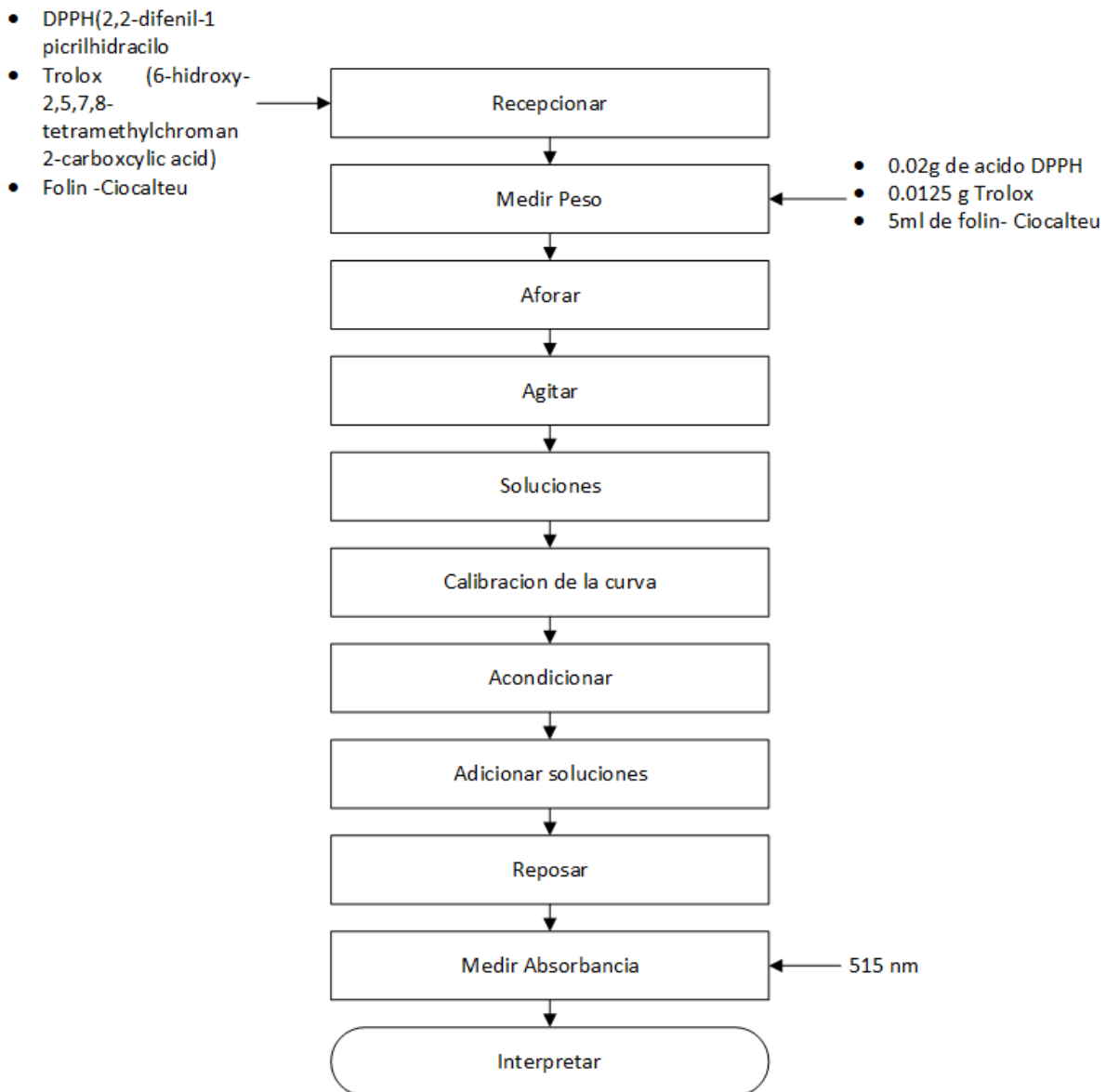


Figura 58

Reactivos y su pesado



Figura 59

Agitacion y soluciones



Figura 60

Preparación de curva y lectura del equipo

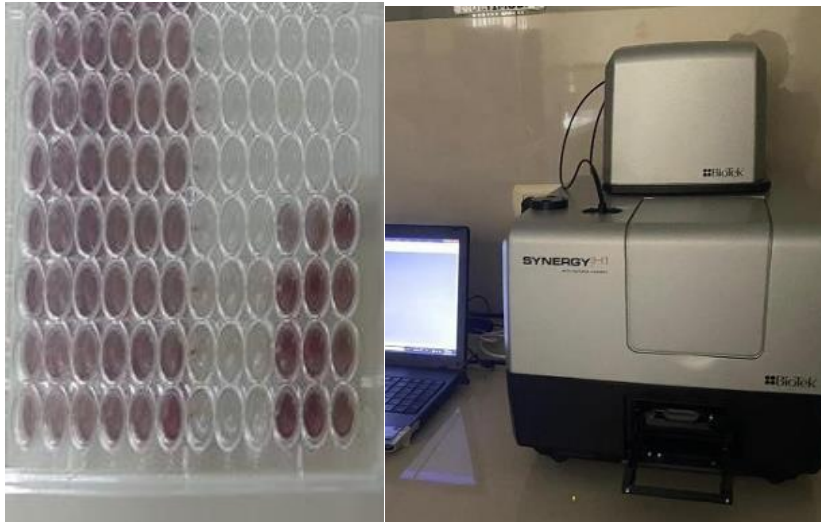


Figura 61

Curva de calibrado de trolox para el hallado de capacidad antioxidante

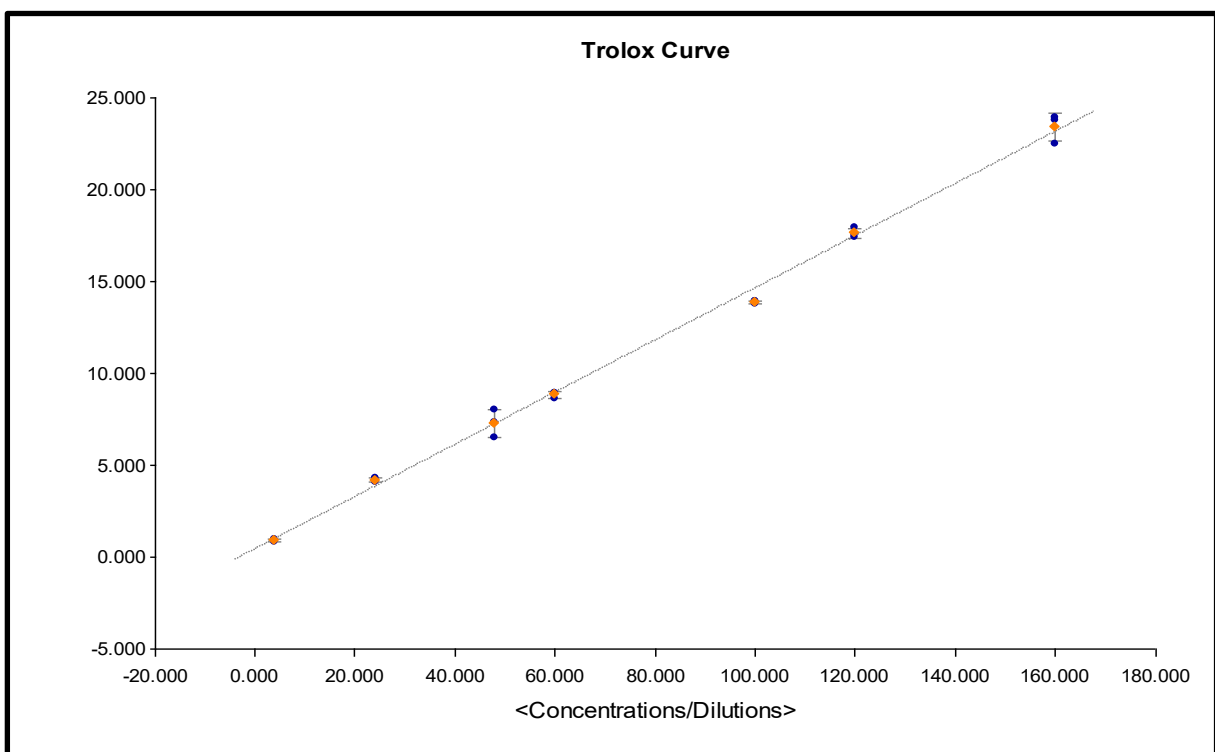


Tabla 52

Datos referentes a la curva de calibrado de la capacidad antioxidante

Nombre de la curva	Formula de la curva	A	B	R2
Trolox Curve	$Y=A*X+B$	0,142	0,45	0,998

ANEXO 7: ANÁLISIS FÍSICOS

-Textura

Figura 62

Diagrama de flujo de La textura

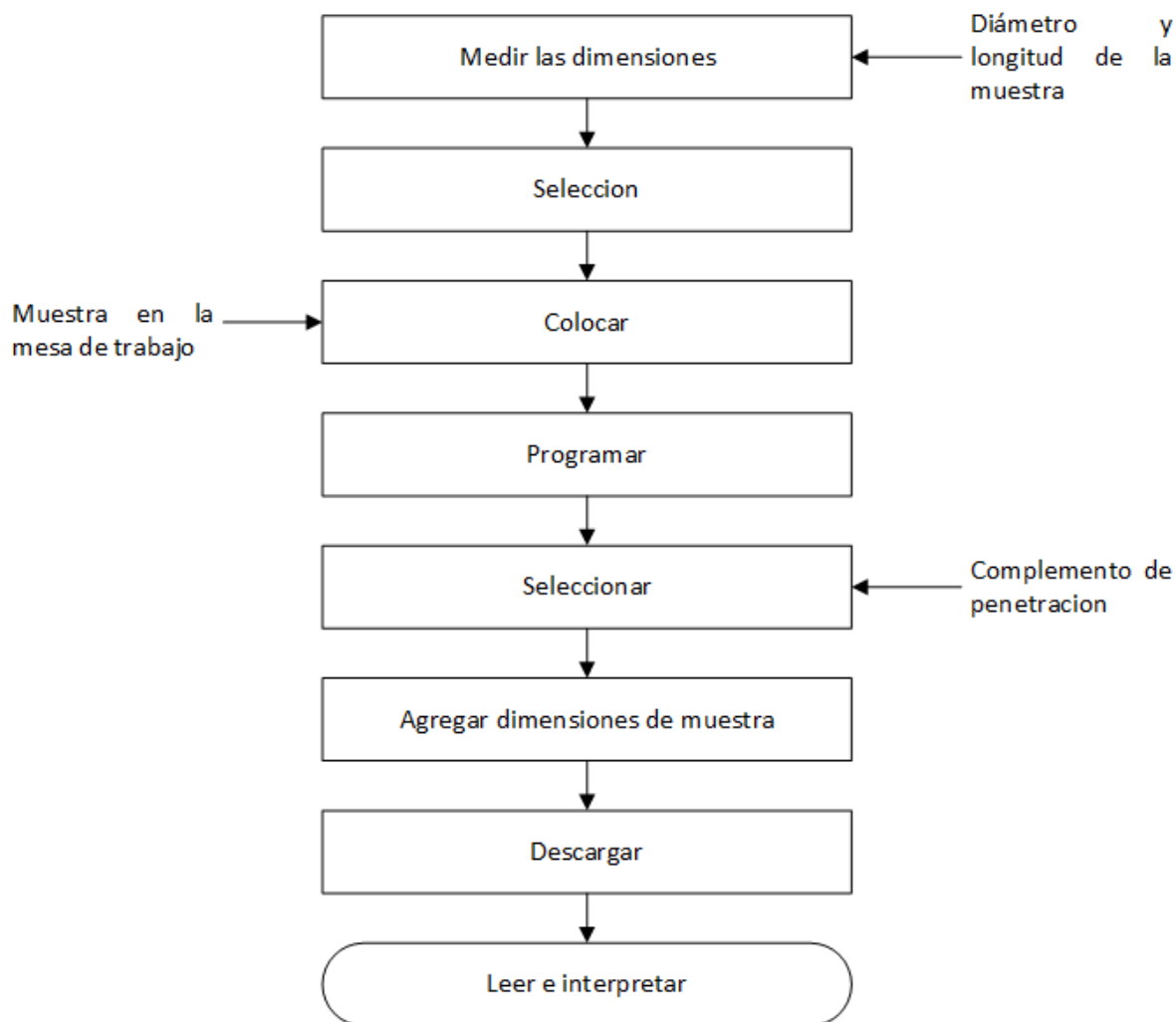


Figura 63

Parametrización de las medidas y medición de la textura

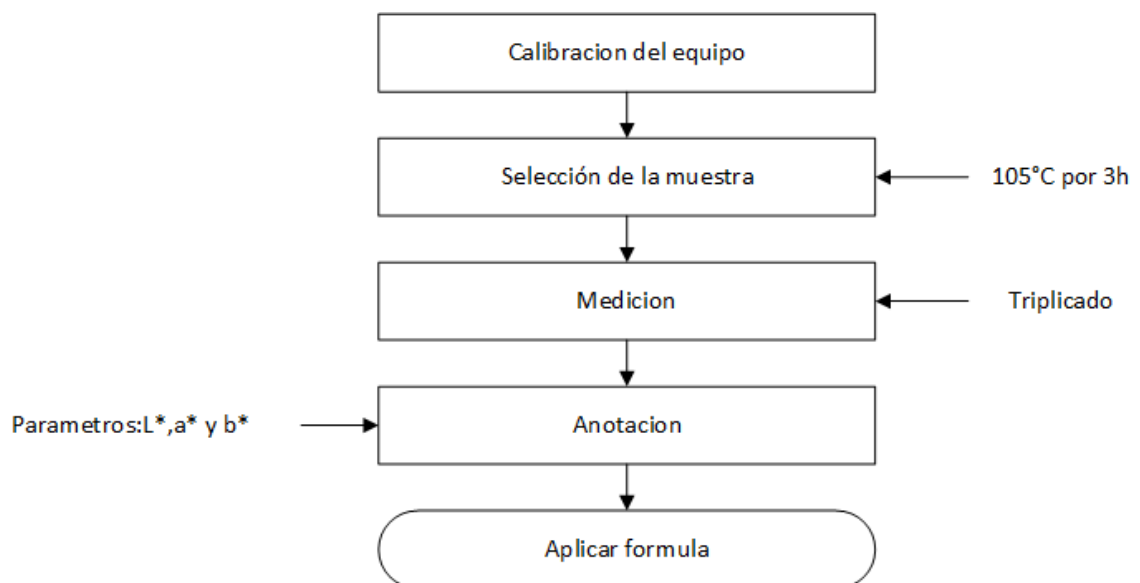


ANEXO 8: ANALISIS FISCOQUIMICOS

-Colorimetría

Figura 64

Diagrama de la colorimetría



Formula:

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

$$\text{Angulo de tonalidad} = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$

Figura 65

Diagrama de la colorimetria



-Actividad de agua

Figura 66

Medicion de la activida de agua



-Índice de absorción en agua y solubilidad de agua

Figura 67

Diagrama del índice de absorción y solubilidad de agua

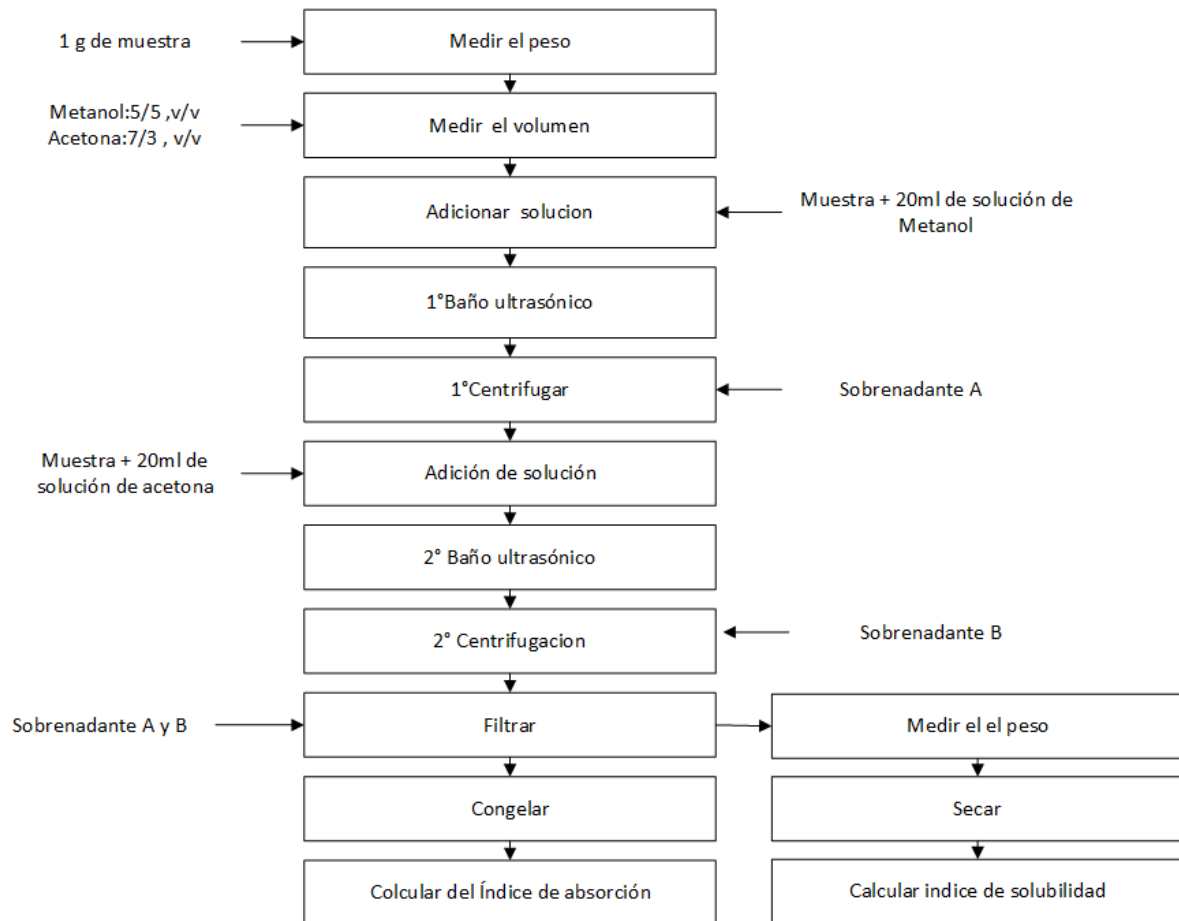


Figura 68

Materiales ,reactivos y adición de reactivos

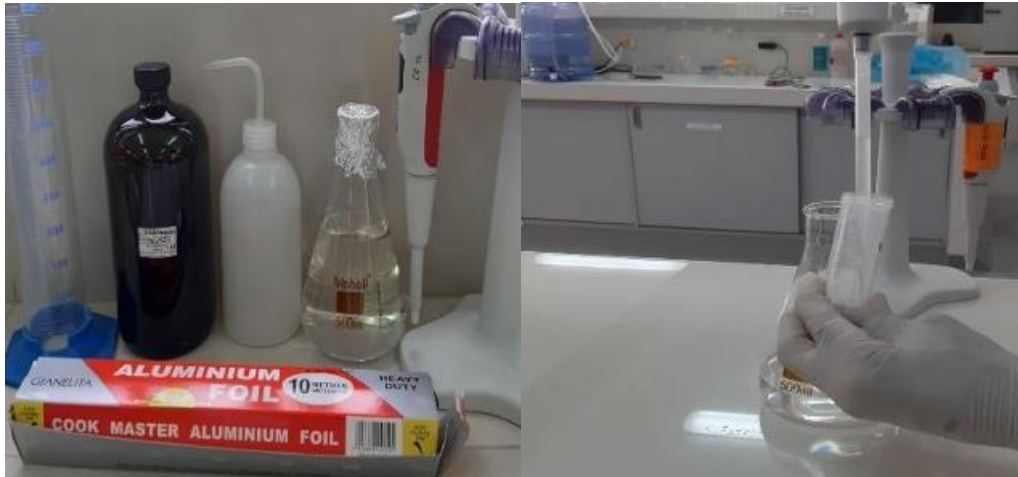


Figura 69

Codificación y baño ultrasonico

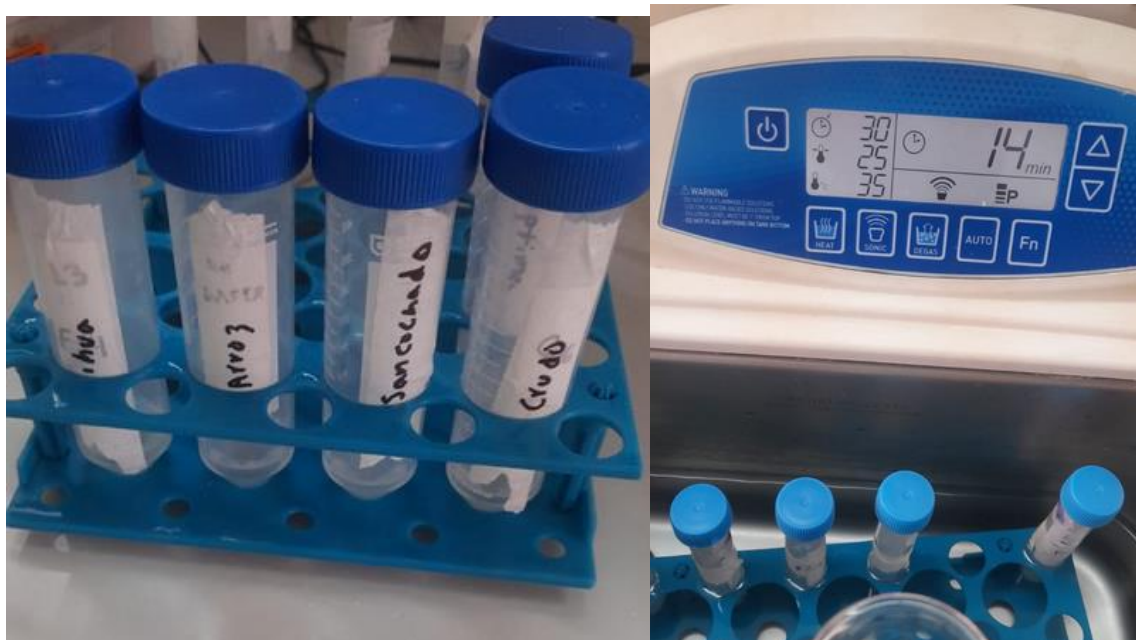


Figura 70

Muestras y centrifugado

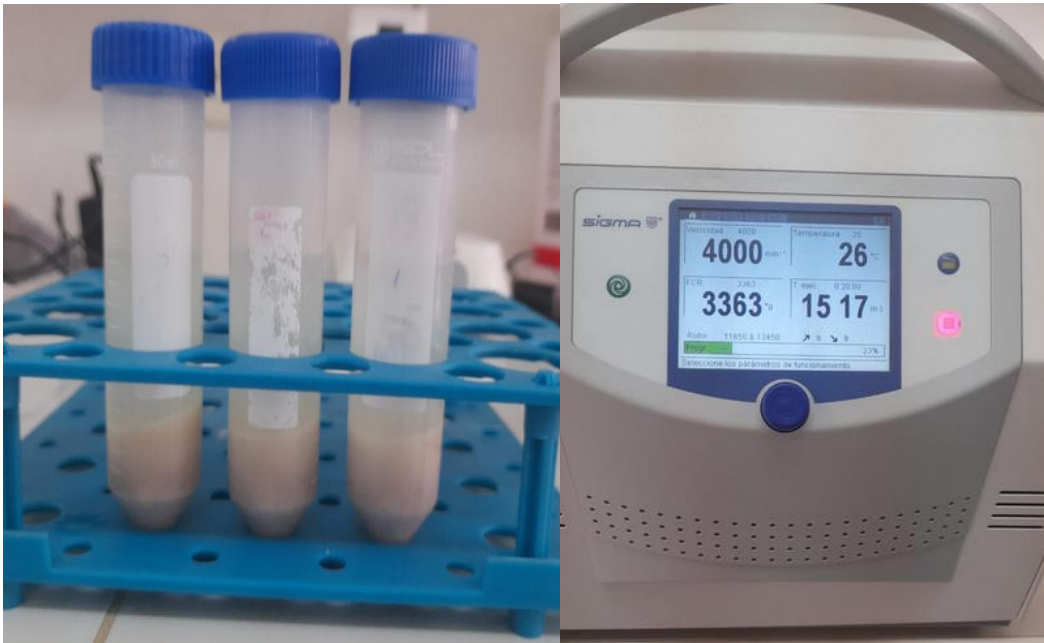


Figura 71

Filtración y pesado de extracto A



Figura 72

Codificado de extracto y secado de la sustancia B



ANEXO 9: GRAFICA DE LOS RESULTADOS

Figura 73

Caracterización químico proximal de las materias primas

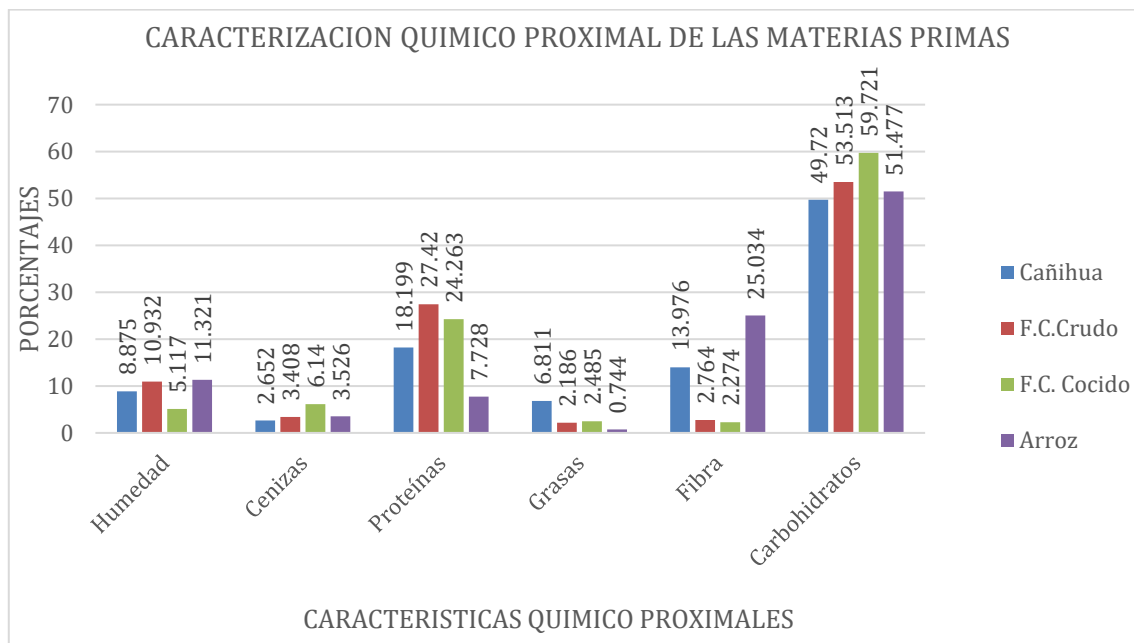


Figura 74

Proporción de polifenoles de las materias primas

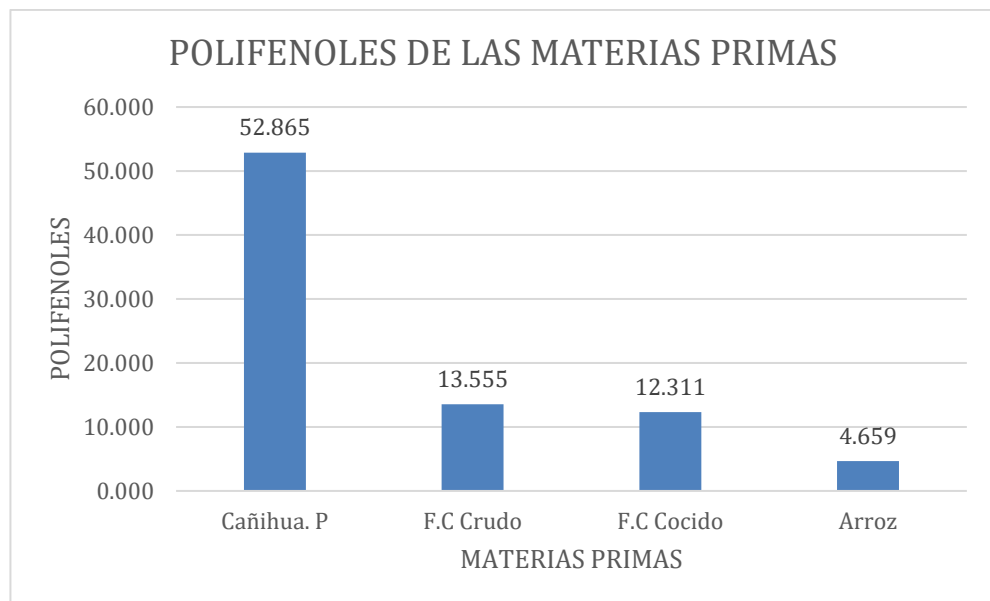


Figura 75

Proporción de capacidad antioxidante de las materias primas

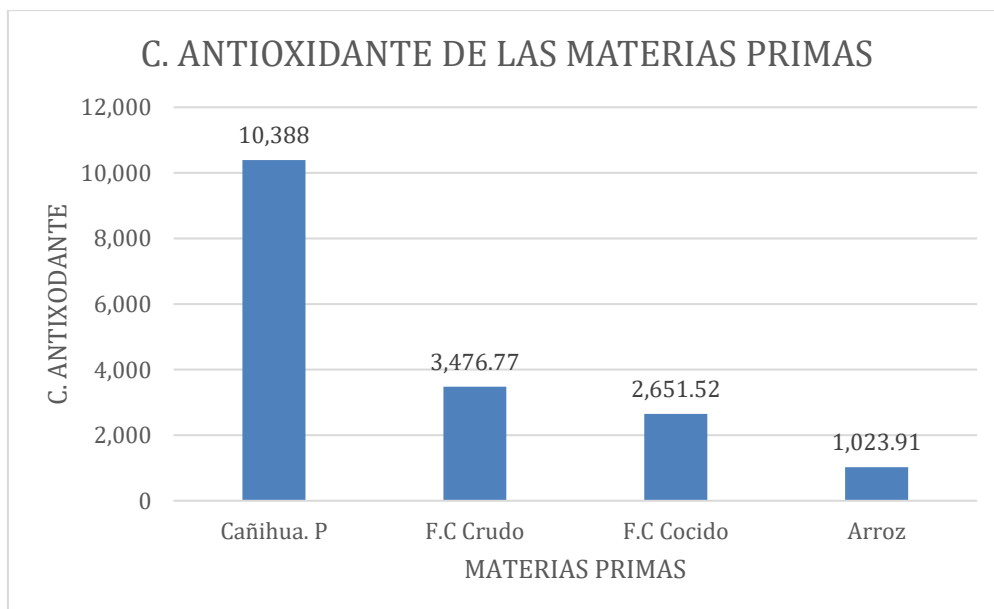


Figura 76

Actividad de agua de las materias primas

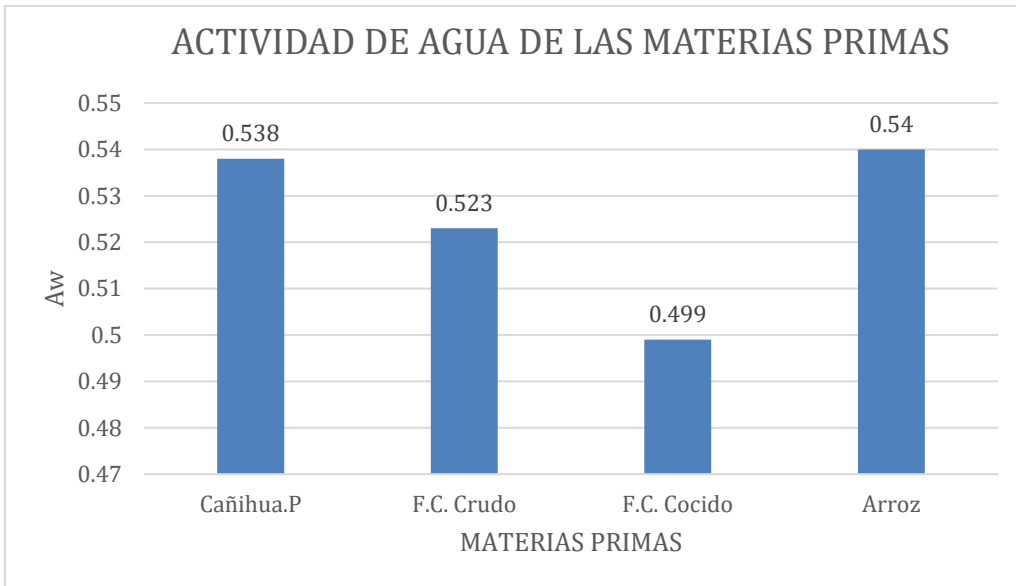
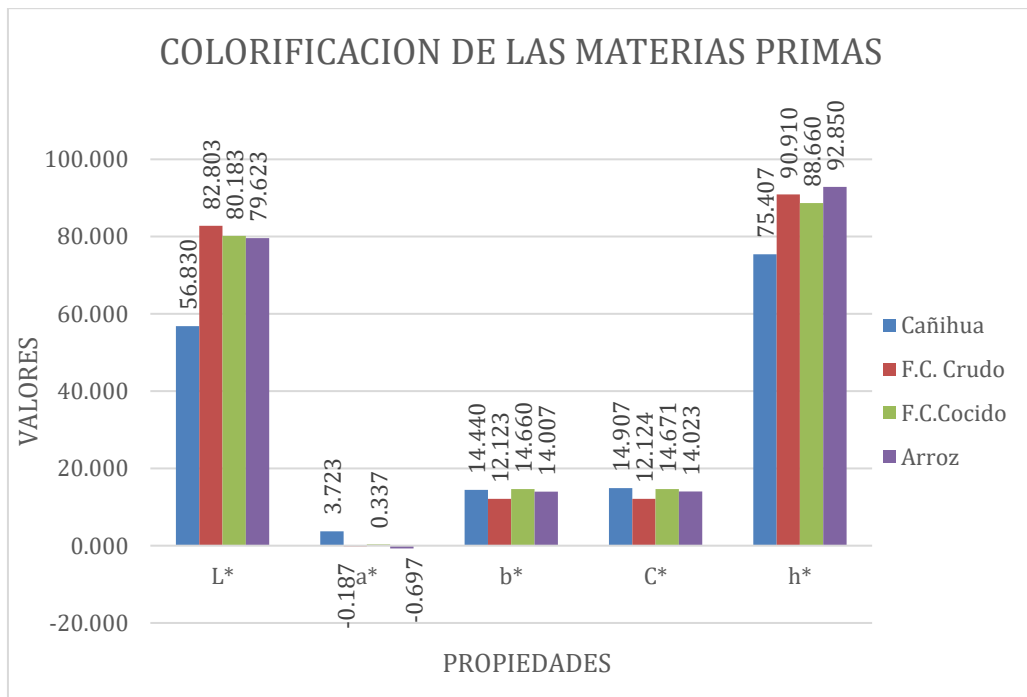


Figura 77

Calorificación de las materias primas



-Cálculos del Score Químico

Fórmula general aplicada:

$$\text{Score Químico (\%)} = (\text{Aminoácido en el snack} / \text{Requerido}) \times 100$$

Histidina

Contenido en el snack: 20.99 mg/g proteína

- N.P: $(20.99 / 16) \times 100 = 131\%$
- N.S: $(20.99 / 16) \times 100 = 131\%$
- N.U: $(20.99 / 15) \times 100 = 140\%$

Isoleucina

Contenido en el snack: 36.62 mg/g proteína

- N.P: $(36.62 / 31) \times 100 = 118\%$
- N.S: $(36.62 / 30) \times 100 = 122\%$
- N.U: $(36.62 / 30) \times 100 = 122\%$

Leucina

Contenido en el snack: 68.18 mg/g proteína

- N.P: $(68.18 / 61) \times 100 = 112\%$
- N.S: $(68.18 / 60) \times 100 = 114\%$
- N.U: $(68.18 / 59) \times 100 = 116\%$

Lisina

Contenido en el snack: 50.45 mg/g proteína

- N.P: $(50.45 / 48) \times 100 = 105\%$
- N.S: $(50.45 / 48) \times 100 = 105\%$
- N.U: $(50.45 / 45) \times 100 = 112\%$

Metionina + Cistina

Contenido en el snack: 30.46 mg/g proteína

- N.P: $(30.46 / 24) \times 100 = 127\%$

- N.S: $(30.46 / 23) \times 100 = 132\%$
- N.U: $(30.46 / 25) \times 100 = 122\%$

Fenilalanina + Tirosina

Contenido en el snack: 66.93 mg/g proteína

- N.P: $(66.93 / 41) \times 100 = 163\%$
- N.S: $(66.93 / 41) \times 100 = 163\%$
- N.U: $(66.93 / 38) \times 100 = 176\%$

Treonina

Contenido en el snack: 34.87 mg/g proteína

- N.P: $(34.87 / 25) \times 100 = 139\%$
- N.S: $(34.87 / 25) \times 100 = 139\%$
- N.U: $(34.87 / 23) \times 100 = 152\%$

Triptófano

Contenido en el snack: 7.99 mg/g proteína

- N.P: $(7.99 / 6.6) \times 100 = 121\%$
- N.S: $(7.99 / 6.5) \times 100 = 123\%$
- N.U: $(7.99 / 6) \times 100 = 133\%$

Valina

Contenido en el snack: 45.84 mg/g proteína

- N.P: $(45.84 / 40) \times 100 = 115\%$
- N.S: $(45.84 / 40) \times 100 = 115\%$
- N.U: $(45.84 / 39) \times 100 = 118\%$

-Evaluación Sensorial

Figura 78

Snack recubierto con miel , Snack Angel, Snack Fitness y Snack Dyfferent



Figura 79

Evaluación sensorial en la planta piloto



Figura 80

Evaluación en el colegio experimental



Figura 81

Ficha de evaluación sensorial para las 13 formulaciones

		CARACTERÍSTICAS DEL SNACK				
		Olor	Sabor	Color	Textura	Aceptabilidad
FORMULACIONES DEL SNACK	Formulación 1					
	Formulación 2					
	Formulación 3					
	Formulación 4					
	Formulación 5					
	Formulación 6					
	Formulación 7					
	Formulación 8					
	Formulación 9					
	Formulación 10					

Sugerencias:

¡GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

