



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DE LA COCCIÓN POR EXTRUSIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y CALIDAD PROTEICA DE UNA MEZCLA
ALIMENTICIA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA (*Vicugna pacos*),
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), MAÍZ (*Zea mays* L.)
Y TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet)”**

Diane Esther Mamani Maraza

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

Asesor: M.Sc. Adalht Jhony Arisaca Parillo

Juliaca, 2024

Juliaca - 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



“EFECTO DE LA COCCIÓN POR EXTRUSIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y CALIDAD PROTEICA DE UNA MEZCLA
ALIMENTICIA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA (*Vicugna pacos*),
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), MAÍZ (*Zea mays* L.)
Y TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet)”

Diane Esther Mamani Maraza

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

Juliaca, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DE LA COCCIÓN POR EXTRUSIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y CALIDAD PROTEICA DE UNA MEZCLA
ALIMENTICIA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA (*Vicugna pacos*),
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), MAÍZ (*Zea mays* L.)
Y TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet)”**

Diane Esther Mamani Maraza

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

Juliaca, 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Diane, M. (2024). *Efecto de la cocción por extrusión sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y calidad proteica de una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), maíz (*Zea mays* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)*. [Tesis de pregrado en Ingeniería, Universidad Nacional de Juliaca]. Juliaca

AUTOR: Diane Esther Mamani Maraza

TÍTULO: Efecto de la cocción por extrusión sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y calidad proteica de una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), maíz (*Zea mays* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2024

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (187 pp)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Universidad Nacional de Juliaca

CÓDIGO: 03-000028-03/M21

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: M.Sc. Adalht Jhony Arisaca Parillo

PALABRAS CLAVES: Proteína, Índice de Gelatinización, Relación de Eficiencia Proteica, Razón Neta de Proteína, Score químico.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

“EFECTO DE LA COCCIÓN POR EXTRUSIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y CALIDAD PROTEICA DE UNA MEZCLA ALIMENTICIA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA (*Vicugna pacos*), QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), MAÍZ (*Zea mays* L.) Y TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet)”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

Diane Esther Mamani Maraza

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Julio Machaca Yana

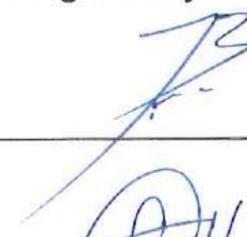
PRESIDENTE DE JURADO

Mtra. Tania Jakeline Choque Rivera

JURADO (Secretario)

Mag. Mateo Quispe Capajaña

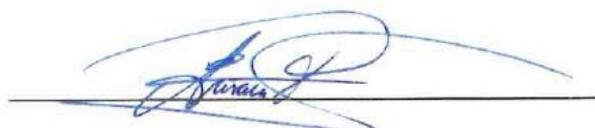
JURADO (Vocal)



2° MIEMBRO



3° MIEMBRO



M.Sc. Adalht Jhony Arisaca Parillo
ASESOR DE TESIS

NOMBRE DEL TRABAJO

Efecto de la cocción por extrusión sobre las características fisicoquímicas, sensores y calidad p

AUTOR

Diane Esther Mamani Maraza

RECUENTO DE PALABRAS

53964 Words

RECUENTO DE CARACTERES

285456 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

207 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

12.2MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 12, 2024 11:21 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 12, 2024 11:24 AM GMT-5**● 7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



.....
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Facultad de Ingeniería de Procesos Industriales
Unidad de Investigación

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicarlo principalmente a Dios, por permitirme llegar hasta este punto y ejecutarlo, por darme la sabiduría y la confianza en mí para poder cumplir uno de mis mayores objetivos.

A mi preciada madre Teófila Maraza, quien en todo momento me brindo su sincero y cálido apoyo, que junto a sus arengas gloriosas y sus sabios consejos me levanto cuando sentía que iba a rendirme, por ser mi musa y mi única gran razón de ser una persona de bien.

A mis hermanos Paola y Javier por darme ese empujón de seguir y a todos mis amigos que en todo momento compartimos momentos de alegría y tristeza, por compartir su vida con la mía y por ser parte de esto.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a nuestro señor todo poderoso por brindarme gozar de buena salud, por haberme guiado y brindado la fortaleza para seguir adelante en mi proyecto de vida.

A la Universidad Nacional de Juliaca, Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por transmitirme todos los conocimientos adquiridos en sus queridas aulas educativas y los valores impartidos por los docentes y por permitirme convertirme en un profesional en lo que tanto me apasiona.

A los miembros del jurado calificador por sus aportes realizados en el presente proyecto de investigación.

A mi asesor el M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo por haberme dado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, por haberme dado los alientos necesarios en todo momento para concluir con este proyecto.

Al Mag. Pither Jhoel Javier Sucari, por apoyarme en cada paso de este camino tan largo, que gracias a su experiencia supo direccionar mis conocimientos, por la dedicación, tiempo y paciencia para la elaboración de este trabajo.

Al Ing. Percy Reynaldo Paucar Acuña y Ing. Alfredo Maquera por darme las facilidades y acceso al proyecto “Cultivo de la corvina *cilus gilberti* en jaulas flotantes” y por el apoyo para la ejecución del trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.2.1 Objetivo general.....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES.....	22
2.2 CARNE DE ALPACA (<i>VICUGNA PACOS</i>)	25
2.2.1 Aspectos generales	25
2.2.2 Producción de camélidos sudamericanos	26
2.2.3 Taxonomía	26
2.2.4 Composición nutricional.....	27
2.2.5 Contenido de aminoácidos.....	27
2.2.6 Propiedades tecnológicas de la carne de alpaca.....	28
2.3 QUINUA (<i>CHENOPODIUM QUINOA</i> WILLD.).....	31
2.3.1 Aspectos generales	31
2.3.2 Producción de granos de quinua	31
2.3.3 Taxonomía	32

2.3.4 Composición nutricional.....	32
2.3.5 Contenido de aminoácidos.....	33
2.3.6 Caracterización del almidón de quinua	36
2.3.7 Propiedades tecnológicas de los granos de quinua	36
2.4 TARWI (<i>LUPINUS MUTABILIS</i> SWEET)	37
2.4.1 Aspectos generales	37
2.4.2 Producción del tarwi.....	38
2.4.3 Taxonomía	38
2.4.4 Contenido nutricional	39
2.4.5 Contenido de aminoácidos.....	40
2.4.6 Propiedades tecnológicas del tarwi	40
2.5 MAÍZ (<i>ZEA MAYS</i> L.)	41
2.5.1 Aspectos generales	41
2.5.2 Producción del maíz	41
2.5.3 Taxonomía	42
2.5.4 Contenido nutricional	43
2.5.5 Contenido de aminoácidos.....	43
2.5.6 Caracterización del almidón de maíz	27
2.5.7 Propiedades tecnológicas del maíz.....	45
2.6 MEZCLAS ALIMENTICIAS.....	45
2.6.1 Mezcla proteica	46
2.6.2 Complementación nutricional de cereales, leguminosas, granos andinos y producto de origen animal.	46
2.7 EXTRUSIÓN.....	47
2.7.1 Extrusión en alimentos	47
2.7.2 Factores más importantes que influyen en la extrusión	48
2.7.3 Efecto de la extrusión sobre el almidón	48
2.7.4 Efecto de la extrusión sobre el índice de gelatinización.....	49
2.7.5 Efecto de la extrusión sobre las proteínas	49
2.7.6 Efecto de la extrusión sobre la digestibilidad	50
2.7.7 Efecto de la extrusión sobre la humedad	51
2.7.8 Efecto de la extrusión sobre los carbohidratos	51
2.7.9 Efecto de la extrusión sobre los lípidos.....	51
2.7.10 Efecto de la extrusión sobre la fibra	52

2.7.11 Efecto de la extrusión sobre las cenizas	52
2.7.12 Beneficios del proceso de extrusión	52
2.8 PROPIEDADES TEXTURALES DE MEZCLAS.....	53
2.8.1 Fuerza	54
2.8.2 Consistencia	54
2.8.3 Cohesividad	54
2.8.4 Índice de viscosidad	54
2.9 AMINOÁCIDOS	55
2.10 SCORE QUÍMICO	55
2.11 CALIDAD DE LA PROTEINA	56
2.11.1 Relación de Eficiencia Proteica (PER).....	56
2.11.2 Razón Neta de Proteínas (NPR).....	57

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	58
3.1.1 Hipótesis general.....	58
3.1.2 Hipótesis específica.....	58
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	58
3.2.1 LUGAR DE EJECUCIÓN	58
3.2.2 Materia prima.....	58
3.2.3 Materiales	59
3.2.4 Equipos	59
3.3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL	60
3.3.1 Tipo y diseño de investigación	65
3.3.2 Descripción del proceso	66
3.3.3 Metodología experimental por objetivos.....	70
3.3.4 Método de análisis.....	72

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FORMULACIÓN OBTENIDA PARA LA MEZCLA ALIMENTICIA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA, QUINUA, MAÍZ Y TARWI.....	76
---	----

4.2	BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA DE LA MEZCLA ALIMENTICIA EXTRUIDA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA, QUINUA, MAÍZ Y TARWI.....	78
4.2.1	Balance de materia	78
4.2.2	Balance de energía	79
4.3	EFFECTO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA EN EL PROCESO DE COCCIÓN POR EXTRUSIÓN SOBRE EL CONTENIDO PROTEICO E ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN DE UNA MEZCLA ALIMENTICIA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA, QUINUA, MAÍZ Y TARWI.	80
4.3.1	Efecto de la cocción por extrusión sobre el contenido proteico de la mezcla alimenticia.....	80
4.3.2	Efecto de la cocción por extrusión sobre el índice de gelatinización de la mezcla alimenticia.....	85
4.3.3	Superficie respuesta de la humedad y temperatura en el proceso de cocción extrusión de una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.....	92
4.4	CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LAS MEJORES FORMULACIONES CON ALTO CONTENIDO PROTEICO E ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN DE LAS MEZCLAS ALIMENTICIAS A PARTIR DE CARNE DE ALPACA, QUINUA, MAÍZ Y TARWI	94
4.4.1	Características físicas (texturales).....	94
4.4.2	Características químicas	100
4.4.3	Características sensoriales	108
4.5	CALIDAD PROTEICA (RELACIÓN DE EFICIENCIA PROTEICA PER Y RAZÓN NETA DE PROTEÍNAS NPR) DE LA MEZCLA ALIMENTICIA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA, QUINUA, MAÍZ Y TARWI CON MAYOR GRADO DE SATISFACCIÓN	110
4.5.1	RELACIÓN DE EFICIENCIA PROTEICA – PER	111
4.5.2	RAZÓN NETA DE PROTEÍNAS – NPR.....	113

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES	122
5.2	RECOMENDACIONES	123

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
ANEXOS	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción nacional de cabezas de camélidos sudamericanos – alpacas.....	26
Tabla 2: Características fisicoquímicas de la carne de alpaca.....	27
Tabla 3: Contenido de aminoácidos del musculo <i>Longissimus dorsi</i> de la alpaca.....	28
Tabla 4: Valores de pH en diferentes cortes de alpaca.	29
Tabla 5: Capacidad de retención de agua de la carne de alpaca.....	30
Tabla 6: Fuerza de cizalla de la carne de alpaca post-mortem.	30
Tabla 7: Color de la carne de alpaca.	31
Tabla 8: Producción nacional de granos de quinua.	32
Tabla 9: Composición del grano de quinua variedad Salcedo INIA.	33
Tabla 10: Contenido de aminoácidos de la quinua.	34
Tabla 11: Propiedades tecnológicas de la quinua.	37
Tabla 12: Producción nacional de tarwi.....	38
Tabla 13: Contenido nutricional del tarwi.....	39
Tabla 14: Contenido de aminoácidos del tarwi.	40
Tabla 15: Propiedades tecnológicas del tarwi.	41
Tabla 16: Producción nacional de maíz.	42
Tabla 17: Composición del maíz en 100g de muestra.....	43
Tabla 18: Contenido de aminoácidos de maíz.....	43
Tabla 19: Propiedades tecnológicas de la harina de maíz.....	45
Tabla 20: Clasificación de aminoácidos esenciales y no esenciales.....	55
Tabla 21: Tratamientos sometidos de la mezcla alimenticia a base de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.	70
Tabla 22: Resumen del Diseño Central Compuesto para las mezclas.	76
Tabla 23: Score Químico de las formulaciones obtenidas.	77
Tabla 24: Conformación de la mezcla alimenticia con alto Score Químico.	77

Tabla 25: Efecto de la humedad y temperatura de extrusión en el contenido proteico de la mezcla alimenticia.....	81
Tabla 26: Efecto de la humedad y temperatura de extrusión en el índice de gelatinización de la mezcla alimenticia.	86
Tabla 27: Características texturales de la mezcla alimenticia a diferentes humedades y temperatura.....	95
Tabla 28: Características químicas de la muestra con mayor contenido proteico (MA101).	101
Tabla 29: Características químicas de la muestra con mayor índice de gelatinización (MA107).	101
Tabla 30: Resultados de las características sensoriales (grado de satisfacción) de la mezcla alimenticia.	108
Tabla 31: Relación de Eficiencia Proteica.	111
Tabla 32: Razón Neta de Proteínas.	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura física de almidones de quinua	35
Figura 2: Almidón de quinua extruido por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).	36
Figura 3: Almidón de maíz analizadas por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).	44
Figura 4: Almidón de maíz extruido por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). .	45
Figura 5: Estructura de los α -aminoácidos que forman las proteínas.	50
Figura 6: Flujograma del acondicionamiento de la carne de Alpaca.	60
Figura 7: Diagrama de procesos para el acondicionamiento de los granos de quinua. ..	61
Figura 8: Elaboración de la mezcla alimenticia extruida a base de Carne de Alpaca, quinua, maíz y tarwi.	63
Figura 9: Acondicionado de la carne de alpaca	64
Figura 10: Acondicionado de los granos de quinua.....	64
Figura 11: Elaboración de la mezcla alimenticia extruida a base de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.	65
Figura 12: Acondicionado de la carne de alpaca	66
Figura 13: Acondicionado de los granos de quinua.....	67
Figura 14: Diagrama de flujo para la elaboración de una mezcla alimenticia a base de carne de alpaca, quinua, maíz extruidas y harina de tarwi.....	68
Figura 15: Grafica general del análisis del perfil de textura.	73
Figura 16: Balance de materia de la mezcla a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.	78
Figura 17: Diagrama de Pareto para las proteínas.	81
Figura 18: Desnaturalización y la texturización de las proteínas entre los procesos de extrusión a baja (10-30%) y alta humedad (40-80%).	83
Figura 19: Diagrama de Pareto para el índice de gelatinización.	86
Figura 20: Gelatinización del almidón.	88

Figura 21: Superficie respuesta del contenido proteico vs la humedad y temperatura...	92
Figura 22: Grafica de contorno de proteínas vs humedad y temperatura de extrusión...	93
Figura 23: Superficie respuesta del índice de gelatinización vs la humedad y temperatura.....	93
Figura 24: Grafica de contorno del índice de gelatinización vs humedad y temperatura de extrusión.	94
Figura 25: Curva tiempo-fuerza mediante la prueba Back extrusión, de la mezcla alimenticia.	95
Figura 26: Digestión y absorción de las proteínas en el organismo humano.	117
Figura 27: Curva de absorción de agua de la mezcla.....	160

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Metodología para la hidratación de la mezcla a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.....	159
ANEXO 2: Determinación de la curva de absorción de agua para la mezcla alimenticia	160
ANEXO 3: Aminoácidos esenciales presentes en las materias primas y el patrón de aminoácidos esenciales de referencia para preescolares.....	161
ANEXO 4: Score Químico de las mezclas obtenidas mediante el diseño central compuesto.....	143
ANEXO 5: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA101.	163
ANEXO 6: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA102.	164
ANEXO 7: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA103.	165
ANEXO 8: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA104.	166
ANEXO 9: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA105.	167
ANEXO 10: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA106.	168
ANEXO 11: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA107.	169
ANEXO 12: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA108.	170
ANEXO 13: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA109.	171
ANEXO 14: Resultados de las repeticiones del contenido de proteínas de las muestras alimenticias.....	172
ANEXO 15: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA101.	173
ANEXO 16: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA102.	174
ANEXO 17: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA103.	175
ANEXO 18: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA104.	176
ANEXO 19: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA105.	177
ANEXO 20: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA106.	178
ANEXO 21: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA107.	179
ANEXO 22: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA108.	180

ANEXO 23: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA109.	181
ANEXO 24: Resultados de las repeticiones del grado de gelatinización de las muestras alimenticias.	182
ANEXO 25: Resultados del contenido químico de la muestra con mayor contenido proteico (MA101).	183
ANEXO 26: Resultados del contenido químico de la muestra con mayor índice de gelatinización (MA107).	184
ANEXO 27: Cartilla de evaluación sensorial para la mezcla alimenticia	185
ANEXO 28: Ficha de control de consumo diario de alimentos para la determinación del PER (28 Días)	186
ANEXO 29: Ficha de control del peso en los animales de experimentación para la determinación del PER.....	87
ANEXO 30: Ficha de control del peso en los animales de control para la determinación del PER.....	87
ANEXO 31: Ficha de control de consumo diario de alimentos para la determinación del NPR (14 Días)	189
ANEXO 32: Ficha de control del peso en los animales de control para la determinación del NPR	190
ANEXO 33: Resultado del análisis de varianza para el contenido proteico.	190
ANEXO 34: Resultado del análisis de varianza para el índice de gelatinización	191
ANEXO 35: Resultado del análisis de varianza para la firmeza.....	192
ANEXO 36: Resultado del análisis de varianza para la consistencia (N.s)	193
ANEXO 37: Análisis de varianza para la cohesividad (N)	194
ANEXO 38: Análisis de varianza para la viscosidad (N.s).....	195
ANEXO 39: Análisis de varianza para la humedad	196
ANEXO 40: Análisis de varianza para la grasa	196
ANEXO 41: Análisis de varianza para los carbohidratos.....	196
ANEXO 42: Análisis de varianza para las cenizas.....	197

ANEXO 43: Análisis de varianza y tukey para la fibra.	197
ANEXO 44: Análisis de varianza y tukey para la acidez.	197
ANEXO 45: Análisis de varianza para las propiedades sensoriales.	198
ANEXO 46: Optimización de la humedad y temperatura sobre las proteínas y el índice de gelatinización.	198
ANEXO 47: Panel fotográfico del proyecto.	199
ANEXO 48: Ficha de información del equipo extrusor.	203

RESUMEN

La desnutrición proteica es una problemática que afecta a nivel global, teniendo una repercusión negativa en el desarrollo cognitivo y biológico en los niños, siendo las mezclas alimenticias una alternativa para la atenuación. El objetivo fue evaluar el efecto de la humedad (H°) y temperatura (T°) en el proceso de cocción extrusión en el contenido proteico, propiedades fisicoquímicas, sensoriales y calidad proteica (Relación de Eficiencia Proteica PER y Razón Neta de Proteína NPR) de una mezcla alimenticia a base de carne de alpaca (CA), quinua (Q), maíz (M) y tarwi (T). Para la elaboración de la mezcla se usó un Diseño Central Compuesto con tres niveles obteniéndose 20 formulaciones, las cuales fueron contrastadas por el Score Químico, escogiendo F10 con una puntuación de 113.17% (CA10%, Q45%, M30.5% y T14.5%), posteriormente se sometió a un proceso de cocción por extrusión con tres humedades (12%, 14% y 16%) y temperaturas (140°C, 160°C y 180°C). MA101 (12% H° /140°C) presentó un efecto significativo de la humedad y temperatura sobre las proteínas con un $27.04 \pm 0.03\%$ e índice de gelatinización con un $93.34 \pm 0.04\%$, asimismo, los valores de humedad, grasa, carbohidratos, cenizas, fibra, acidez fueron de 8.70%, 10.48g/100g, 51.17g/100g, 2.62g/100g, 2.78%, 0.27% respectivamente, estando mayoritariamente dentro de los parámetros establecidos por la Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a Base de Granos y otros, destinados a Programas Sociales de Alimentación. Al realizar la evaluación sensorial la mezcla recibió una calificación de “Me gusta” en la zona urbana y un “me encanta” en la zona rural, el PER fue de 1.36 ± 0.05 y el NPR de 2.52 ± 0.08 . Concluyéndose que la humedad y temperatura influyen sobre las propiedades fisicoquímicas, obteniéndose un producto altamente proteico en su composición y calidad proteica, siendo una alternativa adecuada para la alimentación y nutrición de los niños.

Palabras clave: Proteína, Índice de Gelatinización, Relación de Eficiencia Proteica, Razón Neta de Proteína, Score químico.

ABSTRACT

Protein malnutrition is a problem that affects globally, having a negative impact on the cognitive and biological development in children, with food mixtures being an alternative for mitigation. The objective was to evaluate the effect of humidity (H°) and temperature (T°) in the extrusion cooking process on the protein content, physicochemical and sensory properties and protein quality (Protein Efficiency Ratio PER and Net Protein Ratio NPR) of a food mixture based on alpaca meat (CA), quinoa (Q), corn (M) and tarwi (T). To prepare the mixture, a Central Composite Design (CDC) with three levels was used, obtaining 20 formulations, which were contrasted by the Chemical Score, choosing formulation F10 with a score of 113.17% (CA10%, Q45%, M30% and T14.5%), it was subsequently subjected to an extrusion cooking process with three initial humidities (12%, 14% and 16%) and temperatures (140°C, 160°C and 180°C). MA101 (12%H°/140°C) presented a significant effect of humidity and temperature on proteins with $27.04 \pm 0.03\%$ and gelatinization index with $93.34 \pm 0.04\%$, likewise, the values of humidity, fat, carbohydrates, ash, fiber, acidity were 8.70%, 10.48g/100g, 51.17g/100g, 2.62g/100g, 2.78%, 0.27% respectively, being within the parameters established by the Sanitary Standard for the Manufacture of Food-Based of Grains and others, destined for social Food Programs. When carrying out the sensory evaluation, the mixture received a rating of “I like it” in the urban area and a “I love it” in the rural area, the PER was 1.36 ± 0.05 and the NPR was 2.52 ± 0.08 . Concluding that humidity and temperature influence the physicochemical properties, obtaining a highly protein product in its composition and protein quality, being a suitable alternative for the food and nutrition of children.

Keywords: Protein, Gelatinization Index, Protein Efficiency Ratio, Net Protein Ratio, Chemical Score.

INTRODUCCIÓN

El proceso de cocción por extrusión, se basa en dar forma a una mezcla homogénea, forzándolo a través de una abertura con un diseño específico por medio de un tornillo sin fin, a altos valores de presión (Valls, 1993), dicha tecnología es destacada en la industria alimentaria por ser un proceso eficiente y con bajos costos de producción (Roldán *et al.*, 2022), obteniendo productos en la mayoría de trabajos con un alto valor biológico y elevada disponibilidad de proteínas (Delgado, 2018), desnaturalizando las enzimas indeseables, inactivando algunos factores anti nutricionales (inhibidores de tripsina, hemaglutininas, taninos y fitatos) y esterilizando el producto (Singh *et al.*, 2007), mejorando de esta manera la calidad nutraceútica y nutricional (Delgado *et al.*, 2019).

La proteína de los cereales posee un alto contenido de aminoácidos azufrados, pero cantidades bajas y en algunos casos limitados en lisina y triptófano (FAO, 1991), por lo que al ser combinadas con las leguminosas y granos andinos ricas en estos aminoácidos limitantes presentan proteínas de alta calidad debido a la compensación de sus aminoácidos esenciales (Mezquita *et al.*, 2007) complementando los ácidos grasos deficitarios, donde la quinua posee una equilibrada cantidad de aminoácidos esenciales y altas concentraciones de proteínas, minerales, vitaminas y fenoles, Freire (2018) menciona que las proteínas de origen animal tienen una mayor calidad nutricional presentando un alto porcentaje de aminoácidos esenciales en comparación a las de origen vegetal, además de contener una alta biodisponibilidad de hierro y zinc (Kontoyiannis y Madiman, 2013).

La gran parte de niños escolares dejan de comer la cantidad recomendada de frutas, verduras y alimentos nutritivos a lo largo de su desarrollo, evidenciándose las prácticas alimentarias poco saludables y la desnutrición (Flores, 2017), por lo cual es necesario que el niño lleve una alimentación adecuada en energía y macronutrientes favoreciendo una alimentación sana y variada, siendo fuente clave para su crecimiento y desarrollo, evitando padecer a futuro algún trastorno (Agustina *et al.*, 2007).

Actualmente los consumidores, expresan sus preferencias hacia alimentos saludables, naturales y proteicos, motivo por el cual la presente investigación tiene como propósito elaborar una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi como una alternativa prometedora en el desarrollo de productos nutritivos y saludables para niños preescolares brindando un producto con alto contenido proteico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú comprende porcentajes mayores al promedio nacional de desnutrición crónica en niños menores a 5 años con un índice del 11.5% (INEI, 2022), teniendo la región de Puno un valor de 11.22% (MINSa, 2023), debido al bajo contenido de nutrientes y proteínas en los productos alimenticios y al acceso limitado de estos por la pobreza (Flores *et al.*, 2013). Por otro lado, el Instituto Nacional de Salud reportó que en el 2018 el 37% de los niños y niñas de 5 a 9 años tenían obesidad y sobrepeso, siendo el factor principal el consumo de alimentos con excesiva cantidad de carbohidratos, azúcares refinados y grasas (Ortiz *et al.*, 2011), junto con ella el mal estilo de vida y la mala alimentación que el niño lleva.

Causando ambas enfermedades pérdidas indirectas por deficiencias en la función cognoscitiva, el desarrollo deficiente de los niños y fallas en la escolaridad (German, 2019). “Un estudio publicado en la versión digital de la revista médica Behavioral and Brain Functions, determinó que cuando los niños de etapa preescolar no reciben la cantidad necesarias de proteínas para su edad, presentan problemas de concentración y atención, especialmente en los menores de 5 años”, generando un impacto negativo en la vida diaria y académica (Quiroz, 2017).

En el Perú la lucha por la alimentación se remite a la implementación de programas sociales de asistencia alimentaria, siendo los más sobresalientes del sector público para niños y niñas desde los 3 años el Vaso de Leche (VDL) y Qali Warma, sin embargo resultados reportados por Francke y Acosta (2020) indican que este último no tendría efectos sobre la anemia y desnutrición crónica en niños de 3 a 5 años entre el año 2014 y 2017, así mismo Lavado y Barron (2019) menciona que el consumo del desayuno escolar del PNAEQW no cubriría con el aporte nutricional sugerido (mínimo 8.5% de proteínas).

La Contraloría General de la República presentó el informe anual sobre el Programa Vaso de Leche (PVL) correspondiente al 2010, en el que se advierte que sólo el 17% de las raciones distribuidas a nivel nacional cumplió con el aporte nutricional, así mismo Buob

(2015) muestra como resultados, que no habría una relación clara entre mayor ejecución presupuestal y disminución de la desnutrición crónica en niños entre 0 y 5 años de edad, sugiriendo que el PVL tiene un efecto bastante limitado en cuanto a nutrición respecta (FAO, 2014).

La región de Puno cuenta con una alta disposición y biodiversidad de productos agropecuarios como la carne de los camélidos sudamericanos, granos andinos, cereales y tubérculos (Carrion de la Bit, 2019) sin embargo, carece la información del comportamiento de la temperatura y humedad en el proceso de cocción extrusión de la carne de alpaca en una mezcla alimenticia, con características físicas (texturales), químicas y proteicas adecuadas para el consumidor, desaprovechando el potencial nutritivo de dicho producto en la alimentación de los niños, siendo las mezclas alimenticias un alimento complementario apropiado y la más adoptada para el infante por la facilidad del consumo en esa etapa de desarrollo y crecimiento que experimenta.

Debido a ello se plantean las siguientes interrogantes de investigación:

1.1.1 Pregunta general:

- ¿Cuál será el efecto de la cocción por extrusión sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y calidad proteica una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)?

1.1.2 Pregunta específica:

- ¿Cuál será el efecto de la humedad y temperatura en el proceso de cocción por extrusión sobre el contenido proteico e índice de gelatinización de una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)?
- ¿Cómo serán las características fisicoquímicas y sensoriales de las mezclas alimenticias a base de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) con alto contenido proteico e índice de gelatinización?
- ¿Cuál será la calidad proteica de la mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) con mayor grado de satisfacción?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la cocción por extrusión sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y calidad proteica de una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la humedad y temperatura en el proceso de cocción por extrusión sobre el contenido proteico e índice de gelatinización de una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).
- Determinar las características fisicoquímicas y sensoriales de las mezclas alimenticias a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) con alto contenido proteico e índice de gelatinización.
- Identificar la calidad proteica (Relación de Eficiencia Proteica y Razón Neta de Proteínas) de la mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) con mayor grado de satisfacción.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la realidad se observa que los consumidores optan por alimentos de fácil y rápido consumo, siendo las madres de familia quienes buscan productos con una alta calidad proteica y naturales para sus niños, por ello la elaboración de nuevos productos a base de mezclas alimenticias permite la aplicación de tecnologías modernas y actuales como es el de la cocción extrusión, teniendo un efecto positivo y beneficioso en las propiedades del producto, digestibilidad de las proteínas e inocuidad (Balandrán *et al.*, 1998). Siendo una alternativa adecuada para la inclusión a los programas sociales que apoyan la alimentación y nutrición de los niños escolares.

Las mezclas alimenticias permiten aminorar diferentes enfermedades actuales en niños que se generan debido a una mala alimentación y/o desnutrición, gracias a la facilidad del consumo de este tipo de productos se cubriría la necesidad que existe en las familias de brindar una correcta alimentación de los niños en aquellas horas que se encuentran fuera

del hogar. Incentivando de esta manera a la población al consumo de productos de fácil acceso elaborados a base de alimentos netos de la región de Puno, logrando impulsar el desarrollo del sector agroindustrial y el desarrollo sostenible.

Frente a ello es necesario desarrollar los medios y las prácticas de alimentación alternativas para contribuir a una buena nutrición a la población infantil, logrando una educación alimentaria saludable dirigida al consumo de dietas conformadas principalmente por alimentos de origen vegetal y animal originarias de la región de Puno, obteniendo el máximo aprovechamiento de los recursos alimentarios accesibles y disponibles en la región.

Los resultados del presente trabajo de investigación contribuirán al conocimiento de los factores dentro del proceso de cocción extrusión de la carne de camélidos sudamericanos, granos andinos, legumbres y cereales en la elaboración de mezclas alimenticias con alto contenido proteico, características fisicoquímicas, sensoriales y biológicas apropiadas, a fin de ser aceptables y beneficiosos para el consumidor potencial, constituyendo un punto de partida en el desarrollo de nuevos trabajos, metodologías, procedimientos, tratamientos y más para la optimización de procesos y/o las posibles aplicaciones en la industria alimentaria.

Puno es la región con una mayor cantidad de cabezas de ganado camélidos sudamericanos, la crianza de alpacas en el Perú está dividida principalmente en los departamentos de Puno (55%), Cusco (12%), Arequipa (10%) y Huancavelica (6%) (MIDAGRI, 2023b), siendo Puno una de las regiones potenciales en la crianza de alpacas. Por su parte la región altiplánica tiene un área de producción de quinua aproximadamente 37 000 ha, teniendo un rendimiento superior a las 1 200 Kg/H, de acuerdo con reportes del MIDAGRI, las regiones más productoras de quinua son Puno (44%), Ayacucho (17.6%), Apurímac (12.6%), Arequipa (9.4%), Cusco (4.7%), Junín (3.9%), Huancavelica (2.5%), La Libertad (1.7%) y Cajamarca (1.3%).

El uso de materias primas como la quinua radica en la cantidad y presencia de aminoácidos esenciales que se tiene, a la vez por su alto valor nutritivo por la concentración de una importante cantidad de proteínas de origen vegetal, de la misma manera el tarwi es considerado como un grano altamente nutritivo por su proteína rica en lisina, poseyendo un alto contenido de ácidos grasos beneficiosos para la salud.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Roldán *et al.* (2022), en su trabajo “Desarrollo de barras nutritivas utilizando cereales, granos andinos y concentrado proteico de pota” tuvieron como objetivo elaborar un producto extruido utilizando maíz, kiwicha, quinua, arroz, arveja, leche en polvo y concentrado proteico de pota (CPPo) a fin de desarrollar una barra nutritiva para niños de 5 a 10 años, en la primera etapa los insumos fueron formulados teóricamente tratando que el contenido proteico sea más del 12%, utilizando como base las necesidades de aminoácidos en niños de 3 a 10 años, estos fueron extruidos en una extrusora de un tornillo simple a una temperatura de 175 ± 5 °C, en la segunda etapa se utilizó la formulación seleccionada anteriormente para formular dos mezclas adicionales con mayor contenido de CPPo elevando su contenido de proteína y aminoácidos, los resultados mostraron que la formulación altamente valorada estuvo constituida por un 60.0% de maíz, 19.0% de arroz, 15.0% de kiwicha y 6.0% de CPPo, 27.5% azúcar, 10.0% glucosa y 5.0% de coco rallado, obteniendo una composición proximal de proteínas 9.56%, grasas 3.10%, carbohidratos 79.49%, humedad 6.54% y fibra 0.63%, digestibilidad verdadera de 90.53% y valor biológico de 94.54%.

Aranda *et al.* (2021), en su artículo “Efecto de la temperatura de extrusión en la mezcla de harinas de tarwi (*lupinus mutabilis*) y arroz (*oryza sativa*) para la producción de un snack” uso una extrusora de un solo tornillo a 1560 rpm, con 19.5ml/min de agua y usando una boquilla de salida 0,6 mm, los resultados sensoriales y el valor nutricional con 1.76% de humedad, 13.11% de proteínas, 1.76% de grasa, 5.57% de cenizas, 77.80 de carbohidratos con 25 días de vida útil, mostraron que el mejor tratamiento para el producto fue 90% arroz y 10% tarwi extruidas a 110°C.

En el artículo de Huanatico *et al.* (2021), “Propiedades físico-químicas y digestibilidad in vitro de mezclas alimenticias de cultivos andinos y cereales extruidos”, se usó como materias primas la quinua, maca, cebada y arroz destinada a adultos mayores, para lo cual se seleccionó tres mezclas con un alto cómputo químico, siendo extruidas en una

extrusora de tornillo simple modelo GyM, los resultados expuestos demostraron que a una mayor temperatura de extrusión se encontraban mejores índices de gelatinización siendo lo contrario para el caso de la proteína, encontrándose que la óptima mezcla es de 30% maca, 25 % quinua, 35 % cebada y 10% de arroz con un índice de gelatinización de 95.87 %, índice de peróxidos 0.98 meq/kg, Digestibilidad in vitro de 86 %, proteína 7.4%, fibra 1.54 %, grasa 2.5 %.

En el artículo desarrollado por Aro y Calsin (2019), “Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), cebada (*Hordeum vulgare L.*) maíz (*Zea mays L.*), haba (*Vicia faba L.*) y soya (*Glycine max L. Merr*) por proceso de cocción – extrusión” la mezcla seleccionada mediante el mayor valor de Score Químico fue constituida por 28.8% de quinua perlada, 9.25% de cañihua, 5.00% de cebada, 6.00% de haba, 3.00% de maíz, 8.00% de soya mezclada con 29.50% de azúcar, 8.00% de aceite vegetal, 0.20% de esencia, 2.00% de fosfato tricálcico y 0.25% de vitaminas, para lo cual se usó una extrusora con un tornillo sin fin, los resultados indicaron que al trabajar con una temperatura de extrusión de 180°C y a una humedad del 15% se logra obtener mejores características funcionales; con un índice de gelatinización del 98,30%, un índice de absorción de 6.1%, índice de solubilidad de 19,8%, índice de expansión de 1,64 cm, un índice de solubilidad de nitrógeno de 35%, una digestibilidad aparente del 90%, digestibilidad verdadera del 78%, utilización de proteína del 89% y con un 13.40% de proteínas, mientras que en lo sensorial los resultados fueron positivos para el sabor quedando por mejorar el color y olor con la aplicación de colorantes y saborizantes en la mezcla instantánea.

En el artículo de Pérez *et al.* (2017), “Bocadito con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y camote (*Ipomoea batatas L.*)” se desarrollaron las formulaciones mediante un diseño D-óptimo con restricciones de Fécula de camote 0-17%, harina de tarwi 16-26% y harina de quinua 57-84% obteniendo 16 formulaciones, todas humectadas al 15% de humedad, estas fueron extruidas con un extrusor de doble tornillo marca a una velocidad de 800 RPM, alcanzando una temperatura de 150°C, para la segunda etapa se maximizaron las respuestas correspondientes al contenido de proteína e índice de expansión y se minimizaron las respuestas correspondientes a la densidad y dureza. La formulación óptima estuvo constituida por 57% de quinua, 26% de tarwi y fécula de 17% de camote

presentan un 20,16% de proteína, 2,19 de índice de expansión, 0,220 g/cm³ densidad aparente y 9.31 N de dureza, 83.5% de digestibilidad verdadera y 62.9% valor biológico verdadero.

En el trabajo de tesis realizado por Mamani (2022), “Elaboración de producto lácteo fortificado con granos andinos y micro encapsulados de hierro para la prevención y reducción de la anemia” estuvo orientada para niños de edad preescolar de 3 a 5 años, siendo la formulación más aceptable sensorialmente constituida por 37.5%, cañihua 37.5 %, arroz 15 % y maíz 10 %, en la segunda etapa estas fueron extruidas a una temperatura de 110°C y 120°C siendo el mejor tratamiento, para la tercera etapa se mezcló el producto extruido en polvo con leche Gloria entera en polvo y el fumarato ferroso micro encapsulado, constituido por quinua 28.13 %, cañihua 28.13 %, arroz 11.25 %, maíz 7.50 %, leche 25% y fumarato ferroso micro encapsulado 0.58 %, los resultados físico químicos en el producto mostraron tener 16.23 % de proteína, 11.64% grasa, 65.06 % carbohidratos, 4.14 % humedad, y de energía total 429. 92 kcal/100 g, hierro 148.827mg/ 100 g.

En la tesis de Curasma (2021), titulada “Elaboración de una mezcla instantánea a base de quinua (*chenopodium quinoa*), cañihua (*chenopodium pallidicaule*), soya (*glycine max*) y avena (*avena sativa*) por método de extrusión” las características sensoriales y nutricionales de calidad estuvo orientada para niños de 5 a 10 años, la mezcla seleccionada mediante el valor del score químico fue 50% de quinua, 20% de cañihua, 15% de soya y 15% avena extruidas, los resultado mostraron que el producto obtuvo una humedad de 8.2%, proteína total de 26.7%, fibra de 2.3%, ceniza de 2.6%, carbohidratos de 54.5% y grasa de 8%, con una puntuación alta respecto a las otras formulaciones en cuanto a lo sensorial.

En el trabajo de tesis realizado por Basilio (2019), denominado “Obtención de una mezcla alimenticia a partir de quinua (*chenopodium quinoa*) y kiwicha (*amaranthus caudatus*) extruidas, y tarwi (*lupinus mutabilis*)” se usó extrusor de doble tornillo, para la primera etapa se extruyó la kiwicha a 190°C y con una humedad de 14% siendo el tratamiento con mejores valores en Índice de Solubilidad de Agua (ISA) con 61.5%, Índice de Adsorción de Agua (IAA) con 5 g/g y deseabilidad, para la segunda etapa se extruyó la quinua con los mismos parámetros que la anterior obteniendo 26.4% ISA, 8.1 g/g de IAA, para la tercera etapa estos extruidos fueron mezclados con harina de tarwi, siendo constituida la mejor mezcla por 37.5% de harina extruida de quinua, 59.20% de harina

extruida de kiwicha centenario y 3.3% de harina de tarwi obteniendo 0.89 de score de aminoácidos, 16% de proteína y 7 de puntaje sensorial.

Mamani y Espirilla (2016), estudio la “Obtención y caracterización de sopa instantánea a partir de maíz amarillo oro (*Zea mays L.*) enriquecido con carne de llama (*Lama glama*) por extrusión” donde la mezcla seleccionada en base al Score Químico fue maíz amarillo oro 74.4%, carne de llama 20% e insumos 5.6%, esta fue extruida a 145°C, los resultados registraron en cuanto a las características sensoriales aceptables, su composición fisicoquímica fue de proteínas (26.10%), fibra (2.77%), ceniza (3.54%), carbohidratos (52.20%), humedad (5.70%), acides (0.19%) y el contenido de hierro 3.20 mg/100.

Pomalque (2008), estudió la “Elaboración de bocaditos con carne de alpaca (*Lama pacos L.*), maíz amarillo (*Zea mays L.*) y chuño blanco por extrusión” en la cual desarrollo tres mezclas constituidas por 10% - 20% carne de alpaca, 80% - 70 de gritz de maíz duro y 10% de chuño blanco chancado, sometidas a 18.247% y 21% de humedad final de extrusión, a una temperatura de 140°C y con una velocidad de 298 RPM, los resultados mostraron que la mezcla más adecuada fue T1 con 10% de carne de alpaca, 80% de maíz amarillo duro y 10 % de chuño blanco, a una humedad de 18.247 logrando obtener extruidos con mejores características y con un índice de expansión de 2.83 superior al resto de los tratamientos, en cuanto al análisis sensorial se mostró una mayor aceptación por los panelistas.

2.2 CARNE DE ALPACA (*Vicugna pacos*)

2.2.1 Aspectos generales

La alpaca pertenece a la familia de camélidos sudamericanos, siendo su habitad en los Andes de América del Sur, específicamente en el altiplano de Perú, por encima de los 3000 m.s.n.m (Cruz *et al.*, 2015), tiene varias habilidades productivas, pero la principal característica económica de esta especie es la producción de fibra de calidad. La carne de alpaca presenta un limitado contenido de grasa intramuscular, estando compuesta por minerales, aminoácidos y ácidos grasos polinsaturados con una cantidad baja de ácidos grasos saturados (Salvá *et al.*, 2009).

La alpaca es un camélido muy valeroso ya que produce una de las fibras de origen animal más fina y lujosa a nivel mundial; su piel es ideal para la industria del cuero, su carne posee un bajo porcentaje de grasa, con un alto valor nutritivo, por otra parte su sangre tiene una clase única de moléculas de inmunoglobulina para la elaboración de productos

médicos terapéuticos (MINAGRI, 2019), su crianza es caracterizada por tener un menor impacto ambiental y una menor huella de carbono que a comparación de otros rumiantes.

2.2.2 Producción de camélidos sudamericanos

La Región de Puno cuenta con el clima adecuado para la crianza de camélidos sudamericanos como la alpaca, vicuña, huanaco y otros; la producción es significativa en las zonas de altitud que está por encima de los 3900 m.s.n.m. (Ascencio y Centeno, 2014). Según los resultados del IV Censo Nacional Agropecuario el Perú cuenta con 3685516 cabezas de alpacas domésticas representando el 85% de los 5 millones de entre cuatro especies (llama, alpaca, vicuña y guanaco), cuya crianza es por parte de pequeños criadores ubicados principalmente en el centro y sur de la sierra, Puno tiene la mayor población de cabezas de ganado con el 56%, distribuida en la cordillera oriental (puna húmeda) en mayor proporción y en la cordillera occidental (puna seca) (INEI, 2012).

En la Tabla 1 se expone la producción de cabezas de alpaca distribuidas en el Perú, siendo Puno, Cusco y Arequipa los departamentos con mayor de población de camélidos sudamericanos domésticos.

Tabla 1: Producción nacional de cabezas de camélidos sudamericanos – alpacas

Departamento	2012	*2019
Puno	56.00%	39.60%
Cusco	12.00%	14.70%
Arequipa	10.00%	12.70%
Huancavelica	6.00%	8.30%

FUENTE: MIDAGRI (2012), *MIDAGRI (2019)

2.2.3 Taxonomía

La nomenclatura taxonómica de las alpacas ha ido variando con el tiempo. En 1758 Linneo define a la alpaca como *Camelus pacos* y lo colocó en un mismo género junto con camellos del Viejo Mundo.

Según Rodríguez (2012), la alpaca es un camélido sudamericano categorizado como mamífero rumiante de variedad doméstica, pesan entre 60 y 70 kilogramos y su altura llega a ser hasta de un metro.

La clasificación de la alpaca se da de la siguiente manera:

Reino: *Animal*

Phylum: *Chordata*

Clase: *Mamalia*

Orden: *Arthiodactila*

Suborden: *Tylopoda*

Familia: *Camelidae*

Género: *Vicugna*

Especie: *Vicugna pacos*

2.2.4 Composición nutricional

La composición física y química de la carne de alpaca está íntimamente relacionada a numerosos factores externos, sin embargo, generalmente se caracteriza por tener buena digestibilidad y por poseer un alto contenido de proteínas de calidad en comparación a la carne de ganado porcino y bovino, con un bajo nivel de colesterol (Pacheco, 2012) bajos valores de grasa a comparación de las demás carnes, convirtiéndola en más saludables (MINAGRI, 2019), mostrándose los principales parámetros de dicho camélido ubicados en siguiente Tabla.

Tabla 2: *Características fisicoquímicas de la carne de alpaca*

Parámetros	Carne de alpaca
Humedad	74.07 ± 1.57 %
Grasa	2.05 ± 0.85 %
Proteína	22.69 ± 1.66 %
Cenizas	1.10 ± 0.11 %
Colesterol (mg/100g)	52.00

FUENTE: Salvá *et al.* (2009)

2.2.5 Contenido de aminoácidos

El perfil de aminoácidos de la carne de alpaca se muestra en la Tabla 3, cabe mencionar que en la bibliografía actual no se ha encontrado muchos reportes sobre la composición

de los aminoácidos, en general, la composición de estos aminoácidos es comparable a la carne de otras especies ganaderas.

La calidad proteica de la carne de alpaca se caracteriza por su alto contenido de aminoácidos esenciales presentes, que a comparación de los alimentos de origen vegetal en mayor parte son limitantes en algunos de sus aminoácidos (Salvá *et al.*, 2009).

Tabla 3: Contenido de aminoácidos del musculo *Longissimus dorsi* de la alpaca

Aminoácidos	Alpaca (% sobre el total de aminoácidos en 100g de proteína)
Acido glutámico	16.6 ± 1.8
Acido aspártico	12.1 ± 1.8
Isoleucina + leucina	11.4 ± 1.1
Lisina	11.1 ± 2.8
Histidina + treonina	7.6 ± 0.5
Alanina	7.3 ± 0.5
Arginina	6.9 ± 1.5
Glicina	6.0 ± 0.5
Fen. + trip.	5.2 ± 2.9
Serina	4.8 ± 0.3
Valina	3.3 ± 0.3
Metionina	2.2 ± 0.8
Cisteína	n/d

FUENTE: Salvá *et al.* (2009)

2.2.6 Propiedades tecnológicas de la carne de alpaca

Las características y/o propiedades tecnológicas, físicas y químicas de los alimentos forman parte de la calidad del producto final, definiéndose por sus características sensoriales e instrumentales, siendo afectado por factores extrínsecos e intrínsecos (Aguilar, 2018). Las características tecnológicas de la carne de la alpaca dependen de muchos factores asociados al sistema de producción, raza, alimentación, especie, edad de sacrificio, procesos post mortem, etc., dando como resultado un producto heterogéneo y diverso (Horcada y Polvillo, 2010).

Las propiedades tecnológicas de la carne de alpaca está comprendida entre las más importantes el descenso post mortem del pH (caracterizando la funcionalidad de las proteínas en términos de poder de gelificación, solubilidad y entre otros), color, textura,

pérdida por goteo, pérdida por cocción y capacidad de retención de agua, permitiendo la caracterización apropiada de un material cárnico y determinar la utilización, siendo consumo directo o para las diferentes operaciones unitarias de transformación industrial (Restrepo *et al.*, 2001).

A. Potencial de hidrogeniones (pH)

El pH es una característica química que cambia y depende de la conversión del músculo en carne durante el desarrollo post mortem, en este análisis se evalúa la cantidad de ácido láctico y otros ácidos orgánicos presentes, lo que conlleva al parámetro de referencia para la estimación de la glucólisis muscular y las alteraciones de calidad de la carne (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2003). En la Tabla 4 se puede observar el cambio del pH en diferentes cortes.

Tabla 4: Valores de pH en diferentes cortes de alpaca

Corte	pH
Pierna	6.18
Brazuelo	5.85
Lomo	5.57

FUENTE: Zorogastúa (2004)

B. Capacidad de retención de agua (CRA)

Descrita por Hamm en 1960 como la capacidad que tiene la carne para retener el agua libre al transcurso de la aplicación de fuerzas externas o de tratamiento, donde dicho análisis está relacionado con la jugosidad de la carne, color, textura y blandura en carne cocinada. Afectando dos aspectos fundamentales, cualitativos como la retención de vitaminas, minerales o sales, cuantitativos como el volumen de agua retenida (Horcada y Polvillo, 2010). Se dice que un bajo CRA es considerada como una carne de baja calidad para la industria de los embutidos.

La capacidad de retención de agua de los camélidos sudamericano son ligeramente inferior a la de otras especies como lo exponen en estudios realizados por Cristofanelli *et al.*, (2004), los cuales mencionan que este tipo de carnes es la más indicada para la elaboración de productos cárnicos deshidratados (chorizos, salchichones o charqui).

En la Tabla 5 se puede observar la capacidad de retención de agua para la carne de alpaca en el transcurso de las horas post mortem siendo el inicio la hora 1 y el final la hora 72.

Tabla 5: Capacidad de retención de agua de la carne de alpaca

Tiempo post mortem (h)	CRA (%)
1	49.09 ± 2.08
6	49.18 ± 2.01
12	49.30 ± 2.51
24	51.17 ± 3.01
48	52.80 ± 2.77
72	53.76 ± 4.11

FUENTE: Cristofanelli *et al.* (2004)

C. Textura

Las técnicas sensoriales son las más adecuadas para la valoración de este atributo, ya que todo este conjunto de sensaciones ligas a esta propiedad reológica son difíciles de medir mediante técnicas instrumentales. Se sabe que la capacidad de la carne para dejarse cortar y masticar es denominada a la terneza la cual está constituida por proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas y las del tejido conectivo (Santrich, 2006). Las características del colágeno depende de factores externos como condiciones de almacenamiento post mortem de la canal y el manejo ante mortem del animal, factores internos como dependen del tipo de músculo y del animal (Medina, 2014).

Tabla 6: Fuerza de cizalla de la carne de alpaca post-mortem

Días post-mortem	Fuerza de cizalla (kg/cm³)
2	6.06 ± 0.61
7	4.15 ± 0.23

FUENTE: Polidori *et al.* (2007)

D. Color

Los factores de variación de color se describen gradualmente, donde el más importante es el contenido en pigmentos que es el factor intrínseco del músculo, estando relacionado con la especie, raza, edad, sexo y el tipo de alimentación. Es por ello en que se resume que las condiciones del pre y post sacrificio (temperatura, estrés, humedad de la cámara etc.) afectarán el color, al variar la velocidad de caída del pH (Medina, 2014). El color de la carne de alpaca puede ser medida físicamente mediante un colorímetro o quicamente mediante la cuantificación del contenido en mioglobina (Horcada y Polvillo, 2010).

Tabla 7: Color de la carne de alpaca

Parámetros	Musculo <i>Longissimus dorsi</i> de la carne de alpaca
Luminosidad (L*)	36.17 ± 2.12
Tenor Rojo (a*)	15.05 ± 1.44
Tenor amarillo (b*)	1.16 ± 2.30

FUENTE: Salvá *et al.* (2009)

2.3 QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)

2.3.1 Aspectos generales

La quinua es caracterizada por ser una planta herbácea anual, dicotiledónea considerada como un pseudocereal por no ser un verdadero cereal, proveniente de semillas de flores o frutos de especies diferentes a las gramíneas, este pseudocereal tiene una amplia dispersión geográfica, con unas características propias en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas cultivadas (Apaza *et al.*, 2013). La quinua se trata popularmente conocido como “el grano de los Incas” por haber sido una de las fuentes de alimentación básicas para estas poblaciones

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie domesticada y cultivada en el Perú desde épocas prehispánicas. Siendo el centro principal donde se origina la quinua la cuenca del Lago Titicaca. Debido a su gran valor nutricional, la Asamblea General de las Naciones Unidas, al año 2013 declaró como el “Año Internacional de la Quinua” (AIQ), con la finalidad de difundir su cultivo y consumo en todas las regiones a nivel global y así, por su parte la Organización Mundial de Salud (OMS) califica y define a la quinua como un “Alimento Único” debido a su capacidad como sustituta de las proteínas de origen animal.

2.3.2 Producción de granos de quinua

En base a la bibliografía halla en el año 2012 se registró 44,2 mil toneladas de producción de quinua, esto debido al aumento de la expansión de la superficie cosechada con una mejora de los rendimientos (Huaman y Moscoso, 2021), en el 2022 la producción de quinua se llegó a alcanzar los 6379 toneladas, lo que implicó una reducción del 81,80%, debido o por condiciones climáticas adversas (escasez de lluvias) (INEI, 2023b).

La producción de quinua es más notoria en la región Sur, siendo la región de Puno el que encabeza la lista con una participación del 56% en el año 2013, al pasar los años se puede observar en la siguiente Tabla que la región sigue liderando la lista en la producción anual

de granos de quinua, que representa un cultivo de gran importancia económica en la región de Puno; cuya producción agrícola se concentra en los sectores de San Román, Huancané y Puno (SENASA, 2022), se dice que la quinua debe ser sembrada cuando la cantidad de humedad en el suelo es suficiente en un 30-45mm de precipitación, esto para asegurar la germinación de la semilla de quinua y el establecimiento de la planta.

Tabla 8: Producción nacional de granos de quinua

Departamento	2013	*2021
Puno	56.00%	39.60%
Arequipa	10.00%	8.60%
Ayacucho	9.00%	23.40%
Junín	7.00%	9.20%
Cusco	5.00%	12.10%
Apurímac	4.00%	11.90%

FUENTE: MIDAGRI (2017), *MIDAGRI (2023c)

2.3.3 Taxonomía

La clasificación taxonómica que tiene este grano andino es como va de la siguiente manera (Rojas *et al.*, 2016):

Reino: *Vegetal*

División: *Fanerógamas*

Clase: *Dicotiledóneas*

Sub-Clase: *Angiospermas*

Orden: *Centrospernales*

Familia: *Chenopodiáceas*

Género: *Chenopodium*

Nombre Vulgar: *Quinua*

2.3.4 Composición nutricional

La quinua es un pseudocereal único y especial debido a que es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que posee una composición nutricional completa, esto significa que posee un balance adecuado de los macronutrientes como las proteínas, carbohidratos y

minerales (magnesio, calcio, hierro y fosforo) sobresaliendo en su contenido proteico por su serie de nutrientes y aminoácidos esenciales y con la ausencia del gluten en comparación a los demás pseudocereales, necesarios y requeridos para la vida humana en todas las edades (FAO, 2011b).

La quinua se dice que es uno de los alimentos completos y balanceados que existe a nivel mundial por el contenido de vitaminas, nutrientes que desempeñan un papel importante en la sensación de sentirse saciados, ácidos grasos insaturados (omega 3,6,9), minerales y proteínas que varían entre 12 a 21,3 % (INIA, 2013).

Tabla 9: Composición del grano de quinua variedad Salcedo INIA

Parámetros	Quinua Salcedo INIA
Humedad	18.53%
Proteínas	12.72%
Grasas	5.52%
Carbohidratos	60.14%
Fibra	2.02%
Ceniza	1.07%

FUENTE: Valenzuela *et al.* (2001)

Diferentes estudios mediante la aplicación de métodos de electroforesis, aseguran que los principales contenido de proteínas de la quinua son la albumina y la globulina estando compuestas por 37% y 35% de la proteína total (Dakhili *et al.*, 2019), siendo las primeras fácilmente soluble en agua y puede de una suspensión en agua, mientras que las segundas son insolubles en agua, pero fácilmente solubles en soluciones salinas diluidas obtenidas en un estado cristalino (Osborne *et al.*, 1915), la estructura secundaria de la albumina de quinua está compuesta por un 4% de α -hélices, un 50% de β -laminas y un 46% de estructura aperiódica, la segunda estructura de la globulina consta de un 20% de α -hélices, un 35% de β -laminas y un 45% de estructura aperiódica, posee una estructura hexámera formada por seis pares de polipéptidos básicos pequeños y ácidos más grandes, unidos respectivamente por un único enlace disulfuro (Drzewiecki *et al.*, 2003).

2.3.5 Contenido de aminoácidos

La proteína de la quinua es característicamente alta en lisina, donde dicho aminoácido es limitante en la gran parte de granos de cereales. Caracterizada como una proteína completa por la presencia de los nueve aminoácidos esenciales que nuestro cuerpo

necesita y que no puede producir, que por consiguiente se deben de adquirir en su totalidad mediante una dieta, numerosos trabajos concuerdan que los altos contenidos de lisina son importantes para el crecimiento y funciones cerebrales básicas.

En la Tabla 10 se puede observar que el contenido de aminoácidos esenciales es amplia y elevada en comparación a otros cereales y legumbres, con contenidos más altos de lisina y metionina, así como lo menciona la FAO.

Tabla 10: Contenido de aminoácidos de la quinua

Aminoácidos	Quinua (mg aa/g N)
Isoleucina	225
Leucina	375
Lisina	350
Metionina + cisteína	125
Fenilalanina + tirosina	431
Treonina	219
Triptófano	66
Valina	281
Histidina	150

FUENTE: Koziol (1992)

2.3.6 Caracterización del almidón de quinua

La quinua posee 60 - 80% de carbohidratos las cuales el hidrato más representativo es el almidón componiendo un 55 a 70% en materia seca (Lindeboom *et al.*, 2005), los polímeros de glucosa que componen el almidón de la quinua está compuesta por dos formas moleculares, la amilosa que presenta una cadena glucosilo lineal conectada por un enlace α -(1,4) y la amilopectina que presenta una cadena ramificada por enlaces α -(1,6) de manera agrupada siendo esta última la que estaría estrechamente relacionada con las propiedades físicas del almidón, como las propiedades de gelatinización, Laqui *et al.* (2022) menciona que la quinua tiene un 19.05% \pm 2.33 de amilosa y 78.10% \pm 2.13 de amilopectina, la mayoría de los informes describen al almidón de quinua como una semilla con alto contenido de amilopectina, lo que genera alta viscosidad, mayor capacidad de retención de agua y un alto poder de hinchamiento en comparación con cereales como el trigo (28%), la arroz (14-25%) y el maíz (20-30%).

En base a la literatura las características físicas de las moléculas de almidón están influenciadas por factores ambientales y genéticos de la semilla, además de la

manipulación postcosecha en la Figura 1 se observa que el almidón se organiza en cúmulos oblongos con un tamaño que oscila entre 30 y 70 μm en el endospermo, como puede verse, los grupos están incrustados dentro de una región continua formada por partículas de almidón submicrónicas, la región continua aparentemente está formada por almidones semiesféricos, mientras que los grupos están formados por almidones poligonales, logrando decir que la quinua está formada por dos tipos de almidones presentes en el endospermo cristalino y el harinoso (c y d) (Contreras *et al.*, 2019).

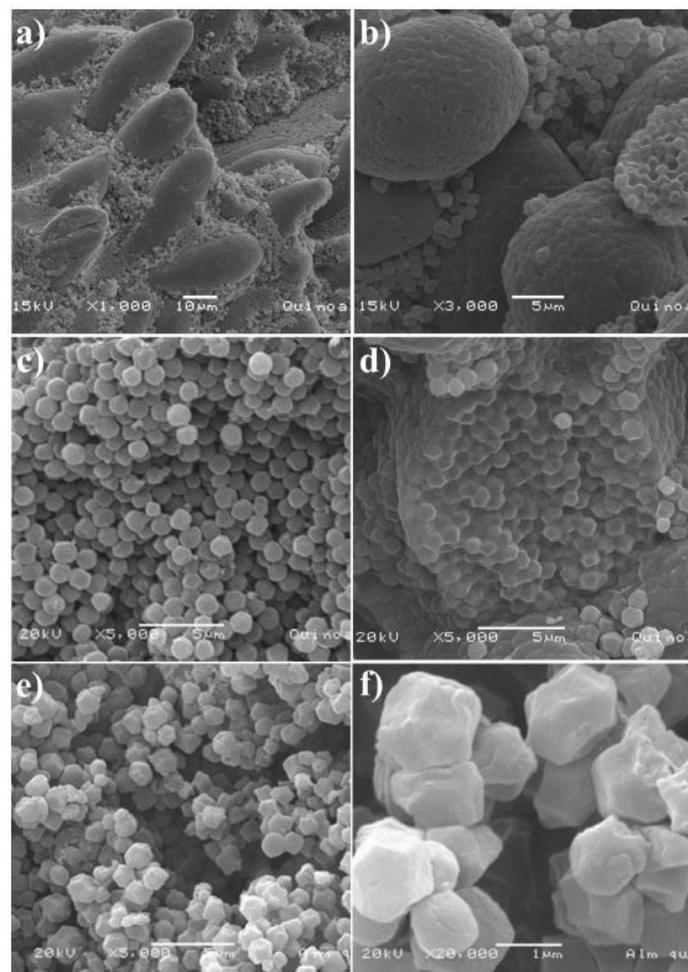


Figura 1: Estructura física de los almidones de quinua.

a) Almidón en el perispermo de la semilla de quinua b) Cúmulo de almidón c) Gránulos de almidón semiesféricos d) Gránulos de almidón poligonales y e,f) Almidón de aislado de quinua a 5000x y 20,000x.

FUENTE: Contreras *et al.* (2019)

El diámetro de los gránulos de almidón de quinua midió promedio: $D1=2.22 \pm 0.02$ mm, $D2=2.00 \pm 0.01$ mm y espesor de alrededor de 1.11 ± 0.01 mm, se dice que el diámetro equivalente está relacionado con las dimensiones y esfericidad de la semilla. Sin embargo,

la densidad aparente afecta la capacidad de almacenamiento y los sistemas de transporte (Contreras *et al.*, 2019).

En la Figura 2 se puede observar a los gránulos de almidón de quinua destruidos por completo por medio de la cocción por extrusión, donde dichos gránulos se unieron como partículas grandes, lo que indica que el almidón estaba completamente gelatinizado, observándose superficies más lisas, lo que podría estar relacionado con la lixiviación de amilosa de los gránulos de almidón en la extrusión y su unión a la superficie de los extruidos (Huang *et al.*, 2021).

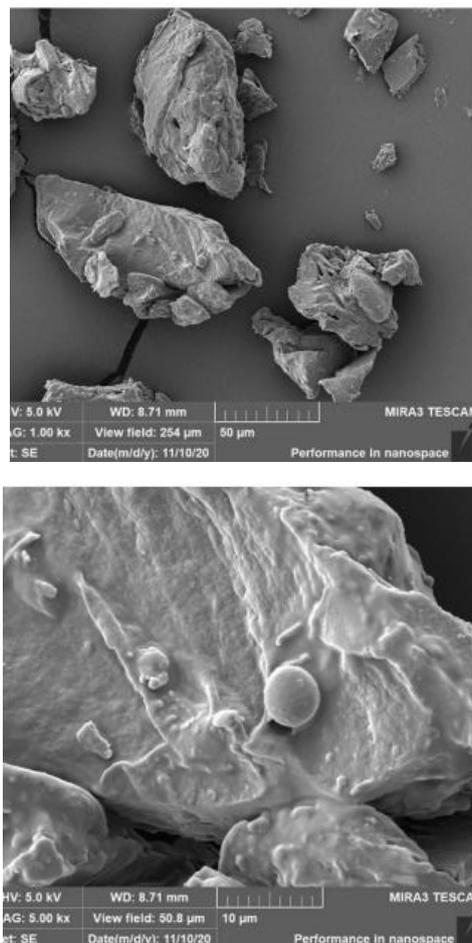


Figura 2: Almidón de quinua extruido por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).

FUENTE: Huang *et al.* (2021)

2.3.7 Propiedades tecnológicas de los granos de quinua

Las propiedades tecnológicas de la quinua determinan la calidad del producto final, su destinación y/o aplicación de alimentos y el uso final para otras aplicaciones, en la Tabla 11 se observa las más puntuales e importantes.

Tabla 11: Propiedades tecnológicas de la quinua

Características	Quinua blanca
Tamaño del grano (mm)	2.10
*pH	6.66 ± 0.40
Amilosa (%)	15,35 ± 0.05
Amilopectina (%)	84.65 ± 0.05
Entalpia de gelatinización (j/g)	8.66 ± 0.11
Capacidad de retención de agua (%)	1.13 ± 0.00
*Índice de solubilidad en agua (%)	11.32 ± 0.14
Firmeza de gel (gf)	15.42 ± 0.49
*L	84.87 ± 1.50
*a	1,33 ± 0,22
*b	14.87 ± 0.50
*C	14.9 ± 0.50
*H	84.8 ± 0.70

NOTA: L: Luminosidad a: Rojo/verde b: Amarillo/azul C: Cromo H: Tono

FUENTE: Valdez (2019), *Dussán *et al.* (2019)

2.4 TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet)

2.4.1 Aspectos generales

El tarwi es una especie generalmente anual, de un crecimiento erecto, de tallos robustos y algo leñosas, con una altura que puede alcanzar desde 0.8 m más de más 2 metros. El tarwi o también conocido como chocho es identificado como una leguminosa andina herbácea debido a que las leguminosas son plantas de las que se cosechan las legumbres, un fruto formado por vaina que encierran en su interior una semilla o una hilera de semillas, de especies cultivadas y silvestres que se desarrolla entre los 2,000 y 3,800 m.s.n.m., en lugares con baja precipitación (300 a 600 mm) en climas fríos y templados (Tapia, 2015).

Su cultivo es concentrado principalmente en las partes medias a una altura de los 2200 a 3500 m.s.n.m. de los valles interandinos como Sierra de la Libertad, Callejón de Huaylas, Áncash, el Valle del Mantaro (Junín), valle de Vilcanota (Cusco), Ayacucho y Abancay en Perú y Cochabamba, Potosí y Sucre en Bolivia conformando los mayores centros de diversidad (Tapia, 2015). Se dice que en el caso de los terrenos ubicados alrededor del lago Titicaca sobre a una altura de los 3800 m.s.n.m., su cultivo está dedicado

principalmente en las provincias de Yunguyo y Pomata en suelos franco arenosos (Tapia, 2015).

2.4.2 Producción del tarwi

El tarwi es considerado como uno de los alimentos más nutritivos, que contribuye a una alimentación de calidad de los consumidores. Este producto tiene una gran importancia socioeconómica y ambiental para el Perú, siendo desarrollado principalmente por pequeños productores de la agricultura familiar, habiendo alrededor de 11 mil hectáreas dedicadas al tarwi, ubicadas fundamentalmente en la Libertad, Cusco y Puno (Agraria, 2022).

Tabla 12: Producción nacional de tarwi

Departamento	2015	2022
La Libertad	38.72%	33.02%
Cusco	16.57%	20.58%
Apurímac	7.18%	8.78%
Puno	13.65	10.96%
Huánuco	8.65%	10.29%
Cajamarca	2.83%	4.93%
Junín	1.89%	5.84%
Huancavelica	6.32%	1.86%

FUENTE: MIDAGRI (2023a)

2.4.3 Taxonomía

Lupinus mutabilis Sweet planta conocida comúnmente como ullush, talwish, tauri, tarwi, chocho, lupino o ccquella, pertenece a la división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Fabales, familia Fabaceae, subfamilia Papilionoideae siendo su género *Lupinus* el más abundante de la familia. Tiene hojas de forma digitada, compuesta por ocho folíolos, se diferencia de otros *Lupinus* en la presencia de menor vello (Tapia, 2015).

Las semillas de este vegetal dan lugar a infinidad de preparaciones en la gastronomía de Perú. Inclusive desde mucho antes del siglo XVI era parte importante de la dieta. De acuerdo a Santiago Antúnez de Mayolo, el tarwi representaba el 5 % de la dieta incaica. Asimismo, proveía de abundante proteína a la población. Se han encontrado semillas en tumbas de la Cultura Nazca y representaciones en la cerámica Tiahuanaco (De la cruz, 2018)

La taxonomía de esta leguminosa es descrita por Camarena *et al.* (2012) citado por De la cruz (2018), en la que se clasifica taxonómicamente al tarwi como:

Reino: *Vegetal*

División: *Fanerógama*

Clase: *Dicotiledónea*

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Género: *Lupinus*

Especie: *Lupinus mutabilis* Sweet

2.4.4 Contenido nutricional

El tarwi, presenta un alto contenido de proteína que forma parte vital de la alimentación humana, adicionalmente contienen sustancias anticancerígenas, anti mutagénicas, hipocolesterolemias, compuestos fenólicos y antioxidantes (Basilio, 2020).

El tarwi como la soya son denominados leguminosas de contenido medio de aceite, por lo cual se les caracteriza como fuentes oleaginosas, con menos carbohidratos que el frijol y la lenteja considerándose estas últimas leguminosas almidonadas por la presencia de almidón y fibra (Suca y Suca, 2015), las semillas de tarwi son un gran ejemplo de verdura sin almidón que contiene una menor proporción de carbohidratos y calorías en comparación con sus homólogos con almidón, donde los polisacáridos sin almidón constituyen la fracción significativa de los carbohidratos que se encuentran en todas las especies de leguminosas (sacarosa, rafinosa y estaquiosa) (Czubinski *et al.*, 2021).

Tabla 13: Contenido nutricional del tarwi

Componentes	Tarwi
Proteína	44.30 %
Grasa	16.50 %
Carbohidratos	28.20 %
Fibra	7.10 %
Ceniza	3.30 %
Humedad	7.70 %

FUENTE: (Camarena *et al.*, 2012)

2.4.5 Contenido de aminoácidos

Como todas las leguminosas el tarwi es alto en lisina, pero limitante en aminoácidos azufrados como la metionina y cisteína expuestos en la Tabla 14, sabiendo que los cereales en su mayoría son deficientes en aminoácidos importantes como la lisina, pero son ricos en metionina, entonces la ingesta de mezclas de leguminosas y cereales da como resultado una proteína de alto valor biológico (Santacruz *et al.*, 2022).

Tiene un alto contenido de grasas que en la mayor parte de su composición posee ácidos grasos beneficiosos para la salud. Con todo ello, el tarwi es una planta cuyas propiedades nutricionales, en algunos casos, supera a la soya, considerada esta última como la fuente proteínica y oleaginosa más importante a nivel mundial (Suca y Suca, 2015).

Tabla 14: Contenido de aminoácidos del tarwi

Aminoácidos	Tarwi (mg aa/g N)
Isoleucina	274
Leucina	449
Lisina	331
Metionina + cisteína	134
Fenilalanina + tirosina	452
Treonina	228
Triptófano	63
Valina	252
Histidina	163

FUENTE: De la Cruz (2016)

2.4.6 Propiedades tecnológicas del tarwi

Conocer de estas propiedades de las harinas es muy importante ya que de acuerdo a las propiedades que los alimentos poseen, los destinamos a sus aplicaciones específicas, es por ello que, las propiedades tanto fisicoquímicas y tecno funcionales confieren características especiales al producto, a tal punto de que se utilizan por esas características

Las propiedades tecnológicas conjuntamente con las funcionales determinan las propiedades físicas y organolépticas de productos terminados. En la Tabla 15 se muestran algunas de las propiedades tecnológicas de la harina de tarwi.

Tabla 15: Propiedades tecnológicas del tarwi

Características	Harina de tarwi
pH	7
*Capacidad de retención de agua (%) a pH 4	1.84 ± 0.04
Capacidad de absorción de agua (%)	2.56 ± 0.03
Capacidad Emulsificante (%)	25.75 ± 1.50
Capacidad de hinchamiento (%)	3.87 ± 0.04
Estabilidad de emulsión (%)	36.00 ± 1.83

FUENTE: Vegas *et al.* (2017), *Breña (2018)

2.5 MAÍZ (*Zea mays* L.)

2.5.1 Aspectos generales

El maíz es una especie única por la gran diversidad genética de la planta, mazorca y del grano, por su resistencia a enfermedades e insectos, por su adaptación a gran rango de ambientes, por su tolerancia a distintos ámbitos de estrés ambiental por la gran variedad de productos que se obtienen de esta especie y por sus múltiples usos como alimento humano o animal (Quimi, 2015). Por otra parte, la literatura expone que el maíz es considerado como un cereal de la familia gramínea, destacada por su alto contenido de almidón y en menor cantidad de grasas y proteínas, las gramíneas son caracterizadas tener plantas herbáceas, en forma de espiga donde se agrupan varias espiguillas con sus correspondientes flores, donde el fruto es denominada un cariósipide (fruto de maíz), la pared del ovario o pericarpio esta fundida con la cubierta de la semilla, combinada conjuntamente para conformar la pared del fruto (Paliwal, 2001).

Este grano es originario de América del Sur, actualmente se ha extendido a diferentes regiones templadas y cálidas a nivel mundial, debido a la importancia forrajera por excelencia y alimenticia, incluyendo las aplicaciones abundantes en la industria (Jugenheimer, 1988).

2.5.2 Producción del maíz

La siembra del maíz se concentra en las tres regiones principales naturales como son la costa, sierra y selva, alrededor del 56% de la superficie sembrada con maíz corresponde al maíz amarillo duro (García, 2017). El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) anunció que durante el 2022 se produjeron 130,415 toneladas de maíz gigante y aumentó en 31.2% al compararla con similar mes del 2022 debido a las mayores

superficies cosechadas y adecuados factores climáticos (térmicos) que permitieron el desarrollo del cereal, el maíz se cultiva en una gran diversidad de ambientes agroecológicos, desde el nivel del mar, hasta por encima de los 3800 m.s.n.m.

Tabla 16: Producción nacional de maíz

Departamento	2018	*2023
San Martín	24.10%	38.60%
Ucayali	2.09%	57.50%
Madre de Dios	1.51%	56.20%
Cusco	0.42%	28.30%
Lambayeque	10.20%	16.20%
Huancavelica	0.12%	15.00%
Amazonas	14.60%	10.70%
Pasco	0.5%	10.6%

FUENTE: MOC (2021), *INEI (2023a)

2.5.3 Taxonomía

La taxonomía del maíz es como lo describe por Fernández (2009) citado por Macuri (2016) en su libro “Genera Plantarum”, clasifica al maíz dentro del reino plantae considerada, como a continuación se detalla:

Reino: *Vegetal (Plantae)*

División: *Angiospermae (Magnoliophita)*

Subdivisión: *Pterapsidae*

Clase: *Liliopsida*

Subclase: *Monocotiledóneas*

Orden: *Poales*

Familia: *Poacea*

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays L.*

2.5.4 Contenido nutricional

Los granos de maíz son los órganos de almacenamiento de la planta, en las que se tiene una cantidad alta de almidones, bajo de proteínas y micronutrientes. La composición de nutrientes del maíz, en relación a otros cereales y alimentos del reino vegetal como se observa en la Tabla 17 se encuentra en el contenido de carbohidratos y fibra.

Tabla 17: Composición del maíz en 100g de muestra

Parámetros	Maíz
Humedad	11.30 %
Carbohidratos	65.00 %
Proteínas	8.80 %
Grasa	3.80 %
Fibra	9.80 %
Cenizas	1.30 %

FUENTE: Gobbetti y Gänzle (2013)

2.5.5 Contenido de aminoácidos

El grano de maíz esta enriquecido por nueve aminoácidos esenciales, donde el aminoácido limitante presente es la lisina y la isoleucina a comparación de los demás cereales, sin embargo, este alimento es rico en leucina, fenilalanina y valina.

Tabla 18: Contenido de aminoácidos de maíz

Aminoácidos	Maíz (mg aa/g N)
Isoleucina	230
Leucina	783
Lisina	167
Metionina + cisteína	217
Fenilalanina + tirosina	544
Treonina	225
Triptófano	38
Valina	303
Histidina	170

FUENTE: Lozano *et al.* (2008)

2.5.6 Caracterización del almidón de maíz

La principal fuente de almidón producido a nivel mundial es el maíz, estos gránulos presentan una forma poliédrica y redondeada (Figura 3), números trabajos concuerdan

que la funcionalidad del almidón depende en gran medida del peso molecular, el tamaño y la estructura de los componentes de los gránulos de almidón, amilosa y amilopectina, que difieren mucho en la distribución del peso molecular y las estructuras moleculares.

Bahnassey y Breene (1994), menciona que las diferencias entre los almidones de maíz en cuanto al hinchamiento de los gránulos (inicio de la viscosidad), la temperatura máxima, la viscosidad máxima, el adelgazamiento por cizallamiento durante el pegado y la firmeza del gel durante el almacenamiento se han atribuido principalmente a diferencias en la estructura de la amilopectina, mientras que las diferencias en el retroceso y la viscosidad final durante el pegado se han atribuido a la estructura de la amilosa (Vasanthan y Hoover, 1992).

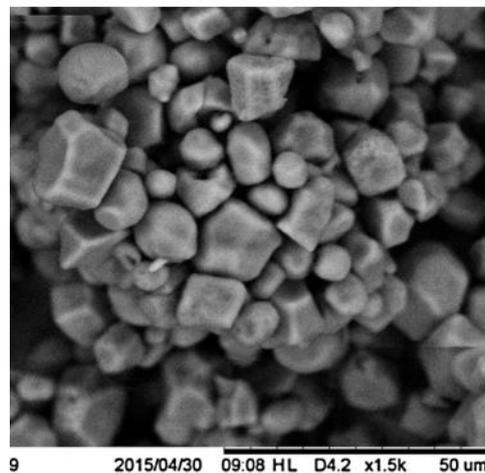


Figura 3: Almidón de maíz analizadas por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).

FUENTE: Luchese *et al.* (2017)

En base al estudio publicado por Luchese *et al.* (2017) y la Figura 3 se determinó que el diámetro promedio de los almidones de maíz es de 1.5 a 20 μm , donde el tamaño está en función a al desarrollo del grano de maíz, Ancona *et al.* (2001) menciona que existe un 28.30% de amilosa y un 71.7% de amilopectina.

Cervantes *et al.* (2020) muestra imágenes SEM tomadas a 2500x de almidón de maíz nativo sometido al proceso de cocción por extrusión, evidenciándose la rotura de los granos originada por el efecto de la temperatura, presión, humedad y fuerza de cizallamiento, sufriendo daños morfológicos (Figura 4).

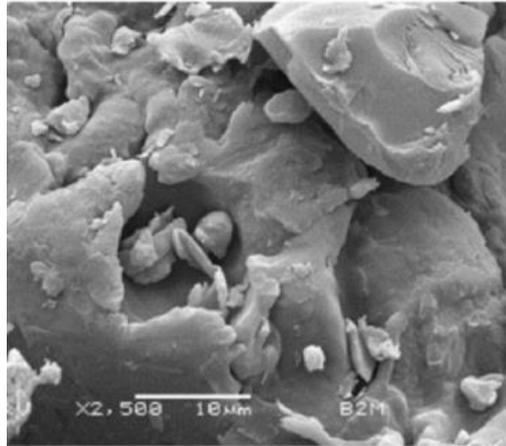


Figura 4: Almidón de maíz extruido por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).

FUENTE: Cervantes *et al.* (2020)

2.5.7 Propiedades tecnológicas del maíz

Las propiedades tecnológicas de la harina maíz se encuentra lo enlistado en la siguiente Tabla 19, donde pueden verse influenciadas por la genética, el medio ambiente, las propiedades pre y pos cosecha entre otros.

Tabla 19: Propiedades tecnológicas de la harina de maíz

Características	Harina de maíz
*pH	6.31 ± 0.64
*Capacidad de absorción de agua (%)	3.71 ± 0.03
*Índice de solubilidad (%)	5.74
Temperatura de gelatinización	70.6 ± 0.4

FUENTE: Suo *et al.* (2024),*Bressani *et al.* (2001)

2.6 MEZCLAS ALIMENTICIAS

Las mezclas son operaciones unitarias comúnmente usados en la elaboración de alimentos a fin de obtener un producto homogéneo y suave con una calidad uniforme, numerosos trabajos mencionan que las combinaciones de leguminosas y cereales resultan ofrecer proteínas de alta calidad debido a la compensación de sus aminoácidos esenciales (Cerezal *et al.*, 2007). La elaboración de nuevos productos a base de mezclas alimenticias permite la aplicación de tecnologías modernas y adaptables como el de la cocción extrusión (Ramos *et al.*, 2015).

2.6.1 Mezcla proteica

Una mezcla proteica es definida como la combinación de alimentos de genero vegetal como cereales, leguminosas, granos andinos y/o animal, con el objetivo de aumentar el valor nutritivo de los alimentos de origen vegetal, de manera que los aminoácidos esenciales se complementen entre sí para aumentar el valor biológico de las proteínas de la mezcla (Ballesteros *et al.*, 1984).

Las mezclas alimenticias resultan ser una buena alternativa para el consumo de los infantes por su fácil y rápida preparación, ya que en la alimentación infantil es de suma importancia cubrir los requerimientos de nutrientes y energía, a fin de evitar cualquier trastorno de carencia y/o exceso de nutrientes, estimulando de esta manera al infante a tener un óptimo crecimiento y desarrollo, favoreciendo una alimentación variada y sana (Polanco, 2005).

2.6.2 Complementación nutricional de cereales, leguminosas, granos andinos y producto de origen animal.

Numerosas investigaciones concuerdan con que una combinación y compensación de sus aminoácidos esenciales de cereales y las leguminosas y/o pseudocereales ofrecen proteínas de alta calidad (Mezquita *et al.*, 2007), ya que las proteínas de las leguminosas así como los granos andinos complementan a la de los cereales con el aminoácido limitante de estas que es la lisina, mientras que los cereales contribuyen aportando al aminoácido limitante metionina (Cortés *et al.*, 2020), la metionina es un aminoácido azufrado que participa en la degradación de las grasas y por consiguiente previene la acumulación de esta en las arterias, por otra parte, la metionina puede ser convertida en cisteína, siendo materia prima para la desintoxicación del hígado como lo expone Rizki *et al.* (2006), por su parte la quinua posee una equilibrada cantidad de aminoácidos esenciales teniendo mayores propiedades nutricionales que el tarwi y el maíz por sus altas concentraciones de proteínas, minerales, vitaminas, fibra dietética, lípidos neutros y fenoles.

Sin embargo estas mezclas pueden ser altamente reforzadas con proteínas de origen animal (Quesada y Gómez, 2019) por su composición de aminoácidos, capacidad para transportar otros nutrientes importantes como el caso del calcio y el hierro y por ultimo pero no menos importante por su digestibilidad, y que al ser incluidas en las formulaciones de estas mezclas extruidas se logra obtener un productos funcionales cumpliendo con los requerimientos de alimentación infantil, siendo este tipo de mezclas

una buena alternativa para el suplemento nutricional de los infantes, Day *et al.* (2022) menciona que las sinergias nutricionales y funcionales entre las proteínas vegetales y animales pueden ofrecer un camino para crear alimentos nutritivos y atractivos.

2.7 EXTRUSIÓN

El proceso de extrusión se conceptualiza como la formación de un producto a través de un agujero a altas temperaturas, presión y por cortos periodos de tiempo, dentro de dicho proceso se encuentran operaciones unitarias como son; mezclar, cocinar, amasar, cizallar, moldear y formar (Singh y Heldman, 2013).

Existen dos tipos de tornillos; extrusor de tornillo simple y doble. Aunque se puede utilizar una extrusora de un solo husillo o de dos husillos para producir los productos descritos en esta sección, las maquinas comúnmente usadas son las de un solo tornillo por ser más sencillos y económicos, debido a ello este tipo de extrusión es ampliamente usado en la industria alimentaria (Goff y Whelan, 2000).

2.7.1 Extrusión en alimentos

Durante la extrusión el alimento es expuesto a una mezcla de fuentes de calor, donde la energía disipada se combina por fricción al girar el tornillo, o inyección de vapor directo a lo largo del tornillo, sometiéndose a ser transformados de un estado inicial granular a una masa continúa, originándose en este punto la desnaturalización de las proteínas y el rompimiento de los gránulos de almidón (Riaz, 2000), modificándose de esta manera las propiedades nutricionales, texturas y características sensoriales.

Los principios de operación inician con la alimentación de carga en la tolva, se pasa el alimento hacia el tornillo sin fin, el tornillo sin fin distribuye el alimento a lo largo del cilindro, una vez el alimento pasa por el cilindro el volumen se reduce y se comprime. Seguidamente, los tornillos amasan el alimento bajo presión convirtiéndolo en una masa plastificada semisólida, que incluye el flujo de materiales dentro del sistema y la transferencia de energía térmica hacia el material, finalmente es expulsado por medio de boquilla de descarga del cilindro (Fellows, 2009).

El proceso de extrusión en mezclas alimenticias a base de cereales y granos andinos resulta ser una alternativa adecuada para la alimentación y nutrición de los niños en plena etapa de desarrollo y crecimiento, reforzando de esta manera la calidad proteica del producto final, es necesario considerar que las mezclas alimenticias pueden ser mejoradas nutricionalmente con la adición de proteínas de origen animal (Espinoza *et al.*, 2021).

Los granos andinos por su calidad nutricional, son una alternativa prometedora para cubrir deficiencias de desnutrición específicamente para la población infantil, ancianos, madres gestantes y lactantes, que al ser mezcladas con leguminosas aumentan su calidad nutricional, mejorando significativamente la digestibilidad de los nutrientes (Pérez *et al.*, 2017).

2.7.2 Factores más importantes que influyen en la extrusión

Durante el proceso de cocción extrusión, la mayoría de las características del producto están directamente relacionadas e influenciadas por las variables de extrusión, numerosos trabajos de investigación demostraron que el contenido de humedad del alimento, la temperatura y la velocidad de tornillo de extrusión son los factores más importantes que tienen un efecto extremo en las propiedades del producto extruido, incluido el cambio de la digestibilidad de las proteínas promoviendo la desnaturalización de las proteínas y la gelatinización del almidón (Singh *et al.*, 2007).

El tornillo de extrusión con filetes profundos y larga longitud, aumenta el tiempo de resistencia, provocando un daño en el estado inicial de las moléculas, este afecta principalmente a los carbohidratos como el almidón o a las moléculas proteicas reduciendo su capacidad para formar una pasta elástica capaz de dar textura con un deseable índice de expansión (Muthukumarappan y Swamy, 2020).

2.7.3 Efecto de la extrusión sobre el almidón

Durante el proceso de cocción por extrusión de alimentos con altas cantidades de almidón, el agua presente se absorbe y hace que los gránulos de almidón se hinchen y por consecuencia se hidraten. La temperatura elevada hace que el almidón se gelatinice formando una masa fundida viscosa plastificada. Provocando dichos cambios un acelerado aumento de la viscosidad del material, formando un material vítreo que se enfría y establece la estructura celular del producto final, debido a que cuando se someten al calor en presencia de agua los gránulos de almidón alcanzan un punto donde la hinchazón es irreversible y la estructura cristalina nativa se vuelve amorfa y el almidón total más soluble, favoreciendo la expansión (Carvajal, 2018).

Los gránulos de almidón poseen capas concéntricas semicristalinas y amorfas, principalmente debido a la presencia de amilopectina, siendo la columna vertebral de la estructura semicristalina, por otra parte está la amilosa, quien se encuentra dispersa

aleatoriamente por todo el esqueleto de amilopectina tanto en la región cristalina como en la amorfa (Ji *et al.*, 2022).

Maskan y Altan (2012), menciona que el almidón al formar un complejo con la proteína con ayuda del aumento de temperatura, no se logra tener una estructura porosa altamente expandida, donde las proteínas de leguminosas y cereales no son tan buenas a comparación del almidón de maíz.

2.7.4 Efecto de la extrusión sobre el índice de gelatinización

La temperatura que tiene el barril en el proceso de extrusión da un efecto positivo sobre el grado de gelatinización del almidón y la expansión del producto (Muthukumarappan y Swamy, 2020). En relación a los valores obtenidos por Aro y Calsin (2019), se observó que a una mayor temperatura de extrusión y un menor porcentaje de humedad se encuentran mejores valores de índice de gelatinización, ya que al ser expuestos los gránulos de almidón en estas condiciones, se gelatinizan en su totalidad, obteniendo un producto apto para el consumo humano, siendo una estimación del grado de digestión que tendrá el alimento una vez consumido (Badui, 2006b).

2.7.5 Efecto de la extrusión sobre las proteínas

Durante la extrusión la proteína forma una estructura continua similar al almidón donde se da la dispersión desde su forma nativa a una masa continua y fluida en el tronillo dentro del barril (Guy, 2001). A mayores temperaturas existe una alteración de la estructura secundaria y terciaria, siendo una transformación positiva (Cheftel y Cheftel, 1980), conllevando a la desnaturalización, orientación y reorganización de la proteína (Pérez-Navarrete *et al.*, 2007), mejorando su digestibilidad de las proteínas de cereales y leguminosas durante la cocción, puesto que desnaturaliza los inhibidores de proteasas que constantemente se hallan en alimentos a base de proteínas leguminosas (Badui, 2006a).

Se sabe que la proteína está conformada por un átomo central de carbono, denominado $C\alpha$, cuyas cuatro valencias están ligadas a un grupo amino (NH_2), un grupo ácido o grupo carboxilo ($COOH$), un átomo de hidrógeno (H) y un grupo R llamado residuo (Figura 5), el cual es distinto para cada aminoácido, siendo este último el que define la diferencia entre cada aminoácido, ya que el grupo residuo R se encuentra ligado al átomo central de carbono $C\alpha$, con excepción del aminoácido (Prolina), cuyo grupo residual R está ligado covalentemente tanto al átomo central $C\alpha$ como al átomo de nitrógeno N del grupo amino (Olivares *et al.*, 2004), dándose el aumento y disminución de los aminoácidos presentes

en una determinada mezcla al ser sometidas a temperaturas altas como se da en el proceso de cocción por extrusión.

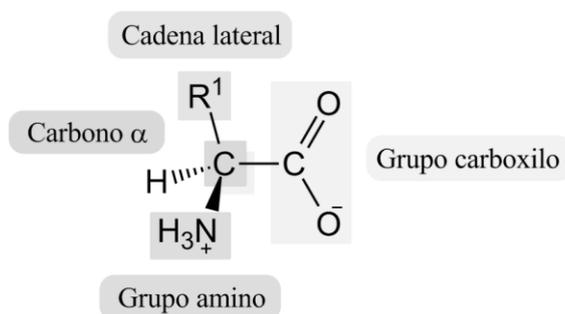


Figura 5: Estructura de los α-aminoácidos que forman las proteínas.

FUENTE: Guerrero y Yague (2014)

Según Guy (2001), en la extrusión a altos valores de temperatura de extrusión existe la disminución del contenido proteico, esto debido a que se promueve al desarrollo de las reacciones de Maillard, donde los azucares reductores originados por el cizallamiento del almidón y sacarosa pueden reaccionar con la lisina disminuyendo de esta manera el valor contenido nutricional de la proteína.

La temperatura por ende es una variable de sumo interés, ya que el índice de solubilidad de nitrógeno (NSI) de extruidos disminuyen a medida que se aumenta la temperatura de extrusión, en el cual dicha perdida probablemente este asociado con la perdida de enlaces covalentes de azufre y puentes disulfuro de aminoácidos sulfúricos con una disminución simultánea en el contenido de cisteína + cisteínas en el contenido de la proteína (Mościcki, 2008).

En estudios realizados por Carvajal (2018), se observa que cuando las mezclas de maíz, frejol y camote se someten a menores contenidos de humedad y a altas temperaturas durante la operación de cocción extrusión, existe una menor perdida de las proteínas, habiendo una mayor conservación de estas.

2.7.6 Efecto de la extrusión sobre la digestibilidad

Uno de las ventajas de la extrusión es que la digestibilidad de las proteínas es mucho mayor en los productos extrudidos con los que no lo están, ello debido a la desnaturalización de las proteínas, como la inactivación de los factores anti nutricionales pudiendo estar presentes en la materia primas los que impiden su digestión. En resumen se puede decir que la cocción por extrusión es la eliminación de factores anti

nutricionales, específicamente los inhibidores de taninos, tripsina y fitatos (Delgado *et al.*, 2019).

2.7.7 Efecto de la extrusión sobre la humedad

La cantidad de agua presente en el alimento antes de ser extruido imparte la calidad final de los productos extruidos, esta es una variable que tiene una influencia directamente con la gelatinización del almidón, la desnaturalización de las proteínas, la dispersión de los ingredientes, la lubricación del barril y la formación del fluido viscoso (Vílchez *et al.*, 2012). La literatura describe que el efecto del contenido de agua da como resultado una reducción en el índice de expansión con el incremento de la humedad en el producto final (Alvarez *et al.*, 1988).

Un elevado contenido de humedad en la materia prima tendrá un efecto positivo en la humedad del producto, es así que si se incrementa el contenido de humedad en una fórmula o matriz, se ayudara a reducir la pérdida de humedad en el proceso de la extrusión, considerando que a altas temperatura de extrusión existe una mayor pérdida de humedad (Patil *et al.*, 2016).

Los estudios demuestran que al trabajar con temperaturas elevadas se conduce una mejor evaporación y eliminación de la humedad como resultado se logra obtener productos más expandidos (Basilio, 2020), por ende el efecto de la humedad en la mezcla es directamente proporcional, es decir mientras más humedad tenga la muestra, se incrementará el contenido de humedad en el producto final.

2.7.8 Efecto de la extrusión sobre los carbohidratos

Según Alam *et al.* (2016), mencionan que los parámetros de extrusión generan variaciones en la estructura molecular del almidón, dándose un rompimiento de las cadenas de amilopectina y amilosa, como de igual forma se da la modificación de la degradación molecular y la cristalinidad por la gelatinización.

Como es de esperar, la gelatinización y el hinchamiento son propiedades cruciales de las suspensiones de almidón, además estos tienen una diferencia significativa en la digestibilidad, propiedades fisicoquímicas y atributos sensoriales que afectan la palatabilidad de los alimentos y la aceptabilidad final (Stribițcaia *et al.*, 2020).

2.7.9 Efecto de la extrusión sobre los lípidos

Se tiene conocimiento de que los lípidos tienen dos funciones durante el proceso de la extrusión; donde primeramente pueden actuar como lubricante durante el proceso siendo

este un factor que influye en una menor expansión del extruido y como segundo afectar en la calidad del producto (Yu, 2011). Sin embargo, se dice que la extrusión de materias primas con contenidos de lípidos mayores al 3% reduce significativamente el índice de expansión del producto (Joy *et al.*, 2012).

2.7.10 Efecto de la extrusión sobre la fibra

El efecto más notable de la fibra en productos extruidos es la disminución del índice de expansión, estudios realizados por Ramirez *et al.* (2013), hallaron una reducción del contenido de fibra no soluble a medida que la temperatura va aumentando, dicho proceso se debe a que al aplicar una temperatura elevada conjuntamente con la cizalla del tornillo se da la fragmentación de las moléculas más grandes que son los carbohidratos en moléculas más pequeñas, rompiendo los enlaces no-covalentes y covalentes entre las proteínas asociadas a la fibra y los carbohidratos, dando como resultado porciones moleculares más pequeños de fibra solubles en agua (Joy *et al.*, 2012).

2.7.11 Efecto de la extrusión sobre las cenizas

Según lo descrito por Singh *et al.* (2007), los minerales no pueden descomponerse ni sintetizarse mediante reacciones químicas básicas y/o ordinarias por ser elementos sólidos cristalinos, por otra parte estudios realizados por (Carvajal, 2018) mencionan que el proceso de la extrusión tiene un efecto bajo en los minerales inertes.

2.7.12 Beneficios del proceso de extrusión

El proceso de extrusión es uno de los muchos procesos tecnológicos con una alta versatilidad en la transformación de productos alimenticios a base de leguminosas y cereales. Su alta productividad, eficiencia energética, bajos costos de operación, obtención de productos de elevada digestibilidad de las proteínas y alto valor biológico que clasifican a la extrusión como una de las más eficientes (Milán *et al.*, 2002).

El proceso de la cocción por extrusión permite obtener productos con diferentes apariencias, colores y texturas, obtenido mediante pequeños cambios en las condiciones de procesado y en el equipo, teniendo por ende numerosas ventajas sobre los métodos comunes usados en el procesado de alimentos (Singh *et al.*, 2007).

A. Calidad proteica

La calidad nutricional de las proteínas es mejorada por las condiciones durante el proceso de la cocción por extrusión, ya que aumenta la digestibilidad del producto extruido, a consecuencia de la desnaturalización de las proteínas, la inactivación de inhibidores

enzimáticos presentes en las materias primas, así como también exponiendo nuevos sitios activos para las enzimas digestivas, todo ello por el efecto de la temperatura el cual estaría relacionado con la formación de complejos de proteínas y otros componentes y al nivel de desintegración de la matriz, generando un impacto en el acceso de las enzimas proteolíticas en la digestión (Akande *et al.*, 2017).

B. Microorganismos

Los productos sometidos al proceso de cocción por extrusión son seguros microbiológicamente esto debido a su poca actividad de agua y al tratamiento térmico (HTST), que destruye las enzimas y las células vegetativas. Obteniendo productos sanitariamente adecuados, debido a la poca disponibilidad de agua en los productos, teniendo una actividad de agua comprendida ente 0.1 a 0.4, asegurando la de conservación de alimentos extruidos (Salazar, 2013).

2.8 PROPIEDADES TEXTURALES DE MEZCLAS

Las propiedades texturales junto con el contenido nutricional, el color y el sabor son características importantes que influyen en las características sensoriales y por consiguiente la aceptabilidad de los alimentos, por ende, dicha propiedad está directamente relacionada con la conformación de los alimentos y la configuración microscópica y macroscópica que también es necesaria para la seguridad y calidad de los alimentos (Gokul *et al.*, 2023).

Según la definición emitida por la Organización Internacional de Normalización respecto a la textura menciona que “Son todos los atributos estructurales y reológicos (superficiales y geométricos) de un producto alimenticio perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles, auditivos y visuales”.

Todos los métodos de procesamiento que se les da a los alimentos, ya sea con tratamientos térmicos o no, afectan las propiedades texturales del producto final, convirtiéndose en un parámetro esencial en la calidad de muchos alimentos, Alamu *et al.* (2022), menciona que la textura es un atributo multidimensional que comprende las propiedades mecánicas del alimento en la percepción sensorial del tacto y la boca y propiedades estructurales.

La reología tiene un enfoque adecuado al estudio del comportamiento de los alimentos, mediante la aplicación de conceptos como la deformación de los cuerpos por efecto de una fuerza externa aplicada, la tensión y el flujo (Boatella *et al.*, 2004).

2.8.1 Fuerza

Está definida como una fuerza requerida para alcanzar y/o lograr una deformación determinada de un alimento, también denominada fuerza necesaria para comprimir un alimento entre los molares (Zeki, 1967).

Es la fuerza máxima obtenida durante la primera parte de compresión, estimando el primer mordisco en la boca. Alude a la fuerza demandada para comprimir un alimento entre la lengua y el paladar o entre los molares, las unidades en las cuales se expresa esta medida es en Newtons (Hleap y Velasco, 2010).

2.8.2 Consistencia

La consistencia se define como la característica de permanecer uniforme un alimento, usada típicamente para describir las propiedades de los sólidos (Hleap y Velasco, 2010), líquidos y semisólidos, la percepción de la textura y el comportamiento alimentario se ven altamente influenciados por la consistencia; el aumento de la consistencia da como resultado una mayor tasa de percepción de dureza y requiere más tiempo y una mayor actividad muscular durante la comida (Funami *et al.*, 2016).

2.8.3 Cohesividad

Es la resistencia de un alimento ante una determinada deformación, midiendo el trabajo empleado en dicho proceso, indica la tendencia a estar más unido el alimento y su menor grado a desintegrarse debido a una acción mecánica externa (Surmacka, 1963).

Es la razón entre el área de fuerza positiva durante la segunda compresión y el área durante la primera compresión. Se refiere a la habilidad de resistir rotura bajo compresión, representa la fuerza con la que están unidas las partículas. Esta propiedad es adimensional donde un valor igual a uno indica que la muestra se recupera completamente después de la primera compresión (Hleap y Velasco, 2010).

2.8.4 Índice de viscosidad

Se entiende como propiedades de fluencia de los sistemas fluidos, es decir que tan resistente es al flujo, es el área de fuerza negativa en el primer mordisco y simboliza el trabajo necesario para vencer las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales con los que entra en contacto (Hleap y Velasco, 2010).

2.9 AMINOÁCIDOS

Compuesto orgánico que constituye la molécula de la proteína, siendo las unidades más básicas de la estructura química formada mediante cadenas de las proteínas, estos se dividen en dos grupos; aminoácidos esenciales y no esenciales, siendo los primeros aportados necesariamente en la alimentación diaria mientras que los segundos son sintetizados en el organismo (FAO, 1970). Durante la digestión de los alimentos las proteínas se dividen en su forma más simple, al igual que los carbohidratos más complejos en moléculas más pequeñas como el caso de los almidones, se dividen en monosacáridos, y las grasas en ácidos grasos (Gonz, 2007).

Según lo define FAO (1970), los aminoácidos son esenciales para la formación de proteínas en músculos, sangre y órganos del cuerpo. Sin aminoácidos no es posible la síntesis de proteína y por consiguiente la vida. La composición de aminoácidos y el valor biológico de los alimentos se utilizan comúnmente hoy en día para evaluar la calidad nutricional de las proteínas en diversos alimentos, preparaciones alimentarias y dietas. También se utilizan para evaluar la disponibilidad de proteínas en diferentes países, así como para desarrollar políticas alimentarias nutricionalmente sólidas.

Tabla 20: Clasificación de aminoácidos esenciales y no esenciales

Aminoácidos Esenciales	Aminoácidos No esenciales
Isoleucina	Alanina
Leucina	Arginina
Lisina	Aspargina
Metionina + cisteína	Acido aspártico
Fenilalanina + tirosina	Cisteína
Treonina	Acido glutámico
Triptófano	Glicina
Valina	Prolina
Histidina	Serina

FUENTE: Campos (1994)

2.10 SCORE QUÍMICO

El score químico es un método que se basa en el cálculo matemático del porcentaje presente de los aminoácidos esenciales, con respecto al patrón de referencia de un grupo determinado. Se dice que un aminoácido es limitante cuando está en menor proporción

con respecto al patrón, mientras que cuando no hay un déficit de ningún aminoácido esencial el escore químico es 100% equivalente al de una proteína ideal o de referencia, sin embargo si una proteína es bajo e algún aminoácido esencial el score químico es cero o inferior al 80% (Mitchell y Block, 1946).

Numerosos trabajos de investigación indican que uno de los métodos recomendados para la evaluación de la calidad proteica es la determinación del cómputo químico o escore de aminoácidos corregido por digestibilidad proteica (protein digestibility corrected amino acid score) o PDCAAS. Este método fue propuesto en 1991 por la FAO y ha reemplazado a la razón proteica neta (PER) para la determinación del porcentaje del calor diario de proteína en el rotulado de productos dirigidas a niños mayores de un año, adultos y mayores.

Para el cumplimiento del requerimiento proteico más riguroso, el PDCAAS compara el contenido de aminoácidos de una proteína de un alimento en evaluación con las necesidades del niño que simboliza los requerimientos más severos de los diferentes grupos etarios (FAO, 2011a).

2.11 CALIDAD DE LA PROTEINA

La calidad proteica de los alimentos depende directamente de la cantidad de aminoácidos esenciales presentes, es así que analizar la calidad proteica consiste en comparar la cantidad de aminoácidos de cierto alimento y el requerimiento de aminoácidos del cuerpo humano, las proporciones de aminoácidos de una proteína es el factor más determinante e importante de su calidad, seguido de la biodisponibilidad de los aminoácidos que la constituyen y la digestibilidad de la proteína (FAO, 2017). Ya que como bien lo exponen los trabajos de investigación no toda proteína es digerida, absorbida y utilizada completamente.

La calidad nutritiva de una proteína, se define como la capacidad de esta o de una mezcla de ellas para cubrir los requerimientos de un individuo, esta puede ser evaluada mediante los siguientes análisis biológicos;

2.11.1 Relación de Eficiencia Proteica (PER)

El PER por sus siglas en ingles Protein Efficiency Ratio, es un análisis que mide la capacidad proteica dietaría para favorecer el crecimiento bajo ciertas condiciones estándar. El origen de su determinación consiste realizar el seguimiento durante el crecimiento de animales jóvenes sometidos a una dieta con la proteína del alimento a

estudiar para relacionar entre el peso ganado y los gramos de proteína consumida por un grupo de ratas (Cuj *et al.*, 2017). El PER se mide en una escala ascendente del 1 a 4 donde el valor con mayor frecuencia y central de la diferencia es comúnmente 2.5 correspondiente a la proteína de la leche.

2.11.2 Razón Neta de Proteínas (NPR)

El NPR conocida también como sus siglas en inglés Net Protein Ratio, fue desarrollado por Bender y Doell (1957), este es un análisis experimental que mide el aumento en peso, en relación a la ingesta de proteína prueba de una dieta ajustada de proteína, este es un bioensayo de dos puntos, pues se mide la respuesta a dos niveles de proteína (proteína de la prueba y 0 % de una dieta libre de proteína) (Mitchell *et al.*, 1989). Dicho análisis ha sido ampliamente y más usada en la evaluación de la calidad proteica complementando al PER, se manifiesta que existe una relación lineal para el incremento de peso del animal en experimentación en función de la cantidad de proteína consumida

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Hipótesis general

- El efecto de la humedad y temperatura en el proceso de cocción por extrusión influirá en las características fisicoquímicas, sensoriales y calidad proteica de una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.

3.1.2 Hipótesis específica

- El efecto de la humedad y temperatura en el proceso de cocción por extrusión influirá considerablemente en el contenido proteico e índice de gelatinización de una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.
- Las características fisicoquímicas y sensoriales de las mezclas alimenticias a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi con alto contenido proteico e índice de gelatinización serán variables.
- La calidad proteica (Relación de Eficiencia Proteica y Retención Neta de Proteínas) de la mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi con mayor grado de satisfacción será adecuada para el público objetivo.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente proyecto de investigación se realizó en la planta piloto del proyecto “Cultivo de la corvina *cilus gilberti* en jaulas flotantes” de la ciudad de Ilo. Los análisis se realizaron en los laboratorios Louis Pasteur de la ciudad de Cusco, Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C. de la ciudad de Lima y en los laboratorios de reología del EPIIA de la Universidad Nacional de Juliaca.

3.2.2 Materia prima

En el presente trabajo se usó como materias primas; la carne de alpaca con dos años de edad proveniente del distrito de Cojata, la quinua variedad Salcedo INIA adquirida de la estación experimental Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de la ciudad de

Puno, la harina de maíz amarillo variedad maíz cristalino clasificado según la INIA como INIA 613 - Amarillo oro, el cual fue adquirido del mercado Manco Cápac de la ciudad de Juliaca y por último la harina de tarwi fue comprado de la empresa ecológica “Tarwi foods” de la ciudad de Lima.

3.2.3 Materiales

- Vasos de precipitados de 500 mL
- Varilla de agitación
- Probeta de 100, 250 y 500 mL
- Crisoles
- Cucharilla de metal
- Agitador de vidrio
- Bolsas de polietileno
- Saquillos de polipropileno
- Spray roseador
- Lunas de reloj
- Malla N° 40 U.S.
- Cuchillo de mesa
- Cables hembra y macho
- Cable USB 2.0 y tipo B

3.2.4 Equipos

- Extrusor monotornillo
- Balanza electrónica de plataforma
- Mezclador de harinas eléctrico BRUSHED-50
- Texturometro INSTRON 34TM-5-SA
- Estufa Eléctrica AO-BOV-D30
- Desecador a base de Silicagel
- Moledora de carne eléctrica QJH-C12A
- Molino de martillos para granos con acero inoxidable AISI 304
- Arduino UNO R3 - USB 2.0 Type-B plug
- Sensor de temperatura y humedad DHT22
- Placa de pruebas (Protoboard)
- Pantalla cristal líquido LCD 16x2

3.3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

En la Figura 6 se presenta el flujograma o también conocido como diagrama de flujo vertical de la primera parte del proceso en la elaboración de la mezcla alimenticia a base de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi que es el acondicionamiento de las materias primas (carne de alpaca y quinua).

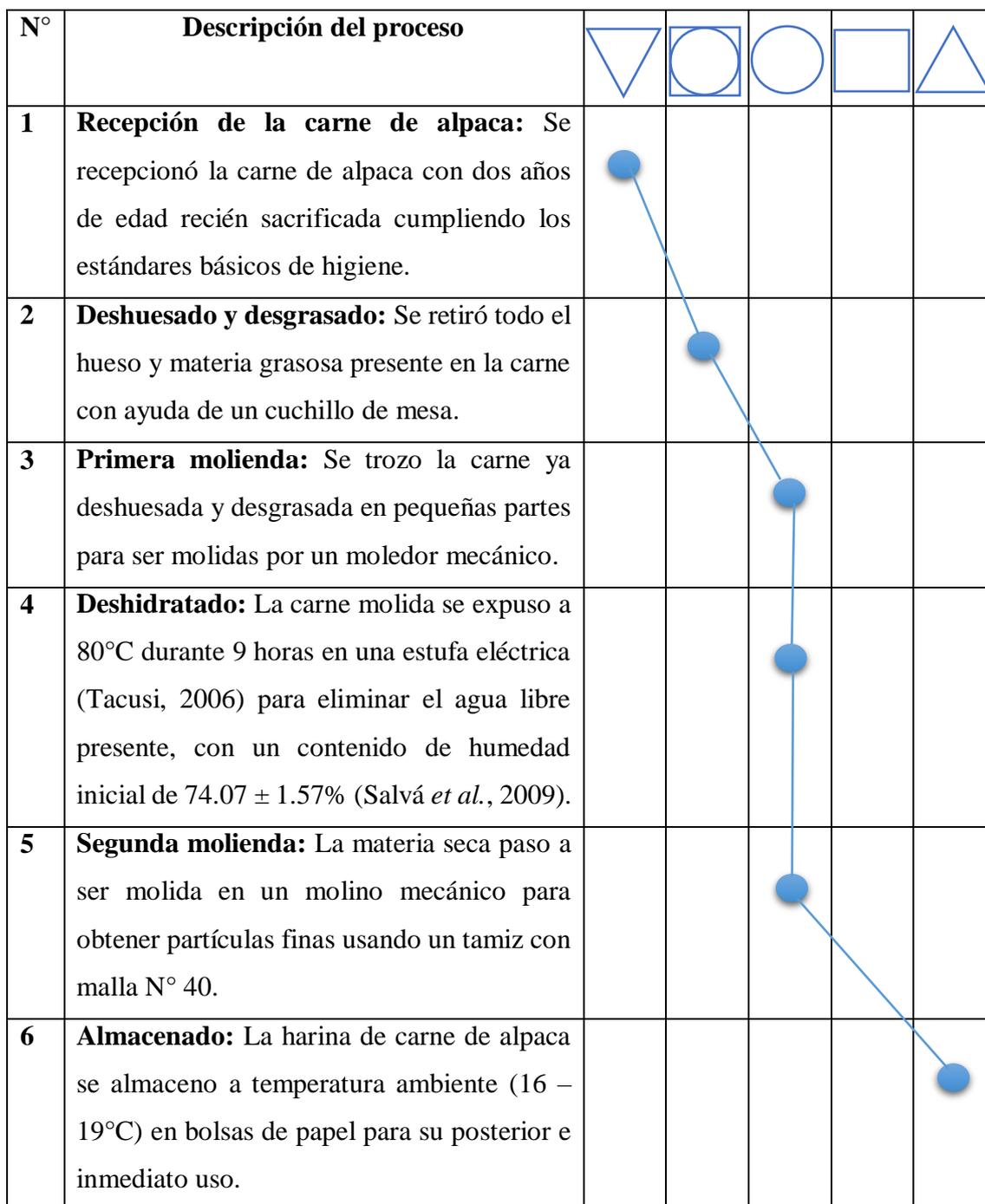


Figura 6: Flujograma del acondicionamiento de la carne de Alpaca.

Así mismo se presenta en la Figura 7 el diagrama de procesos para el acondicionamiento de los granos de quinua desde su recepción como grano hasta su transformación como harina de quinua.

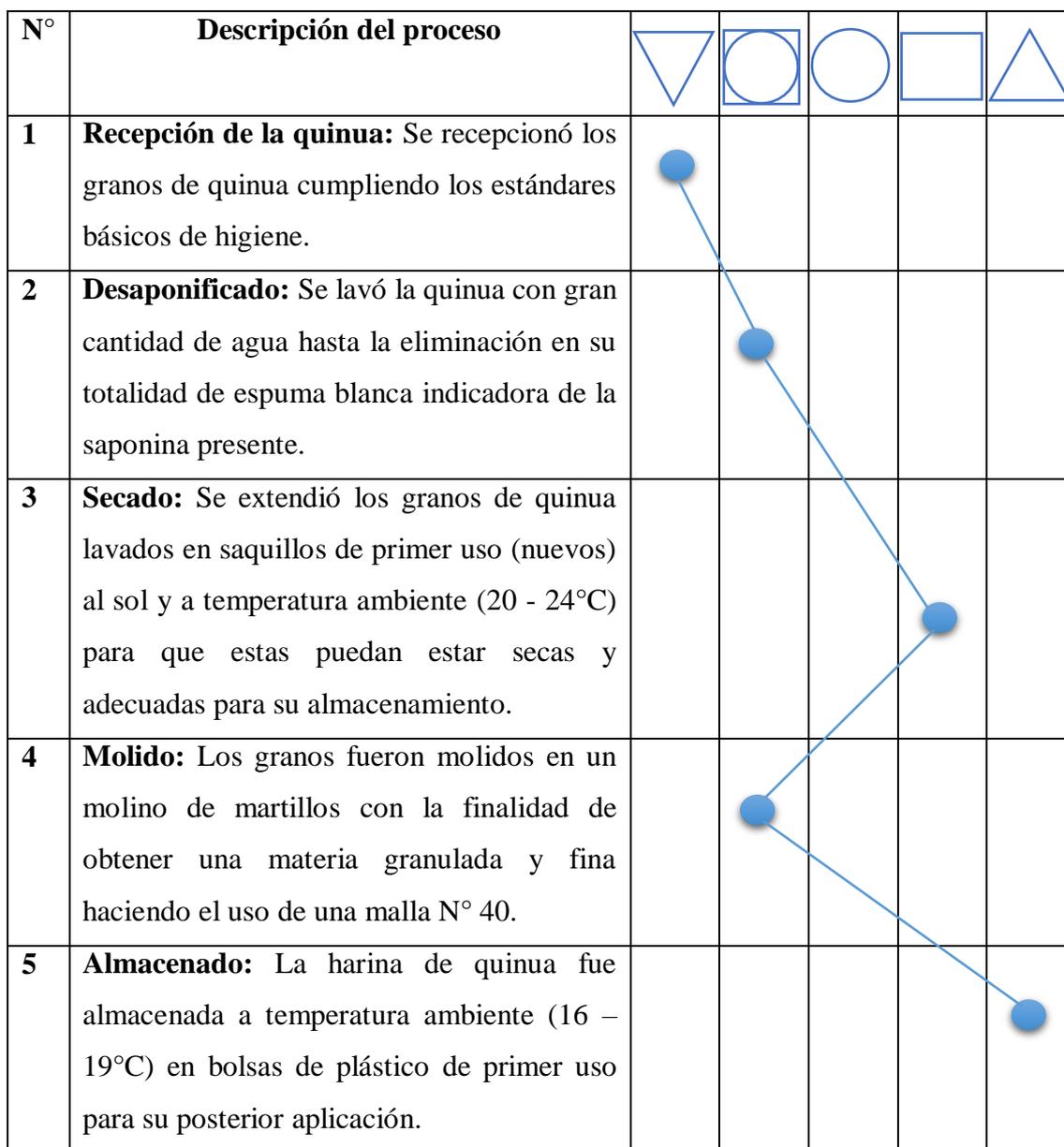


Figura 7: Diagrama de procesos para el acondicionamiento de los granos de quinua.

Y finalmente en la Figura 8 se muestra el diagrama de procesos para la elaboración de la mezcla alimenticia a base de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.

N°	Descripción del proceso	▽	□○	○	□	△
1	Recepción de materias: Se recepción todas las materias primas previamente acondicionadas con los estándares básicos y apropiados de higiene.	●				
2	Formulado: Se realizó la formulación de las mezclas mediante el Diseño Central Compuesto obteniendo 20 formulaciones, las cuales fueron contrastadas mediante el Score Químico (SQ), eligiéndose solo a una con mayor valor numérico de SQ.				●	
3	Pesado de las materias primas: Las materias primas (harina de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi) fueron pesadas con una balanza electrónica de acuerdo a la formulación obtenida mediante el SQ.				●	
4	Mezclado: Todas las harinas fueron mezcladas en un mezclador eléctrico durante 5 minutos, para tener una mezcla única y homogénea.		●			
5	Hidratado: La mezcla homogénea fue humectada de a pocos con agua tratada para evitar tener aglomeraciones seguida de mezclados, hidratando por completo la mezcla, se pasó en bolsas transparentes grandes de primer uso y se dejó reposar en un ambiente frío, seco y ventilado durante 3 horas, humectándose a tres diferentes porcentajes; 12%, 14% y 16%.				●	

«continuación»

6	<p>Extrusión: La mezcla ya completamente hidratada fue ingresada en la tolva de alimentación del equipo de extrusión de un solo tornillo, previamente calentado e higienizado, extruyendo la mezcla a tres diferentes temperaturas; 140°C, 160°C y 180°C haciendo el uso de una matriz de salida - boquilla circular de 4 mm.</p>					
7	<p>Enfriado: Se dejó enfriar la mezcla extruida sobre mesas limpias y desinfectadas a una temperatura de (10 – 12°C) a fin de evitar la proliferación de mohos por la evaporación del agua.</p>					
8	<p>Almacenado: Por último, se almaceno la mezcla extruida en papel absorbente de grasa en un ambiente ventilado, frio y sin contacto con el sol (10 – 12°C) con la finalidad de evitar la oxidación de los lípidos que conlleva el deterioro de la muestra.</p>					

Figura 8: Elaboración de la mezcla alimenticia extruida a base de Carne de Alpaca, quinua, maíz y tarwi.

De la misma forma se presenta la Figura 9 en la cual se observa el diagrama de operación con la simbología ISO (International Organization for Standardization) para el acondicionado de la carne de alpaca, representándose de manera gráfica y secuencial del flujo de trabajo con todas las tareas y actividades principales necesarias para para el acondicionamiento de la carne de alpaca.

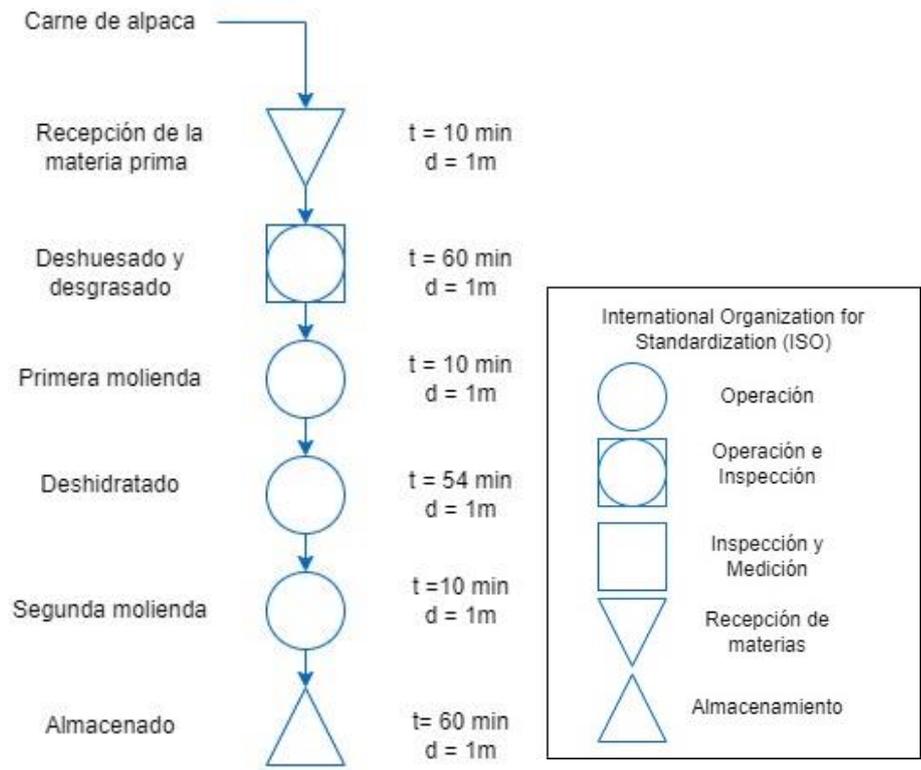


Figura 9: Acondicionado de la carne de alpaca

Seguidamente se presenta la Figura 10 en la cual se observa el diagrama de operación con la simbología ISO (International Organization for Standardization) para el acondicionado de la quinua.

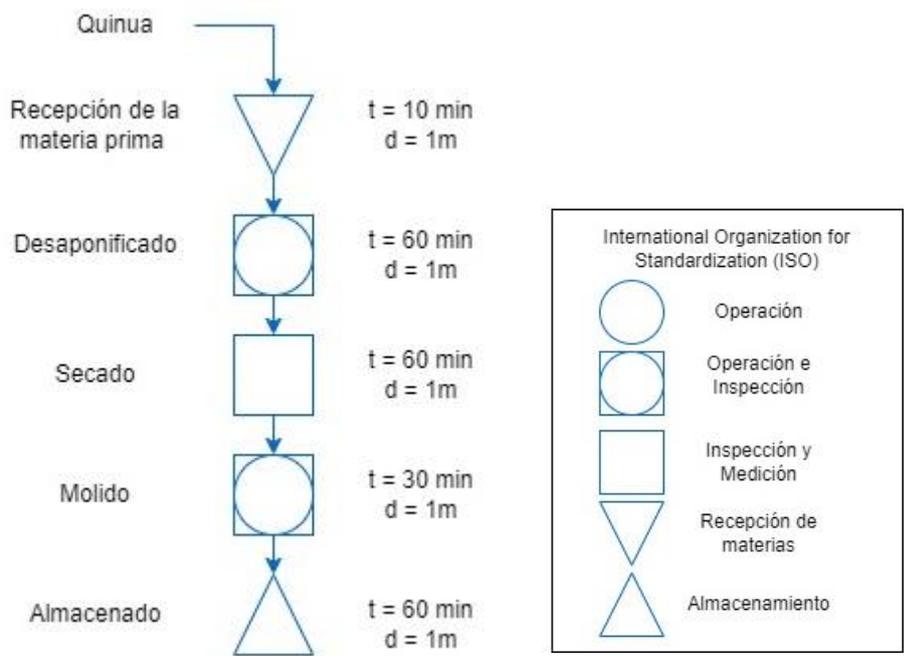


Figura 10: Acondicionado de los granos de quinua

Por último, se presenta la Figura 11 en la cual se observa el diagrama de operación con la simbología ISO (International Organization for Standardization) para la elaboración de la mezcla alimenticia extruida a base de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.

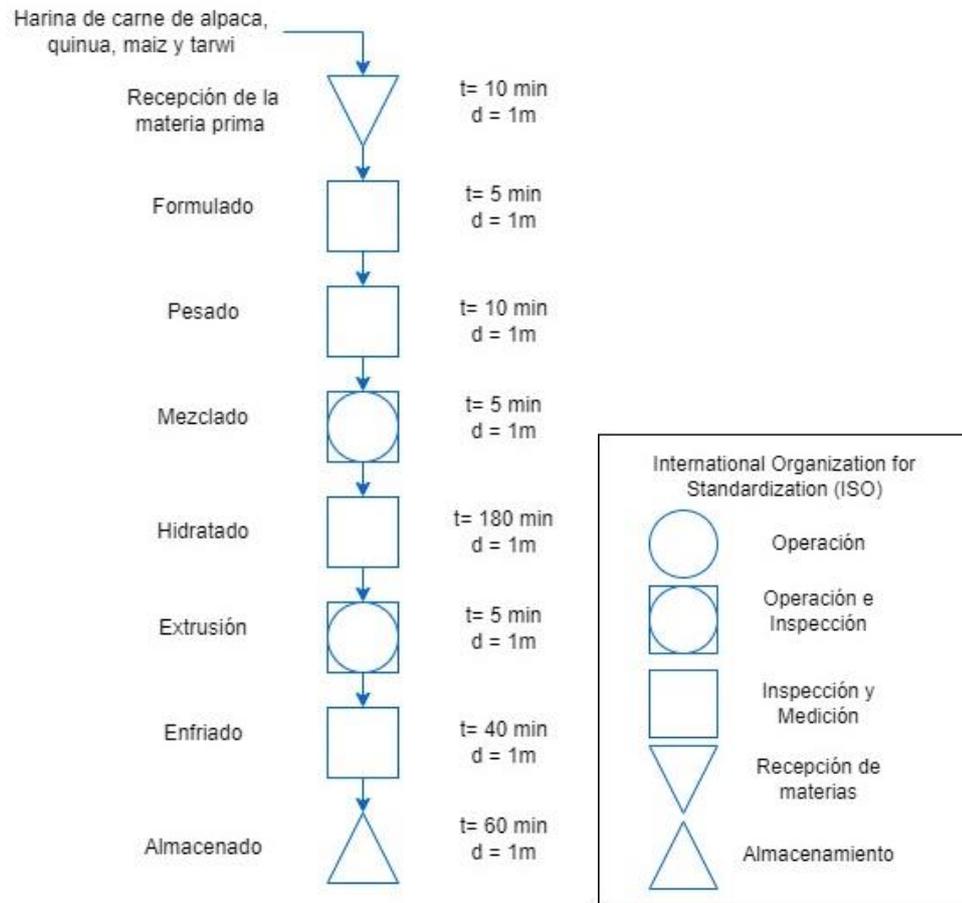


Figura 11: Elaboración de la mezcla alimenticia extruida a base de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.

3.3.1 Tipo y diseño de investigación

La presente es una investigación de tipo experimental en la cual consiste en someter un objeto en estudio a la influencia de ciertas variables, con las condiciones debidamente controladas y conocidas por el investigador, a fin de poder observar los resultados que la variable produce en el objeto.

Hernandez *et al.* (2014), menciona que una investigación experimental se basa en la manipulación de la variable independiente mediante diferentes tratamientos con distintos niveles de variación y la variable dependiente se mide por ser cuantificable.

3.3.2 Descripción del proceso

Metodología propuesta para la obtención del extruido a base de carne de alpaca, quinua, tarwi y maíz

Acondicionado de la carne de alpaca

La descripción para dicho proceso fue adaptado al procedimiento realizado por Salvá *et al.* (2009), en la cual se describe a continuación:

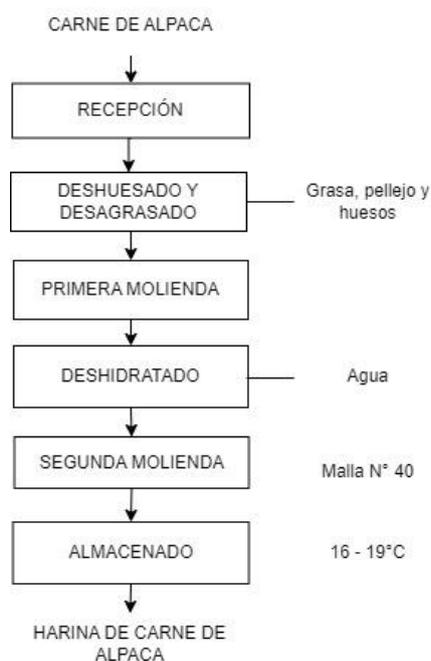


Figura 12: Acondicionado de la carne de alpaca

- **Recepción:** Se recibió la carne de alpaca con dos años de edad inmediatamente después del sacrificio del animal, verificando que se encuentren en buenas condiciones cumpliendo los requerimientos mínimos de una adecuada higiene.
- **Deshuesado y desgrasado:** Se quitó los huesos, pellejos y la grasa (cebo) presente en la carne de alpaca con ayuda de un cuchillo de mesa.
- **Primera molienda:** Se procedió a moler y/o triturar la carne con una moledora de carne electrónico, recogiéndolo en bandejas de acero inoxidable.
- **Deshidratado:** Se deshidrató la carne molida a una temperatura de 80°C por un tiempo de 9 horas en una estufa electrónica AO-BOV-D30 (Tacusi, 2006), con un contenido teórico de humedad inicial de $74.07 \pm 1.57\%$ (Salvá *et al.*, 2009).

- **Segunda molienda:** Se sacó las muestras secas de la estufa y se molió con un molino manual, hasta obtener una textura fina como la harina, haciendo el uso de un tamiz con una malla N° 40.
- **Almacenado:** La harina de carne de alpaca se almaceno a temperatura ambiente (16 – 19°C) en bolsas de papel para su posterior e inmediato uso.

Acondicionado de los granos de quinua

La descripción para dicho proceso fue adaptado al procedimiento realizado por Dularia *et al.* (2024) con algunas modificaciones en la cual se describe a continuación:

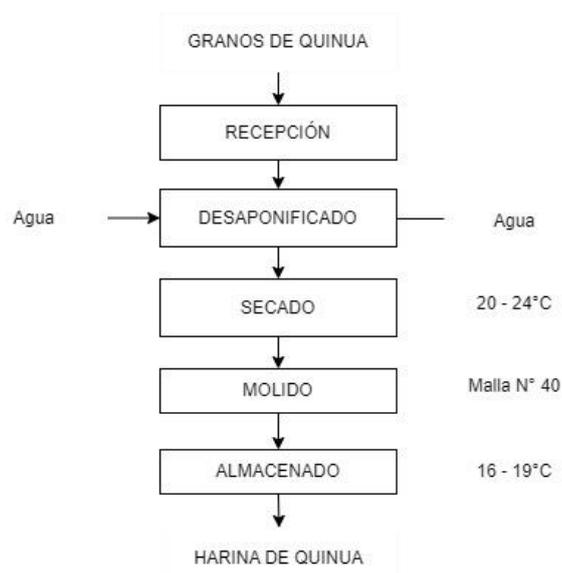


Figura 13: Acondicionado de los granos de quinua

- **Recepción:** Se recepcionó la semilla de quinua en buenas condiciones físicas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de la ciudad de Puno, siguiendo los estándares básicos de higiene.
- **Desaponificado:** Se procedió a lavar los granos de quinua con abundante agua hasta eliminar en su totalidad la espuma blanca indicadora de la presencia de saponina en la semilla mediante numerosos lavados.
- **Secado:** La semilla húmeda se colocó en saquillos de primer uso (nuevos) y se dejó secar a temperatura ambiente (20 - 24°C) expuestas al sol.
- **Molido:** Posteriormente las semillas de quinua secas se molieron en un molino mixto de martillo/cuchillo haciendo el uso de una malla N° 40, obteniendo la harina de quinua.

- **Almacenado:** Se realizo el envasado en bolsas de propileo de primer uso y se almaceno a temperatura ambiente (16 – 19°C).

Elaboración de mezcla alimenticia

Para la determinación de las formulaciones de las mezclas alimenticias se utilizó el Diseño Central Compuesto (DCC), obteniendo 20 formulaciones, estas fueron contrastadas mediante el Score Químico a fin de obtener una sola de alto valor numérico.

La descripción para dicho proceso fue adaptado al procedimiento realizado por Galindo (2018) con algunas modificaciones:

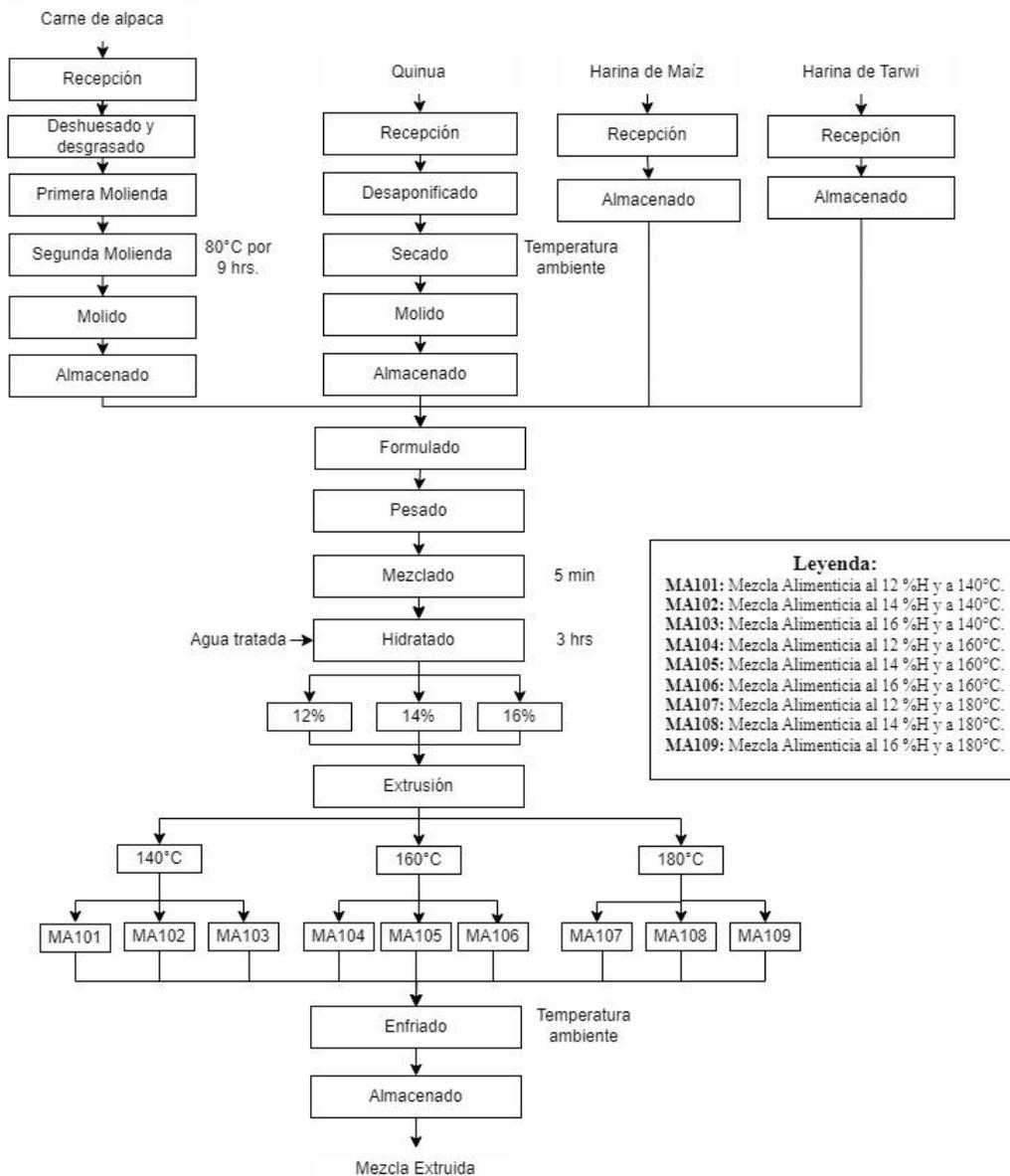


Figura 14: Diagrama de flujo para la elaboración de una mezcla alimenticia a base de carne de alpaca, quinua, maíz extruidas y harina de tarwi.

- **Recepción:** Las materias primas previamente acondicionadas se recibieron con las medidas sanitarias adecuadas.
- **Formulado:** Mediante el Diseño Centra Compuesto (DCC) se obtuvo 20 formulaciones siendo las mismas contrastadas mediante el Score Químico (SQ). Seleccionando solamente a una por poseer un mayor valor numérico de SQ.
- **Pesado:** Seguidamente estas se pesaron mediante una balanza electrónica de plataforma para controlar el flujo óptimo del proceso productivo de acuerdo a la formulación obtenida con mayor puntuación de SQ.
- **Mezclado:** Las cantidades de las harinas se mezclaron en una mezcladora eléctrica de harinas con la finalidad de obtener una mezcla homogénea durante 5 minutos.
- **Hidratado:** La mezcla homogénea fue hidratada de a pocos con agua tratada seguida del mezclado continuo con la finalidad de evitar formación de grumos o aglomeraciones por el agua, se pasó a bolsas de plástico de primer uso y se dejó reposar o hidratar durante 3 horas, llegando a tres niveles de hidratación 12%, 14% y 16%.
- **Extrusión:** El proceso de extrusión se realizó a través del uso de un extrusor mono tornillo con una velocidad de tornillo preestablecido y con tres temperaturas de extrusión (120, 140 y 160°C), con matriz de salida – boquilla circular de 4 mm.
- **Enfriado:** El material extruido se recibió en bolsas de plástico de primer uso y se extendió en mesas de acero inoxidable para su enfriado a una temperatura de 10 – 12°C, evitando la proliferación de mohos debido a que los extruidos estaban calientes durante media hora.
- **Almacenado:** Los extruidos fueron envasados y rotulados en bolsas de papel absorbente de grasa almacenados en un ambiente ventilado, frío y sin contacto con el sol (10 – 12°C) dentro de una caja de cooler.

En la tabla que se muestra a continuación se puede presentar las codificaciones para cada tratamiento realizado en base a la formulación con mayor Score Químico que posteriormente son sometidas al proceso de la cocción por extrusión con diferentes porcentajes de humedad y temperaturas finales de extrusión.

Tabla 21: Tratamientos sometidos de la mezcla alimenticia a base de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi

Humedad inicial en la mezcla (%)	Temperatura de extrusión (°C)	Codificación de muestras
12	140	MA101
14	140	MA102
16	140	MA103
12	160	MA104
14	160	MA105
16	160	MA106
12	180	MA107
14	180	MA108
16	180	MA109

3.3.3 Metodología experimental por objetivos

Objetivo N°1: Evaluar el efecto de la humedad y temperatura en el proceso de cocción por extrusión sobre el contenido proteico e índice de gelatinización de una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays L.*) y tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*).

a) Identificación de variables

Variable independiente

- Porcentaje de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi
- Humedad inicial de alimentación (12%, 14% y 16%)
- Temperatura en el proceso de extrusión (140, 160 y 180°C)

Variable dependiente

- Contenido proteico (% de proteínas)
- Índice de gelatinización (% del Índice de gelatinización)

b) Análisis estadístico

Para la evaluación del contenido proteico y el índice de gelatinización de la mezcla con mayor Score Químico obtenido mediante el DCC sometidos a diferentes

humedades y temperaturas, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con un valor de $p < 0.05$, mediante el Diseño Factorial Completamente al Azar (DFCA), seguido de una Superficie Respuesta.

Objetivo N°2: Determinar las características fisicoquímicas y sensoriales de las mezclas alimenticias a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays L.*) y tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) con alto contenido proteico e índice de gelatinización.

a) Identificación de variables

Variable independiente

- Formulaciones con mayor contenido proteico

Variable dependiente

- Características físicas (Texturales; firmeza, consistencia, cohesividad e índice de viscosidad químicas y sensoriales; grado de satisfacción) y químicas (humedad, acidez expresada en ácido sulfúrico, grasa, carbohidratos, cenizas y fibra)
- Características sensoriales (grado de satisfacción)

b) Análisis estadístico

Para la evaluación de las características físicas (Texturales; firmeza, consistencia, cohesividad e índice de viscosidad químicas y sensoriales; grado de satisfacción) y químicas (humedad, acidez expresada en ácido sulfúrico, grasa, carbohidratos, cenizas y fibra) de las mezclas sometidos a diferentes humedades y temperaturas; se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con un valor de $p < 0.05$, mediante el Diseño Factorial Completamente al Azar (DFCA) al igual que para las características sensoriales (grado de satisfacción) con un valor de $p < 0.05$.

Objetivo N°3: Identificar la calidad proteica (Relación de eficiencia proteica PER y Razón neta de Proteínas NPR) de la mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), maíz (*Zea mays L.*) y tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) con mayor grado de satisfacción.

a) Identificación de variables

Variable independiente

- Mezcla con mejores características sensoriales

Variable dependiente

- Calidad proteica (Relación de Eficiencia Proteica - PER y Razón de Proteína Neta - NPR)

3.3.4 Método de análisis

A. Determinación de humedad de la mezcla

Para ello se tomó como referencia el método gravimétrico por la pérdida de peso descrito por la NTP 205.0.37 (revisada el 2016):

En una balanza analítica se pesó aproximadamente 5 gramos de la muestra y se colocó en una estufa a 130 ± 3 °C durante una hora, al término del tiempo se extrajo de la estufa y se colocó en un desecador hasta que se alcance la temperatura ambiente, luego se registró el peso final y el porcentaje de humedad se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ humedad: } \frac{P_1 - P_2}{m} * 100$$

P1 = Peso del crisol más la porción de muestra sin desecar.

P2 = Peso del crisol más la porción de muestra desecada.

m = Peso de la porción de muestra.

B. Análisis físicos (determinación de propiedades texturales)

Se tomó como referencia el método descrito por Angioloni y Collar (2009) para lo cual se prepararon mazamoras (quinua, tarwi y kiwicha) dispersando la mezcla en agua a 80°C en una relación de 1:7, las mezclas se agitaron y se midieron las propiedades texturales usando texturómetro universal INSTRON, se depositó 100 g de mazamorra en el cilindro de Back Extrusión (diámetro 50mm, altura 70 mm) y se penetra hasta un 30% con un émbolo (diámetro 42 mm) a la velocidad de 1mm/s y una precarga de 10 g-f.

Con los datos obtenidos se determinaron los parámetros texturales de las mazamoras, los cuales fueron firmeza (Ec. 1), consistencia (Ec. 2), cohesividad (Ec. 3) e índice de

viscosidad (Ec. 4), para lo cual se aplicaron las siguientes fórmulas para la determinación de cada parámetro antes mencionado:

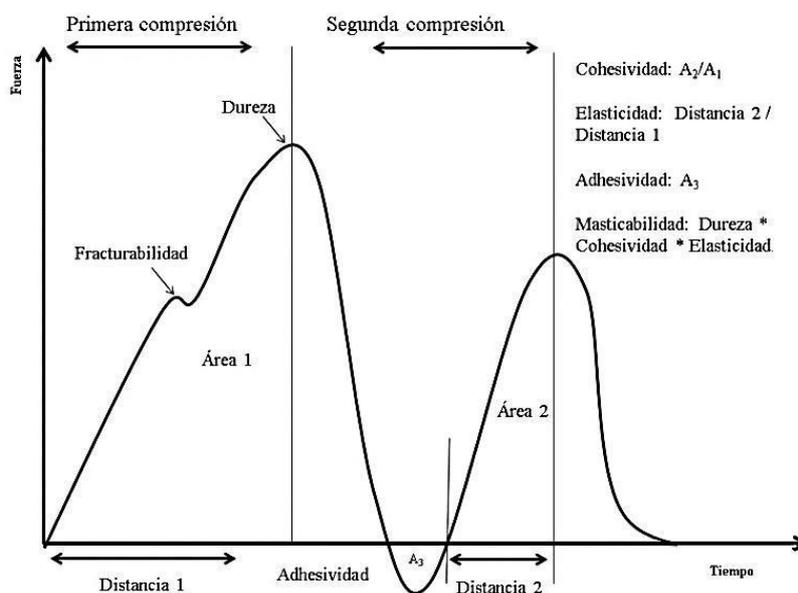


Figura 15: Grafica general del análisis del perfil de textura

FUENTE: Hleap y Velasco (2010)

- *Firmeza* = Fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión (N) (Ec. 1)
- *Consistencia* = Area 1 + Area 2 (N.S) (Ec. 2)
- *Cohesividad* = $\frac{\text{Area 2}}{\text{Area 1}}$ (N) (Ec. 3)
- *Indice de viscosidad* = Area 3 (N.s) (Ec. 4)

C. Evaluación sensorial

Para dicho análisis se tomaron a 100 niños de 3, 4, 5 y 6 años (preescolares) como jueces de tipo consumidor quienes son consumidores habituales o potenciales de las mezclas alimenticias y se determinaron las características generales como el grado de satisfacción de las mezclas mediante una escala hedónica gráfica (escala de caritas) tomado como referencia del estudio realizado por Velázquez *et al.*, (2023) ya que al emplearse a niños como jueces, podría ser difícil para ellos comprender las diferencias de términos más complejos.

Para la preparación de las mezclas se siguió la metodología sugerida por Akande *et al.* (2017b) con algunas modificaciones en cuanto al contenido de azúcar, se prepararon las muestras con una concentración de 20% de la mezcla y 80% de agua a 80°C

aproximadamente y se agregó azúcar el 10% de la cantidad total, posterior a ello se depositaron alrededor de 10ml de las mezclas en vasos de Tecnopor idénticos presentándoselos a cada panelista, con números aleatorios de tres dígitos, seguidamente los panelistas pasaron a la evaluación de las muestras presentadas.

Para lo cual se escogieron dos Instituciones Educativas Iniciales, siendo la primera la I.E.I. 357 San José quienes presentan una mayor cantidad de estudiantes entre 3 a 5 años de edad, siendo una de las más reconocidas en el distrito de San Miguel, Provincia San Román y departamento de Puno, perteneciente a la Zona Urbana. La siguiente fue la I.E.I. 72230 Huancho Arriba siendo una de las primeras instituciones fundadas de la comunidad de Huancho Lima perteneciente al distrito y provincia de Huancané, departamento Puno, siendo clasificada como una institución de Zona Rural.

D. Determinación de Relación de Eficiencia Proteica (PER)

Para dicho análisis se tomó como referencia lo descrito por García *et al.* (2022) y Osborne *et al.* (1919), en la cual se usaron tres ratas machos de entre 21 a 26 días de nacido raza holtzman obtenidos de los laboratorios de Bioterio de la Universidad Católica de Santa María de la ciudad de Arequipa, los animales se alojaron en jaulas de acero inoxidable (1 animal por jaula) en un ambiente controlado mediante un Arduino con una temperatura de 20 - 22°C y a 30 - 50% de humedad relativa, con periodos de luz por 12 horas (natural) y 12 horas de oscuridad, el periodo de alimentación fue a las horas de la mañana durante 28 días, cada 3 días se registraba el consumo diario de alimento proteico y la ganancia de peso del animal experimental, proporcionándose agua *ad libitum*, realizando una limpieza a diario, posterior a ello se aplicó la siguiente ecuación empleada por Acevedo *et al.*, (2018):

$$PER = \frac{\text{Incremento de peso (g)}}{\text{Proteína ingerida (g)}}$$

E. Determinación de Razón de Proteína Neta (NPR)

Para el presente análisis se determinó por medio del método descrito por Bender y Doell (1957) basada en el cambio de peso corporal de los animales experimentales, es decir la capacidad de la proteína para mantenimiento y crecimiento, en la cual se usaron seis ratas machos de 21 días de nacido raza holtzman obtenidos de los laboratorios de Bioterio de la Universidad Católica de Santa María de la ciudad de Arequipa, los animales se alojaron en jaulas de acero inoxidable (1 animal por jaula) en un ambiente controlado mediante un

Arduino con una temperatura de 20 - 22°C y a 30 - 50% de humedad relativa, con periodos de luz por 12 horas (natural) y 12 horas de oscuridad.

Los animales de experimentación fueron divididos en dos grupos, un grupo experimental constituido por tres ratas las cuales recibían la mezcla alimenticia (carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi) y un grupo control formado igualmente por tres ratas en las que se les suministraba una dieta bajo en proteínas (maíz) sin la adición de ninguna vitamina y/o mineral, tomándose en cuenta la recomendación brindada por las normas éticas de no someter a los animales de experimentación a algún sufrimiento alguno, causando un daño innecesario al animal al someterla a una dieta aproteica (Mrad, 2006), el periodo de alimentación fue a las horas de la mañana durante 14 días, donde cada 3 días se registraba el consumo diario del alimento y la ganancia de peso de los animales de experimentación, proporcionándose agua *ad libitum*, realizando una limpieza a diario, posterior a ello se aplicó la siguiente ecuación;

$$NPR = \frac{(Ganancia\ de\ peso\ grupo\ exp + Perdida\ de\ peso\ grupo\ control)}{Proteina\ consumida\ por\ grupo\ exp}$$

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FORMULACIÓN OBTENIDA PARA LA MEZCLA ALIMENTICIA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA, QUINUA, MAÍZ Y TARWI

Mediante el Diseño Central Compuesto (DCC) se consideraron como factores principales la cantidad de carne de alpaca, quinua y tarwi, siendo el maíz un complemento a las formulaciones por considerarse una materia prima base y comúnmente usado en el proceso de cocción extrusión, para así obtener adecuadas características físicas en los extruidos, la determinación de puntos máximos y mínimos de los factores se muestran en la Tabla 22 resumiéndose la matriz del diseño en estudio obtenido.

Tabla 22: Resumen del Diseño Central Compuesto para las mezclas

Nivel codificado (Xi)	Nivel real		
	Carne de alpaca	Harina de Quinua	Harina de Tarwi
-1.68	1	30	3
-1	2.82	36.08	7.66
0	5.5	45	14.5
1	8.17	53.91	8.17
1.68	10	60	26

Mediante el DCC se obtuvieron 20 mezclas, estas se contrastaron mediante el score químico con el contenido de aminoácidos presentes en cada materia prima, observándose en la Tabla 23 las formulaciones de la mezcla alimenticia con su cálculo de Score Químico, donde el contenido de aminoácidos para cada formulación puede ser vistas en el Anexo 4, llegando a obtener un Score Químico mínimo de 90.07% y un máximo de 113.17%, mientras que en la Tabla 24 se observa la composición de la mezcla alimenticia con alto Score Química, comprendida entre un 10% harina de carne de alpaca, 45% de harina de quinua, 30.50% de harina de maíz y 14.50% de harina de tarwi.

Tabla 23: Score Químico de las formulaciones obtenidas

N°	Carne de alpaca	Harina de quinua	Harina de tarwi	Harina de maíz	Score Químico (%)
1	2.82	36.08	7.66	53.43	89.80
2	8.18	36.08	7.66	48.08	100.93
3	2.82	53.92	7.66	35.59	100.26
4	8.18	53.92	7.66	30.24	111.39
5	2.82	36.08	8.18	52.92	90.07
6	8.18	36.08	8.18	47.57	101.20
7	2.82	53.92	8.18	35.08	100.53
8	8.18	53.92	8.18	29.73	111.67
9	1.00	45.00	14.50	39.50	94.88
10	10.00	45.00	14.50	30.50	113.17
11	5.50	30.00	14.50	50.00	95.44
12	5.50	60.00	14.50	20.00	105.74
13	5.50	45.00	3.00	46.50	98.11
14	5.50	45.00	26.00	23.50	108.83
15	5.50	45.00	14.50	35.00	104.24
16	5.50	45.00	14.50	35.00	104.24
17	5.50	45.00	14.50	35.00	104.24
18	5.50	45.00	14.50	35.00	104.24
19	5.50	45.00	14.50	35.00	104.24
20	5.50	45.00	14.50	35.00	104.24

Tabla 24: Conformación de la mezcla alimenticia con alto Score Químico

Componentes	Unidades
Carne de alpaca	10%
Harina de Quinoa	45%
Harina de Tarwi	14.5%
Harina de Maíz	30.5%
Score Químico	113.17%

En base a la formulación obtenida, se identificó que no existe aminoácidos limitantes en la presente mezcla alimenticia según el patrón de requerimientos de aminoácidos esenciales para niños de 3 a 10 años (FAO, 2017), simbolizándose que la mezcla es categorizada como una proteína ideal, siendo los resultados obtenidos mediante los cálculos a partir de los aminoácidos esenciales de cada materia prima reportadas en la bibliografía por medio de Tablas “Contenido de proteínas y aminoácidos de los alimentos” (FAO/OMS 1985). Asimismo, se estaría cumpliendo y superando con el valor mínimo de Score Químico con respecto al patrón de aminoácidos requeridos para niños preescolares establecidos por WHU/FAO/UNU del 2007 (FAO, 2017).

4.2 BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA DE LA MEZCLA ALIMENTICIA EXTRUIDA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA, QUINUA, MAÍZ Y TARWI.

4.2.1 Balance de materia

En la siguiente Figura se observa el balance de materia del proceso de cocción extrusión de la mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.

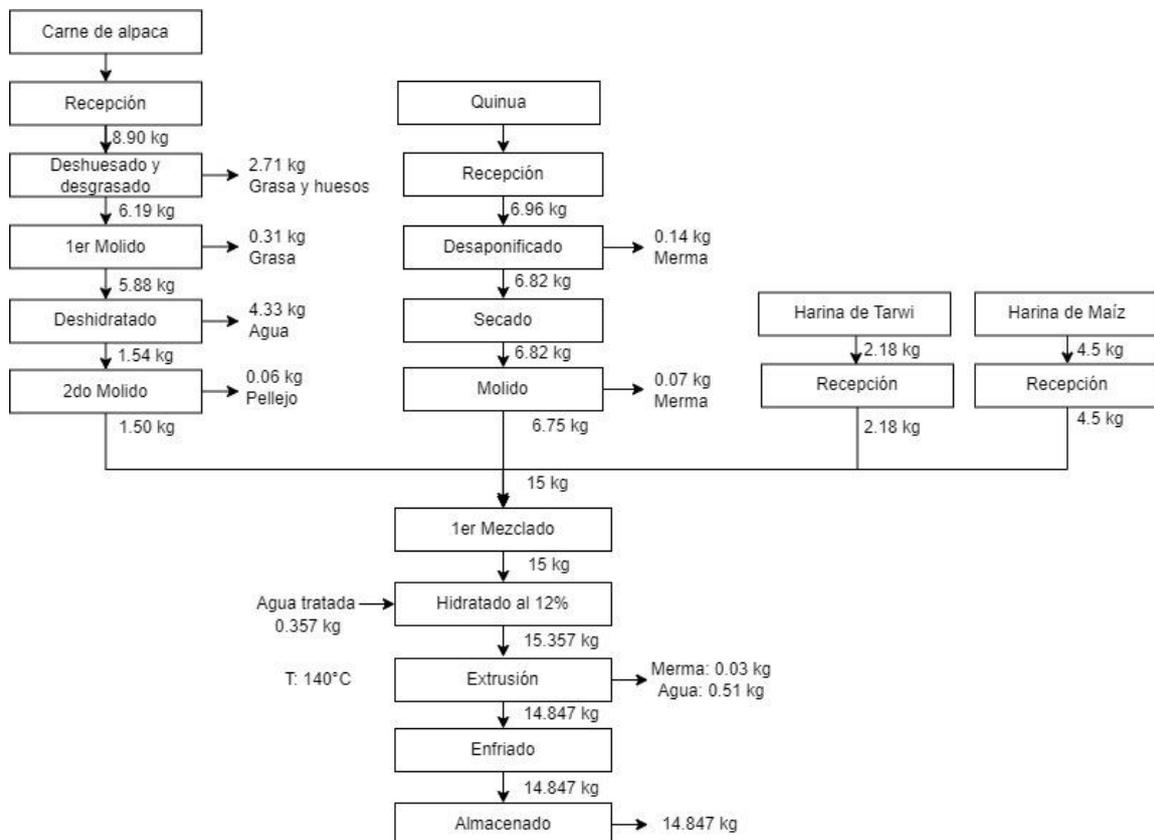


Figura 16: Balance de materia de la mezcla a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.

4.2.2 Balance de energía

$C_p = 1.424 * X_c + 1.549 * X_p + 1.675 * X_g + 0.837 * X_m + 4.187 * X_w$ (Ec. 5) (Heldman y Singh, 1881)

$$Q_s = m * C_p * (T_2 - T_1) \text{ (Ec. 6)}$$

$$Q_L = m * L_v \text{ (Ec. 7)}$$

Donde:

C_p : Calor específico kcal/kg

X_c : Fracción de carbohidratos

X_p : Fracción de proteínas

X_g : Fracción de grasas

X_m : Fracción de sales minerales

X_w : Fracción de agua

Q_s : Calor sensible requerido en kcal

Q_L : Calor latente requerido en kcal

L_v : Calor latente de vaporización

m : Masa en kg

T_1 : Temperatura de entrada °C

T_2 : Temperatura de salida °C

Balance de energía en la deshidratación de la carne de alpaca:

$$Q_L = (8.90 \text{ kg}) * (580 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})$$

$$Q_L = 5162 \text{ kcal}$$

Balance de energía en el enfriado de la carne de alpaca deshidratada

$$C_p = 1.424 * (0.3365) + 1.549 * (0.427) + 1.675 * (0.013) + 0.887 * (0.1145) + 4.187 * (0.109)$$

$$C_p = 0.411 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$Q_s = (1.5 \text{ kg}) * (0.411 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) * (17^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C})$$

$$Q_s = -38.86 \text{ kcal}$$

Balance de energía en la extrusión de la mezcla alimenticia:

$$C_p = 1.424*(0.087) + 1.549*(0.029) + 1.675*(0.0092) + 0.887*(0.003) + 4.187*(0.025)$$

$$C_p = 0.069 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$Q_s = (15.327 \text{ kg})*(0.069 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})*(180^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$Q_s = 170.14 \text{ kcal}$$

Balance de energía en el enfriamiento después de la extrusión de la mezcla alimenticia:

$$Q_s = (14.847 \text{ kg})*(0.069 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})*(10^\circ\text{C} - 140^\circ\text{C})$$

$$Q_s = -133.90 \text{ kcal}$$

4.3 EFECTO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA EN EL PROCESO DE COCCIÓN POR EXTRUSIÓN SOBRE EL CONTENIDO PROTEICO E ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN DE UNA MEZCLA ALIMENTICIA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA, QUINUA, MAÍZ Y TARWI.

4.3.1 Efecto de la cocción por extrusión sobre el contenido proteico de la mezcla alimenticia

De las 20 formulaciones obtenidas se escogió la formulación F10 compuesta por 10% de harina de carne de alpaca, 45% de harina de quinua, 30.50% de harina de maíz y 14.50% de harina de tarwi la cual fue sometida a diferentes porcentajes de humedad y temperatura de extrusión que se muestra en la Tabla 25 con sus respectivas repeticiones, dando como resultados un alto valor proteico en todas las muestras, superando en su mayoría a los trabajos similares al del presente, observándose que el porcentaje de proteínas oscila entre un valor de $24.55 \pm 0.04\%$ siendo el mínimo y $27.04 \pm 0.03\%$ siendo el máximo, correspondiente al tratamiento MA109 y MA101 respectivamente, habiendo una diferencia de 2.49%.

Tabla 25: Efecto de la humedad y temperatura de extrusión en el contenido proteico de la mezcla alimenticia

Muestras	H (%)	T (°C)	R1	R2	R3	Proteína
			%Ptotal	%Ptotal	%Ptotal	% Ptotal ± SD
MA101	12	140	27.04	27.06	27.01	27.04 ± 0.03
MA102	14	140	26.50	26.48	26.40	26.46 ± 0.05
MA103	16	140	25.91	25.84	25.89	25.87 ± 0.04
MA104	12	160	26.60	26.59	26.62	26.60 ± 0.02
MA105	14	160	25.87	25.85	25.92	25.88 ± 0.04
MA106	16	160	25.27	25.21	25.10	25.16 ± 0.09
MA107	12	180	26.05	26.03	26.07	26.05 ± 0.02
MA108	14	180	25.28	25.29	25.33	25.30 ± 0.03
MA109	16	180	24.59	24.52	24.54	24.55 ± 0.04

NOTA: M: Muestras, H: Humedad, T: Temperatura, %Ptotal: Porcentaje Total de Proteínas, R: Repeticiones

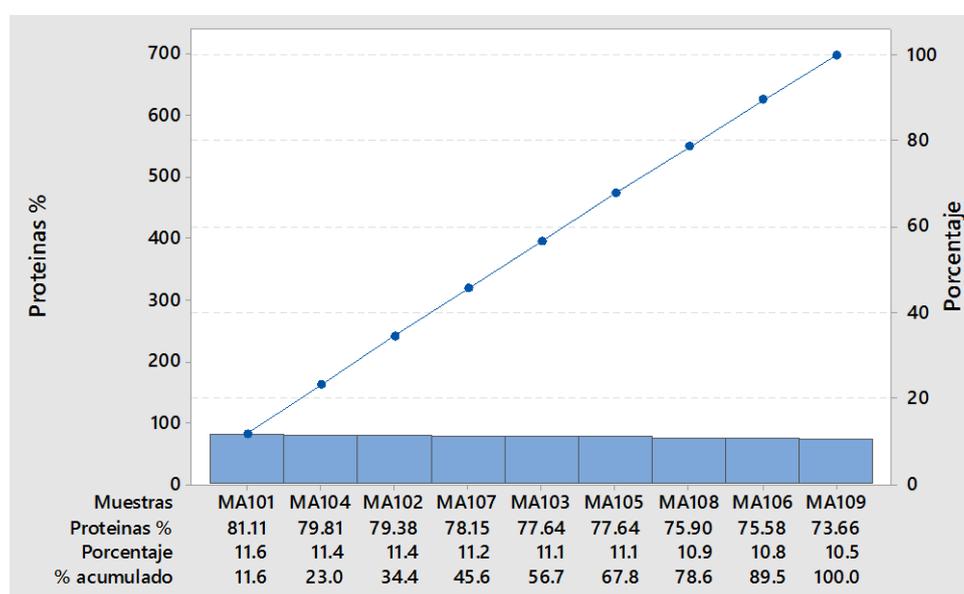


Figura 17: Diagrama de Pareto para las proteínas.

En relación a los resultados obtenidos, se identificó que la muestra MA101 (12%H a 140°C) tuvo un alto valor proteico con un $27.04 \pm 0.03\%$ en comparación a las demás, mientras que MA106 (16%H a 160°C) fue la que presento un menor contenido proteico con un $25.16 \pm 0.09\%$, valores similares se encontraron en el trabajo de tesis por Curasma (2021) de una mezcla de 50% quinua, 20% cañihua, 15% soya y 15% avena con 26.70%,

valores inferiores fueron obtenidos por Pérez *et al.* (2017) quienes desarrollaron un bocadito proteico a base de 57% quinua, 26% tarwi y 17% fécula de camote extruido a 150°C y 15% de humedad alcanzando un 20.16% de proteínas, Aro y Calsin (2019) obtuvieron un 13.74% de una mezcla constituida por quinua, cañihua, cebada, maíz, habas y soya extruida a 180°C y 15% de humedad, de igual manera resultados mencionados por Salazar (2013), obtuvo un 17.90% de proteínas en una mezcla a base de 10 % maíz, 45% tarwi y 45% quinua extruida a 107°C con 10.02% de humedad, por otra parte Espinoza *et al.* (2021) elaboraron un snack extruido a una humedad de 12.60% a base de cereales y un concentrado de pota, en la cual se obtuvo un contenido proteico de 16.80% y por ultimo valores aún más inferiores se obtuvieron por Aranda *et al.* (2021), con un 13.11% en una mezcla a base de tarwi y arroz extruidas a 115°C.

Roldán *et al.* (2022), obtuvieron un valor inferior de 9.56% de proteínas en una barra extruida de 60% maíz, 19% arroz, 15% kiwicha y 6% concentrado proteico de pota a 175 ± 5°C, por su parte Mamani y Espirilla (2016), en la obtención de una sopa instantánea a base de 74.4% maíz amarillo y 20% carne de llama obtuvo un valor superior con un 26.10% extruida a una temperatura de 145°C y por ultimo Pomalque (2008), obtuvo un valor inferior de 12.93% en la elaboración de bocaditos con 10% carne de alpaca, 80% maíz amarillo y 10% chuño blanco por extrusión sometidas a 21% de humedad, a una temperatura de 140°C.

Frente a los resultados y en comparaciones realizadas con trabajos similares, se puede decir que se logró tener una mezcla alimenticia altamente proteico, cumpliendo las expectativas iniciales esperadas, esto debido a la composición de las materias primas, ya que al mezclar ambos grupos alimentarios (vegetal y animal) se logra tener proteínas de alta calidad debido a la compensación de sus aminoácidos esenciales (Mezquita *et al.*, 2007) mejorando la calidad nutricional como lo demuestran estudios realizados por Espinoza *et al.* (2021), donde evidentemente al realizar la comparativa con mezclas a base de cereales y granos andinos la presente obtuvo un mayor contenido proteico, pudiendo ser uno de los factores principales la inclusión de la carne de alpaca, por poseer una gran cantidad de aminoácidos altamente asimilables por el organismo (Kumar *et al.*, 2019) con un contenido proteico de 22.69% (Salvá *et al.*, 2009) seguida del tarwi con 44.20% y por último la quinua con 12.72% de proteínas (Valenzuela *et al.*, 2001) formando cuerpos altamente proteicos concentrados en la mezcla final.

Al aplicar el análisis de varianza del efecto de la humedad, temperatura y la interacción de ambos factores sobre el contenido de proteínas de la mezcla alimenticia este resultado ser significativo ($p < 0.05$) en la cual al realizar la comparación de tukey, se observó que el mejor tratamiento del proceso de cocción por extrusión fue a una humedad del 12% y a una temperatura de 140°C (MA101) puesto que presenta una alta cantidad de proteínas, siendo las medias de las muestras MA101, MA102, MA104, MA107 y MA109 significativamente diferentes, mientras que MA103 y MA108 no presentaron diferencias significativas en la cual se detalla en el Anexo 33.

En la Tabla 25 se puede observar que la temperatura de extrusión tuvo un efecto significativo negativo en las proteínas, esto debido a que a mayores temperaturas de extrusión existe una alteración de la estructura secundaria, terciaria y hasta cuaternaria (Vidal *et al.*, 2022), creándose pulsos subsónicos y fenómenos de cavitación en los bordes de las hélices, dando paso a la desnaturalización irreversible de las proteínas (FENNEMA, 2007), es decir la estructura de la proteína se aleja de la forma inicial o nativa, debido al cambio en la conformación tridimensional por el movimiento de los diferentes dominios de la proteína (Orozco *et al.*, 2023), afectándose las interacciones no-covalentes, responsables de la estabilización de la estructura, conllevando a un incremento en la entropía de las moléculas, como resultado se da el despliegue de las estructuras tridimensionales (Badui, 2006a) (Figura 18).

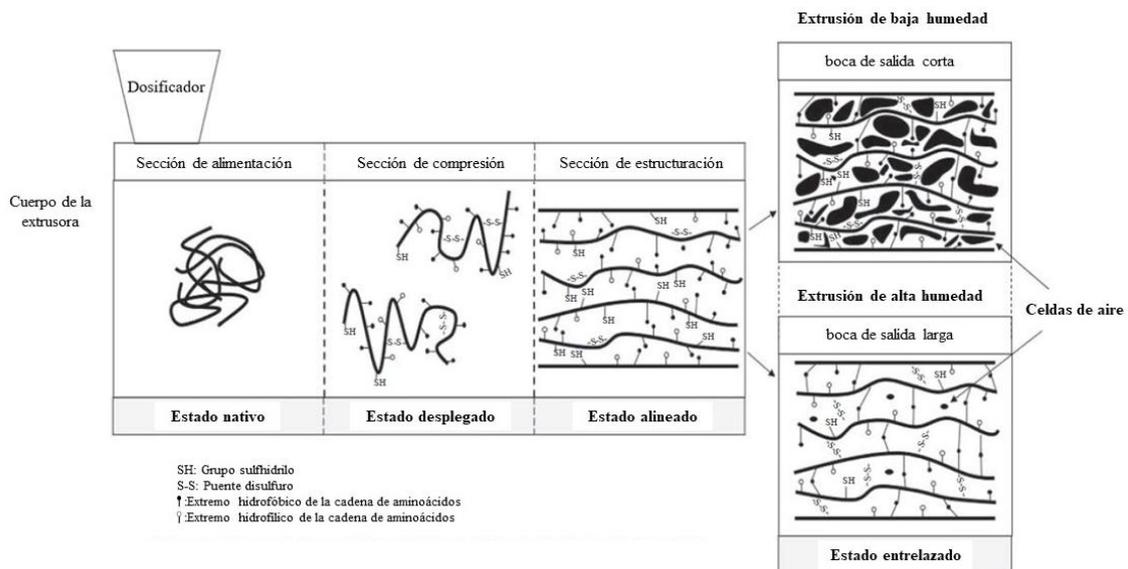


Figura 18: Desnaturalización y la texturización de las proteínas entre los procesos de extrusión a baja (10-30%) y alta humedad (40-80%).

FUENTE: Samard y Ryu (2019)

Seguidamente, las cadenas de aminoácidos se realinean debido a la formación de enlaces cruzados entre las cadenas proteicas desnaturalizadas por medio de amidas, puentes disulfuro y enlaces de hidrógeno, posteriormente se transforman en una estructura fibrosa a partir de nuevos enlaces isopeptídicos (Lee *et al.*, 2023), conformando de la estructura supramolecular que texturiza y estabiliza los productos extruidos (Arêas *et al.*, 2016), es así que este entrecruzamiento así como el desplegamiento de las proteínas podrían influir en la digestibilidad del producto final (Orozco *et al.*, 2023).

Lee *et al.* (2023) mencionan que en algunos casos durante el proceso de desnaturalización de las proteínas se exponen los aminoácidos no polares a la superficie estos aminoácidos provocan fuertes interacciones de proteína-proteína, formando agregaciones de proteínas con un alto peso molecular que finalmente disminuyen la solubilidad de las proteínas (Singh y Koksel, 2021).

El despliegue de la proteína conduce a una mejor exposición de los residuos de aminoácidos, durante el calentamiento se da la agregación de proteínas (unión de proteínas individuales en polímeros de varios tamaños a través de varios enlaces químicos no covalentes y covalentes), donde la formación de enlaces covalentes es promovida por temperaturas más altas y tiempos de calentamiento más prolongados (Mohamed, 2023), siendo los enlaces disulfuro a menudo clasificados como enlaces covalentes, debido a su energía de activación moderadamente alta para la escisión del enlace (Osen *et al.*, 2014), mientras que para los enlaces no covalentes (hidrófobos) se han encontrado pocos cambios entre el material de partida y el extruido en el caso de los aislados de proteínas utilizados como ingredientes crudos (Osen, 2017).

Esta desnaturalización de proteínas tiene un efecto positivo en la digestibilidad de las proteínas de cereales y leguminosas durante la cocción por extrusión, puesto que desnaturaliza los inhibidores de proteasas como la quimotripsina y la tripsina (Badui, 2006) responsables de la disminución en la digestibilidad, inactivando algunos factores anti nutricionales (inhibidores de taninos y fitatos) y esterilizando el producto (Singh *et al.*, 2007), mejorando de esta manera su calidad nutricional y nutracéutica.

Es también importante considerar que, las altas temperaturas y bajas humedades promueven el desarrollo de las reacciones de Maillard en la extrusión, donde los azúcares reductores generados por el cizallamiento del almidón y la sacarosa podrían reaccionar con la lisina reduciendo la calidad nutricional de la proteína (Guy, 2001) conduciendo a

una disminución tanto de la digestibilidad como de la disponibilidad de los aminoácidos implicados (Meng *et al.*, 2024).

La formación de enlaces intermoleculares puede modularse mediante la humedad, en algunos estudios se comprueba que a un mayor contenido de humedad se promueve una mayor formación de puentes disulfuro, pero también mejora la formación de enlaces de hidrógeno (Chen *et al.*, 2011), por su parte el agua reducirá tanto la temperatura de desnaturalización como la temperatura de transición vítrea y la reología de la masa (Van der Sman, 2016). Badui (2006) menciona que la ausencia del agua comprende a una estructura estática cuyos dominios tienen movimientos restringidos, mientras que la presencia de estas moléculas permite el hinchamiento de la matriz de la proteína por hidratación, que facilita el acceso de las moléculas de agua al interior de la molécula dándose un efecto plastificante.

En el presente proyecto estadísticamente se puede observar que la humedad tuvo un efecto significativo negativo en las proteínas (Anexo 33), dándose un ligero decrecimiento de las proteínas a medida que se incrementa el contenido de humedad, Yousefi y Abbasi (2022) mencionan que las proteínas con bajos porcentajes de humedad son más resistentes a los tratamientos térmicos que las proteínas con altos porcentajes de humedad así como lo expone (Fujita y Noda, 1981). El contenido de humedad en el alimento, por otro lado, afecta positivamente a la agregación de proteínas y afecta negativamente la interacción de la proteína (Chanvrier *et al.*, 2015).

Por su parte Otondi *et al.* (2020), mostraron un comportamiento similar al del presente en mezclas de harina instantáneas extruidas de semillas de yuca y chíá, demostrando que al aumentar el contenido de humedad de la mezcla se tiene una disminución significativa del contenido proteico, mientras que Tadesse *et al.* (2019), mencionan que no hubo un efecto significativo de la humedad de alimentación en el contenido proteico de una mezcla extruida a base de sorgo suplementado con harina de soja desgrasada, así mismo las ligeras diferencias en el contenido de humedad de la presente mezcla podrían deberse también a cambios en la capacidad de hidratación del agua de las harinas.

4.3.2 Efecto de la cocción por extrusión sobre el índice de gelatinización de la mezcla alimenticia

El índice de gelatinización de la mezcla alimenticia sometida a diferentes porcentajes de humedad y temperatura se muestra en la Tabla 26 con sus respectivas repeticiones, encontrándose que el proceso de cocción extrusión tuvo como resultado un alto índice de

gelatinización sobre la mezcla en todos los tratamientos, ya que al ser expuestos los gránulos de almidón en estas condiciones se gelatinizan casi en su totalidad, encontrándose que el valor máximo fue de 95.72 ± 0.03 (g/100g), mientras que el valor mínimo fue de 92.08 ± 0.02 (g/100g), habiendo una diferencia de 3.64 (g/100g).

Tabla 26: Efecto de la humedad y temperatura de extrusión en el índice de gelatinización de la mezcla alimenticia

Muestras	H (%)	T (°C)	R ₁ (g/100g)	R ₂ (g/100g)	R ₃ (g/100g)	IG (g/100g) ± SD
MA101	12	140	93.34	93.30	93.38	93.34 ± 0.04
MA102	14	140	92.68	92.73	92.72	92.71 ± 0.03
MA103	16	140	92.06	92.07	92.10	92.08 ± 0.02
MA104	12	160	94.55	94.49	94.57	94.53 ± 0.04
MA105	14	160	93.87	93.86	93.90	93.88 ± 0.02
MA106	16	160	93.26	93.20	93.25	93.23 ± 0.03
MA107	12	180	95.74	95.69	95.75	95.72 ± 0.03
MA108	14	180	95.09	95.00	95.05	95.05 ± 0.05
MA109	16	180	94.37	94.40	94.36	94.38 ± 0.20

NOTA: M: Muestras, H: Humedad, T: Temperatura, R: Repeticiones, IG: Índice de gelatinización

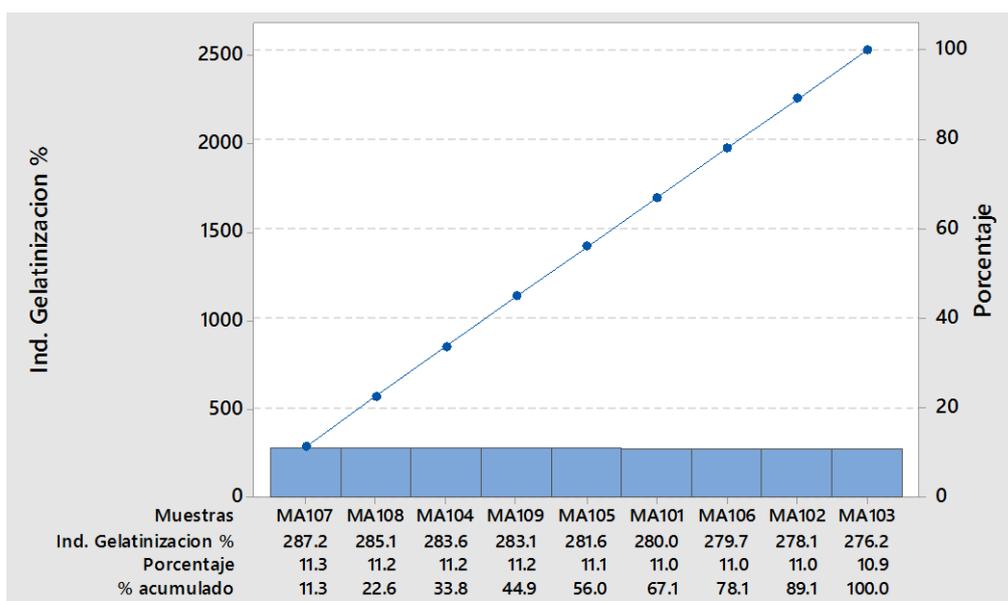


Figura 19: Diagrama de Pareto para el índice de gelatinización.

En base a los resultados expuestos, se puede ver que la muestra MA107 (12% H a 180°C) tuvo un alto índice de gelatinización con un 95.72 ± 0.03 g/100g en comparación a las demás, mientras que MA103 (16% H a 140°C) fue la que menor índice de gelatinización presentó con un 92.08 ± 0.02 g/100g, estos valores fueron comparables con el estudio realizado por Huanatico *et al.* (2021), quienes obtuvieron un 95.87% de una mezcla a base de 25% quinua, 30% maca, 35% cebada y 10% arroz extruido a 165°C con una humedad de 10 a 15%, resultados superiores se encontraron en el estudio desarrollado por Basilio *et al.* (2020), usando 100% kiwicha de variedad centenario con un valor de 99.98% extruido a una temperatura de 190°C y una humedad de 14%, valores inferiores se encontraron en estudios realizados por Aro y Calsin (2019), de una mezcla constituida por quinua, 9.52% cañihua, 5% cebada, 3% maíz, 6% habas y 8% soya en la cual obtuvieron un índice de gelatinización de 81.00% extruida a una humedad de 11% y una temperatura de 150°C, mientras que su valor máximo fue de 98.30% extruida a una humedad de 15% y una temperatura de 180°C, siendo la temperatura el factor significativo en relación al índice de gelatinización en todos los casos.

Estadísticamente la interacción del efecto de la humedad y temperatura sobre el índice de gelatinización de la mezcla alimenticia resultó ser no significativa ($p > 0.05$) es decir, el comportamiento de ambos factores fue igual en todos los tratamientos, no habiendo una diferencia, mientras que el factor de la humedad y temperatura individualmente resultaron ser significativos ($p < 0.05$), en la cual se observó que el mejor tratamiento fue a una humedad inicial del 12% y a una temperatura de 180°C (MA107) por tener un alto valor en comparación a las demás, siendo la media para ambos factores significativamente diferentes (Anexo 34).

En la Tabla 26 se observa que la temperatura de extrusión tuvo un efecto significativo positivo en el índice de gelatinización, esto debido a que los enlaces de hidrogeno entre las moléculas de almidón de la quinua y el maíz se rompen por efecto de la temperatura, así como la disociación de la amilosa (regiones amorfas del almidón) presente en una estructura lineal (Dularia *et al.*, 2024), ya que dicho componente tiene una gran tendencia a formar dobles hélices y sufrir un orden estructural a corto plazo y aumentar el nivel de almidón resistente (Zhang *et al.*, 2022), rompiendo los enlaces glicosídicos α -1,6, lo que da como resultado la desramificación de la amilopectina, la desfragmentación del almidón en bajo peso molecular (Liu *et al.*, 2021) y una cadena de amilosa de longitud corta (Mohamed, 2023), generando el estado desordenado de dicho componente, alcanzando

un punto donde la hinchazón es irreversible, la estructura cristalina nativa (amilopeptina) se vuelve amorfa por efecto del ingreso del agua (Carvajal, 2018) estas se unen por enlaces de hidrógeno a los grupos hidroxilo expuestos de amilosa y amilopeptina y el almidón total se vuelve más soluble (Figura 20), como resultado dichos gránulos se hinchan y se hidratan, dando paso a la formación de una masa fundida y viscosa (Aro y Calsin, 2019).

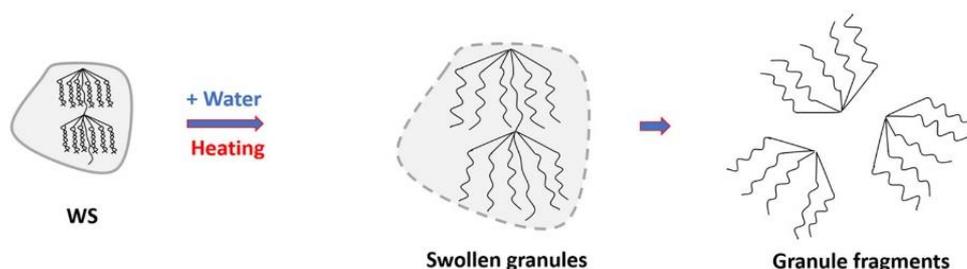


Figura 20: Gelatinización del almidón.

FUENTE: Ji *et al.* (2022)

Gomez y Aguilera (1983), mencionaron que en el proceso de cocción extrusión el índice de gelatinización se debe a un mecanismo llamado dextrenización, polímero intermedio entre el almidón y la dextrosa, siendo un sólido amorfo de color crema hasta marrón, como se reafirma en resultados expuestos por Chien *et al.* (2022), dicho mecanismo consiste en la degradación del almidón por efecto del calentamiento y/o temperatura, en el que se da la escisión de los enlaces glucósido 1,2 de la sacarosa, 1,4 de la rafinosa y los enlaces glucósido 1,4 de las maltodextrinas como lo reafirma estudios realizados por Arêas *et al.* (2016) reorganizándose y repolimerizándose los gránulos de almidón.

Karaman (2021) menciona que la proporción relativa de amilopeptina, amilasa y de las variables de extrusión imparten propiedades funcionales específicas. Por su parte Tovar *et al.* (2017), indican que durante la extrusión las cadenas de amilosa se lixivian en la fase acuosa intergranular, favoreciendo el incremento en la viscosidad, así mismo Chen *et al.* (2022), en su estudio extrusión de proteína de soja exponen que la amilopeptina promovió el desarrollo de las cadenas de vicilina y legumina en el troquel de extrusión, lo que favoreció el reordenamiento de las proteínas en la zona de enfriamiento para promover aún más la formación de estructuras fibrosas similares a la carne. Por el contrario, el exceso de separación de fases de amilosa y matriz proteica en la matriz mejoró la autoagregación y el replegamiento de las moléculas de proteínas, lo que llevó a estructuras en capas similares a geles. Por su parte, Srichuwong y Jay-lin (2007)

mencionan que la distribución de la longitud de la cadena ramificada de amilopectina determina las propiedades fisicoquímicas y la susceptibilidad enzimática de los gránulos de almidón.

Algunas investigaciones anteriormente realizadas indican que los productos con cantidades altas de amilosa tienden a presentar un mordisco más suave y carecen del carácter crujiente asociado con muchos bocadillos expandidos directamente, mientras que la amilosa no aumenta la viscosidad y no mantiene bien la expansión sin amilopectina, debido al mayor peso molecular de la amilopectina, se presta muy bien para generar una viscosidad muy alta (Ek *et al.*, 2020).

Teóricamente se determinó que la harina de maíz poseía mayores contenidos de almidón (72.20 – 73.80%) que la harina de quinua (66.30 – 68.10%), otorgándole propiedades de expansión, gelatinización, solubilidad, tecnológicas y reológicas ideales para snacks extruidos (Srichuwong *et al.*, 2017), mejorando las propiedades sensoriales y texturales de los productos, el mismo autor menciona que los almidones de maíz poseen una mayor expansión que los almidones de quinua debido al tamaño de los almidones, donde se vio que el almidón de maíz tenía entre 5 a 35 μm de diámetro compuesto por gránulos lenticulares grandes (10 – 40 μm), que eran más grandes que de la quinua con 0,3 a 1,7 μm de diámetro que se presentaban como entidades esféricas individuales y agregados oblongos (10 - 20 μm), confiriendo esta última propiedades de espesar mas no de gelificar en harinas extruidas de quinua, debido a la mayor presencia de la amilopectina y en menor cantidad de la amilosa (Cerón *et al.*, 2016).

Li y Zhu (2017), mencionan que la gran cantidad de cadenas unitarias cortas de amilosa y la baja cantidad de cadenas unitarias largas en la amilopectina de quinua pueden proporcionar una explicación para las bajas temperaturas de gelatinización del almidón de quinua. Mediante números trabajos de investigación se dice que la inclusión de algunas leguminosas y fuentes con bajo contenido de almidón reducen la expansión en productos extruidos, esto se debe también al mayor contenido de proteína y fibra en el material procesado, formando una estructura transversal compacta con un complejo de proteína-almidón (Mościcki y Wójtowicz, 2011) dándose un comportamiento igual en estudios realizados por Tiga *et al.* (2021) en pastas a base de quinua, Li *et al.* (2016), sugieren que la amilosa podría restringir la hinchazón de los gránulos de almidón al tener una

correlación negativamente del poder de hinchamiento Li y Zhu (2018), indican que la relación entre poder de hinchamiento y el contenido de amilosa es complicado.

Los altos contenidos de fibra presente en el amaranto, quinua y kañiwa fue un factor a considerar en la reducción del grado de hidrólisis de los carbohidratos en estudios publicados por Ramos *et al.* (2015), ya que pudo a ver favorecido la formación de complejos amilosa-lípido y amilosa-proteína actúan como agentes estabilizadores de las hélices en el sistema del almidón, las micrografías de rayos X mostraron una serie de formaciones en forma de nudos especialmente en extruidos de quinua al 20% creyéndose que dichos nudos fueron el resultado de la retrogradación del almidón que finalmente se vio obstaculizado conjuntamente con los macronutrientes Kowalski *et al.* (2016), mencionan que la disminución de la expansión por la fibra puede deberse a la retención de agua en la matriz de la fibra durante el proceso, reduciendo así el vapor creado, en el mismo estudio se vio que la harina de quinua tenía una expansión relativamente baja en comparación con los cereales como el maíz o el trigo, por lo que se recomienda que dicha materia prima no es muy adecuada para la elaboración de productos expandidos directamente.

En el trabajo realizado por Repo *et al.* (2011), encontraron una menor densidad aparente conjuntamente con un mayor índice de expansión de almidones de quinua al ser comparadas con almidones de maíz simple, resultando tener una porosidad alta de los extruidos de quinua con una inclusión baja de maíz, este comportamiento pudo deberse a la variedad de las materias primas, al tipo de proceso y al equipo usado, por su parte Cueto *et al.* (2015) demostraron que la inclusión de harina de quinua en un 20% con maíz, se pudo notar una superficie más homogénea y con menos poros que a comparación de solo maíz extruido, el mismo comportamiento fue obtenido por Velásquez *et al.* (2021) demostrando un bajo poder de hinchamiento del almidón de quinua.

Garcia *et al.* (2021), reportaron que las proteínas forman barreras físicas protectoras en los gránulos de almidón (complejos almidón-proteína) reduciendo la capacidad de distribución del agua e interrumpe la expansión de las paredes de los poros de la masa fundida en expansión, lo que resulta en una expansión reducida (Liu *et al.*, 2017), pudiendo disminuir la gelatinización del almidón, la gelificación y la viscosidad de las matrices alimentarias, dándose una reducción de la hidrólisis del almidón y la tasa de digestibilidad, a su vez Cornell *et al.* (2019), demostraron que existen interacciones entre

estas tres macromoléculas (almidón, lípidos y proteínas) a través de enlaces no covalentes, lo que lleva a concluir que la conformación del complejo ternario es efectivamente una estructura supramolecular, siendo factores de importancia a considerar en la disminución de la solubilidad del almidón.

Así mismo se pudo observar que la humedad tuvo un efecto significativo negativo en el índice de gelatinización, es decir a mayor humedad se hallaron valores menores en relación al índice de gelatinización, teniendo el mismo comportamiento en resultados expuestos por Arêas *et al.* (2016), donde mencionan que se da una mayor gelatinización del almidón a bajos contenidos de agua, en estudios publicados por Zhang *et al.* (2022) se expone que a un bajo contenido de humedad el almidón de digestión rápida (RDS) aumenta, mientras que el contenido de almidón de digestión lenta (SDS) y almidón resistente (RS) disminuye, lo que aumenta la digestibilidad *in vitro* al aumentar el valor calórico; en contraste, la RDS disminuye y la SDS y RS aumentan con un alto contenido de humedad, donde el RS no puede usarse como fuente de calorías, ya que el intestino delgado no puede absorberlo.

Ye *et al.* (2018), indican que dichos gránulos de almidón gelatinizados junto con las proteínas son desnaturalizados, mejorando su digestibilidad y las propiedades sensoriales, estos cambios en la estructura molecular del almidón por efecto de la temperatura podrían mejorar la interacción de este componente con otros no polisacáridos, proteínas, lípidos, polifenoles y otros (Mohamed, 2023), en línea Oke *et al.* (2013), indicaron que las alimentaciones con alto contenido de humedad reducen la elasticidad de la masa y la gelatinización, generando una reducción en la expansión y aumentando la densidad de los extruidos, resultados similares se encontraron en trabajos investigación por Dogan y Karwe (2003) y Zahari *et al.* (2023), usando concentrado proteico de semilla de cáñamo y residuo de fibra de avena en este último. Los alimentos con menor humedad tienden a ser más viscosos que aquellos con mayor humedad y, por lo tanto, la diferencia de presión al final de la extrusión sería menor para los alimentos con mayor humedad, lo que daría lugar a un producto menos expandido (Mulla *et al.*, 2011).

Es importante señalar que el cizallamiento durante el proceso de cocción extrusión y la temperatura puede aumentar la desfragmentación de las moléculas de almidón tanto amilosa como amilopectina, y que debido a las ramas lineales de amilopectina dentro de las laminillas cristalinas tipo A (como orden de largo alcance) puede ralentizar la digestión del almidón aumentando el rendimiento de la amilosa (Hernandez *et al.*, 2022),

demostrando que los extrusores pueden desramificar la amilopectina de manera más eficiente con un alto rendimiento de amilosa en muy poco tiempo al romper la barrera impuesta por otros métodos de procesamiento de desramificación que requieren una baja concentración de almidón para reducir la viscosidad del sustrato.

Por otra parte se estaría cumpliendo con uno de los requisitos principales establecidos por la “Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a Base de Granos y otros, destinados a Programas sociales de Alimentación”, en el cual menciona que el producto extruido (harina) debe tener un índice de gelatinización de mayor o igual a 85% o mayor a 94% (R.M. M N°451-006/MINSA, 2006), al igual que la NTP 209.260.2004 “Alimentos cocidos de reconstitución instantánea, Papillas”.

4.3.3 Superficie respuesta de la humedad y temperatura en el proceso de cocción extrusión de una mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi.

En la Figura 21 y 22, se muestra la Superficie de Respuesta de la humedad y temperatura sobre el contenido proteico y el índice de gelatinización, observándose el comportamiento de la interacción de ambos factores sobre las variables de respuesta, estando ubicadas en el eje de las abscisas la temperatura de extrusión y en el eje de las ordenadas la humedad inicial de alimentación.

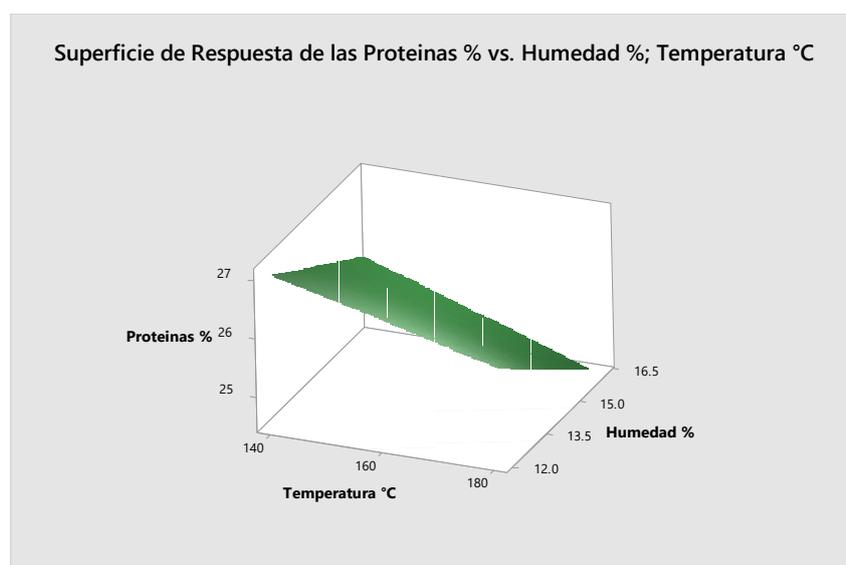


Figura 21: Superficie respuesta del contenido proteico vs la humedad y temperatura.

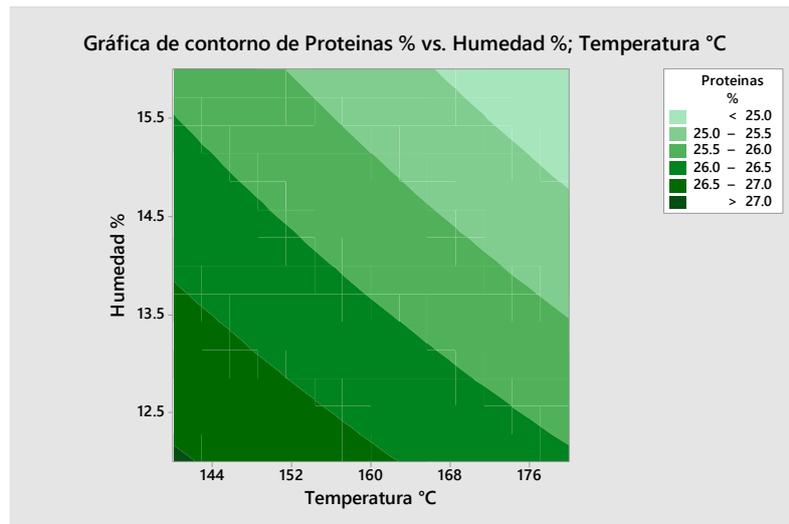


Figura 22: Grafica de contorno de proteínas vs humedad y temperatura de extrusión.

En la gráfica de la superficie respuesta y el contorno se visualiza que a medida que se aumenta la temperatura de extrusión el contenido proteico de la mezcla disminuye, mientras que para el factor humedad inicial y/o de alimentación a medida que aumenta, el porcentaje de proteínas tiende a disminuir en menor grado que a comparación de la temperatura, dándose para ambos factores una interacción significativa para la variable de respuesta, así mismo se puede observar que para una maximización de los valores se deben usar temperaturas menores y a bajas humedades.

En la Figura 23 y 24 se muestra la Superficie de Respuesta de la humedad y temperatura sobre el índice de gelatinización, estando ubicadas en el eje de las abscisas la humedad de alimentación y en el eje de las ordenadas la temperatura de extrusión.

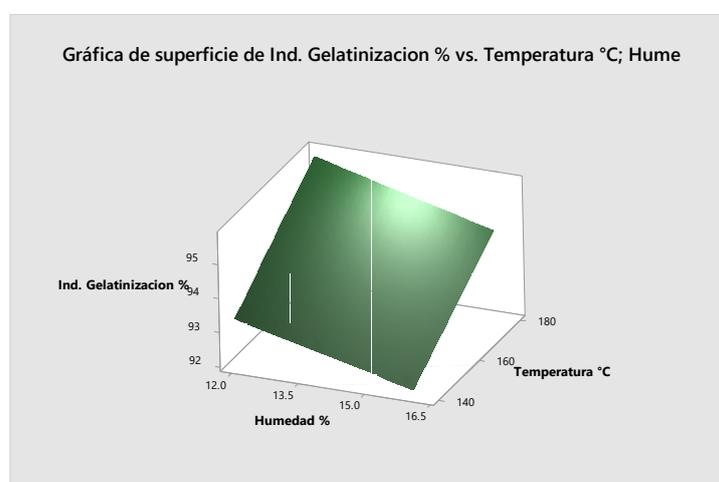


Figura 23: Superficie respuesta del índice de gelatinización vs la humedad y temperatura

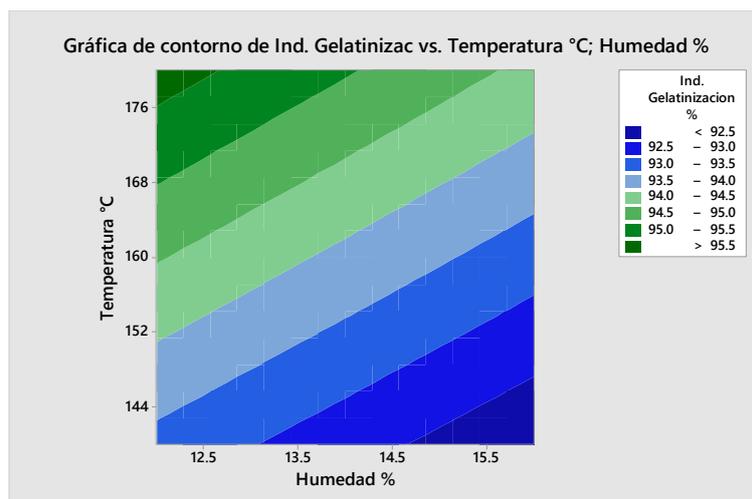


Figura 24: Grafica de contorno del índice de gelatinización vs humedad y temperatura de extrusión.

En la gráfica de la superficie respuesta así como en el contorno se visualiza que a medida que se aumenta la temperatura de extrusión el índice de gelatinización de la mezcla tiene un efecto positivo es decir, este se incrementa, por su parte a medida que aumenta el factor humedad inicial y/o de alimentación el índice de gelatinización tiende a disminuir en menor grado que a comparación de la temperatura, sin embargo estadísticamente para ambos factores no se da una interacción significativa sobre la variable de respuesta, habiendo un comportamiento significativo cuando los factores son individualmente aplicados, así mismo se puede observar que para una maximización de los valores se deben usar temperaturas altas y a bajas humedades, mientras que se obtienen resultados menores a temperaturas bajas y humedades mayores.

4.4 CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LAS MEJORES FORMULACIONES CON ALTO CONTENIDO PROTEICO E ÍNDICE DE GELATINIZACIÓN DE LAS MEZCLAS ALIMENTICIAS A PARTIR DE CARNE DE ALPACA, QUINUA, MAÍZ Y TARWI

4.4.1 Características físicas (texturales)

Los resultados obtenidos en cuanto a las características texturales por medio del método Back Extrusión se muestran en la Tabla 27, donde el valor máximo para la firmeza fue de 11.37 ± 0.07 N (MA103), mientras que el valor mínimo fue de 8.56 ± 0.16 N (MA104), hallándose una diferencia de 2.81 N, para la consistencia el valor máximo hallado fue de 9.98 ± 0.34 N.s (MA103), por otra parte el valor mínimo fue de 8.01 ± 0.22 (MA104) habiendo una diferencia de 1.72 N.s, como penúltimo para la cohesividad el valor máximo obtenido fue de 0.02 ± 0.00 N (MA107), mientras que el valor mínimo fue de 0.01 ± 0.00

N para las restantes, encontrándose una diferencia de 0.01 N y por último el valor más altos para el índice de viscosidad fue 8.76 ± 0.34 N.s (MA103), mientras que el valor mínimo fue de 7.16 ± 0.12 N.s (MA104), en la Figura 25 se observa la curva tiempo-fuerza de la prueba Back extrusión de la mezcla.

Tabla 27: características texturales de la mezcla alimenticia a diferentes humedades y temperatura

M	H (%)	T (°C)	Firmeza (N)	Consistencia (N.s)	Cohesividad (N)	IV (N.s)
MA101	12	140	8.77 ± 0.23	8.41 ± 0.05	0.01 ± 0.00	7.45 ± 0.23
MA102	14	140	8.85 ± 0.26	8.26 ± 0.56	0.01 ± 0.00	6.93 ± 0.64
MA103	16	140	11.37 ± 0.07	9.98 ± 0.34	0.01 ± 0.00	8.76 ± 0.34
MA104	12	160	8.56 ± 0.16	8.01 ± 0.22	0.01 ± 0.00	7.16 ± 0.12
MA105	14	160	9.34 ± 0.05	9.10 ± 0.29	0.01 ± 0.00	8.07 ± 0.08
MA106	16	160	9.29 ± 0.15	8.88 ± 0.45	0.01 ± 0.00	7.42 ± 0.28
MA107	12	180	10.19 ± 0.01	9.69 ± 0.25	0.02 ± 0.00	8.30 ± 0.22
MA108	14	180	10.70 ± 0.07	9.48 ± 0.12	0.01 ± 0.00	8.06 ± 0.08
MA109	16	180	9.19 ± 0.10	8.74 ± 0.38	0.01 ± 0.00	7.54 ± 0.14

NOTA: M: Muestras, H: Humedad, T: Temperatura, IV: Índice de viscosidad

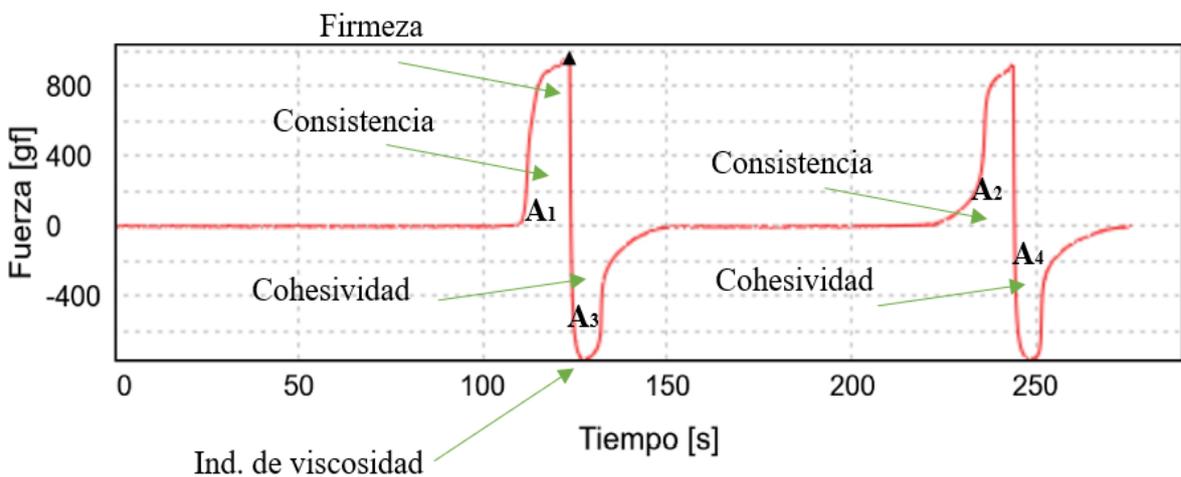


Figura 25: Curva tiempo-fuerza mediante la prueba Back extrusión, de la mezcla alimenticia.

A. Firmeza

El tratamiento con codificación MA101 acondicionado a una humedad inicial de 12% y sometido a una temperatura de extrusión de 140°C resulto tener 8.77 ± 0.23 N, valores similares se obtuvo en estudios realizados por Vidaurre *et al.* (2020), con 9.07 ± 0.19 N en masas sin gluten elaboradas a base de 50% kiwicha y 50% almidón de papa, mientras que MA107 acondicionado a una humedad inicial de 12% y sometido a una temperatura de extrusión de 180°C resulto tener 10.19 ± 0.01 N, valores superiores se encontraron en resultados expuestos por Diaz y Hernandez (2012), con 15.69 ± 18.9 N en una masa de panificación con inclusión de 20% de quinua, para ambas muestras valores inferiores se reportaron por Basilio (2020), con 5.29 ± 12.9 N en una mezcla constituida a base de 80% quinua y 20% kiwicha debido a las diferentes proporciones de almidón y su relación de amilosa/amilopectina presentes en las materias primas y por ultimo valores aún más inferiores fue hallado por Vidaurre *et al.* (2019), con 0.80 ± 0.1 N en geles de mezclas a base de quinua, kiwicha y tarwi, esto debido a que como lo dice el mismo autor la incorporación de la harina de tarwi tuvo un efecto significativo, debido a la baja cantidad y/o ausencia del almidón.

Estadísticamente la interacción de la humedad de alimentación y la temperatura de extrusión sobre la firmeza resultaron ser significativos ($p < 0.05$), donde la comparación tukey demostró que a una humedad de alimentación del 16% y una temperatura de 140°C (MA103) se encuentra el máximo valor para dicho análisis con un 11.37 ± 0.07 N en la cual se detalla en el Anexo 35. Para el presente componente es observable que la fuerza máxima obtenida durante el primer ciclo de compresión imita el primer mordisco siendo el primer punto observado sobre el área 1 (A_1) en la Figura 25, mientras haya una mayor dureza habrá una red más densa (Kaleda *et al.*, 2021), es decir se requerirá una mayor fuerza para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar (Hleap y Velasco, 2010).

En investigaciones anteriores realizadas por Wang *et al.* (2023), sugirieron que los alimentos con un mayor grado de dureza tenían menos probabilidades de masticarse, deglutirse y tragarse, como consecuencia no serían aceptables para los consumidores, mucho menos para los preescolares, es así que se puede decir que las mezclas del presente trabajo tienen un valor adecuado y aceptable de firmeza destinada a infantes, donde dichos conceptos se corroboran con el análisis sensorial realizado.

B. Consistencia

Para el tratamiento MA101 (12% H a 140°C) se obtuvo un 8.41 ± 0.05 N.s, mientras que MA107 (12% H a 180°C) obtuvo un 9.69 ± 0.25 N.s, valores ligeramente superiores se hallaron en resultados obtenidos por Basilio (2020), con 10.83 ± 31 N.s con una composición de la mezcla de 20% de harina de quinua y 80% de harina de kiwicha extruidas, por su parte valores inferiores se reportaron por Vidaurre *et al.* (2019), con 7.19 ± 0.9 N.s pudiendo deberse a que la mezcla solo era constituida por almidones de quinua con diferentes porcentajes de amilosa y amilopectina, ya que como lo mencionan Laqui *et al.* (2022), la quinua tiene un $12,10\% \pm 0,13 - 9,46\% \pm 0,02$ de amilosa y $87,90\% \pm 0,13 - 90,54\% \pm 0,02$ de amilopectina, valores aún más inferiores se encontraron por Angioloni y Collar (2009), con un valor de 0.53 N.s debido a que la muestra era en una mezcla gelificante de gel y fibra a una concentración de 10%.

Estadísticamente se logra decir que el factor de la humedad, temperatura y la interacción de ambos factores sobre la consistencia resultaron ser significativos ($p < 0.05$), la comparación tukey identificó que a una humedad inicial del 16% y a una temperatura de extrusión de 140°C se encuentra una mayor consistencia a comparación de las demás con un 9.98 ± 0.34 N.s correspondiente al tratamiento MA103 en la cual se detalla en el Anexo 36.

Se observa que la consistencia es el resultado de la suma del área 1 (A_1) del primer ciclo más el área 2 (A_2), se podría decir que MA103 resultó ser más consistente debido a que tuvo un mayor contenido de humedad extruido a una baja temperatura, ya que como mencionan Oke *et al.* (2013), un alto contenido de humedad en una mezcla reduce la elasticidad de la masa, generando un aumento en la densidad de los extruidos, frente a los resultados obtenidos podríamos lograr decir que hay una mayor consistencia del producto a altos valores numéricos es decir, el aumento de la consistencia da como resultado una mayor tasa de percepción de dureza y requiere más tiempo y una mayor actividad muscular durante la comida (Funami *et al.*, 2016), siendo este un efecto negativo para los consumidores de etapa preescolar, sin embargo, al no haber mucha diferencia entre los datos obtenidos no habría el riesgo de poder tener un producto difícil de ser consumido por el público objetivo.

C. Cohesividad

Para todos los casos se vieron que los valores obtenidos como resultados en cuanto a la cohesividad fueron similares con excepción de la muestra MA107 (12%H a 180°C) que tuvo un valor de 0.02 ± 0.00 N, es decir no tuvo mucha desviación, por su parte la muestra MA101 (12%H a 140°C) tuvo un valor de 0.01 ± 0.00 N sin embargo, valores superiores se encontraron por Vidaurre *et al.* (2019) con 0.04 ± 0.00 N en masas con 90% de almidón de papa y 10% de harina de tarwi, así mismo resultados obtenidos por Lee *et al.* (2022) muestran un 0.46 ± 0.021 N en aislado proteico de arroz extruido y 0.79 ± 0.032 N para el aislado proteico soya extruido esto debido a la composición de los almidones provenientes de materias primas con gran cantidad de almidón, de igual forma Basilio (2020) expone una cohesividad de 0.62 ± 1.2 N en su mezcla a base de 20% quinua y 80% kiwicha extruida, finalmente Saldanha *et al.* (2023), obtuvieron un 0.60 ± 0.049 N en una mezcla de concentrado proteico de habas y beta-glucano de avena, las diferencias pueden deberse probablemente a las diferentes composiciones químicas de los ingredientes, ya que como se sabe una mayor cantidad de carbohidratos se contribuirá a construir una textura ideal (gelatinización del almidón) (Saldanha *et al.*, 2023).

Uno de los factores que intervienen en la cohesividad de los alimentos es la cantidad de amilosa/amilopectina presente en los almidones, donde la cantidad de la amilosa está asociada al proceso de gelificación que aumentan su rigidez, mientras que los almidones con predominancia de amilopectina pueden volverse más cohesivos (Solarte *et al.*, 2019).

Llevando a estadística la humedad, temperatura y la interacción de ambos sobre la cohesividad estos resultaron ser significativos ($p < 0.05$), donde la comparación tukey determino que a una humedad de alimentación de 12% y a una temperatura de 180°C (MA107) se encuentra un máximo valor en la cual se detalla en el Anexo 37.

La cohesividad, es observable entre la relación del área 4 del segundo ciclo de compresión (A_4) y el área 3 del primer ciclo (A_3), excluyendo la porción de áreas durante la descompresión, frente a ello se puede decir que a mayores valores de cohesividad, mayor será la fuerza de la red formada para permanecer unida durante la masticación (Angelis *et al.*, 2020), siendo para nuestros datos valores mínimos, indicando que estos pueden dispersarse con facilidad, habiéndose formado una red menos fuerte, pudiendo darse una menor interacción de proteínas-proteínas (Saldanha do Carmo *et al.*, 2023) mejorando la masticación y/o desintegración del producto en el paladar.

D. Índice de viscosidad

Los resultados muestran que el tratamiento codificado con MA101 (12% H a 140°C) resulto tener 7.45 ± 0.23 N.s, mientras que MA107 (12% H a 180°C) tuvo 8.30 ± 0.22 N.s, resultados comparativos se encontraron por Basilio (2020) con 8.20 ± 0.24 N.s en una mezcla de 20% quinua, 49.30% kiwicha extruidas y 30.70% de harina de trigo, valores inferiores se hallaron en resultados expuestos por Vidaurre *et al.* (2019), con 3.54 N.s. en un masas de 90% almidón de papa y 10% harina de kiwicha debido a como se demostró en el estudio el uso de la harina de kiwicha tuvo un efecto significativo en esta propiedad, disminuyendo los valores del índice de viscosidad y la cohesividad por efecto de la dilución del almidón causado por la presencia de proteínas, es decir que las proteínas pueden interferir en la asociación de los enlaces de hidrógeno entre las moléculas del almidón, donde a una mayor viscosidad habrá un mayor trabajo requerido para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la del paladar (Hleap y Velasco, 2010), es decir que tan resistente es al flujo, frente a ello al no tener una gran diferencia y/o desviación de los resultados obtenidos y realizando la comparación con estudios previos, se estima que la mezcla tiene una viscosidad adecuada para el consumidor de etapa preescolar.

La estadística indico una vez más que la humedad, la temperatura y la interacción de ambos sobre el índice de viscosidad resulto ser significativo ($p < 0.05$, realizando la comparación tukey se demostró que a una humedad inicial de 16% y una temperatura de 140°C (MA103) se obtiene un alto índice de viscosidad en comparación a las demás con un 8.76 ± 0.34 N.s en la cual se detalla en el Anexo 38.

El índice de viscosidad comprende el área de fuerza negativa en el primer mordisco, es considerado como la energía de extrusión o el trabajo de adhesión, estando muy relacionada con la firmeza, la cohesión y la consistencia (Nasaruddin *et al.*, 2012). Se cree que las propiedades reológicas de las mezclas están influenciadas por su microestructura, que a su vez determina las interacciones intramoleculares (como enlaces cruzados o entrelazamientos) de las cadenas poliméricas (Motta *et al.*, 2017), Sriket *et al.* (2007) expone que las pruebas de viscosidad muestran que la estructura de la red de masas de fideos con pollo extruidos exhibía propiedades elásticas más pronunciadas, desde esta perspectiva Arzapalo *et al.* (2015), exponen que la amilopectina con una mayor masa molar genera pastas más viscosas a altas temperaturas, mientras que la amilosa es la responsable de altas viscosidades cuando la pasta se enfría.

Al ser compuestas las mezclas alimenticias a base de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi en mayor porcentaje por harinas libres de gluten no obtuvieron un alto índice de viscosidad, ya que este componente es caracterizado por contener una gran cantidad de glutamina, que forma enlaces de hidrógeno intermoleculares e intramoleculares entre las glutaminas, donde los enlaces de hidrógeno pueden hacer que la estructura del gluten sea más estable y tener un efecto mayor en la reología de la masa (Liu *et al.*, 2021).

Es importante considerar que la cantidad de proteínas da un efecto más endurecedor a la masa, mientras que la grasa da un efecto lubricante en pleno proceso de cocción extrusión disminuyendo la velocidad y la energía mecánica, y en consecuencia la cantidad de almidón gelatinizado (Coulter y Lorenz, 1991), Wu *et al.* (2019) en su estudio proteína de soja texturizada y gluten de trigo indican que a un mayor contenido de humedad se podría dar el efecto ablandador en las mezclas lo que reduce efectivamente la densidad de reticulación (transitoria). Además, el agua reducirá tanto la temperatura de desnaturalización como la temperatura de transición vítrea y, por tanto, también la reología de la masa (Van der Sman, 2016).

La cantidad de fibra insoluble contenida en el material de alimentación podría afectar la densidad aparente de los extruidos, ya que el contenido insoluble rompería la pared de las células de aire de los productos extruidos, lo que impediría la expansión total (Alam *et al.*, 2013), endureciendo la masa.

En el troquel de enfriamiento a una temperatura suficientemente baja, los enlaces intermoleculares entre biopolímeros (proteínas y polisacáridos) se vuelven más permanentes y pueden verse de manera similar a los enlaces cruzados en un gel de proteínas, siendo así que la interacción entre estos enlaces cruzados (transitorios) y el flujo de cizallamiento determina en última instancia la reología de la masa proteica (Van der Sman y Van der Goot, 2023).

4.4.2 Características químicas

Las muestras con mayor contenido proteico (MA101 12%H a 140°C) y mayor índice de gelatinización (MA107 12%H a 180°C) analizadas químicas comprendida por humedad, grasa, carbohidratos, cenizas, fibra y acidez expresada en ácido sulfúrico se muestran en las Tablas 28 y 29 respectivamente con sus respectivas replicas cada una como se exponen en los Anexos 25 y 26.

Tabla 28: Características químicas de la muestra con mayor contenido proteico (MA101)

Ensayos	R ₁	R ₂	R ₃	Promedio ± SD
Humedad %	8.65	8.72	8.74	8.70 ± 0.05
Grasa g/100g	10.53	10.49	10.42	10.48 ± 0.06
Carbohidratos g/100g	51.14	51.17	51.19	51.17 ± 0.03
Cenizas g/100g	2.63	2.65	2.6	2.62 ± 0.03
Fibra %	2.72	2.83	2.79	2.78 ± 0.06
Acidez %	0.27	0.28	0.27	0.27 ± 0.00

Tabla 29: Características químicas de la muestra con mayor índice de gelatinización (MA107)

Ensayos	R ₁	R ₂	R ₃	Promedio ± SD
Humedad %	8.40	8.59	8.52	8.50 ± 0.10
Grasa g/100g	8.70	8.85	8.82	8.79 ± 0.08
Carbohidratos g/100g	54.10	54.08	54.11	54.10 ± 0.02
Cenizas g/100g	2.64	2.58	2.56	2.59 ± 0.04
Fibra %	1.87	1.96	1.89	1.91 ± 0.05
Acidez %	0.24	0.25	0.25	0.25 ± 0.00

A. HUMEDAD

En ambas muestras se puede observar que en cuanto al contenido de humedad estas resultaron ser significativas ($p < 0.05$), es decir ambos tratamientos tuvieron contenidos de humedad diferentes, realizándose la comparación tukey se identificó que a una humedad de alimentación de 12% y una temperatura de extrusión de 140°C se tiene un mayor contenido de humedad con un $8.70 \pm 0.05\%$ perteneciente al tratamiento MA101 detallándose en el Anexo 39, valores comparativos se encontraron por Curasman (2021), con un valor de 8.20 g/100g, así mismo Borah *et al.* (2023), reportaron un 8.08 g/100g extruido a una temperatura de 140°C sin embargo, resultados inferiores se encontró por Santacruz *et al.* (2022), con un valor de 4.48 g/100g extruido a una temperatura de 130°C debido a la composición de sus materias primas, ocupando el maíz un mayor porcentaje en la mezcla con un bajo contenido de humedad, por otra parte valores ligeramente

superiores se encontraron por Baah *et al.* (2022), con 11.06 g/100g de una mezcla de maíz, camote y pulpa de naranja.

Frente a los resultados se puede ver que existe ligeramente un menor contenido de humedad en la muestra MA107, esto debido a que el tratamiento tuvo una mayor temperatura de extrusión de 180°C que a comparación del tratamiento MA101 extruido a una temperatura de 140°C, evidenciándose que al trabajar con mayores temperaturas de extrusión existe una pérdida mayor del contenido de humedad observándose el cambio de estado del agua, conocido como el proceso de evaporación por efecto de la temperatura, donde la fijación de agua por las proteínas va reduciendo a medida que se incrementa la temperatura del proceso de cocción por extrusión, disminuyéndose las fuentes de hidrógeno libres (Borah *et al.*, 2023), sin embargo al incrementar el contenido de humedad en una matriz, habrá una menor pérdida de humedad durante la extrusión, considerando que a una mayor temperatura de extrusión existe una mayor pérdida de humedad (Patil *et al.*, 2016).

Para ambas muestra el contenido de agua presente en la mezcla extruida es reducida y adecuado para la estabilidad principalmente microbiológica y química del producto en su almacenamiento (Tovar *et al.*, 2017) a comparación de los extruidos análogos de las carnes con alto contenido de humedad superior al 50% (Rekola *et al.*, 2023), deduciendo que la presente mezcla estaría categorizada con una actividad de agua del 0.40 - 0.60 según Badui (2006), no habiendo una posible y rápida proliferación microbiana, reduciendo de esta manera su alterabilidad y/o perecibilidad en el tiempo, donde los microorganismos de importancia en los alimentos están presentes en valores superiores a 0.60 de actividad de agua (Fennema, 2007).

B. GRASA

En cuanto al contenido de grasa estadísticamente se reporta una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos, al realizar la comparación tukey se vio que a una humedad del 12% y una temperatura de 140°C se tuvo un mayor porcentaje de grasa con 10.48 g/100g perteneciente al tratamiento MA101 seguido del tratamiento MA107 con un menor valor de 8.79 g/100g con una humedad inicial del 12% y extruido a una temperatura de 180°C como se expone en el Anexo 40.

Valores en línea se encontraron por Khatri *et al.* (2023), en su mezcla a base de quinua y chia con un $8.30 \pm 0.55\%$, al igual que el trabajo realizado por Pöri *et al.* (2023), teniendo un 8.90% de un producto extruido híbrido de carne de res y aislado de proteína de guisantes a una temperatura de 160°C , en la cual demostraron que la incorporación de carne de res aumento el contenido de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y se dio la presencia en menor proporción de ácidos grasos polinsaturados que el aislado de proteína de guisante, por contraparte resultados superiores encontraron Bardales *et al.* (2007) con 13.29% de una mezcla constituida por kiwicha, arroz, maíz, trigo, soja, papa y ajonjolí esto pudiendo deberse a que algunas materias primas como el ajonjolí tienen un alto contenido de grasa de 52.03% y por ultimo Aro y Calsin (2019), obtuvieron un $14.31\text{ g}/100\text{g}$ de grasa en base seca en su mezcla de quinua, cañihua, cebada, maíz, haba y soya extruida a 15% de humedad y 180°C de temperatura, debido a la inclusión de aceite vegetal después de ser extruida.

Resultados inferiores fueron hallados por Aranda *et al.* (2021), con un $1.76\text{ g}/100\text{g}$ al igual que Allai *et al.* (2022), reportando un valor de $4.48 \pm 0.24\%$ en su mezcla de harinas integrales y de castaño de Indias extruida a 110°C con una humedad del 14% , debido a que el arroz tuvo una composición del 77.5% de la mezcla siendo una de las materias primas con menor contenido de grasa con un $0.99\text{ g}/100\text{g}$ como lo expone en los resultados, mientras que la mezcla de harina de castaño indias y maíz tuvo un contenido graso del $3.39 \pm 0.15\%$, así mismo Santacruz *et al.* (2022), encontraron un $6.57\text{ g}/100\text{g}$ de un extruido a base de chocho y maíz a una temperatura de 130°C y una humedad de 17% , debido a que esta última materia prima baja en grasa tuvo una mayor proporción en la composición de la mezcla.

Esta diferencia significativa de los resultados presentados podría deberse a que a una temperatura de extrusión de 180°C y con una humedad de alimentación del 12% existe una mayor extracción del aceite en el producto final, como lo mencionan Román *et al.* (2022), al igual que Adeleye *et al.* (2020), ya que en sus resultados se vio que la cocción por extrusión tiende a disminuir el contenido de lípidos de los extruidos, debido a que la alta temperatura junto con el esfuerzo cortante, convierte los lípidos en aceite líquido y mejora la migración del aceite fuera del sistema alimentario, comportamientos similares fueron expuestos por Singh *et al.* (2007), informando que la cocción por extrusión reduce la grasa extraíble, debido a la degradación térmica y la presión.

Esta aparente pérdida de grasa puede también estar relacionada con la formación de lípidos y amilosas complejos que después del tratamiento térmico no pueden extraerse con éter de petróleo (Philipp *et al.*, 2018). Nikinmaa *et al.* (2023), exponen que una temperatura de extrusión alta puede provocar la unión de los lípidos a la matriz, ya que la formación de complejos lipídicos con almidón y proteínas durante la cocción por extrusión podría reducir el rendimiento de extracción de aceites del producto final promoviendo la oxidación de lípidos aminorando la calidad e inocuidad del producto, mientras que a bajas temperaturas estos pueden ser estabilizados.

Arêas *et al.* (2016), mencionan que incluso los altos niveles de ácidos grasos libres por actividad de la lipasa no tienen efectos toxicológicos en los consumidores, aunque la calidad organoléptica y de almacenamiento de los alimentos extruidos pueden verse afectados, debido a la ranciedad y los malos sabores de los productos por la oxidación de lípidos, más aún si estos están expuesto al sol y al contacto con el oxígeno (Badui, 2006).

La oxidación del colesterol presente en la carne da como resultado la generación de compuestos secundarios altamente tóxicos para el organismo humano (García *et al.*, 2004); investigaciones realizadas por Dolores (2002), demostraron que la generación de óxidos de colesterol aumentaban a medida que se incrementaba el tiempo térmico, descartándose en su mayoría la generación de compuestos en el proceso de cocción extrusión, ya que la mezcla es sometida a temperaturas altas pero por cortos periodos de tiempo. Moisis *et al.* (2015), mencionan que la baja disponibilidad de agua podría acelerar la liberación de productos volátiles de la reacción de Maillard que se forman durante la cocción por extrusión actuando como antioxidantes, pudiéndose descartar dicha oxidación del colesterol en la presente mezcla alimenticia, debido a que la carne de alpaca presenta bajos niveles de colesterol.

Se puede evidenciar mediante los resultados que no se encontró mucha diferencia abismal del contenido de grasa presente en la mezcla con la inclusión de la carne de alpaca que, a comparación de otras mezclas extruidas de origen vegetal, esto debido a que la carne de alpaca presenta grasa intramuscular y colesterol notablemente bajos (Pacheco, 2012), con un 2.05% de grasa teórica (Salvá *et al.*, 2009), que a comparación de las demás carnes, convirtiéndola en más saludables, a su vez la presencia de tocoferoles presentes en la carne pueden mejorar la calidad general de la carne, inhibiendo principalmente la

oxidación de los ácidos grasos y la pérdida del color deseable durante el periodo de almacenamiento (Wood *et al.*, 2008).

C. CARBOHIDRATOS

Con relación a los carbohidratos, estadísticamente se comprueba que existe una diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$), donde la comparación tukey determino que a una humedad inicial del 12% y una temperatura de 180°C se tuvo un mayor valor numérico con 54.10 ± 0.02 g/100g perteneciente al tratamiento MA107 detallándose en el Anexo 41, mientras que a una humedad inicial del 12% y una temperatura de 140°C se tiene un valor bajo de 51.17 ± 0.03 g/100g, resultados en línea se encontraron con Curasma (2021), teniendo un valor de 54.50 g/100g, valores superiores se encontraron por Santacruz *et al.* (2022) con un 69.80 g/100g, así mismo Khatri *et al.* (2023), reporta un 67.31 g/100g en una pasta extruida a base de quinua y chia, resultados aún más superiores se hallaron por Aranda *et al.* (2021) con un valor de 80.47 g/100g, frente a la comparación de los resultados obtenidos con los de la literatura hallada, la presente mezcla tuvo un bajo contenido de carbohidratos debido a que, la proporción de quinua, maíz y tarwi (materias primas con alto contenido de carbohidratos) fueron agregados en menor proporción, donde la carne de alpaca presento teóricamente un bajo contenido de carbohidratos del 0.3% (Reyes *et al.*, 2017), siendo una fuente rica de proteínas.

El proceso de cocción por extrusión es un proceso en el que se produce una hidrólisis moderada de carbohidratos y una gelatinización intensa del almidón a través de la escisión de los enlaces de hidrógeno intermoleculares (Arêas *et al.*, 2016), valores altos de presión, temperatura y velocidad de cizalla durante el proceso fragmenta las moléculas grandes de hidratos de carbono en moléculas más pequeñas de menor peso molecular que son solubles en agua (Ramirez *et al.*, 2013), para el presente trabajo se evidencio un ligero aumento de los carbohidratos al ser extruidas a una temperatura de 180°C y a una humedad del 12%, comportamientos similares se mostraron en los resultados expuestos por Aranda *et al.* (2021) y Huanatico *et al.* (2021), Tovar *et al.* (2017) sugieren que en algunos casos existe un descenso de dicho componente durante el proceso, ya que las reacciones de transglucosidación generan enlaces glucosídicos atípicos que no son reconocidos por las enzimas amilolíticas.

D. CENIZAS

En cuanto al contenido de cenizas, mediante la estadística se comprobó que no existe una diferencia entre ambos tratamientos ($p > 0.05$), teniendo MA101 un 2.62 g/100g seguido de MA107 con 2.59 g/100g como se expone en el Anexo 42, valores similares se encontraron en el trabajo realizado por Curasma (2021) con un valor de 2.61 g/100g al igual que Allai *et al.* (2022), resultados inferiores fueron expuestos por Huanatico *et al.* (2021) con un 1.40 %, dicho valor inferior se debe a la poca cantidad de minerales por parte de la materias primas, por su parte Aro y Calsin (2019), hallaron resultados superiores con un 3.48 g/100g, así mismo Khatri *et al.* (2023), reporta 3.75 g/100g debido a la mayor presencia de la quinua, valores aún mayores expusieron estudios realizados por Aranda *et al.* (2021) con un 6.0 g/100g este valor superior se debe a que la mezcla tuvo un mayor porcentaje de arroz con un 90%, siendo esta materia prima rica en cenizas con un 5.03 g/100g como lo expuso el mismo autor.

Se presencia un considerable valor de cenizas, debido a que tanto el tarwi y la quinua presentan altos valores de minerales, en la cual los minerales de origen animal y vegetal presenta teóricamente niveles de potasio, fósforo, sodio y magnesio más elevados que otros minerales y una cantidad de hierro considerable (Mamani *et al.*, 2017). Es bien sabido que los minerales son elementos sólidos cristalinos por el cual no pueden descomponerse ni sintetizarse mediante reacciones químicas comunes (Singh *et al.*, 2007), es así que son estables durante la cocción por extrusión, al contrario dicho proceso podría aumentar su disponibilidad y absorción en el cuerpo humano al degradar factores anti nutricionales como los fitatos y los taninos condensados proveniente de granos y cereales ya que forma parte del salvado de los granos y legumbres respectivamente, debido a que estos pueden formar complejos insolubles con los minerales e inhibir su absorción (Singhornart *et al.*, 2014).

E. FIBRA

Para la fibra se observa que existe una diferencia significativa entre ambos tratamientos ($p < 0.05$), la comparación tukey mostro que a una humedad de 12% y una temperatura de 140°C (MA101) se tuvo un mayor contenido de fibra con 2.78% mientras que a una humedad de 12% y una temperatura de 180°C (MA107) se tuvo 1.91% como se muestra en el Anexo 43, datos en línea fueron expuestos por Curasma (2021) con 2.3 g/100g, valores inferiores fueron determinados por Aro y Calsin (2019), con 0.92 g/100g en base

seca extruida a 180°C, resultados superiores se halló por Santacruz *et al.* (2022), con un 14.27 g/100g extruida a 130°C y 17% de humedad, debido a que la mezcla contenía un alto contenido de maíz, frente a lo hallado se podría decir que la disminución de la fibra cruda se debe a la conversión de fracciones de fibra insoluble (Calvo y Martínez, 2017) comportamientos similares fueron reportados por (Adeleye *et al.*, 2020) siendo uno de los factores principales e iniciales la temperatura de extrusión.

La extrusión se ha destacado como una tecnología innovadora para convertir fracciones de fibra cruda y/o dietaría insoluble en fibra soluble ejerciendo una mayor capacidad de retención de agua y viscosidad del bolo intestinal ayudando a retrasar el vaciado gástrico, lo que provoca una absorción más lenta de la glucosa y contribuye a reducir los niveles de colesterol sérico, a la vez tiene mayor fermentabilidad y propiedades prebióticas mejorando la microbiota intestinal (Mudgil, 2017), dicho proceso conduce a la ruptura de los enlaces glucosídicos de los polisacáridos insolubles, convirtiéndolos en fracciones solubles más pequeñas (Bader *et al.*, 2019).

La modificación en el perfil de fibra de los productos extruidos en respuesta al aumento de la temperatura se explica debido a una combinación de: (a) reorganización de las fracciones de fibra dietética con un cambio de fibra dietética insoluble a soluble, (b) la formación de amilosa retrógrada (RS3) que es fermentable e insoluble e imita la fibra dietética, y (c) formación de “enzima glucanos no digeribles resistentes” mediante el proceso de transglicosidación (Vasanthan y Temelli, 2008). Algunos estudios indican que un alto contenido de fibra dietética podría reducir el uso de nutrientes en especial la proteína, ya que aumentan la excreción de nitrógeno fecal, disminuyendo la digestibilidad (Wong y Cheung, 2003), frente a los valores obtenidos en la presente descartaríamos este comportamiento negativo de la mezcla alimenticia una vez consumida.

F. ACIDEZ

Por último, en relación a la acidez expresada en ácido sulfúrico, la estadística una vez más indica no que existe una diferencia significativa entre ambos tratamientos ($p=0.05$) se observó que a una humedad inicial de 12% y una temperatura de 140°C (MA101) se tiene un valor de 0.27%, mientras que se tuvo un menor valor con un 0.25% a una humedad inicial de 12% y una temperatura de extrusión de 180°C (MA107) como se detalla en el Anexo 44, la diferencia de los valores entre ambas muestras pudo deberse a los factores ambientales causando una ligera rancidez un tanto mayor en el tratamiento

MA101 (Badui, 2006), así mismo el presente resultado se encontraría dentro de los requisitos establecidos por la “Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a Base de Granos y otros, destinados a Programas sociales de Alimentación”, donde se establece que el producto extruido (harina) debe tener menor o igual a 0.4 de acidez (R.M. M N°451-006/MINSA, 2006).

Para ambas muestras la cantidad de acidez expresadas como ácido sulfúrico, está catalogado como apto para el consumo humano sin ningún riesgo de un indicio de descomposición de las grasas, asegurando de esta manera la calidad final del producto (Tomić *et al.*, 2023), ya que el presente análisis es un indicativo del grado de deterioro de un producto (harinas) producido por los microorganismos, identificando la cantidad de ácidos grasos libres.

4.4.3 Características sensoriales

Las mezclas seleccionadas para la evaluación del grado de satisfacción fueron las que obtuvieron un mayor contenido proteico e índice de gelatinización siendo estas MA101 y MA107 respectivamente, los resultados se presentan en la Tabla 30 teniéndose 100 panelista de tipo consumidor de zona urbana y de zona rural (niños preescolares), donde estos tuvieron una alta interacción con los emojis de las cartillas al realizar la evaluación.

Tabla 30: Resultados de las características sensoriales (grado de satisfacción) de la mezcla alimenticia

Puntuaciones	Caritas (emojis)	Zona Urbana		Zona Rural	
		MA101	MA107	MA101	MA107
Lo odie (carita vomitando)		0	0	0	0
No me gusto (carita enojada)		0	1	0	0
Indiferente (carita neutral)		3	2	0	0
Me gusto (carita feliz)		72	69	3	4
Me encanto (carita encorazonada)		10	13	12	11

Estadísticamente los datos resultaron ser no significativos ($p > 0.05$) es decir, ambas muestras no tuvieron diferencias en las características sensoriales para los jueces de tipo consumidor como se expone en el Anexo 45.

En la Tabla 30, se observa que en la zona rural ambas mezclas tuvieron un mayor porcentaje de me gusta, donde a 72 y 69 consumidores les gusto la mezcla MA101 y MA107 respectivamente teniendo una buena aceptabilidad, en menor proporción a solo 10 y 13 consumidores les encanto la mezcla MA101 y MA107 respectivamente, seguida de que a solo 3 y 2 consumidores les pareció indiferente las muestras MA101 y MA107 respectivamente, es decir no les gusto ni les desagrado el producto y por ultimo a solo un consumidor no le gusto la mezcla MA107. Mientras que para la zona urbana se obtuvo una mayor puntuación de me encanta en relación a las muestras MA101 y MA107 con 12 y 11 votos respectivamente, seguida con una menor proporción la puntuación de me gusta para las muestras MA101 y MA107 con 3 y 4 votos respectivamente.

Se podría decir que en la zona rural hubo una mejor aceptación por parte de los consumidores para ambas muestras, esto debido posiblemente a que dicha población está más acostumbrada al consumo de alimentos naturales, como los cereales y granos andinos, ya que en las muestras predominaban ligeramente el olor y sabor a quinua, debido principalmente a que la mezcla contenía un 45% de harina de quinua, mientras que para la zona urbana solo se tuvo una buena aceptación, donde uno de los factores que pudieron influir en la evaluación sensorial es que los consumidores tienden a consumir alimentos altos en azúcar o ultra procesados, donde dichos aperitivos son ricos en harinas u otros de bajo contenido nutricional, como resultado los niños no están tan acostumbrados al sabor de granos andinos o cereales propios de la región de Puno, sin embargo para ambas zonas se tuvo una buena acogida del presente producto extruido, siendo una posible alternativa esperanzadora en el desarrollo de productos nutritivos y saludables para niños preescolares.

Con respecto al color, en el Anexo 47 se puede observar que existe una tendencia más dorada u oscura a medida que la temperatura se eleva, esto debido a que, por efecto de la temperatura se da el pardeamiento no enzimático, en el cual se pasa primero a una condensación del azúcar reductor con el grupo amino proveniente de un aminoácido o de una proteína, seguido se da la transposición de los productos de condensación, posteriormente se da la reacción de los productos de la transposición, y finalmente se da la polimerización, en la que se da la formación de sustancias coloreadas llamadas melanoidinas (Badui, 2006), evidenciándose que existe un mayor pardeamiento y/u oscurecimiento en la corteza de los productos alimentarios cuanto mayor sea la temperatura en el proceso de cocción extrusión (Velásquez *et al.*, 2020).

Visualmente no se observaron muchas diferencias del efecto de la humedad inicial de la mezcla en el proceso de cocción por extrusión, siendo dichos resultados comparables con los resultados obtenidos por Dogan y Karwe (2003) en el cual mencionan que no hubo una diferencia de color a bajas humedades del alimento y sometida a altas temperaturas de extrusión, por su parte Meng *et al.* (2023) evidencia que hubo diferencias de color en relación al tiempo, al trabajar con humedades relativas menores en fideos extruidos y a altas temperaturas, es decir que hubo un mayor y rápido pardeamiento en el producto final de las muestras con bajos contenidos de humedades inicial.

Con referencia al olor se podría decir que las mezclas sometidas a diferentes temperaturas y humedades de alimentación, tuvieron un olor principal y ligeramente característico a quinua, especialmente el tratamiento MA101 (12%H a 140°C) no sintiéndose la presencia de las demás materias primas, valores comparables fueron obtenidos en los resultados por Ancco *et al.* (2015) en la que mencionan que el tiempo en el tratamiento térmico de ebullición sometido a 121°C influyeron independientemente sobre el olor del grano de quinua, sin embargo, la muestra MA107 (12%H a 180°C) tuvo un mínimo y bajo olor de quinua, esto posiblemente al efecto de la temperatura de extrusión ya que como mencionan Wang *et al.* (2022), temperaturas de extrusión superiores a 120°C inactivan las enzimas modificadoras como la lipasa, la lipoxigenasa y otras enzimas modificadoras de lípidos en legumbres y cereales, eliminando los compuesto volátiles presentes en dicha materia prima por medio de la posible evaporación del agua (Guo *et al.*, 2020).

Milani *et al.* (2014), indican que a una menor humedad inicial y/o de alimentación es asociada con una menor intensidad del aroma, y mejora la aceptabilidad sensorial de los extruidos, así mismo la humedad de una mezcla durante el proceso de cocción extrusión puede influir en el cambio de la estructura secundaria de la proteína, afectando la capacidad de unión de los compuestos aromáticos, como resultado se altera la volatilización y se da la liberación del aroma (Wang *et al.*, 2022).

4.5 CALIDAD PROTEICA (RELACIÓN DE EFICIENCIA PROTEICA PER Y RAZÓN NETA DE PROTEÍNAS NPR) DE LA MEZCLA ALIMENTICIA A PARTIR DE CARNE DE ALPACA, QUINUA, MAÍZ Y TARWI CON MAYOR GRADO DE SATISFACCIÓN

En base a los resultados obtenidos en la evaluación sensorial se pudo ver que ambas muestras tanto como MA101 y MA107 fueron adecuadamente aceptables, los resultados estadísticos mostraron ser no significativos ($p>0.05$), frente a ello se eligió la mezcla con

mayor contenido proteico para la evaluación biológica siendo la muestra seleccionada MA101 con un $27.04 \pm 0.03\%$ de proteínas.

4.5.1 RELACIÓN DE EFICIENCIA PROTEICA – PER

Los resultados obtenidos para el presente análisis se exponen en la Tabla 31, observándose que la relación de eficiencia proteica del grupo experimental mayor fue de 1.42 siendo R1 mientras que el menor fue de 1.32 comprendida por R3 no habiendo mucha diferencia entre las repeticiones.

Tabla 31: Relación de Eficiencia Proteica

	R1	R2	R3	Relación de Eficiencia Proteica
PC	92.00	86.79	90.44	89.74 ± 2.18
GP	36.85	121.55	123.80	94.06 ± 40.46
PER	1.42	1.35	1.32	1.36 ± 0.05

NOTA: PC: Proteína consumida (g), GP: Ganancia de Peso (g).

Resultados en línea fueron obtenidos por Silva *et al.* (2013), con un 1.39 en 23.12% harina de carne, 60.45% de almidón de maíz y otros insumos con un contenido proteico de 43.25%, valores similares se dieron en microalgas con un 9% de proteínas que obtuvieron un 1.47 tal como lo expone Silva *et al.* (2020), valores relativamente superiores fueron hallados por Medina *et al.* (2020), en su mezcla de sorgo y harina de quinua en una proporción de 1:1 con un 1.52, por su parte García *et al.* (2022), obtuvieron un 1.70 en un pan de almidón de papa 53.7%, 46.3% quinua con un 9.24% de proteína, datos ligeramente superiores fueron encontrados en un trabajo de tesis por Mamani y Molina (2016), con un 1.71 en el desarrollo de una galleta a base de 50% tarwi, 20% cushucho, 25% cañihua y 5% gluten y con un contenido proteico de 28.57%, valores ligeramente inferiores fueron obtenidos por Ijarotimi *et al.* (2021), en una mezcla de 5% trigo sin gluten, 70% soja y 25% salvado de arroz alcanzando un 1.26 y con un 23.10% de proteínas, valores aún más inferiores fueron hallados por Varghese *et al.* (2022), en una galleta de 20.58% harina de yaca, 20.58% mijo, 2.94% moringa y 2.15% proteína aislada de soya con un 1.10 el cual contenía un 13.46% de proteínas y por ultimo valores superiores fueron expuestos por Akinbode *et al.* (2023) con un 2.28 de una galleta de 30% proteína aislada de sorgo, 40% pulpa de naranja y 30% hongos con un contenido proteico

de 35.20% debido a la presencia de los aminoácidos esenciales provenientes del aislado de proteína de hongo.

Según los resultados obtenidos y expuestos se evidencia que el consumo de la dieta con la mezcla alimenticia tuvo una tendencia a la ganancia del peso en los animales de experimentación proporcionalmente (Anexo 47), debido a que como lo expone Bressani (2010) una dieta adecuada y equilibrada compensada con leguminosas, cereales y granos dan como resultado el crecimiento y desarrollo favorable de los animales de experimentación, evidenciándose la calidad proteica en la mezcla alimenticia, con una buena densidad proteica y de energía, en consecuencia esto contribuiría a la ganancia de masa muscular y contenido de proteína muscular en ratas jóvenes. Según Friedman y Michael (1986), la mezcla presenta una calidad baja en base a los valores de PER expuestos, comprendidos de entre 1.5 a 2.0.

En base a los resultados obtenidos en la Tabla 31 se describiría que la inclusión de la carne de alpaca sobre la relación neta de proteínas en contraste con otras mezclas con proteínas de origen vegetal fue similar y hasta incluso menor, esto puede deberse a que como lo menciona Mamani y Molina (2016), dicho análisis no estipula un margen de tolerancia en lo referente a la proteína de mantenimiento, donde los valores determinados no podrían ser proporcionales, es decir que un valor de relación de eficiencia proteica de 2.0 no es dos veces mejor que un 1.0, pudiendo lograr decir que no es un método apropiado para estimar la calidad proteica de un producto en comparación con la Razón Neta de Proteínas (NPR).

La literatura indica que algunas proteínas administradas al 10% no producen crecimiento e incluso se puede reportar un descenso, siendo el periodo de prueba más apropiado de cuatro semanas, Cuj *et al.* (2017) mencionan que por tal razón se propuso la Razón Neta de Proteínas como otro método de evaluación para validar los valores de PER, donde efectivamente en los resultados del NPR posteriormente mostrados se puede ver que la presente mezcla alimenticia es categorizada como un producto de una adecuada calidad, superando los valores mostrados por la teoría al trabajar con mezclas proteicas de origen vegetal.

Es posible mencionar que al acondicionar previamente la carne de alpaca en el proceso de deshidratado y al ser sometido posteriormente a altas temperaturas en la cocción por extrusión, el contenido y la calidad proteica pudo haber disminuido gradualmente como

lo exponen Quitral *et al.* (2001) en su estudio con carne de jaiba mora, concluyendo que el tiempo de calentamiento fue el que disminuyo en mayor grado el contenido de lisina presente, ya que como lo mencionan Kin *et al.* (1999) al someter y prolongar el tiempo de calentamiento en un proceso térmico, las fracciones de proteína desplegada interactúan para formar los agregados bloqueando de esta manera los aminos libres de lisina.

La formación de peróxidos es altamente favorecida por la temperatura en un proceso térmico siendo un factor clave a considerar, ya que se da la reacción entre el ácido graso y el oxígeno (Rodríguez *et al.*, 2010), aumentando la interacción entre el oxígeno molecular y los lípidos del músculo (Isaza *et al.*, 2012) afectando la calidad nutricional y/o proteica de la carne, pudiendo ser este un posible factor por el cual pudo haberse alteró negativamente la calidad proteica de la carne de alpaca, donde la oxidación de los lípidos reacciona con los grupos amino de los aminoácidos, péptidos y proteína provocando diferentes cambios en el valor nutricional de la carne.

4.5.2 RAZÓN NETA DE PROTEÍNAS – NPR

En la Tabla 32 se muestra los resultados del presente análisis tanto de los grupos controles y experimentales en la que se puede apreciar que los valores obtenidos oscilan entre un 2.61 siendo el máximo obtenido por R3 y un 2.47 siendo el mínimo comprendido por R1.

Tabla 32: Razón Neta de Proteínas

	R1	R2	R3	Razón Neta de Proteínas
GPE	69.96	64.52	63.94	66.14 ± 2.71
PPC	25.99	31.53	44.96	34.16 ± 7.96
PCE	38.86	38.57	41.65	39.69 ± 1.38
NPR	2.47	2.49	2.61	2.52 ± 0.08

NOTA: GPE: Ganancia de Peso del grupo Experimental (g), PPC: Pérdida de Peso del grupo Control (g), PCE: Proteína consumida del grupo Experimental (g), NPR: Razón Neta de Proteínas del grupo experimental.

Resultados inferiores fueron reportados por Barreto y Toledo (2017), en una dieta a base de soya, avena y trigo en una proporción de 1:1:2 con un 1.45 y un 10% de proteínas al igual que la caseína, siendo el NPR de este último de 1.96, valores similares fueron mencionados por Mamani y Molina (2016), en una dieta a base de 50% tarwi, 20% cuchucho 25% cañihua y 5% gluten con un 1.87 con un contenido proteico del 28.57%, por su parte valores ligeramente superiores al del presente se encontraron por Medina *et*

al. (2020), con 2.88 en una dieta con harina de quinua y sorgo en una proporción de 1:1, sin embargo el mismo autor muestra valores inferiores con 1.82 solamente en harina de sorgo, valores superiores fueron expuestos por Monique *et al.* (2020), quienes obtuvieron un 3.20 en una dieta a base de 50% proteína de microalga y 50% caseína con un 9.54% de proteína, mientras que la dieta única de caseína tuvo un 3.86 con un valor de 9.99% de contenido proteico y valores aún mucho más superiores fueron encontrados por Cuj *et al.* (2017) con 6.81 en una dieta de 75% ajonjolí y 25% leche con un 27.38% de proteína, obteniendo la dieta a base de caseína de 4.66 con un 12.23% de proteína, para estos dos últimos trabajos los resultados se deben a la calidad de proteínas provenientes de origen animal.

Los valores obtenidos en el presente trabajo en cuanto a la relación neta de proteínas estarían dentro del rango establecido siendo estos consistentes, en donde los valores altos y bajos comparativos con otros estudios mencionados se pudieron deber principalmente por el tipo de proceso, la composición del uso de las materias primas y el origen de la proteína proveniente de dichas materias primas, mostrándose que las proteínas y por ende los aminoácidos de origen animal son mucho más asimilables que los de origen vegetal (Freire, 2018), deduciendo que no toda proteína presente en un alimento puede ser totalmente digerible o completamente biológico y que no necesariamente las proteínas de origen animal necesitan conformar un gran porcentaje a comparación de las proteínas y aminoácidos de origen vegetal para ser completa y apropiadamente asimilables.

De los resultados obtenidos mediante el score químico (Anexo 03) se pudo observar que la carne de alpaca tuvo una alta cantidad de aminoácidos esenciales como la isoleucina y lisina, complementando los niveles de triptófano a las demás materias primas, que siendo dichas proteínas muy similares a las del organismo humano, se da una mejora en la digestibilidad y la capacidad para transportar otros nutrientes importantes como el calcio y el hierro (Day *et al.*, 2022). El consumo de proteínas de origen animal desempeñan un papel vital en la preservación de la pérdida muscular (cantidad/volumen) (Liberá *et al.*, 2021), demostrándose que la incorporación de carne de alpaca pudo haber favorecido el crecimiento de los animales de experimentación que a comparación de una mezcla solamente a base de leguminosas, granos y/o cereales.

Estudios realizados por Kadam y Prabhasankar (2012) demostraron que la incorporación de carne de camarón mejoró la interacción entre los gránulos de almidón y la matriz proteica, conduciendo a una mejor calidad de la pasta y digestibilidad de las proteínas,

estudios realizados por Liu *et al.* (2023), expusieron mediante el análisis *in vitro* que las pastas con carne de pechuga de pollo extruidas tenían una tasa de digestión más lenta que a comparación de pastas tradicionales, observando en esta última que al tener 1 h de digestión intestinal a la muestra le quedaba menos del 5% de su peso original, pudiendo lograr decir que existe una mayor capacidad para proporcionar saciedad en alimentos con incorporación de carne, así mismo en el estudio se vio que a las 4 h, el contenido de aminoácidos libres de los fideos que contenían carne de pollo continuó aumentando, indicando que la digestión de las proteínas aún estaba en curso.

Se dice que el efecto retardado de saciedad de productos a base de carnes, se debe la continua hidrolización de algunas proteínas en la digestión intestinal, es decir se da una hidrólisis lenta y progresiva de péptidos a medida que avanza la digestión, que requieren más tiempo para ser completamente digeridas (Yang *et al.*, 2023). Koopman *et al.* (2009) mencionan, que las proteínas de la carne de cerdo tienen una mayor digestión y absorción de proteínas en el intestino que las de origen vegetal, dando como resultado la disponibilidad y la tasa de incorporación de aminoácidos en las proteínas del músculo esquelético. En estudios recientes se ha observado la liberación de péptidos biológicos tras la digestión gastrointestinal de la carne (Sayd *et al.*, 2016), teniendo diversas actividades promotoras de la salud, como actividades antiinflamatorias, antihipertensivas y antioxidantes (Bauchart *et al.*, 2007).

Las proteínas de la carne se pueden clasificar en tres clases según sus funciones: proteínas miofibrilares, sarcoplásmicas y estromales (Zhang *et al.*, 2020), las proteínas miofibrilares constituyen entre el 55 y el 60% del total de proteínas musculares; de ellas, la miosina y la actina son las principales que participan en la contracción muscular (Sun y Holley, 2011). Sayd *et al.* (2018) observaron un retraso en la digestión de actina y miosina, siendo identificadas después de 180 min de digestión gástrica *in vitro*, mientras que las proteínas sarcoplásmicas, incluida la mioglobina, se digieren en 45 minutos.

Para el caso de la quinua se vio que esta materia prima tiene una equilibrada cantidad de aminoácidos esenciales aromáticos (fenilalanina y tirosina) y de contenidos de histidina, isoleucina, treonina y valina, de acuerdo con los requerimientos sugeridos por la FAO – OMS para niños de 3 a 10 años (Anexo 03), identificándose al triptófano y a la metionina + cisteína como aminoácidos limitantes, presentándose altos valores de lisina en comparación al tarwi y el maíz, Campos *et al.* (2022) mencionan, que la quinua puede contener hasta casi cinco veces más lisina; más del doble de isoleucina, fenilalanina,

metionina, valina y treonina y cantidades mucho mayores de leucina al ser comparadas con cereales, teniendo mayores propiedades nutricionales debido a sus altas concentraciones de proteínas, minerales, vitaminas, fibra dietética, lípidos neutros y fenoles quienes ofrecen proteínas de alta calidad (FAO/OMS/UNU, 1985).

Se ha informado ampliamente que las legumbres contienen en gran medida albúminas y globulinas, mientras que la proteína de los cereales está compuesta principalmente de prolaminas y glutelinas y cada una de estas fracciones proteicas tiene una digestibilidad diferente, dada la presencia de inhibidores de tripsina en las fracciones de albúmina, donde las albúminas nativas fueron las más resistentes a la hidrólisis (Mariotti, 2017), pudiendo desestimar este último enunciado, debido a que números trabajos exponen que la cocción por extrusión elimina los factores anti nutricionales.

El tarwi presenta altas cantidades de leucina, fenilalanina + tirosina en comparación a la quinua y triptófano e histidina en comparación al maíz, mientras que según el patrón de referencia de necesidades de aminoácidos para preescolares, se presentó solamente un aminoácido azufrado ligeramente limitante pero superior a la quinua como es el caso de la metionina + cisteína, compensada con el maíz para los demás casos, considerando a dicha materia prima como una leguminosa excepcionalmente nutritiva, ya que además presenta ácidos grasos beneficiosos para la salud (Repo, 1992), contiene considerable cantidad de flavonoides teniendo un efecto positivo sobre la salud cardiovascular, debido a sus propiedades antioxidantes (Ciumărnean *et al.*, 2020), siendo ricas en tocoferoles que refuerzan el sistema inmunitario sugiriendo que el tarwi alberga características nutricionales que se adaptan bien a las tendencias alimentarias modernas (Berru *et al.*, 2021).

La quinua puede ser empleada para casos de desnutrición infantil, así mismo este grano andino puede ser usado como una fuente de alimento para mujeres embarazadas, deportistas y demás quienes necesiten una alimentación de alta calidad nutricional (Chaudhary *et al.*, 2023). Las proteínas del tarwi presentan un alto valor de digestibilidad, con una absorción de nitrógeno aparente de 84.3% en niños de 9 a 23 meses (De Romaña *et al.*, 1983), estudios realizados por Berti *et al.* (2013) expusieron que los niveles mínimos observados de tarwi proporcionan el 15 y el 16% de los niveles de “ingesta adecuada” de ácidos grasos omega-3 y omega-6 para niños de 4 a 8 años,

respectivamente, sin embargo se necesitan otras fuentes de grasa saludables para cubrir los requerimientos de ácidos grasos.

La digestión de las proteínas comienza en el estómago con la ayuda de la proteasa pepsina del líquido gástrico en péptidos descompuestos, el ácido gástrico facilita la digestión de las proteínas al desdoblarlas, por lo que las proteasas (encimas proteolíticas) tienen un mejor acceso a los sitios de escisión (hidrolizando la proteína en polipéptidos más pequeños). Posteriormente, el quimo conjuntamente con los péptidos pasa al intestino delgado, donde las proteasas pancreáticas actúan para escindir aún más las sustancias no digeridas en oligopéptidos y aminoácidos (Figura 26). Seguidamente, varias proteínas de transporte mueven los aminoácidos, dipéptidos y tripéptidos a través de las células de la mucosa hacia la sangre y, finalmente van al hígado (Goodman, 2010).

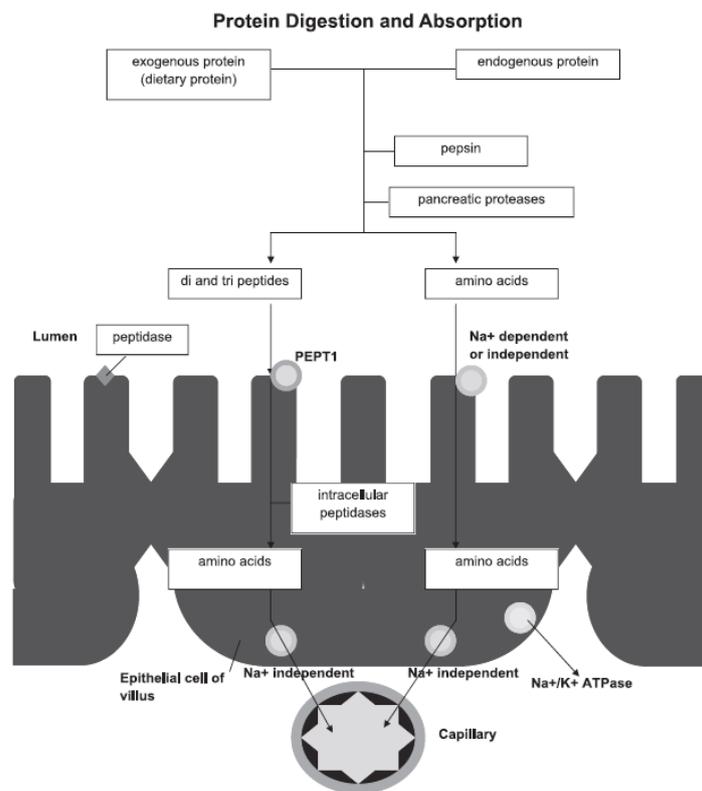


Figura 26: Digestión y absorción de las proteínas en el organismo humano.

FUENTE: Goodman (2010)

La calidad de las proteínas de los alimentos es uno de los principales factores determinantes para el mantenimiento y el crecimiento muscular, existen al menos veinte aminoácidos denominados no esenciales, donde nueve son considerados como esenciales que el cuerpo no puede sintetizarlos, es por ello que se necesita una ingesta equilibrada de estos mediante la dieta, ya que cumplen un papel importante en la preservación de las

funciones fisiológicas del cuerpo, debido a que las proteínas en su estructura más simple (aminoácidos) son catabolizadas para liberar energía o convertirse en combustibles metabólicos como la glucosa o aminoácidos glucogénicos o cetogénicos, dándose estos eventos principalmente en el hígado (Lan *et al.*, 2024).

Sin embargo, las proteínas pueden permanecer digeridas de forma incompleta y llegar al colon, donde son metabolizadas por la microflora colónica (Kaur *et al.*, 2022), ya sea mediante proteólisis o un proceso de fermentación, generando metabolitos nitrogenados como amoníaco, aminas, compuestos N-nitroso, fenólicos, cresólicos e indólicos (Peled y Livney, 2021).

Los péptidos y aminoácidos se transportan al torrente sanguíneo portal a través de una variedad de transportadores presentes en el borde en cepillo y las membranas basolaterales de los enterocitos, donde el producto final de la digestión de proteínas son los aminoácidos, los péptidos pequeños son la forma dominante de entrada de los aminoácidos en los enterocitos, donde son hidrolizados aún más en aminoácidos por las peptidasas dentro del citoplasma y absorbidos en el torrente sanguíneo (Tomé, 2023).

La pepsina tiene una mayor especificidad para escindir enlaces peptídicos en los que el grupo carboxilo lo proporcionan aminoácidos aromáticos como la tirosina, fenilalanina, triptófano y leucina, mientras que la tripsina es la más específica y rompe enlaces peptídicos junto a la lisina o la arginina, por su parte la quimotripsina es menos específica y escinde enlaces peptídicos adyacentes a aminoácidos hidrofóbicos. La elastasa escinde los enlaces peptídicos y de elastina adyacentes a la alanina, la glicina y la serina. Las carboxipeptidasas eliminan aminoácidos de los extremos carboxilo de las cadenas peptídicas (carboxipeptidasa terminal), con la carboxipeptidasa A liberando preferentemente valina, leucina, isoleucina y alanina y con la carboxipeptidasa B liberando los aminoácidos básicos arginina y lisina (Daniel, 2004).

Una adecuada función física está relacionada con concentraciones adecuadas de aminoácidos esenciales y aminoácidos de cadenas ramificadas en la sangre, la leucina desempeña un papel muy importante en la regulación de las proteínas musculares debido a que activa el objetivo de la rapamicina en los mamíferos (mTOR) y por lo tanto, mejoran la síntesis de proteínas musculares (Drummond y Rasmussen, 2008), es decir mejora la fuerza muscular y la masa del músculo esquelético, por su parte la lisina tiene un papel fundamental en el crecimiento y funciones cerebrales básicas, pudiendo ser una de las

razones principales por las cuales los animales de experimentación resultaron tener un mayor crecimiento de talla, volumen y comportamiento activo que las de control debido a que la mezcla presento niveles elevados de leucina y lisina que el maíz como se ve observa en el Anexo 03.

La importancia de los aminoácidos radica en la participación de la regulación de la expresión genética, la señalización celular, la digestión y absorción de nutrientes, el desarrollo y el comportamiento neurológico, el metabolismo de la energía y los nutrientes, la inmunidad, reproducción, respuestas antioxidantes y antiinflamatorias, homeostasis de todo el cuerpo, salud y bienestar (Wu, 2023), satisfaciendo las necesidades nutricionales, concluyéndose que los aminoácidos son marcadores no sólo de enfermedades metabólicas, sino también de la nutrición y del funcionamiento de ciertos órganos (Aldámiz y Ángel, 2010).

Varios estudios han encontrado que la verdadera digestibilidad ileal es la diferencia entre la cantidad de aminoácidos ingeridos y la cantidad de aminoácidos recuperados de la digesta del íleon, corregidas con las pérdidas endógenas basales y específicas de aminoácidos, donde la proteína vegetal dietética en humanos suele ser menor que la de las proteínas animales (Lee *et al.*, 2016). Se entiende que las proteínas de origen animal (musculares) contienen todos los aminoácidos esenciales de la dieta, los tejidos musculares tienen un conjunto jerárquico complejo de haces de proteínas fibrosas incrustadas dentro del tejido conectivo formado por triples hélices de colágeno (McClements y Grossmann, 2021).

La combinación de las proteínas vegetales como animales en la mezcla resultaron tener una alta calidad nutricional con una adecuada digestibilidad en comparación a mezclas similares al del presente en base a la relación neta de proteínas, debido a la presencia de todos los aminoácidos esenciales, evidenciándose dichos resultados en los índices del patrón de crecimiento, desarrollo y mantenimiento de los tejidos de los animales de experimentación, quienes fueron sometidos a la dieta con la mezcla alimenticia, teniendo un tamaño, un peso y un comportamiento más activo que a comparación del grupo control, quienes presentaban un retraso en el crecimiento (Anexo 47), obteniéndose un NPR con relación al grupo experimental de 2.61 siendo ligeramente superior al de la caseína con un valor genérico de 2.5.

Song y Tang (2023), mencionan que la extrusión afecta el contenido de varios aminoácidos de manera diferente y que los cambios dependen de la temperatura de extrusión, por su parte Sriket *et al.* (2007) mencionan que el contenido y estructura de proteínas podría influir en la liberación de los aminoácidos durante la digestión, Cui *et al.* (2023) exponen que las interacciones de los ingredientes alimentarios podrían influir en la digestibilidad de las proteínas, siendo factores a considerar en la diferenciación de los resultados en comparación a otras mezclas similares.

En estudios realizados por Eggum *et al.* (1986) observaron que el contenido de lisina de la proteína de arroz se reducía en un 17% durante la extrusión con una humedad del 15% y a 135°C al igual que la cisteína, por su parte Teba *et al.* (2017) indican que al tratarse de un tratamiento térmico, el proceso de extrusión puede reducir la retención de aminoácidos, dependiendo de la humedad del alimento, la temperatura y otros parámetros de extrusión, sin embargo en su extruido de suero de leche y harina de arroz se observó un aumento en el contenido de aminoácidos después del proceso de extrusión, asimismo el propio autor menciona que la pérdida de aminoácidos puede explicarse parcialmente por la reacción de Maillard durante el proceso de extrusión, revelando que la extrusión a bajas humedades y altas temperaturas causaban una mayor pérdida de aminoácidos.

Por otra parte Rodríguez y Pérez (2015) determinaron una disminución de los aminoácidos de la harina de plátano por el efecto del tratamiento térmico expuesto, Choquemamani y Jara (2021) observaron un decrecimiento de los aminoácidos en su bebida nutracéutica al ser sometido a un proceso térmico con excepción de la lisina, que tuvo un comportamiento contrario a una temperatura de 90°C habiendo una reducción drástica a los 100°C.

Mediante el NPR se pudo comprobar que el proceso de la cocción por extrusión tuvo un impacto positivo en la mejora de la digestibilidad de las proteínas de la mezcla alimenticia lo que promueve la extracción y solubilidad de las proteínas, Pismag *et al.* (2023) comprobaron que mediante la digestibilidad *in vitro* hubo una solubilidad de proteínas al 100% de quinua extruida en comparación a los granos sin extruir, habiendo una digestibilidad gástrica lenta y baja que a comparación de una mezcla alimenticia a base de cereales, así como la amilólisis del almidón como lo exponen resultados obtenidos por (Vliet *et al.*, 2015).

Se comprueba que la mezcla extruida a una temperatura de 140°C y con una humedad de 12% se da la desnaturalización de las proteínas exponiendo las cadenas de aminoácidos frente a las proteasas digestivas, haciéndola más soluble y más susceptible a las enzimas digestivas convirtiéndolo mucho más digerible para el organismo, mejorando de esta manera su calidad nutricional (Delgado *et al.*, 2019). Pudiendo presentarse dicho producto como un candidato potencial para ser utilizado en la alimentación humana en diferentes etapas de crecimiento.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- A mayores porcentajes de humedad y temperaturas de extrusión existe un efecto significativo negativo en el contenido proteico, mientras que a menores porcentajes de humedad y mayores temperaturas de extrusión existe un efecto significativo positivo en el índice de gelatinización, esto debido a la desnaturalización de las proteínas y la gelatinización del almidón.
- Las características físicas de la muestra con un alto contenido proteico de $27.04 \pm 0.03\%$ Ptotal (MA101) presento una firmeza, consistencia, cohesividad e índice de viscosidad de 8.77 ± 0.23 N, 8.41 ± 0.05 N.s, 0.01 ± 0.00 y 7.45 ± 0.23 N.s respectivamente, mientras que la muestra con un alto índice de gelatinización de 95.72 ± 0.03 g/110g (MA107) presento un 10.19 ± 0.01 N, 9.69 ± 0.25 N.s., 0.02 ± 0.00 y 8.30 ± 0.22 N.s respectivamente, las características químicas para MA101 resulto tener una humedad, grasa, carbohidratos, cenizas, fibra y acidez (expresada en ácido sulfúrico) de 8.50%, 8.79 g/100g, 54.10 g/100g, 2.59 g/100g, 1.91% y 0.25% respectivamente, mientras que para MA101 fue de 8.70%, 10.48 g/100g, 51.17 g/100g, 2.62 g/100g, 2.78% y 0.27% respectivamente, cumpliéndose casi en su totalidad con los parámetros establecidos por la (R.M. N°451-006/MINSA, 2006) al igual que la NTP 209.260.2004. Los resultados del análisis sensorial para la muestra MA101 y MA107 con mayor contenido proteico e índice de gelatinización en la zona urbana fue de 72 y 69 puntos de “Me gusta”, mientras que la zona rural obtuvo una mayor valoración de 12 y 11 puntos de “Me encanta” respectivamente, esta diferencia se debe a varios factores como la mayor familiarización de sabores, olores y texturas de los productos agropecuarios de la región de Puno en la zona rural.
- La calidad proteica de la muestra con mayor grado de satisfacción (MA101) presento una Relación de Eficiencia Proteica (PER) de 1.36 ± 0.05 y una Razón Neta de Proteínas (NPR) de 2.52 ± 0.08 , evidenciándose la efectividad y una adecuada calidad proteica presente en la mezcla.

5.2 RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta variables como la velocidad de tornillo y la presión, a fin de ver su influencia en el producto final.
- Realizar pruebas *in vitro* de la mezcla seleccionada para la identificación precisa de la función biológica.
- Realizar la estimación y/o análisis del tiempo de vida útil de la presente mezcla alimenticia a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi sometida por el proceso de cocción extrusión.
- Desarrollar subproductos a partir de la mezcla alimenticia seleccionada para obtener productos con mayor contenido proteico, agradable y altamente digestible.
- Emplear diferentes granos andinos, leguminosas y proteínas de origen animal en mezclas alimenticias para futuros trabajos de investigación.
- Tomar en cuenta la presente mezcla alimenticia para ser empleada en programas sociales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, D., Martínez, J. D., & Gomes, E. L. (2018). Determinación de la Calidad Nutricional de Suero Costeño y Queso Costeño de Cabra usando Ratas Wistar (*Rattus norvegicus*). *Información Tecnológica*, 29(2), 215–224. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000200215>
- Adeleye, O. O., Awodiran, S. T., Ajayi, A. O., & Ogunmoyela, T. F. (2020). Effect of high-temperature, short-time cooking conditions on in vitro protein digestibility, enzyme inhibitor activity and amino acid profile of selected legume grains. *Heliyon*, 6(11), e05419. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05419>
- AGRARIA. (2022). *Producción nacional de tarwi alcanzó las 15.790 toneladas en 2021*. Agraria.Pe. <https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-tarwi-alcanzo-las-15-790-toneladas-en-29138>
- Aguilar, C. (2018). *Microbiología de Alimentos*. Universidad Autónoma de Coahuila.
- Agustina, A., Margarita, A., Almudena, A., María, A., & Javier, A. (2007). *de Nutrición en Pediatría* (1 - 28220 Majadahonda C/ Arboleda (ed.)).
- Akande, O., Nakimbugwe, D., & Mukisa, I. (2017). Optimization of extrusion conditions for the production of instant grain amaranth-based porridge flour. *Food Science and Nutrition*, 5(6), 1205–1214. <https://doi.org/10.1002/fsn3.513>
- Akinbode, B. A., Malomo, S. A., & Asasile, I. I. (2023). In vitro antioxidant, anti-inflammatory and in vivo anti-hyperglycemia potentials of cookies made from sorghum, orange-flesh-sweet-potato and mushroom protein isolate flour blends fed to Wistar rats. *Food Chemistry Advances*, 2, 100263. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100263>
- Alam, M. S., Kaur, J., Khaira, H., & Gupta, K. (2016). Extrusion and Extruded Products: Changes in Quality Attributes as Affected by Extrusion Process Parameters: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 445–473. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.779568>
- Alam, S. A., Järvinen, J., Kirjoranta, S., Jouppila, K., Poutanen, K., & Sozer, N. (2014). Influence of Particle Size Reduction on Structural and Mechanical Properties of Extruded Rye Bran. *Food and Bioprocess Technology*, 7(7), 2121–2133. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1225-2>

- Alamu, E. O., Adesokan, M., Awoyale, W., Oyedele, H., Fawole, S., Asfaw, A., & Maziya-Dixon, B. (2022). Assessment of biochemical, cooking, sensory and textural properties of the boiled food product of white yam (*D. rotundata*) genotypes grown at different locations. *Heliyon*, 8(12), e11690. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11690>
- Aldámiz, L., & Ángel, J. (2010). Análisis e interpretación del perfil de aminoácidos en errores innatos del metabolismo. *Anales de Pediatría Continuada*, 8(1), 26–32. [https://doi.org/10.1016/S1696-2818\(10\)70004-4](https://doi.org/10.1016/S1696-2818(10)70004-4)
- Allai, F. M., Azad, Z. R. A. A., Dar, B. N., Gul, K., & Jabeen, A. (2022). Breakfast cereals from whole grain and Indian horse chestnut flours obtained through extrusion: Physical, mechanical and functional characteristics. *Applied Food Research*, 2(2), 100137. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100137>
- Alvarez, M., Kondury, K. P., & Harper, J. M. (1988). A General Model for Expansion of Extruded Products. *Journal of Food Science*, 53(2), 609–615. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb07768.x>
- Ancco, T., Toro, G., Ramos, D., & Prieto, J. (2019). Efecto de la relación de agua y tiempo de proceso térmico sobre el volumen de expansión y atributos sensoriales de chenopodium quinoa willd. *Ciencia & Desarrollo*, 19, 29–35. <https://doi.org/10.33326/26176033.2015.19.475>
- Angelis, D., Kaleda, A., Pasqualone, A., Vaikma, H., Tamm, M., Tammik, M.-L., Squeo, G., & Summo, C. (2020). Physicochemical and Sensorial Evaluation of Meat Analogues Produced from Dry-Fractionated Pea and Oat Proteins. *Foods*, 9(12), 1754. <https://doi.org/10.3390/foods9121754>
- Angioloni, A., & Collar, C. (2009). Small and large deformation viscoelastic behaviour of selected fibre blends with gelling properties. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 742–748. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.04.005>
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). Variedades Comerciales De Quinoa En El Perú. In *Catálogo De Variedades Comerciales De Quinoa En El Perú* (Vol. 1st). <http://www.fao.org/3/a-as890s.pdf>
- Aranda, J., Bocanegra, G., Pantoja, L., Prieto, G., Rodriguez, G., & Aguirre, E. (2021). Efecto de la temperatura de extrusión en la mezcla de harinas de tarwi (*Lupinus*

- mutabilis) y arroz *Oryza sativa*) para la producción de un Snack. *Tayacaja*, 4(1), 122–134. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i1.158>
- Arêas, J. A. G., Rocha, C. M., & Marques, M. R. (2016). Extrusion Cooking: Chemical and Nutritional Changes. *Encyclopedia of Food and Health*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00266-X>
- Aro, J., & Calsin, M. (2019). Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa* W), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* A), cebada (*Hordeum vulgare* L.), maíz (*Zea mays* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glycine max* L.) por el proceso de cocción-extrusión. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.506>
- Aro, M., & Calsin, M. (2019). Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cebada (*Hordeum vulgare* L.) maíz (*Zea mays* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glycine max* L. Merr) por proceso de cocción – extrus. *Journal of High Andean Research*, 21(2), 293–303.
- Arzapalo, D., Huamán, K., Quispe, M., & Espinoza, C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra, collana, pasankalla roja y blanca Junín. *Rev Soc Quím Perú*, 81, 45–52. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371937641006>
- Ascencio, B., & Centeno, R. (2014). Los Camélidos Sudamericanos En Las Asociaciones Integrated Management System for the Fibre Production of South American Camelids in the Livestock Association of District of Ajoyani , Province of Carabaya , Puno-Perú. *Revista de Investigación En Comunicación y Desarrollo*, 1.
- Baah, R. O., Duodu, K. G., & Emmambux, M. N. (2022). Cooking quality, nutritional and antioxidant properties of gluten-free maize – Orange-fleshed sweet potato pasta produced by extrusion. *LWT*, 162, 113415. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113415>
- Bader, H., Saeed, F., Ahmed, A., Asif, M., Niaz, B., & Tufail, T. (2019). Improving the physicochemical properties of partially enhanced soluble dietary fiber through innovative techniques: A coherent review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(4), e13917. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13917>

- Badui, S. (2006a). Química de los alimentos. In E. Quintanar (Ed.), *Química de los alimentos* (4TH ed.). Mexico.
- Badui, S. (2006b). Salvador Badui Dergal. In Pearson (Ed.), *Química de los alimentos*.
- Bahnassey, Y. A., & Breene, W. M. (1994). Rapid Visco-Analyzer (RVA) Pasting Profiles of Wheat, Corn, Waxy Corn, Tapioca and Amaranth Starches (*A. hypochondriacus* and *A. cruentus*) in the Presence of Konjac Flour, Gellan, Guar, Xanthan and Locust Bean Gums. *Starch - Stärke*, 46(4), 134–141. <https://doi.org/10.1002/star.19940460404>
- Balandrán, R., Barbosa, G., Zazueta, J., Anzaldúa, A., & Quintero, A. (1998). Functional and nutritional properties of extruded whole pinto bean meal (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 63(1), 113–116. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15688.x>
- Ballesteros, M., Yépiz, G., Grijalva, M., Ramos, E., & Valencia, M. (1984). Elaboración por rogramación lineal, de nuevos productos a partir de cereales y leguminosas. *Centro de Investigacion En Alimentos y Desarrollo*, 34, 131–143.
- Bardales, N., David, Á., Santos, C., Portal, R., Máx, R., Ramirez, M., María, A., Ramirez, R., & Elizabeth, M. (2007). Mezcla alimenticia obtenida a partir de cultivos andinos de la región. *Redalyc.Org*.
- Barreto, F., & Toledo, D. (2017). Evaluación de la calidad protéica de la formulación de harinas de soya (*Glicyne max*), avena (*Avena sativa* l.) y trigo (*Triticum aestivum* l.) (1:1:2) y su efecto sobre la recuperación de la desnutrición protéica en ratas albinas (*Rattus norvegic*). *Repositorio De Revistas De La Universidad Privada De Pucallpa*. <https://doi.org/10.37292/riccva.v2i01.47>
- Basilio, J. (2020). *Obtención de una mezcla alimenticia a partir de quinua (chenopodium quinoa) y kiwicha (amaranthus caudatus) extruidas, y tarwi (lupinus mutabilis)* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4498/basilio-atencio-jaime-eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Basilio, J., Condezo, L., & Repo, R. (2020). Effect of extrusion cooking on the physical-chemical properties of whole kiwicha (*Amaranthus caudatus* L) flour variety centenario: Process optimization. *LWT*, 128, 109426.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109426>

- Bauchart, C., Morzel, M., Chambon, C., Mirand, P., Reynès, C., Buffière, C., & Rémond, D. (2007). Peptides reproducibly released by in vivo digestion of beef meat and trout flesh in pigs. *British Journal of Nutrition*, 98(6), 1187–1195. <https://doi.org/10.1017/S0007114507761810>
- Bender, A. E., & Doell, B. H. (1957). Biological evaluation of proteins: a new aspect. *British Journal of Nutrition*, 11(2), 140–148. <https://doi.org/10.1079/bjn19570029>
- Berru, L. B., Glorio, P., Basso, C., Scarafoni, A., Camarena, F., Hidalgo, A., & Brandolini, A. (2021). Chemical Composition, Tocopherol and Carotenoid Content of Seeds from Different Andean Lupin (*Lupinus mutabilis*) Ecotypes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76(1), 98–104. <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00880-0>
- Berti, P., Villacrés, E., Segovia, G., Mazon, N., & Peralta, E. (2013). *Lupinus mutabilis* Sweet , a traditional Ecuadorian grain: Fatty acid composition , use in the Ecuadorian food system , and potential for reducing malnutrition . INIAP - Estación Experimental Santa Catalina INIAP - Estación Experimental Santa Catalina. *Research Journals*, 2(2315–5094), 153–159. <http://garj.org/garjas/index.htm>
- Betancur, D. A., Ancona, L. A. C., Guerrero, R. I., Camelo Matos, G., & Ortiz, D. (2001). Physicochemical and Functional Characterization of Baby Lima Bean(*Phaseolus lunatus*) Starch. *Starch - Stärke*, 53(5), 219–226. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200105\)53:5<219::AID-STAR219>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200105)53:5<219::AID-STAR219>3.0.CO;2-R)
- Boatella, J., Codony, R., & Lopez, P. (2004). *Química y Bioquímica de los alimentos II*. Barcelona. https://books.google.com.ec/books?id=swXN8dUFew0C&dq=pectinas&source=gs_navlinks_s
- Borah, A., Das, D. K., Mukhopadhyay, R., & Mahanta, C. L. (2023). Investigation of low amylose rice extrudates blended with germinated green gram and bhimkol flour. *Applied Food Research*, 3(2), 100315. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100315>
- Breña, D. (2018). Obtencion de un aislado proteico de torta de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y evaluacion de sus propiedades tecno-funcionales [Universidad Nacional Agraria La Molina]. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3802%0Ahttp://repositorio>

o.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3802/breña-diaz-daniel-angel.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bressani, R. (2010). INCAP Studies of Vegetable Proteins for Human Consumption. *Food and Nutrition Bulletin*, 31(1), 95–110. <https://doi.org/10.1177/156482651003100110>

Bressani, R., Turcios, J., Reyes, L., & Mérida, R. (2001). Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 51(3), 2–10.

Buob, N. (2015). *¿Vaso sin leche? Análisis costo – efectividad del Programa Vaso de Leche en niños menores de 5 años durante el periodo 2007 – 2011* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581566/Tesis Buob Concha.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581566/Tesis%20Buob%20Concha.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Calvo, A. D., & Martínez, F. (2017). Optimization of Extrusion Process of Directly Expanded Snacks Based on Potato Starch in a Single Step for the Formation of Type IV Resistant Starch. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(3), 243–249. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0623-4>

Camarena, F., Huaranga, A., Jiménez, J., & Mostacero, E. (2012). *Revaloración de un cultivo subutilizado : chocho o tarwi (lupinus mutabilis sweet) / Félix Camarena Mayta , Amelia Huaranga Joaquín , Jorge Jiménez Dávalos , Elvia Mostacero Neyra*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Campos, E. (1994). Control de Calidad de Insumos y Dietas Acuicolas. In *FAO*.

Campos, J., Acosta, K., & Paucar, L. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209–220. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>

Carrion de la Bit, H. (2019). *Mercado de produccion agropecuaria en el Altiplano de Puno: Periodo 2008 - 2017* [Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13484/Helar_Carrión_De_la_Bit.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carvajal, S. (2018). *Efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y*

textura de la mezcla de maíz (Zea mays), Fréjol (Phaseolus vulgaris) y Camote (Ipomea batata) en el snack. Universidad Técnica del Norte.

- Cerezal, P., CCarrasco, A., Pinto, K., Romero, N., & Arcos, R. (2007). Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años. desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Scielo*, 32, 1–13.
- Cerón, C., Guerra, L., Legarda, J., Enríquez, M., & Portilla, Y. (2016). Efecto de la extrusión sobre las características físico-químicas de harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 92–99. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)92-99](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)92-99)
- Cervantes, J. E., Cabrera, A. H., Morales, E., Rodriguez, M. E., Reyes, M. de la L., Ramírez, A. K., Contreras, B. L., & Gaytán, M. (2020). Amylose-lipid complex formation from extruded maize starch mixed with fatty acids. *Carbohydrate Polymers*, 246, 116555. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116555>
- Chanvrier, H., Nordström, C., Vandeputte, G., Haiduc, A., Leloup, V., & Gumy, J. (2015). Impact of extrusion parameters on the properties of rice products: A physicochemical and X-ray tomography study. *Food Structure*, 6(October), 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2015.06.004>
- Chaudhary, N., Walia, S., & Kumar, R. (2023). Functional composition, physiological effect and agronomy of future food quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 118, 105192. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105192>
- Cheftel, J., & Cheftel, H. (1980). *Introducción a la Tecnología de Alimentos* (Acribia (ed.)). Zaragoza.
- Chen, F. L., Wei, Y. M., & Zhang, B. (2011). Chemical cross-linking and molecular aggregation of soybean protein during extrusion cooking at low and high moisture content. *LWT - Food Science and Technology*, 44(4), 957–962. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.008>
- Chen, Q., Zhang, J., Zhang, Y., Kaplan, D. L., & Wang, Q. (2022). Protein-amylose/amylopectin molecular interactions during high-moisture extruded texturization toward plant-based meat substitutes applications. *Food Hydrocolloids*, 127, 107559. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107559>

- Chien, H.-I., Tsai, Y.-H., David Wang, H.-M., Dong, C.-D., Huang, C.-Y., & Kuo, C.-H. (2022). Extrusion puffing pretreated cereals for rapid production of high-maltose syrup. *Food Chemistry: X*, *15*, 100445. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100445>
- Choquemamani, J., & Jara, M. (2021). *Efecto del tratamiento térmico sobre la calidad nutritiva y sensorial de una bebida nutracéutica a base de quinua (Chenopodium quinoa), maíz morado (Zea mays) y camu camu (Myrciaria dubia)*. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Ciumărnean, L., Milaciu, M., Runcan, O., Vesa, Ștefan, Răchișan, A., Negrean, V., Perné, M., Donca, V. I., Alexescu, T., Para, I., & Dogaru, G. (2020). The Effects of Flavonoids in Cardiovascular Diseases. *Molecules*, *25*(18), 4320. <https://doi.org/10.3390/molecules25184320>
- Contreras, B., Torres, O. L., & Rodríguez, M. E. (2019). Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and isolated starch. *Food Chemistry*, *298*, 124982. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124982>
- Cornell, C. E., Black, R. A., Xue, M., Litz, H. E., Ramsay, A., Gordon, M., Mileant, A., Cohen, Z. R., Williams, J. A., Lee, K. K., Drobny, G. P., & Keller, S. L. (2019). Prebiotic amino acids bind to and stabilize prebiotic fatty acid membranes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *116*(35), 17239–17244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900275116>
- Cortés-Avenidaño, P., Tarvainen, M., Suomela, J. P., Glorio-Paulet, P., Yang, B., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2020). Profile and Content of Residual Alkaloids in Ten Ecotypes of *Lupinus mutabilis* Sweet after Aqueous Debitting Process. *Plant Foods for Human Nutrition*, *75*(2), 184–191. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00799-y>
- Coulter, L. A., & Lorenz, K. (1991). EXTRUDED CORN GRITS?QUINOA BLENDS: II. PHYSICAL CHARACTERISTICS of EXTRUDED PRODUCTS. *Journal of Food Processing and Preservation*, *15*(4), 243–259. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1991.tb00170.x>
- Cristofanelli, S., Antonini, M., Torres, D., Polidori, P., & Renieri, C. (2004). Meat and carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*). *Meat Science*, *66*(3), 589–593. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00174-8)

- Cruz, A., Cervantes, I., Burgos, A., Morante, R., & Gutiérrez, J. P. (2015). Estimation of genetic parameters for reproductive traits in alpacas. *Animal Reproduction Science*, *163*, 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.09.017>
- Cueto, M., Porrás, J., Farroni, A., Alamilla, L., Schöenlechner, R., Schleining, G., & Buera, P. (2015). Physical and mechanical properties of maize extrudates as affected by the addition of chia and quinoa seeds and antioxidants. *Journal of Food Engineering*, *167*, 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.027>
- Cui, H., Li, S., Roy, D., Guo, Q., & Ye, A. (2023). Modifying quinoa protein for enhanced functional properties and digestibility: A review. *Current Research in Food Science*, *7*, 100604. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100604>
- Cuj, M., Dardón de Richardson, J., Mazariegos, M., Pérez Corrales, W., Fischer, E., & Román Trigo, A. V. (2017). Determinación de la ganancia de peso, calidad proteica y digestibilidad de ocho dietas a base de dos leguminosas, maní (*Arachis hypogaea* L.) y ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en ratas Wistar. *Revista Científica*, *27*(1), 21–32. <https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v27i1.73>
- Cuj, M., Dardón de Richardson, J., Mazariegos, M., Pérez Corrales, W., Fisher, E., & Román, A. V. (2017). Determination of weight gain, protein quality and digestibility of eight diets based on two legumes, peanut (*Arachis hypogaea* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in Wistar rats. *Revista Científica*, *1*(1), 21–31.
- Curasma, J. (2021). *Elaboración de una mezcla instantánea a base de quinua (chenopodium quinoa), cañihua (chenopodium pallidicaule), soya (glycine max) y avena (avena sativa) por método de extrusión*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Czubinski, J., Grygier, A., & Siger, A. (2021). *Lupinus mutabilis* seed composition and its comparison with other lupin species. *Journal of Food Composition and Analysis*, *99*(December 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103875>
- Dakhili, S., Abdolalizadeh, L., Hosseini, S. M., Shojaee, S., & Mirmoghtadaie, L. (2019). Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. *Food Chemistry*, *299*, 125161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125161>
- Daniel, H. (2004). Molecular and Integrative Physiology of Intestinal Peptide Transport. *Annual Review of Physiology*, *66*(1), 361–384.

<https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.66.032102.144149>

- Day, L., Cakebread, J. A., & Loveday, S. M. (2022). Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, *119*, 428–442. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.020>
- De la Cruz, J. C. (2016). *Fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amarillo duro (Zea mays L.) en la localidad De La Molina* [Universidad Nacional Agraria la molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1961>
- De la cruz, N. (2018). *Caracterización fenotípica y de rendimiento preliminar de ecotipos de tarwi (lupinus mutabilis sweet), bajo condiciones del callejón de huaylas – ancash*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- De Romaña, G., Graham, G. G., Morales, E., Massa, E., & MacLean, W. C. (1983). Protein Quality and Oil Digestibility of *Lupinus mutabilis*: Metabolic Studies in Children. *The Journal of Nutrition*, *113*(4), 773–778. <https://doi.org/10.1093/jn/113.4.773>
- Delgado-Nieblas, C., Ruiz-Beltrán, K., Sánchez-Lizárraga, J., Zazueta-Morales, J. de J., Aguilar-Palazuelos, E., Carrillo-López, A., Camacho-Hernández, I. L., & Quintero-Ramos, A. (2019). Effect of extrusion on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of breakfast cereals produced from bran and dehydrated naranjita pomace. *CYTA - Journal of Food*, *17*(1), 240–250. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1566276>
- Delgado, V. (2018). *LA MOLINA*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Díaz, R., & Hernández, M. (2012). Propiedades reológicas y de textura de formulaciones para panificación con inclusión de quinua. *Vitae*, *1*, 270–272. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914082%0ACómo>
- Doğan, H., & Karwe, M. V. (2003). Physicochemical Properties of Quinoa Extrudates. *Food Science and Technology International*, *9*(2), 101–114. <https://doi.org/10.1177/1082013203009002006>
- Dolores, M. (2002). *Efecto del método de cocinado y de la suplementación de la dieta con vitamina e sobre la calidad de la carne de cerdo durante su almacenamiento en refrigeración*. Universidad de Murcia - España.

- Drummond, M. J., & Rasmussen, B. B. (2008). Leucine-enriched nutrients and the regulation of mammalian target of rapamycin signalling and human skeletal muscle protein synthesis. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 11(3), 222–226. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e3282fa17fb>
- Drzewiecki, J., Delgado, E., Haruenkit, R., Pawelzik, E., Martin, O., Park, Y. S., Jung, S. T., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S. (2003). Identification and Differences of Total Proteins and their Soluble Fractions in some Pseudocereals Based on Electrophoretic Patterns. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26), 7798–7804. <https://doi.org/10.1021/jf030322x>
- Dularia, C., Sashikala, B., & Hossain, S. (2024). Effect of different processes on physicochemical, antinutritional and textural properties of quinoa seeds and flour. *Food and Humanity*, 2, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100246>
- Dussán, S., Hurtado, D. L., & Camacho, J. H. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinoa y Chontaduro. *Información Tecnológica*, 30(5), 3–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Eggum, B., Juliano, B., Ibabao, M., & Perez, C. (1986). Effect of extrusion cooking on nutritional value of rice flour. *Food Chemistry*, 19(3), 235–240. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(86\)90073-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(86)90073-7)
- Ek, P., Baner, J. M., & Ganjyal, G. M. (2020). Extrusion processing of cereal grains, tubers, and seeds. In *Extrusion Cooking* (pp. 225–263). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815360-4.00008-0>
- Espinoza, K., Roldan, D., & Martínez, N. (2021). Elaboración de snack extruido a partir de cereales y concentrado de proteína de pota (*dosidicus gigas*) y determinación de su vida útil. *Anales Científicos*, 82(1), 180. <https://doi.org/10.21704/ac.v82i1.1755>
- FAO/OMS/UNU. (1985). Necesidades de energía y de proteínas. In *Informe de una Reunión Consultiva Conjunta*. Italia.
- FAO. (1970). amino-acid content of foods and biological data on proteins. In *FAO nutritional studies* (Issue 24).
- FAO. (2011a). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAQ Expert Consultation. In *FAO food and nutrition paper* (Vol. 92).

- FAO. (2011b). La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. In *Oficina Regional para America Latina y el Caribe, FAO* (Vol. 37). <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.03.010>
- FAO. (2014). OMS | Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud - ¿Qué es, por qué, y cómo? In *Segunda conferencia Internacional sobre Nutrición*.
- FAO. (2017). *Evaluación de la calidad de la proteína de la dieta en nutrición humana* (FAO y FINU). Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Fundación Iberoamericana de Nutrición (FINUT).
- Fellows, P. J. (2009). Food processing technology: Principles and practice: Third edition. In *Food Processing Technology: Principles and Practice: Third Edition* (Second Edí). <https://doi.org/10.1533/9781845696344>
- FENNEMA. (2007). *Food Chemistry* (S. Damodaran, K. Parkin, & O. Fennema (eds.); Fourth). London.
- Flores, A. (2017). Actividad Física y prevalencia de Sobrepeso y Obesidad en Adolescentes Escolares de 12 A 18 Años de la Ciudad de Juliaca 2015. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 19(1), 103–114. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.260>
- Flores Bendezú, J., Calderón, J., Rojas, B., Alarcón Matutti, E., & Gutiérrez, C. (2013). Desnutrición crónica y anemia en niños menores de 5 años de hogares indígenas del Perú – Análisis de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2013. *Anales de La Facultad de Medicina*, 76(2), 135. <https://doi.org/10.15381/anales.v76i2.11139>
- Francke, P., & Acosta, G. (2020). Impact of the qali warma school feeding program on chronic child malnutrition. *Apuntes*, 48(88). <https://doi.org/10.21678/apuntes.88.1228>
- Freire, M. (2018). Desarrollo de emulsiones dobles y emulsiones dobles gelificadas como análogos de grasa y su aplicación en productos cárnicos funcionales. In *Universidad Complutense De Madrid Facultad*. <https://eprints.ucm.es/49912/1/T40546.pdf>
- Friedman, M., & Gumbamann, M. (1986). Nutritional Improvement of Soy Flour Through Inactivation of Trypsin Inhibitors by Sodium Sulfite. *Journal of Food Science*, 51(5), 1239–1241. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb13094.x>

- Fujita, Y., & Noda, Y. (1981). The Effect of Hydration on the Thermal Stability of Ovalbumin as Measured by Means of Differential Scanning Calorimetry. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 54(10), 3233–3234. <https://doi.org/10.1246/bcsj.54.3233>
- Funami, T., Nakao, S., Ishihara, S., & Nakauma, M. (2016). Food Hydrocolloids Effects of food consistency on perceived intensity and eating behavior using soft gels with varying aroma inhomogeneity. *Food Hydrocolloids*, 52, 896–905. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.08.029>
- Galindo, R. (2018). *Nivel de aceptabilidad sensorial de extruidos de quinua con maíz morado como una alternativa de alimentación saludable* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2131/L02-C389-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, D. E., Bello, L. A., Agama, E., & Alvarez, J. (2021). Structural characteristics and in vitro starch digestibility of pasta made with durum wheat semolina and chickpea flour. *LWT*, 145, 111347. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111347>
- García, F., Alvarez, H., Sotelo, A., Gonzáles, T., Norabuena, E., Zarate, E., & Sumarriva, L. (2022). Nutritional quality and evaluation physic, sensory and biological of conventional and gluten-free breads. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria*, 42, 106–114. <https://doi.org/10.12873/421garcia>
- García, G., Arias, S., Sánchez, J., & Fernández, M. (2004). Oxidación del colesterol en carne y derivados: factores que determinan su formación. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 20, 21–34. <https://upct.portalcientifico.es//documentos/60caa474d087520e32f4ffca>
- García, P. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Revista de Investigaciones de La Universidad Le Cordon Bleu*, 4(2), 73–79. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n2.005>
- German, H. (2019). Inseguridad alimentaria: Debates y propuestas para su superación. In S. E. U. de Caldas (Ed.), *Journal of Language Relationship* (1st ed.). <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/j.ctv18dvt8h>
- Gobbetti, M., & Gänzle, M. (2013). Handbook on sourdough biotechnology. In

Handbook on Sourdough Biotechnology. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5425-0>

- Goff, J., & Whelan, T. (2000). The Dynisco extrusion processors handbook. In D. DeLaney (Ed.), *Edition* (Second, Vol. 2).
- Gokul Nath, K., Pandiselvam, R., & Sunil, C. K. (2023). High-pressure processing: Effect on textural properties of food- A review. *Journal of Food Engineering*, *351*, 111521. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111521>
- Gomez, M. H., & Aguilera, J. M. (1983). Changes in the Starch Fraction During Extrusion-cooking of Corn. *Journal of Food Science*, *48*(2), 378–381. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb10747.x>
- Gonz, L. (2007). Las proteínas en la nutrición. *Revista Salud Pública y Nutrición*, *4*.
- Goodman, B. E. (2010). Insights into digestion and absorption of major nutrients in humans. *Advances in Physiology Education*, *34*(2), 44–53. <https://doi.org/10.1152/advan.00094.2009>
- Guerrero, Y., & Yague, S. (2014). Macromoléculas Biológicas. In *Macromoléculas biológicas: proteínas, DNA y RNA*. Ediciones Rayuela. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1067867>
- Guo, Z., Teng, F., Huang, Z., Lv, B., Lv, X., Babich, O., Yu, W., Li, Y., Wang, Z., & Jiang, L. (2020). Effects of material characteristics on the structural characteristics and flavor substances retention of meat analogs. *Food Hydrocolloids*, *105*, 105752. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105752>
- Guy, R. (2001). *Extrusion Cooking: Technologies and Applications* (S. A. Z. Acribia (ed.)). España.
- Hernandez, O., Julio, L. C., Doyagüez, E. G., & Gutiérrez, T. J. (2022). Structure-digestibility relationship from noodles based on organocatalytically esterified regular and waxy corn starch obtained by reactive extrusion using sodium propionate. *Food Hydrocolloids*, *131*, 107825. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107825>
- Hernandez, R., Collado, F., & Baptisa Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). booksmedicos.org

- Hleap, J., & Velasco, V. (2010). Análisis de las propiedades de textura en el almacenamiento de salchichas. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8, 47–54.
- Horcada, A., & Polvillo, O. (2010). Conceptos Básicos sobre la carne. In *Conceptos básicos sobre la carne*. La Producción de carne en Andalucía. <https://idus.us.es/handle/11441/40940>
- Huaman, C., & Moscoso, R. (2021). *Análisis de la cadena de producción de la quinua en la región del cusco y su evolución desde el año 2008 al 2018*. Universidad Andina del Cusco.
- Huamani, L. (2019). *Efecto de la humedad del grano y presión del expansor en el proceso de expandido de quinua (chenopodium quinoa Willd) blanca y roja en Ayacucho*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Huanatico, E., Arisaca, A., Quispe, A., Calla, M., Zavaleta, P., & Quispe, E. (2021). Propiedades físico-químicas y digestibilidad in vitro de mezclas alimenticias de cultivos andinos y cereales extruidos. *Revista Alfa*, 5(15), 582–593. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.140>
- Huang, H., Liang, H., & Kwok, K. (2006). Effect of thermal processing on genistein, daidzein and glycitein content in soymilk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(7), 1110–1114. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2465>
- Huang, R., Huang, K., Guan, X., Li, S., Cao, H., Zhang, Y., Lao, X., Bao, Y., & Wang, J. (2021). Effect of defatting and extruding treatment on the physicochemical and storage properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) flour. *LWT*, 147, 111612. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111612>
- Ijarotimi, O., Fakayejo, D., & Oluwajuyitan, T. (2021). Nutritional Characteristics, Glycaemic Index and Blood Glucose Lowering Property of Gluten-Free Composite Flour from Wheat (*Triticum aestivum*), Soybean (*Glycine max*), Oat-Bran (*Avena sativa*) and Rice-Bran (*Oryza sativa*). *Applied Food Research*, 1(2), 100022. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100022>
- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. In *Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario*. <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENA GRO.pdf>

- INEI. (2022). Desnutrición Crónica Afectó Al 11,5% De La Población Menor De Cinco Años. In *Inei* (Vol. 2019). https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-075-2022-inei_1.pdf
- INEI. (2023a). *Perú: Panorama Económico departamental*.
- INEI. (2023b). Producción Nacional. In *Ministerio de Economía y Finanzas*. <https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/04/Informe-completo-Ultima-version-14-04-2023.pdf>
- INIA. (2013). Quinoa Salcedo INIA. In *Instituto Nacional de Innovación Agraria* (Vol. 2). <http://www.inia.gob.pe.pdf>
- Isaza, L., Restrepo, D., & López, J. (2012). Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 65, 6541–6552. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179924340024>
- Ji, L., Zhang, H., Cornacchia, L., Sala, G., & Scholten, E. (2022). Effect of gelatinization and swelling degree on the lubrication behavior of starch suspensions. *Carbohydrate Polymers*, 291, 119523. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119523>
- Joy, C., Vernaza Leoro, M. G., Schmiele, M., Eduardo, R., & Kil, Y. (2012). Thermoplastic Extrusion in Food Processing. In *Thermoplastic Elastomers* (Issue 2001). University of Campinas Brazil. <https://doi.org/10.5772/36874>
- Jugenheimer, R. (1988). *Maiz: Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas*. Mexico, Limusa.
- Kadam, S., & Prabhasankar, P. (2012). Evaluation of cooking, microstructure, texture and sensory quality characteristics of shrimp meat-based past. *Journal of Texture Studies*, 43(4), 268–274. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00336.x>
- Kaleda, A., Talvistu, K., Vaikma, H., Tammik, M.-L., Rosenvald, S., & Vilu, R. (2021). Physicochemical, textural, and sensorial properties of fibrous meat analogs from oat-pea protein blends extruded at different moistures, temperatures, and screw speeds. *Future Foods*, 4, 100092. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100092>
- Karaman, M. (2021). *Theoretical and Practical New Approaches in cereal science and technology*. Ankara. <https://www.researchgate.net/publication/353779303>

- Kaur, L., Mao, B., Beniwal, A., Abhilasha, Kaur, R., Chian, F. M., & Singh, J. (2022). Alternative proteins vs animal proteins: The influence of structure and processing on their gastro-small intestinal digestion. *Trends in Food Science & Technology*, *122*, 275–286. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.021>
- Khatri, M., Singh, A., Singh, R., Kamble, D. B., Dar, A. H., & Sharma, A. (2023). Optimization and evaluation of quinoa and chia based gluten free pasta formulation. *Food and Humanity*, *1*, 174–179. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.05.009>
- Kontoyiannis, I., & Madiman, M. (2013). The entropy of sums and Rusza's divergence on abelian groups. *2013 IEEE Information Theory Workshop (ITW)*, 1–2. <https://doi.org/10.1109/ITW.2013.6691279>
- Koopman, R., Crombach, N., Gijzen, A. P., Walrand, S., Fauquant, J., Kies, A. K., Lemosquet, S., Saris, W. H., Boirie, Y., & van Loon, L. J. (2009). Ingestion of a protein hydrolysate is accompanied by an accelerated in vivo digestion and absorption rate when compared with its intact protein. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *90*(1), 106–115. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.27474>
- Kowalski, R. J., Medina, I. G., Thapa, B. B., Murphy, K. M., & Ganjyal, G. M. (2016). Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Cherry Vanilla. *Journal of Cereal Science*, *70*, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.024>
- Koziol, M. J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, *5*(1), 35–68. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)
- Kumar, P., Verma, A. K., Kumar, D., Umaraw, P., Mehta, N., & Malav, O. P. (2019). A Novel Technological Perspective: Meat Snacks. In *Innovations in Traditional Foods*. India. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814887-7.00011-3>
- Lan, Y., Wang, X., Wang, L., Zhang, W., Song, Y., Zhao, S., Yang, X., & Liu, X. (2024). Change of physiochemical characteristics, nutritional quality, and volatile compounds of *Chenopodium quinoa* Willd. during germination. *Food Chemistry*, *445*, 138693. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138693>
- Laqui, C., Limaylla, K., & Laqui, W. (2022). Características del grano y almidón obtenido de ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de color producido en el altiplano

peruano. *Revista Científica Agroindustria, Sociedad y Ambiente*.
<https://doi.org/http://doi.org/10.5281/zenodo.7365257>

- Lavado, P., & Barron, M. (2019). *Evaluación de impacto del Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma*.
[https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/6894/Evaluación de impacto del Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma.pdf?sequence=1](https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/6894/Evaluación%20de%20impacto%20del%20Programa%20Nacional%20de%20Alimentación%20Escolar%20Qali%20Warma.pdf?sequence=1)
- Lee, J. S., Kim, S., Jeong, Y. J., Choi, I., & Han, J. (2023a). Impact of interactions between soy and pea proteins on quality characteristics of high-moisture meat analogues prepared via extrusion cooking process. *Food Hydrocolloids*, *139*.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108567>
- Lee, J. S., Kim, S., Jeong, Y. J., Choi, I., & Han, J. (2023b). Impact of interactions between soy and pea proteins on quality characteristics of high-moisture meat analogues prepared via extrusion cooking process. *Food Hydrocolloids*, *139*(February), 108567. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108567>
- Lee, J. S., Oh, H., Choi, I., Yoon, C. S., & Han, J. (2022). Physico-chemical characteristics of rice protein-based novel textured vegetable proteins as meat analogues produced by low-moisture extrusion cooking technology. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113056>
- Lee, W. T., Weisell, R., Albert, J., Tomé, D., Kurpad, A. V., & Uauy, R. (2016). Research Approaches and Methods for Evaluating the Protein Quality of Human Foods Proposed by an FAO Expert Working Group in 2014. *The Journal of Nutrition*, *146*(5), 929–932. <https://doi.org/10.3945/jn.115.222109>
- Li, G., Wang, S., & Zhu, F. (2016). Physicochemical properties of quinoa starch. *Carbohydrate Polymers*, *137*, 328–338.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.064>
- Li, G., & Zhu, F. (2017). Amylopectin molecular structure in relation to physicochemical properties of quinoa starch. *Carbohydrate Polymers*, *164*, 396–402.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.02.014>
- Li, G., & Zhu, F. (2018). Quinoa starch: Structure, properties, and applications. *Carbohydrate Polymers*, *181*(November 2017), 851–861.

<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.067>

- Libera, J., Howiecka, K., & Stasiak, D. (2021). Consumption of processed red meat and its impact on human health: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(12), 6115–6123. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15270>
- Lindeboom, N., Chang, P. R., Falk, K. C., & Tyler, R. T. (2005). Characteristics of Starch from Eight Quinoa Lines. *Cereal Chemistry*, 82(2), 216–222. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0216>
- Liu, L., Li, S., Zhong, Y., Li, Y., Qu, J., Feng, J., Xu, S., Zhang, R., Xue, J., & Guo, D. (2017). Nutritional, physical and sensory properties of extruded products from high-amylose corn grits. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 846. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2017.v29.i11.1494>
- Liu, S., Liu, Q., Li, X., Obadi, M., Jiang, S., Li, S., & Xu, B. (2021). Effects of dough resting time on the development of gluten network in different sheeting directions and the textural properties of noodle dough. *LWT*, 141, 110920. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110920>
- Liu, Y., Dong, C., Wang, P., & Zhang, Y. (2023). The effect of different meat types on the in vitro digestibility of starch and protein in meat noodles. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100755. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100755>
- Lozano, O., Solórzano, E., Bernal, I., Rebolledo, H., & Jacinto, C. (2008). “Pinole” de alto valor nutricional obtenido a partir de cereales y leguminosas. *Ra Ximhai*, 4, 283–294. <http://www.redalyc.org/pdf/461/46140214.pdf>
- Luchese, C., Spada, J., & Tessaro, I. (2017). Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films. *Industrial Crops and Products*, 619–626. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.020>
- Macuri, E. (2016). Estudio de la diversidad fenotípica del maíz (*Zea mays* L.) en la sierra baja y media del Perú [Universidad Nacional Agraria la Molina]. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1981>
- Mamani, C., & Espirilla, K. (2016). Obtención y caracterización de sopa instantánea a partir de maíz amarillo oro (*Zea mays* L.) enriquecido con carne de llama (*Lama glama*) por extrusión [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. In

UNSAAC (Vol. 3).
<http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5181/253T20201002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mamani, D., Gutierrez, M., Serrudo, J., & Eduardo, G. (2017). Parámetros de calidad de harinas de *Amaranthus caudatus*. *Revista Con Ciencia*, 5, 27–38.

Mamani, E., & Molina, C. (2016). Calidad proteica y grado de satisfacción de la galleta elaborada a base de mezclas de harina de tarwi, cushucho, cañihua y gluten, Puno, julio-octubre 2015. In *Repositorio Institucional*. Universidad Nacional del Altiplano.

Mamani, M., & Molina, G. (2016). Calidad proteica y grado de satisfacción de la galleta elaborada a base de mezclas de harina de tarwi, cushucho, cañihua y gluten, Puno, julio-octubre 2015. In *Repositorio Institucional UNA-PUNO*. Universidad Nacional del Altiplano.

Mamani, N. (2022). Elaboración de producto lácteo fortificado con granos andinos y micro encapsulados de hierro para la prevención y reducción de la anemia. In *Universidad Nacional Del Altiplano De Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.

Mariotti, F. (2017). Plant Protein, Animal Protein, and Protein Quality. In *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* (pp. 621–642). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803968-7.00035-6>

Maskan, M., & Altan, A. (2012). Advances in Food Extrusion Technology. In *Advances in Food Extrusion Technology* (1st ed.). Boca Raton. <https://doi.org/10.1201/b11286>

McClements, D., & Grossmann, L. (2021). The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12771>

Medina, K. (2014). *Evaluación de las propiedades tecnológicas de la carne de alpaca (vicugna pacos) envasada al vacío durante el almacenamiento en congelación* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2407/Q02-M491-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Medina, O., Lopes, R., Vieira, V., Pirozi, M., Duarte, H. S., & Ribeiro de Barros, F. (2020). Mixed sorghum and quinoa flour improves protein quality and increases

- antioxidant capacity in vivo. *LWT*, *129*, 109597. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109597>
- Meng, L., Sun, X., Zhang, Y., & Tang, X. (2024). Effects of high temperature and high relative humidity drying on moisture distribution, starch microstructure and cooking characteristics of extruded whole buckwheat noodles. *Journal of Future Foods*, *4*(2), 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.06.007>
- Mezquita, P., Carrasco, A., Pinto, K., Romero, N., & Arcos, R. (2007). Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2 - 5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Redalyc.Org*, *32*, 857–864.
- MIDAGRI. (2012). *Producción de camelidos sudamericanos - Alpaca*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://www.midagri.gob.pe/portal>
- MIDAGRI. (2017). *Manejo agronómico - Práctica de conservación de suelos, producción, comercialización y perspectiva de granos andinos*.
- MIDAGRI. (2019). *Potencial Productivo y Comercial de la Alpaca*.
- MIDAGRI. (2023a). *Producción y comercio del Tarhui*. <https://www.fao.org/3/i5528s/i5528s.pdf>
- MIDAGRI. (2023b). *Programa de Acción de Intervención Sectorial para el Fortalecimiento de las Cadenas Asociadas a los Camélidos Sudamericanos 2023-2027*. El Peruano. <https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/40-sector-agrario>
- MIDAGRI. (2023c). Pronóstico de producción de quinua al 2023. In *Dirección de Estudio Económico*.
- Milán, J. C., Ryes, M. C., Camacho, H. L., & Rouzaud, S. O. (2002). Optimisation of extrusion process to transform hardened chickpeas (*Cicer arietinum* L) into a useful product. *Science of Food and Agriculture*, *c*, 59447.
- Milani, T., Menis, M., Jordano, A., Boscolo, M., & Conti-Silva, A. (2014). Pre-extrusion aromatization of a soy protein isolate using volatile compounds and flavor enhancers: Effects on physical characteristics, volatile retention and sensory characteristics of extrudates. *Food Research International*, *62*, 375–381. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.018>
- MINAGRI. (2019). Potencial Productivo y Comercial de la Alpaca. In *Ministerio de*

Agricultura y Riego (p. 56 p).
<http://repositorio.minagri.gob.pe/jspui/handle/MINAGRI/350>

- MINSA. (2023). *Reporte regional de indicadores sociales del departamento de Puno*.
- Mitchell, H. H., & Block, R. J. (1946). Some relationships between the amino acid contents of proteins and their nutritive values for the rat [© 1946 ASBMB. Currently published by Elsevier Inc; originally published by American Society for Biochemistry and Molecular Biology.]. In *The Journal of biological chemistry* (Vol. 163, Issue 3). [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(17\)41289-0](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(17)41289-0)
- Mitchell, G. V., Jenkins, M., & Grundel, E. (1989). Protein efficiency ratios and net protein ratios of selected protein foods. *Plant Foods for Human Nutrition*, 39(1), 53–58. <https://doi.org/10.1007/BF01092401>
- MOC. (2021). *Maíz amarillo duro*.
- Mohamed, I. O. (2023). Interaction of starch with some food macromolecules during the extrusion process and its effect on modulating physicochemical and digestible properties. A review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 5, 100294. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100294>
- Moisio, T., Damerou, A., Lampi, A.-M., Partanen, R., Forssell, P., & Piironen, V. (2015). Effect of extrusion processing on lipid stability of rye bran. *European Food Research and Technology*, 241(1), 49–60. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2433-y>
- Mościcki, L. (2008). Extrusion-Cooking Techniques: Applications, Theory and Sustainability. In *Extrusion-Cooking Techniques: Applications, Theory and Sustainability*. <https://doi.org/10.1002/9783527634088>
- Mościcki, L., & Wójtowicz, A. (2011). Raw Materials in the Production of Extrudates. In *Extrusion-Cooking Techniques* (pp. 45–63). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527634088.ch3>
- Motta, H., Santra, D., Rose, D., & Zhang, Y. (2017). Dough rheological properties and texture of gluten-free pasta based on proso millet flour. *Journal of Cereal Science*, 74, 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.02.014>
- Mrad, A. (2006). Etica en la investigación con modelos animales. Alternativas y las 3R

- de Russel. *Revista Colombiana de Bioética*, 1, 163–183.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=189217283010>
- Mudgil, D. (2017). The Interaction Between Insoluble and Soluble Fiber. In *Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease* (pp. 35–59). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805130-6.00003-3>
- Mulla, M., Bharadwaj, V., Annapure, U., & Singhal, R. (2011). Effect of formulation and processing parameters on acrylamide formation: A case study on extrusion of blends of potato flour and semolina. *Lwt*, 44(7), 1643–1648.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.019>
- Muthukumarappan, K., & Swamy, G. (2020). Extrusion Processing of Foods. In *Handbook of Food Preservation* (Third). <https://doi.org/10.1201/9780429091483-43>
- Nasaruddin, F., Chin, N. L., & Yusof, Y. A. (2012). Effect of Processing on Instrumental Textural Properties of Traditional Dodol Using Back Extrusion. *International Journal of Food Properties*, 15(3), 495–506.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2010.491932>
- Nikinmaa, M., Zehnder, O., Nyström, L., & Sozer, N. (2023). Effect of extrusion processing parameters on structure, texture and dietary fibre composition of directly expanded wholegrain oat-based matrices. *LWT*, 184, 114972.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114972>
- Oke, M. O., Awonorin, S. O., & Workneh, T. S. (2013). Expansion ratio of extruded water yam (*Dioscorea alata*) starches using a single screw extruder. *African Journal of Agricultural*, 8, 750–762. <https://doi.org/10.5897/AJAR12.1091>
- Olivares, L., García, L., & Scherer, C. (2004). Plegamiento de las proteínas: Un problema interdisciplinario. *Rev. Soc. Quím. Méx*, 48, 95–105.
- Orozco, X., Espinosa, J., & Serna, 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>
- Ortiz-Moncada, R., Álvarez-Dardet, C., Miralles-Bueno, J. J., Ruíz-Cantero, M. T., Dal Re-Saavedra, M. A., Villar-Villalba, C., Pérez-Farinós, N., & Serra-Majem, L. (2011). Determinantes sociales de sobrepeso y obesidad en España 2006. *Medicina*

- Clinica*, 137(15), 678–684. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.12.025>
- OSBORNE, T. B., MENDEL, L. B., & FERRY, E. L. (2009). THE JOURNAL OF BIOLOGICAL CHEMISTRY: Volume XXXVII, 1919, Pages 223-229. *Nutrition Reviews*, 35(8), 207–209. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1977.tb06601.x>
- Osborne, T., Van Slyke, D., Leavenworth, C., & Vinograd, M. (1915). Some Products of Hydrolysis of Gliadin, Lactalbumin, and the Protein of the Rice Kernel. *Journal of Biological Chemistry*, 22(2), 259–280. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)87644-x](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)87644-x)
- Osen, R. (2017). Texturization of pea protein isolates using high moisture extrusion cooking. In *TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN*.
- Osen, R., Toelstede, S., Wild, F., Eisner, P., & Schweiggert, U. (2014). High moisture extrusion cooking of pea protein isolates: Raw material characteristics, extruder responses, and texture properties. *Journal of Food Engineering*, 127, 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.11.023>
- Otondi, E. A., Nduko, J., & Omwamba, M. (2020). Physico-chemical properties of extruded cassava-chia seed instant flour. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100058. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100058>
- Pacheco, E. (2012). *Estudio de investigación de la carne de alpaca e introducción a la gastronomía Ecuatoriana* [Universidad tecnológica equinoccial]. http://infoalpacas.com.pe/wp-content/uploads/2016/10/48060_1.pdf
- Paliwal, R. (2001). *EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción*. Fao. <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm>
- Patil, S. S., Brennan, M. A., Mason, S. L., & Brennan, C. S. (2016). The effects of fortification of legumes and extrusion on the protein digestibility of wheat based snack. *Foods*, 5(2), 1–8. <https://doi.org/10.3390/foods5020026>
- Peled, S., & Livney, Y. D. (2021). The role of dietary proteins and carbohydrates in gut microbiome composition and activity: A review. *Food Hydrocolloids*, 120, 106911. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106911>
- Pérez-Navarrete, C., Betancur-Ancona, D., Casotto, M., Carmona, A., & Tovar, J. (2007). Efecto de la extrusión sobre la biodisponibilidad de proteína y almidón en mezclas

- de harinas de maíz y frijol lima. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 57(3), 278–286.
- Pérez, K., Elías, C., & Delgado, V. (2017). High-protein snack: an extruded from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), and sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 377–388. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.09>
- Philipp, C., Emin, M. A., Buckow, R., Silcock, P., & Oey, I. (2018). Pea protein-fortified extruded snacks: Linking melt viscosity and glass transition temperature with expansion behaviour. *Journal of Food Engineering*, 217, 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.08.022>
- Pismag, R., Pico, J., Fernández, A., Hoyos, J. L., & Martinez, M. M. (2023). α -Amylase reactive extrusion enhances the protein digestibility of saponin-free quinoa flour while preserving its total phenolic content. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 88, 103448. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103448>
- Polanco, A. I. (2005). Alimentación del niño en edad preescolar y escolar. In *Anales de Pediatría Monografías* (Vol. 3, Issue 1).
- Polidori, P., Antonini, M., Torres, D., Beghelli, D., & Renieri, C. (2007). Tenderness evaluation and mineral levels of llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) meat. *Meat Science*, 77(4), 599–601. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.011>
- Pomalque, U. (2008). *Elaboración de bocaditos con carne de alpaca (Lama pacos L), maíz amarillo (Zea mays L) chuño blanco por extrusión (página 2)* (Issue página 2). Universidad Nacional del Altiplano.
- Pöri, P., Aisala, H., Liu, J., Lille, M., & Sozer, N. (2023). Structure, texture, and sensory properties of plant-meat hybrids produced by high-moisture extrusion. *LWT*, 173, 114345. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114345>
- Qiao, D., Huang, Y., Zhao, G., Zhang, Y., Hou, X., Zhang, B., & Jiang, F. (2023). Small and large oscillatory shear behaviors of gelatin/starch system regulated by amylose/amylopectin ratio. *Food Hydrocolloids*, 142, 108780. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108780>
- Quesada, D., & Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición Clínica*

y *Metabolismo*, 2(1), 79–86. <https://doi.org/10.35454/rncm.v2n1.063>

Quimi, D. (2015). *Interacción genotipo – ambiente de híbridos triples experimentales de maiz (zea mays l.), en dos zonas del litoral ecuatoriano*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Quiroz, J. (2017). *La influencia de la alimentación en niños y niñas en la etapa preescolar*.

Quitral, V., Abugoch, L., Vinagre, J., & Larraín, M. A. (2001). Efecto de tratamientos térmicos sobre el contenido de lisina disponible en carne de jaiba mora (*Homalaspis plana*). *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 51. <https://ve.scielo.org/scielo.S0004-06222001000400010> 1/7

R.M. M N°451-006/MINSA. (2006). *Harinas extruidas*. <https://info.qaliwarma.gob.pe/datpub/uop/catalogo/2023/31-HARINAS-EXTRUIDASFF>

Ramirez, J., Piler de Carvalho, C., Meléndez, A., Tavares, O., & Penteado, M. (2013). Caracterización físico-química de pellets extruidos de torta de higuierilla (*Ricinus comunis L*) visando su uso en alimentos balanceados. *Embrapa Agroindústria de Alimentos-Artigo Em Anais de Congresso*, 6.

Ramos Diaz, J. M., Suuronen, J.-P., Deegan, K. C., Serimaa, R., Tuorila, H., & Jouppila, K. (2015a). Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1047–1056. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.011>

Ramos Diaz, J. M., Suuronen, J. P., Deegan, K. C., Serimaa, R., Tuorila, H., & Jouppila, K. (2015b). Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. *Lwt*, 64(2), 1047–1056. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.011>

Rekola, S., Kårlund, A., Mikkonen, S., Kolehmainen, M., Pomponio, L., & Sozer, N. (2023). Structure, texture and protein digestibility of high moisture extruded meat alternatives enriched with cereal brans. *Applied Food Research*, 3(1), 100262. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100262>

Repo-Carrasco, R. (1992). Cultivos Andinos y la Alimentación Infantil. In *Comisión de Coordinación de Tecnología Andina*. Coordinación de Tecnología Andina.

<https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000798106013312>

- Repo, R., Pilco, J., & Encina, C. (2011). Desarrollo Y Elaboración De Snack Extruido a Partir De Maíz y Malanga. *Ingenieria Industrial*.
- Restrepo, D., Arango, C., Amézquita, A., & Restrepo, R. (2001). Industria de Carnes. In Universidad Nacional de Colombia (Ed.), *Industria de carnes*. Medellín - Colombia. <http://decarnes.wikispaces.com/file/view/Libro+de+carnes.pdf>
- Reyes, M., Gómez, I., & Espinoza, C. (2017). Tablas de composición de alimentos de Perú. In *Repositorio.Ins.Gob.Pe* (Issue 56). Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Riaz, M. (2000). Extruders in food applications. In *Extruders in Food Applications* (First Edit). <https://doi.org/10.1201/9781482278859>
- Rizki, G., Arnaboldi, L., Gabrielli, B., Yan, J., Lee, G. S., Ng, R. K., Turner, S. M., Badger, T. M., Pitas, R. E., & Maher, J. J. (2006). Mice fed a lipogenic methionine-choline-deficient diet develop hypermetabolism coincident with hepatic suppression of SCD-1. *Journal of Lipid Research*, 47(10), 2280–2290. <https://doi.org/10.1194/jlr.M600198-JLR200>
- Rodríguez, P., & Pérez, E. (2015). Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de aminoácidos de harina de plátano de dos clones. *Revista ION*, 28(1), 55–62.
- Rodriguez, S., Escobar, A., & Ortiz, E. (2011). Desarrollo de una Prueba de Estabilidad Oxidativa del Aceite de Pescado , Comparando Medidas de Técnicas Bromatológicas con las de Calorimetría Diferencial de Barrido. *Revista Colombiana de Física*, 42, 70–81.
- Rodriguez, Y. . (2012). Identificación de la microflora bacteriana bacteriana ruminal de alpaca (*Vicugna pacos*) mediante análisis del gen 16S RDNA. In *Tesis Universidad Nacional Mayor de San Marcos* (Vol. 1). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Rojas, W., Vargas, A., & Porcel, M. (2016). La diversidad genética de la quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. *RIIARn*, 3(2), 114–124. http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v3n2/v3n2_a01.pdf

- Roldán, D., Omote, J., Molleda, A., & Olivares, F. (2022). Desarrollo de barras nutritivas utilizando cereales, granos andinos y concentrado proteico de pota. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 24(1), 17–26. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.383>
- Román, A., Barrera, D., Morales, E., Castro, J., Gómez, C., Falfán, R., Rodríguez, M., & Guzmán, F. (2022). Modelling and optimization of the extrusion process in a snack of barley/corn and nutritional evaluation of the optimized product. *Cereal Chemistry*, 99(3), 556–567. <https://doi.org/10.1002/cche.10518>
- Ruiz de huidobro, F., Blázquez, B., Miguel, E., & Onega, E. (2003). Metodología para la determinación de la calidad de la canal y de la carne del cabrito lechal. *ResearchGate - Alimentaria*, 349.
- Salazar, M. (2013). *Formulación de un suplemento alimenticio infantil, a base de maíz (Zea mays L.), Tarwi (Lupinus mutabilis S.) y quinua (Chenopodium quinoa W.), por el proceso de extrusión*. [Universidad Nacional de Huancavelica]. [http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP - UNH. ENF. 0101.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP%20-%20UNH.%20ENF.0101.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Saldanha do Carmo, C., Rieder, A., Varela, P., Zobel, H., Dessev, T., Nersten, S., Gaber, S. M., Sahlstrøm, S., & Knutsen, S. H. (2023). Texturized vegetable protein from a faba bean protein concentrate and an oat fraction: Impact on physicochemical, nutritional, textural and sensory properties. *Future Foods*, 7, 100228. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100228>
- Salvá, B. K., Zumalacárregui, J. M., Figueira, A. C., Osorio, M. T., & Mateo, J. (2009). Nutrient composition and technological quality of meat from alpacas reared in Peru. *Meat Science*, 82(4), 450–455. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.015>
- Salvá, B., Zumalacárregui, J., Figueira, A., Osorio, M., & Mateo, J. (2009). Nutrient composition and technological quality of meat from alpacas reared in Peru. *Meat Science*, 82(4), 450–455. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.015>
- Samard, S., & Ryu, G. (2019). Physicochemical and functional characteristics of plant protein-based meat analogs. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(10). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14123>
- Santacruz, S., Cadena, C., & Yáñez, S. (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
- Santrich, D. (2006). Evaluacion De La Calidad Y Composicion Quimica De La Carne De Res Proveniente De Aniamles De Dos Grupos De Edad En Puerto Rico. In *Universidad De Puerto Rico*. Universidad De Puerto Rico.
- Sayd, T., Chambon, C., & Santé, V. (2016). Quantification of peptides released during in vitro digestion of cooked meat. *Food Chemistry*, 197, 1311–1323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.020>
- Sayd, T., Dufour, C., Chambon, C., Buffière, C., Remond, D., & Santé-Lhoutellier, V. (2018). Combined in vivo and in silico approaches for predicting the release of bioactive peptides from meat digestion. *Food Chemistry*, 249, 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.013>
- SENASA. (2022). *SENASA fortalece técnicas de producción de quinua en agricultura familiar de Puno*. SENASA Contigo #Somos Noticia. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo>
- Silva, M. E. T. da, Correa, K. de P., Martins, M. A., da Matta, S. L. P., Martino, H. S. D., & Coimbra, J. S. dos R. (2020). Food safety, hypolipidemic and hypoglycemic activities, and in vivo protein quality of microalga *Scenedesmus obliquus* in Wistar rats. *Journal of Functional Foods*, 65, 103711. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103711>
- Silva S., W., Arbaiza F., T., Carcelén C., F., & Lucas A., O. (2013). Evaluación biológica en ratas de laboratorio (*rattus norvegicus*) de fuentes proteicas usadas en alimentos comerciales para perros. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 14(1). <https://doi.org/10.15381/rivep.v14i1.1590>
- Singh, P., & Heldman, D. (2013). *Introduction to Food Engineering* (Fifth Edit).
- Singh, R., & Koksel, F. (2021). Effects of particle size distribution and processing conditions on the techno-functional properties of extruded soybean meal. *LWT*, 152, 112321. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112321>
- Singh, S., Gamlath, S., & Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(8), 916–929. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x>

- Singkhornart, S., Edou, S., & Ryu, G.-H. (2014). Influence of germination and extrusion with CO₂ injection on physicochemical properties of wheat extrudates. *Food Chemistry*, *143*, 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.102>
- Solarte, J. G., Díaz, A. E., Osorio, O., & Mejía, D. F. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información Tecnológica*, *30*(6), 35–44. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>
- Song, J., & Tang, Y. (2023). Effect of extrusion temperature on characteristic amino acids, fatty acids, organic acids, and phenolics of white quinoa based on metabolomics. *Food Research International*, *169*, 112761. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112761>
- Srichuwong, S., Curti, D., Austin, S., King, R., Lamothe, L., & Gloria-Hernandez, H. (2017). Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. *Food Chemistry*, *233*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.019>
- Srichuwong, S., & Jay, J. (2007). Physicochemical properties of starch affected by molecular composition and structures. *Food Science Biotechnology*, *16*, 663–674.
- Sriket, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Kijroongrojana, K. (2007). Comparative studies on the effect of the freeze–thawing process on the physicochemical properties and microstructures of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) muscle. *Food Chemistry*, *104*(1), 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.004>
- Stribițaia, E., Krop, E. M., Lewin, R., Holmes, M., & Sarkar, A. (2020). Tribology and rheology of bead-layered hydrogels: Influence of bead size on sensory perception. *Food Hydrocolloids*, *104*, 105692. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105692>
- Suca, G., & Suca, C. (2015). Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím*, *18*(2), 55.
- Sun, X. D., & Holley, R. A. (2011). Factors Influencing Gel Formation by Myofibrillar Proteins in Muscle Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food*

- Safety*, 10(1), 33–51. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00137.x>
- Suo, X., Dall’Asta, M., Giuberti, G., Minucciani, M., Wang, Z., & Vittadini, E. (2024). Effect of “shape” on technological properties and nutritional quality of chickpea-corn-rice gluten free pasta. *LWT*, 192, 115661. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115661>
- Surmacka, A. (1963). Classification of Textural Characteristics a. *Journal of Food Science*, 28(4), 385–389. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x>
- Tacusi, J. (2006). Deshidratación de trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*) en presentación de sopa instantánea. In *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Tadesse, S., Beri, G., & Abera, S. (2019). Chemical and sensory quality of sorghum-based extruded product supplemented with defatted soy meal flour. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1653617. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1653617>
- Tapia, M. (2015). El Tarwi, Lupino Andino. In *Fondo Italo Peruano*. Fondo Italo Peruano. <https://docplayer.es/33372914-El-tarwi-lupino-andino.html>
- Teba, C., Silva, E., Chávez, D., Carvalho, C., & Ascheri, J. (2017). Effects of whey protein concentrate, feed moisture and temperature on the physicochemical characteristics of a rice-based extruded flour. *Food Chemistry*, 228, 287–296. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.145>
- Tiga, B. H., Kumcuoglu, S., Vatansever, M., & Tavman, S. (2021). Thermal and pasting properties of Quinoa—Wheat flour blends and their effects on production of extruded instant noodles. *Journal of Cereal Science*, 97, 103120. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103120>
- Tomé, D. (2023). Protein Digestion and Bioavailability. In *Encyclopedia of Human Nutrition* (Fourth).
- Tomić, J., Dapčević, T., Škrobot, D., Maravić, N., Popović, N., Stevanović, D., & Hadnađev, M. (2023). Spontaneously fermented ancient wheat sourdoughs in breadmaking: Impact of flour quality on sourdough and bread physico-chemical properties. *LWT*, 175, 114482. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114482>
- Tovar, E., Parafán, A., Enríquez, G., Pismag, Y., & Ceron, L. (2017). Evaluación del efecto del proceso de extrusión en harina de quinua (*chenopodium quinoa willd*)

- normal y germinada. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 30. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)30-38](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)30-38)
- Valdez, J. (2019). *Caracterización fisicoquímica, funcional-tecnológica y sensorial de tres variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4200>
- Valenzuela, R., Mita, G., & Quilla, D. (2011). Efectos De La Germinacion Y Cocion En Las Propiedades Nutricionales De Tres Variantes De Quinoa. *Revista de Investigación Altoandina*, 6–9. <https://doi.org/http://dx.doir.org/10.1827/ria.2015.109>
- Valls, P. (1993). El Proceso De Extrusión En Cereales Y Habas De Soja. Experiencias Prácticas. *IX Curso de Especialización FEDNA*, 1–5.
- Van der Sman, R. G. M. (2016). Sugar and polyol solutions as effective solvent for biopolymers. *Food Hydrocolloids*, 56, 144–149. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.001>
- Van der Sman, R. G. M., & Van der Goot, A. J. (2023). Hypotheses concerning structuring of extruded meat analogs. *Current Research in Food Science*, 6, 100510. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100510>
- van Vliet, S., Burd, N. A., & van Loon, L. J. (2015). The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. *The Journal of Nutrition*, 145(9), 1981–1991. <https://doi.org/10.3945/jn.114.204305>
- Varghese, C., Srivastav, P., & Roopesh, M. S. (2022). High-energy cookies for undernourished adolescents: In vivo rat assay of protein quality and evaluation of storage conditions on cookies shelf-life. *Future Foods*, 6, 100154. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100154>
- Vasanthan, T., & Hoover, R. (1992). Effect of defatting on starch structure and physicochemical properties. *Food Chemistry*, 45(5), 337–347. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(92\)90034-Y](https://doi.org/10.1016/0308-8146(92)90034-Y)
- Vasanthan, T., & Temelli, F. (2008). Grain fractionation technologies for cereal beta-glucan concentration. *Food Research International*, 41(9), 876–881. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.07.022>

- Vegas, R., Zavaleta, A., & Vegas, C. (2017). Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades funcionales de harina de semillas de *lupinus mutabilis* “tarwi” variedad criolla. *Agroindustrial Science*, 7(1), 49–55. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2017.01.05>
- Velásquez, F., Miñano, H., Alvarez, J., & Bello, L. (2021). Structural, functional, and chemical properties of small starch granules: Andean quinoa and kiwicha. *Food Hydrocolloids*, 120, 106883. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106883>
- Velásquez, F., Ramirez, E., Salazar, M., & Salazar, E. (2020). Physicochemical properties and acceptability of three formulations containing fava bean, quinoa and corn flour extrudates. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 37(2). <https://doi.org/10.22267/rcia.203702.136>
- Velázquez, A., Vidal, L., Antúnez, L., Alcaire, F., Varela, P., & Ares, G. (2023). Children’s reaction to sugar reduced dairy desserts in the context of the implementation of nutritional warning labels: An exploratory study. *Food Research International*, 170(February). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113001>
- Vidal, N. P., Roman, L., Swaraj, V. J. S., Ragavan, K. V., Simsek, S., Rahimi, J., Kroetsch, B., & Martinez, M. M. (2022). Enhancing the nutritional value of cold-pressed oilseed cakes through extrusion cooking. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102956. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102956>
- Vidaurre, J., Salas, F., Schoenlechner, R., & Repo, R. (2021). Rheological and textural properties of gluten-free doughs made from Andean grains. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(1), 468–479. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14662>
- Vidaurre, J., Salas, W., & Repo, R. (2019). Propiedades de pasta y texturales de las mezclas de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) en un sistema acuoso. *Revista de Investigaciones Altoandinas*.
- Vílchez Túpac, L. M., Guevara Pérez, A., & Encina Zelada, C. R. (2012). Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (*Lepidium meyenii* Walp). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 78(2), 126–137.
- Wang, S., Tian, A., Zhao, K., Zhang, R., Lei, Z., Qin, X., Wu, X., Liu, Y., Liu, P., Yang,

- S., Jin, J., Chen, K., Liu, X., Zhong, F., Chang, R., Xu, L., & Ma, A. (2023). Effect of cooking methods on volatile compounds and texture properties in rice porridge. *LWT*, *184*, 115111. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115111>
- Wang, Y., Tuccillo, F., Lampi, A., Knaapila, A., Pulkkinen, M., Kariluoto, S., Coda, R., Edelmann, M., Jouppila, K., Sandell, M., Piironen, V., & Katina, K. (2022). Flavor challenges in extruded plant-based meat alternatives: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *21*(3), 2898–2929. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12964>
- Wong, K. H., & Cheung, P. C. K. (2003). Effect of fiber-rich brown seaweeds on protein bioavailability of casein in growing rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *54*(4), 269–279. <https://doi.org/10.1080/09637480120092099>
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., & Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, *78*(4), 343–358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
- Wu, G. (2023). Amino acids: Specific functions. In *Encyclopedia of Human Nutrition* ((Fourth Ed, pp. 36–47). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821848-8.00049-4>
- Wu, M., Huang, X., Gao, F., Sun, Y., Duan, H., & Li, D. (2019). Dynamic mechanical properties and fractal analysis of texturized soybean protein/wheat gluten composite produced by high moisture extrusion. *International Journal of Food Science & Technology*, *54*(2), 499–508. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13963>
- Yang, Y., Zheng, Y., Ma, W., Zhang, Y., Sun, C., & Fang, Y. (2023). Meat and plant-based meat analogs: Nutritional profile and in vitro digestion comparison. *Food Hydrocolloids*, *143*, 108886. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108886>
- Ye, J., Hu, X., Luo, S., Liu, W., Chen, J., Zeng, Z., & Liu, C. (2018). Properties of Starch after Extrusion: A Review. *Starch - Stärke*, *70*(11–12). <https://doi.org/10.1002/star.201700110>
- Yousefi, N., & Abbasi, S. (2022). Food proteins: Solubility & thermal stability improvement techniques. *Food Chemistry Advances*, *1*, 100090. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100090>

- Yu, L. (2011). Extrusion processing of protein rich food formulations [McGill University]. In *PhD Thesis McGill University* (Issue August). <http://search.proquest.com/docview/1079018247?accountid=10267>
- Zahari, I., Purhagen, J., Rayner, M., Ahlstr, C., Helstad, A., Landers, M., Müller, J., Eriksson, J., & Ostbring, K. (2023). Extrusion of high-moisture meat analogues from hempseed protein concentrate and oat fibre residue. *Journal of Food Engineering*, 354. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111567>
- Zeki, B. (1967). Food Process Engineering and Technology. In T. Steve (Ed.), *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Second, Issue Mi). Israel.
- Zhang, J., Yu, X., Duan, Y., Yue, C., Wang, Z., Zhang, X., Wang, H., Xiao, Z., & Wang, P. (2022). Influences of feed moisture on the structure and physicochemical properties of high amylose corn starch-flax oil complexes during extrusion. *Journal of Cereal Science*, 107, 103541. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103541>
- Zhang, M., Zhao, D., Zhu, S., Nian, Y., Xu, X., Zhou, G., & Li, C. (2020). Overheating induced structural changes of type I collagen and impaired the protein digestibility. *Food Research International*, 134, 109225. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109225>
- Zorogastúa, J. (2004). *Aplicación del diseño de mezclas en la elaboración de chorizo ahumado utilizando carn de alpaca (Lama Pacos) y carne de cordero (Ovis aries)*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

ANEXOS

ANEXO 1: Metodología para la hidratación de la mezcla a partir de carne de alpaca, quinua, maíz y tarwi

Para la hidratación de la mezcla alimenticia antes del proceso de extrusión se tomó la metodología descrita por Castro. (1986) citado por (Huamani, 2019). basado en el método de aproximación de los mínimos cuadrados. el cual se describe a continuación:

- Pesar 100g de muestra en una balanza analítica y colocar en una bolsa Ziplock de primer uso.
- Adicionar a la bolsa 2% de agua (2 gramos) y dejar reposar por 3 horas.
- Una vez culminado el tiempo de absorción. determinar el porcentaje de humedad de la muestra.
- La operación se repite en las siguientes pruebas con la variación en el aumento del porcentaje de agua del 2%. siendo añadida agua en una 4% a la siguiente muestra (4 gramos). y así sucesivamente hasta la adición de 14% de agua (14 gramos).
- Para la determinación de la cantidad de agua absorbida por la muestra. se emplea la técnica de mínimos cuadrados obteniendo las constantes (a y b) de la ecuación matemática.

Siendo la ecuación:

$$y = a + bx$$

x = porcentaje de agua a añadir

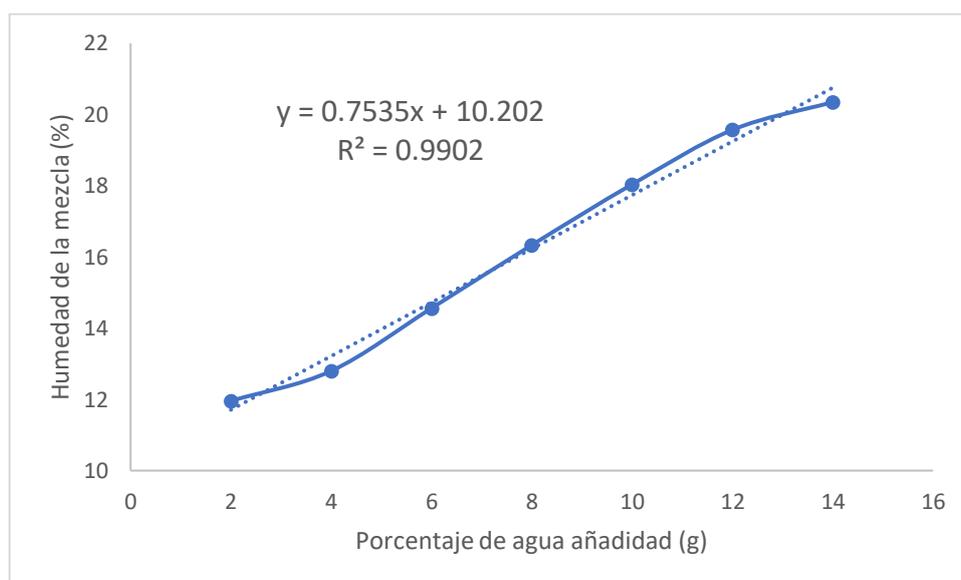
y = porcentaje de humedad que se desea obtener

ANEXO 2: Determinación de la curva de absorción de agua para la mezcla alimenticia.

Para el acondicionamiento de la mezcla se presenta la siguiente tabla detallándose el porcentaje de agua añadida y la humedad que tenía la mezcla, así mismo en la gráfica se presenta la curva de absorción de agua de la presente mezcla.

Relación de porcentaje de agua añadida y humedad de la mezcla

Muestra (g)	Agua añadida (g)	Humedad (%)
100	2	11.957
100	4	12.79
100	6	14.56
100	8	16.33
100	10	18.03
100	12	19.57
100	14	20.35



Curva de absorción de agua de la mezcla

Obteniendo la siguiente ecuación:

$$y = a + bx$$

$$y = 0.7535x + 10.202$$

ANEXO 3: Aminoácidos esenciales presentes en las materias primas y el patrón de aminoácidos esenciales de referencia para preescolares

AMINOÁCIDOS	Carne de alpaca mg/g de proteína	Quinoa mg/g de proteína	Tarwi mg/g de proteína	Maíz mg/g de proteína	*Niños de 3 a 10 años mg/g de proteína
Isoleucina	114.00	36.00	43.84	36.80	28
Leucina	n/d	60.00	71.84	125.28	44
Lisina	111.00	56.00	52.96	26.72	44
Met + Cist	22.00	20.00	21.44	34.72	22
Fen +tirosina	52.00	68.96	72.32	87.04	22
Treonina	76.30	35.04	36.48	36.00	20
Triptofano	24.00	10.56	10.08	5.28	9
Valina	33.00	44.96	40.32	48.48	25
Histidina		24.00	26.08	20.8	19

FUENTE: *(FAO, 2017)

ANEXO 4: Score Químico de las mezclas obtenidas mediante el diseño central compuesto

	CA	Q	T	M	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina + Cisteína	Fenilalanina + Tirosina	Treonina	Triptófano	Valina	Histidina	Score Químico
1	2.82	36.08	7.66	53.43	140.11	213.85	94.72	127.42	356.36	184.14	89.80	184.59	192.50	89.80
2	8.18	36.08	7.66	48.08	154.87	198.61	104.97	124.32	347.84	194.93	100.93	181.28	185.15	100.93
3	2.82	53.92	7.66	35.59	139.60	187.38	106.59	115.48	341.70	183.29	100.26	182.08	168.01	100.26
4	8.18	53.92	7.66	30.24	154.36	172.15	116.84	112.39	333.18	194.07	111.39	178.76	160.66	111.39
5	2.82	36.08	8.18	52.92	140.24	213.22	95.02	127.11	356.02	184.16	90.07	184.42	192.44	90.07
6	8.18	36.08	8.18	47.57	154.99	197.99	105.27	124.01	347.49	194.94	101.20	181.11	185.09	101.20
7	2.82	53.92	8.18	35.08	139.73	186.76	106.89	115.17	341.36	183.30	100.53	181.91	167.95	100.53
8	8.18	53.92	8.18	29.73	154.49	171.52	117.14	112.08	332.83	194.08	111.67	178.60	160.61	111.67
9	1.00	45.00	14.50	39.50	136.55	197.51	101.24	118.38	347.36	180.20	94.88	182.23	182.01	94.88
10	10.00	45.00	14.50	30.50	161.36	171.88	118.47	113.17	333.03	198.34	113.60	176.66	169.65	113.17
11	5.50	30.00	14.50	50.00	149.38	206.95	99.87	125.81	352.52	189.99	95.44	181.56	196.42	95.44
12	5.50	60.00	14.50	20.00	148.52	162.44	119.84	105.74	327.87	188.55	113.04	177.33	155.24	105.74
13	5.50	45.00	3.00	46.50	146.06	198.66	103.00	122.72	347.89	188.99	98.11	183.20	177.09	98.11
14	5.50	45.00	26.00	23.50	151.84	170.73	116.71	108.83	332.50	189.55	110.37	175.69	174.57	108.83
15	5.50	45.00	14.50	35.00	148.95	184.69	109.86	115.78	340.19	189.27	104.24	179.45	175.83	104.24
16	5.50	45.00	14.50	35.00	148.95	184.69	109.86	115.78	340.19	189.27	104.24	179.45	175.83	104.24
17	5.50	45.00	14.50	35.00	148.95	184.69	109.86	115.78	340.19	189.27	104.24	179.45	175.83	104.24
18	5.50	45.00	14.50	35.00	148.95	184.69	109.86	115.78	340.19	189.27	104.24	179.45	175.83	104.24
19	5.50	45.00	14.50	35.00	148.95	184.69	109.86	115.78	340.19	189.27	104.24	179.45	175.83	104.24
20	5.50	45.00	14.50	35.00	148.95	184.69	109.86	115.78	340.19	189.27	104.24	179.45	175.83	104.24

ANEXO 5: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA101.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-2925-2023
SO-0870-2023


LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: MA101
Fecha de Ingreso de Muestra: 2023/06/23
Fecha de Ensayo: 2023/06/23
Nro Cotización: 141-06-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
Fecha de muestreo: 2023/06/22
Hora de muestreo: 15:00
Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina Cilus gilberti en jaulas flotantes" - Ilo
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g.

REPORTE DE RESULTADOS
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/06/28

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayos(s)	Unidad	Resultado(s)
Proteinas	%P _{tot}	27.04

Metodos de Referencias:
Proteinas: NTP 209.262 (2013) (Revisada el 2018)


Bgla Mercedes Mercedes Quique Flores
C.B P/4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solose refieren a los items ensayados. El presente informe de ensayo se refiere unicamente a la muestra analizada.

ANEXO 6: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA102.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Teléfax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-2926-2023
SO-0870-2023


LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: MA102
Fecha de Ingreso de Muestra: 2023/06/23
Fecha de Ensayo: 2023/06/23
Nro Cotización: 141-06-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
Fecha de muestreo: 2023/06/22
Hora de muestreo: 15:00
Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina Cilus gilberti en jaulas flotantes" - Ilo
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g

REPORTE DE RESULTADOS
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/06/28

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Proteínas	%P _{tot}	26.46

Metodos de Referencias:
Proteínas NTP 209.262 (2013) (Revisada el 2018)


D. Mercedes Jiménez Quipe Flores
C. B P/4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solose refieren a los items ensayados. El presente informe de ensayo se refiere unicamente a la muestra analizada.

ANEXO 7: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA103.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-2927-2023
SO-0870-2023



Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: MA103
Fecha de Ingreso de Muestra: 2023/06/23
Fecha de Ensayo: 2023/06/23
Nro Cotización: 141-06-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):

Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
Fecha de muestreo: 2023/06/22
Hora de muestreo: 15:00
Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina Cilus gilberti en jaulas flotantes" - Ilo
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/06/28

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayos(s)	Unidad	Resultado(s)
Proteínas	% _{Prote}	25.87

Metodos de Referencias:

Proteínas NTP 209.262 (2013) (Revisada el 2018)


Mercedes Ingrid Quijpe Florez
C. B. P. 4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

ANEXO 8: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA104.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-2928-2023
SO-0870-2023


LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: MA104
Fecha de Ingreso de Muestra: 2023/06/23
Fecha de Ensayo: 2023/06/23
Nro Cotización: 141-06-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
Fecha de muestreo: 2023/06/22
Hora de muestreo: 15:00
Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina Cilius gilberti en jaulas flotantes" - Ilo
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g

REPORTE DE RESULTADOS
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/06/28

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayos(s)	Unidad	Resultado(s)
Proteínas	% _{P_{tot}}	26.60

Metodos de Referencias:
Proteínas NTP 209 262 (2013) (Revisada el 2018)


B. G. Mercedes Flores
C. B. P/4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

ANEXO 9: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA105.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

LABORATORIO LOUIS PASTEUR

INFORME DE ENSAYO
LLP-2929-2023
SO-0870-2023

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: MA105
Fecha de Ingreso de Muestra: 2023/06/23
Fecha de Ensayo: 2023/06/23
Nro Cotización: 141-06-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
Fecha de muestreo: 2023/06/22
Hora de muestreo: 15:00
Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina *Cilus gilberti* en jaulas flotantes" - Ilo
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g

REPORTE DE RESULTADOS
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/06/28

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayos(s)	Unidad	Resultado(s)
Proteínas	% _{P_{total}}	25.88

Metodos de Referencias:
Proteínas NTP 209.262 (2013) (Revisada el 2018)

Bлга. Mercedes Inariza Quipe Flores
C.B. P.4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.L. - CUSCO

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solose refieren a los items ensayados. El presente informe de ensayo se refiere unicamente a la muestra analizada

ANEXO 10: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA106.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-2930-2023
SO-0870-2023


LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: MA106
Fecha de Ingreso de Muestra: 2023/06/23
Fecha de Ensayo: 2023/06/23
Nro Cotización: 141-06-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
Fecha de muestreo: 2023/06/22
Hora de muestreo: 15:00
Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina Cilus gilberti en jaulas flotantes" - Ilo
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g.

REPORTE DE RESULTADOS
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/06/28

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Proteínas	%P _{total}	25.16

Metodos de Referencias:
Proteínas NTP 209.262 (2013) (Revisada el 2018)


C.B. P4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solose refieren a los items ensayados. El presente informe de ensayo se refiere unicamente a la muestra analizada.

ANEXO 11: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA107.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-2931-2023
SO-0870-2023


LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: MA107
Muestreo de Ingreso de Muestra: 2023/06/23
Fecha de Ensayo: 2023/06/23
Nro Cotización: 141-06-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
Fecha de muestreo: 2023/06/22
Hora de muestreo: 15:00
Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina Cilus gilberti en jaulas flotantes" - Ilo
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g.

REPORTE DE RESULTADOS
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/06/28

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayos(s)	Unidad	Resultado(s)
Proteínas	%P _{total}	26.05

Metodos de Referencias:
Proteínas NTP 209 262 (2013) (Revisada el 2018)


Blga. Mercedes Ingrid Quipe Flores
C.B. P.4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

ANEXO 12: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA108.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Teléfono: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratorioulouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-2932-2023
SO-0870-2023


LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: MA108
Fecha de Ingreso de Muestra: 2023/06/23
Fecha de Ensayo: 2023/06/23
Nro Cotización: 141-06-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
Fecha de muestreo: 2023/06/22
Hora de muestreo: 15:00
Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina Cilus gilberti en jaulas flotantes" - Ilo
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g

REPORTE DE RESULTADOS
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/06/28

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayos(s)	Unidad	Resultado(s)
Proteínas	% _{total}	25.30

Metodos de Referencias:
Proteínas: NTP 209.262 (2013) (Revisada el 2018)


Bgca Mercedes Marín Ampie Florez
C.B. P.4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada

ANEXO 13: Resultados del contenido de proteínas en la muestra MA109.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-2933-2023
SO-0870-2023

LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: MA109
Fecha de Ingreso de Muestra: 2023/06/23
Fecha de Ensayo: 2023/06/23
Nro Cotización: 141-06-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
Fecha de muestreo: 2023/06/22
Hora de muestreo: 15:00
Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina Cilus gilberti en jaulas flotantes" - Ilo
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g.

REPORTE DE RESULTADOS
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/06/28

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayos(s)	Unidad	Resultado(s)
Proteínas	% _{Prote}	24.55

Metodos de Referencias:
Proteínas NTP 209.262 (2013) (Revisada el 2018).

[Firma]
Dga. Mercedes Jiménez Quipe Florez
C. B. 74817
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.L. - CUSCO

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

ANEXO 14: Resultados de las repeticiones del contenido de proteínas de las muestras alimenticias.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe



Solicitante : Diane Esther Mamani Maraza
Nombre del Producto : Mezcla Alimenticia extruida
Cantidad de Muestra : 01 bolsa de 500g.
Fecha de Análisis : 2023-07-01
Análisis : Proteínas (% Ptotal)
Método de referencia : NTP 209.262 (2013) (Revisada el 2018)

RESULTADO DE PROTEINAS

Muestras	MA101	MA102	MA103	MA104	MA105	MA106	MA107	MA108	MA109
R1% Ptotal	27.04	26.5	25.91	26.6	25.87	25.27	25.27	25.28	24.59
R2% Ptotal	27.06	26.48	25.84	26.59	25.85	25.21	25.21	25.29	24.52
R3% Ptotal	27.01	26.4	25.89	26.62	25.92	25.1	25.1	25.33	24.54
Promedio %Ptotal	27.04	26.46	25.87	26.6	25.88	25.16	25.16	25.3	24.55

Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra realizada.


E/ta. Mercedes Miriam Quipe Florez
C. B. P4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



ANEXO 15: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA101.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-03741-01-2023

PRODUCTO : Mezcla alimenticia extruida
SOLICITADO POR : MAMANI MARAZA DIANE ESTHER
DIRECCIÓN : Jr. Raúl Porras B. N° 165 - Juliaca
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-28
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-07-01
FECHA DE INFORME : 2023-07-04
SOLICITUD N° : SDT-07565-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MA101
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza-Universidad Nacional de Juliaca
Lugar de Muestreo: Planta Piloto del Proyecto "Cultivo de Corvina Cilus Gilberti en jaulas flotantes"-Ilo

ESTADO / CONDICIÓN : Producto en polvo / Temperatura Ambiente
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente y sellada, con sticker
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Gelatinización (g/100g)	93,34

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Gelatinización : SAT-DT-04. 1ra. Ed. (2014)Rev.1 (2018). Determinación del porcentaje de Gelatinización. Método Enzimático-Espectrofotométrico.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P. N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herrerros
Fecha: 04/07/2023 18:23

ANEXO 16: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA102.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-03741-02-2023

PRODUCTO : Mezcla alimenticia extruida
SOLICITADO POR : MAMANI MARAZA DIANE ESTHER
DIRECCIÓN : Jr. Raúl Porras B. N° 165 - Juliaca
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-28
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-07-01
FECHA DE INFORME : 2023-07-04
SOLICITUD N° : SDT-07565-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MA102
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza-Universidad Nacional de Juliaca
Lugar de Muestreo: Planta Piloto del Proyecto "Cultivo de Corvina Cilus Gilberti en jaulas flotantes"-Ilo
ESTADO / CONDICIÓN : Producto en polvo / Temperatura Ambiente
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente y sellada, con sticker
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Gelatinización (g/100g)	92.71

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Gelatinización : SAT-DT-04, 1ra. Ed. (2014)Rev.1 (2018). Determinación del porcentaje de Gelatinización. Método Enzimático-Espectrofotométrico.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P.N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 04/07/2023 18:23

ANEXO 17: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA103.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-03741-03-2023

PRODUCTO : Mezcla alimenticia extruida
SOLICITADO POR : MAMANI MARAZA DIANE ESTHER
DIRECCIÓN : Jr. Raúl Porras B. N° 165 - Juliaca
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-28
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-07-01
FECHA DE INFORME : 2023-07-04
SOLICITUD N° : SDT-07565-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MA103
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza-Universidad Nacional de Juliaca
Lugar de Muestreo: Planta Piloto del Proyecto "Cultivo de Corvina Cilus Gilberti en jaulas flotantes"-Ilo
ESTADO / CONDICIÓN : Producto en polvo / Temperatura Ambiente
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente y sellada, con sticker
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Gelatinización (g/100g)	92.08

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Gelatinización : SAT-DT-04, 1ra. Ed. (2014)Rev.1 (2018). Determinación del porcentaje de Gelatinización. Método Enzimático-Espectrofotométrico.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P. N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 04/07/2023 18:23

ANEXO 18: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA104.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-03741-04-2023

PRODUCTO : Mezcla alimenticia extruida
SOLICITADO POR : MAMANI MARAZA DIANE ESTHER
DIRECCIÓN : Jr. Raúl Porras B. N° 165 - Juliaca
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-28
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-07-01
FECHA DE INFORME : 2023-07-04
SOLICITUD N° : SDT-07565-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MA104
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza-Universidad Nacional de Juliaca
Lugar de Muestreo: Planta Piloto del Proyecto "Cultivo de Corvina Cilus Gilberti en jaulas flotantes"-Ilo
ESTADO / CONDICIÓN : Producto en polvo / Temperatura Ambiente
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente y sellada, con sticker
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Gelatinización (g/100g)	94,53

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Gelatinización : SAT-DT-04, 1ra. Ed. (2014)Rev.1 (2018). Determinación del porcentaje de Gelatinización. Método Enzimático-Espectrofotométrico.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P. N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 04/07/2023 18:23

ANEXO 19: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA105.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-03741-05-2023

PRODUCTO : Mezcla alimenticia extruida
SOLICITADO POR : MAMANI MARAZA DIANE ESTHER
DIRECCIÓN : Jr. Raúl Porras B. N° 165 - Juliaca
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-28
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-07-01
FECHA DE INFORME : 2023-07-04
SOLICITUD N° : SDT-07565-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MA105
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza-Universidad Nacional de Juliaca
Lugar de Muestreo: Planta Piloto del Proyecto "Cultivo de Corvina Cilus Gilberti en jaulas flotantes"-Ilo
ESTADO / CONDICIÓN : Producto en polvo / Temperatura Ambiente
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente y sellada, con sticker
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Gelatinización (g/100g)	93,88

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Gelatinización : SAT-DT-04, 1ra. Ed. (2014)Rev.1 (2018). Determinación del porcentaje de Gelatinización. Método Enzimático-Espectrofotométrico.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P.N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 04/07/2023 18:23

ANEXO 20: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA106.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-03741-06-2023

PRODUCTO : Mezcla alimenticia extruida
SOLICITADO POR : MAMANI MARAZA DIANE ESTHER
DIRECCIÓN : Jr. Raúl Porras B. N° 165 - Juliaca
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-28
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-07-01
FECHA DE INFORME : 2023-07-04
SOLICITUD N° : SDT-07565-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MA106
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza-Universidad Nacional de Juliaca
Lugar de Muestreo: Planta Piloto del Proyecto "Cultivo de Corvina Cilus Gilberti en jaulas flotantes"-Ilo
ESTADO / CONDICIÓN : Producto en polvo / Temperatura Ambiente
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente y sellada, con sticker
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Gelatinización (g/100g)	93,23

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Gelatinización : SAT-DT-04, 1ra. Ed. (2014)Rev.1 (2018). Determinación del porcentaje de Gelatinización. Método Enzimático-Espectrofotométrico.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P. N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 04/07/2023 18:23

ANEXO 21: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA107.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-03741-07-2023

PRODUCTO : Mezcla alimenticia extruida
SOLICITADO POR : MAMANI MARAZA DIANE ESTHER
DIRECCIÓN : Jr. Raúl Porras B. N° 165 - Juliaca
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-28
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-07-01
FECHA DE INFORME : 2023-07-04
SOLICITUD N° : SDT-07565-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MA107
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza-Universidad Nacional de Juliaca
Lugar de Muestreo: Planta Piloto del Proyecto "Cultivo de Corvina Cilus Gilberti en jaulas flotantes"-Ilo

ESTADO / CONDICIÓN : Producto en polvo / Temperatura Ambiente
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente y sellada, con sticker
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Gelatinización (g/100g)	95.72

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Gelatinización : SAT-DT-04. 1ra. Ed. (2014)Rev.1 (2018). Determinación del porcentaje de Gelatinización. Método Enzimático-Espectrofotométrico.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P.N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 04/07/2023 18:23

ANEXO 22: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA108.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-03741-08-2023

PRODUCTO : Mezcla alimenticia extruida
SOLICITADO POR : MAMANI MARAZA DIANE ESTHER
DIRECCIÓN : Jr. Raúl Porras B. N° 165 - Juliaca
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-28
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-07-01
FECHA DE INFORME : 2023-07-04
SOLICITUD N° : SDT-07565-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MA108
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza-Universidad Nacional de Juliaca
Lugar de Muestreo: Planta Piloto del Proyecto "Cultivo de Corvina Cilus Gilberti en jaulas flotantes"-Ilo
ESTADO / CONDICIÓN : Producto en polvo / Temperatura Ambiente
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente y sellada, con sticker
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Gelatinización (g/100g)	95,05

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Gelatinización : SAT-DT-04. 1ra. Ed. (2014)Rev.1 (2018). Determinación del porcentaje de Gelatinización. Método Enzimático-Espectrofotométrico.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P.N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 04/07/2023 18:23

ANEXO 23: Resultados del grado de gelatinización de la muestra MA109.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO N° DT-03741-09-2023

PRODUCTO : Mezcla alimenticia extruida
SOLICITADO POR : MAMANI MARAZA DIANE ESTHER
DIRECCIÓN : Jr. Raúl Porras B. N° 165 - Juliaca
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-28
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-07-01
FECHA DE INFORME : 2023-07-04
SOLICITUD N° : SDT-07565-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MA109
Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza-Universidad Nacional de Juliaca
Lugar de Muestreo: Planta Piloto del Proyecto "Cultivo de Corvina Cilus Gilberti en jaulas flotantes"-Ilo
ESTADO / CONDICIÓN : Producto en polvo / Temperatura Ambiente
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente y sellada, con sticker
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Gelatinización (g/100g)	94,38

(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

MÉTODOS

(*) Gelatinización : SAT-DT-04. 1ra. Ed. (2014)Rev.1 (2018). Determinación del porcentaje de Gelatinización. Método Enzimático-Espectrofotométrico.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P.N° 296



Firmado digitalmente por:
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 04/07/2023 18:23

ANEXO 24: Resultados de las repeticiones del grado de gelatinización de las muestras alimenticias.



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISE Nº 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELEFONO: 206-9280
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

INFORME DE ENSAYO- RÉPLICAS

SOLICITADO POR : MAMANI MARAZA DIANE ESTHER
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Mezcla Alimenticia exTruida
PRESENTACIÓN : 01 bolsa 500g.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-28
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-07-01
FECHA DE INFORME : 2023-07-04
TIPO DE ANÁLISIS : Gelatinización
MÉTODO DE REFERENCIA : SAT-DT-04, 1ra. Ed. (2014) Rev.1
(2018). Determinación del porcentaje de Gelatinización. Método Enzimático-Espetrofotométrico

RESULTADOS

CÓDIGO	Gelatinización (g/100g) (r1)	Gelatinización (g/100g) (r2)	Gelatinización (g/100g) (r3)	Gelatinización (g/100g) Promedio
MA101	93,34	93,30	93,38	93,34
MA102	92,68	92,73	92,72	92,71
MA103	92,06	92,07	92,10	92,08
MA104	94,55	94,49	94,57	94,53
MA105	93,87	93,86	93,90	93,88
MA106	93,26	93,20	93,25	93,23
MA107	95,74	95,69	95,75	95,72
MA108	95,09	95,00	95,05	95,05
MA109	94,37	94,40	94,36	94,38

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA
C.Q.P. Nº 296



Firmado digitalmente por:
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros
Fecha: 04/07/2023 18:23

ANEXO 25: Resultados del contenido químico de la muestra con mayor contenido proteico (MA101).

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
 Urb. Velasco Astete D-18-B
 Wanchaq - Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500 - 974787151
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-2948-2023
SO-0870-2023


LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
 Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
 Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
 Nombre del Producto: MA101
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2023/07/24
 Fecha de Ensayo: 2023/07/24
 Nro Cotización: 158-07-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
 Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
 Fecha de muestreo: 2023/07/24
 Hora de muestreo: 15:00
 Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina Cilus gilberti en jaulas flotantes" - Ilo
 Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g

REPORTE DE RESULTADOS
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/06/28

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayos(s)	Unidad	Resultado(s)
Humedad	%	8.70
Grasa	g/100g	10.48
Carbohidratos	g/100g	51.17
Cenizas	g/100g	2.62
Fibra	%	2.78
Acidez	% de acido sulfurico	0.27

Metodos de Referencias:
 Humedad NTP 205 200 1979 (Revisada el 2016) (1979)
 Ceniza NTP 209 285 (2013) (Revisada el 2018)
 Grasa NTP 209 283 (2018)
 Determinación de la fibra cruda NTP 205 003 (1980) Cereales y menestras. Determinación de fibra cruda.
 Carbohidratos CAL.CULO
 Determinación de acidez Metodo volumétrico. ACIDEZ. NTP 209 266 (2001)


 Srta. Mercedes Milagro Quipe Florez
 C. B. P 4917
 DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solose refieren a los items ensayados. El presente informe de ensayo se refiere unicamente a la muestra analizada

ANEXO 26: Resultados del contenido químico de la muestra con mayor índice de gelatinización (MA107).

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
 Urb. Velasco Astete D-18-B
 Wanchaq - Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500 - 974787151
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-2949-2023
SO-0870-2023


LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
 Solicitante: Diane Esther Mamani Maraza - Universidad Nacional Juliaca
 Dirección Legal: Jr. Raul Porras B. N° 165

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
 Nombre del Producto: MA107
 Fecha de ingreso de Muestra: 2023/07/24
 Fecha de Ensayo: 2023/07/24
 Nro Cotización: 158-07-2023

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
 Muestreo realizado por: Diane Esther Mamani Maraza
 Fecha de muestreo: 2023/07/24
 Hora de muestreo: 15:00
 Procedencia de la Muestra: Planta piloto del proyecto "Cultivo de corvina Cilus gilberti en jaulas flotantes" - Ilo
 Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 bolsa de 500g.

REPORTE DE RESULTADOS
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2023/07/24

RESULTADOS QUIMICOS

Ensayos(s)	Unidad	Resultado(s)
Humedad	%	8.50
Grasa	g/100g	8.79
Carbohidratos	g/100g	54.10
Cenizas	g/100g	2.59
Fibra	%	1.91
Acidez	% de acido sulfurico	0.25

Metodos de Referencias:
 Humedad: NTP 205 200 1979 (Revisada el 2016) (1979)
 Ceniza: NTP 209 285 (2013) (Revisada el 2018)
 Grasa: NTP 209 283 (2018)
 Determinación de la fibra cruda: NTP 205 003 (1980) Cereales y menestras Determinación de fibra cruda
 Carbohidratos: CALCULO
 Determinación de acidez: Metodo volumétrico: ACIDEZ. NTP 209 266 (2001)


Blga. Mercedes Jiménez Quipe Flores
C. B. P. 4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

ANEXO 27: Cartilla de evaluación sensorial para la mezcla alimenticia

Genero: M () F ()

Edad: _____

Marca con un aspa (X) la carita que más representa lo que te pareció de la mezcla alimenticia

MA101				
				

MA107				
				

MA101				
				

MA107				
				

ANEXO 28: Ficha de control de consumo diario de alimentos para la determinación del PER (28 Días)

RATA									
DIAS	R1			R2			R3		
	AB (g)	AC (g)	AR (g)	AB (g)	AC (g)	AR (g)	AB (g)	AC (g)	AR (g)
1	20.00	8.80	11.20	20	8.46	11.5	20.00	12.7	7.32
2	20.00	7.90	12.10	20	6.52	13.5	20.00	6.47	13.50
3	20.00	9.66	10.30	20	13.00	6.98	20.00	10.2	9.76
4	20.00	8.85	11.20	20	8.66	11.3	20.00	9.77	10.20
5	20.00	11.50	8.54	20	8.62	11.4	20.00	12.5	7.54
6	20.00	11.30	8.74	20	8.62	11.4	20.00	12	7.97
7	20.00	11.30	8.67	20	11.80	8.17	20.00	11.4	8.64
8	20.00	11.40	8.62	20	10.80	9.25	20.00	11	8.97
9	20.00	10.90	9.14	20	11.10	8.94	20.00	11.7	8.29
10	20.00	11.80	8.24	20	11.50	8.47	20.00	11.6	8.37
11	20.00	11.80	8.23	20	11.70	8.34	20.00	14.3	5.74
12	20.00	10.90	9.12	20	13.20	6.78	20.00	11.1	8.86
13	20.00	11.10	8.93	20	11.40	8.58	20.00	12.5	7.48
14	20.00	12.20	7.79	20	12.70	7.32	20.00	12.6	7.43
15	20.00	16.60	3.40	20	8.80	11.2	20.00	13.7	6.30
16	20.00	12.50	7.50	20	15.10	4.9	20.00	13.8	6.20
17	20.00	12.80	7.20	20	12.70	7.3	20.00	12.6	7.40
18	20.00	16.70	3.30	20	13.80	6.2	20.00	13.1	6.90
19	20.00	17.70	2.30	20	16.30	3.7	20.00	13.7	6.30
20	20.00	13.80	6.20	20	15.20	4.8	20.00	14.8	5.20
21	20.00	13.10	6.90	20	12.70	7.3	20.00	12.3	7.70
22	20.00	14.80	5.20	20	12.10	7.9	20.00	12.9	7.10
23	20.00	14.90	5.10	20	12.80	7.2	20.00	13.3	6.70
24	20.00	14.10	5.90	20	13.20	6.8	20.00	13.2	6.80
25	20.00	13.80	6.20	20	12.90	7.1	20.00	13	7.00
26	20.00	14.30	5.70	20	13.20	6.8	20.00	13.7	6.30
27	20.00	14.50	5.50	20	13.30	6.7	20.00	13.9	6.10
28	20.00	14.40	5.60	20	13.00	7	20.00	13.3	6.70
	AC (g)	353.19			333.15			347.17	
	PC (g)	92			86.78			90.43	

AB: Alimento Brindado
AC: Alimento Consumido
AR: Alimento Residual
PC: Proteína consumida

ANEXO 29: Ficha de control del peso en los animales de experimentación para la determinación del PER

Grupo	R1	R2	R3
Día 0	68.15	72.45	71.20
Día 3	86.25	81.47	78.65
Día 6	103.04	101.59	97.65
Día 10	121.17	119.43	110..84
Día 14	138.11	136.97	135.14
Día 17	161.00	150.00	152.00
Día 21	175.00	167.00	168.00
Día 25	190.00	179.00	179.00
Día 28	204.00	194.00	195.00
Peso Ganando (g)	69.96	64.52	63.94

ANEXO 30: Ficha de control del peso en los animales de control para la determinación del PER

Grupo	R1	R2	R3
Día 0	69.15	69.70	43.24
Día 3	76.54	75.98	55.20
Día 6	82.54	82.28	68.10
Día 10	89.94	90.24	79.45
Día 14	95.14	101.23	88.20
Día 17	102.00	103.00	95.00
Día 21	113.00	97.00	115.00
Día 25	118.00	102.00	121.00
Día 28	130.00	111.00	127.00
Peso Ganando (g)	25.99	31.53	44.96

ANEXO 31: Ficha de control de consumo diario de alimentos para la determinación del NPR (14 Días)

DÍAS	MA107									CONTROL								
	R1			R2			R3			R1			R2			R3		
	AB (g)Z	AC (g)	AR (g)	AB (g)	AC (g)	AR (g)												
1	20.00	8.80	11.20	20.00	8.46	11.50	20.00	12.70	7.32	20.00	6.68	13.30	20.00	5.80	14.20	20.00	7.16	12.80
2	20.00	7.90	12.10	20.00	6.52	13.50	20.00	6.47	13.50	20.00	4.90	15.10	20.00	3.92	16.10	20.00	3.76	16.20
3	20.00	9.66	10.30	20.00	13.00	6.98	20.00	10.20	9.76	20.00	6.03	14.00	20.00	6.53	13.50	20.00	6.68	13.30
4	20.00	8.85	11.20	20.00	8.66	11.30	20.00	9.77	10.20	20.00	5.07	14.90	20.00	5.76	14.20	20.00	4.93	15.10
5	20.00	11.50	8.54	20.00	8.62	11.40	20.00	12.50	7.54	20.00	5.90	14.10	20.00	6.67	13.30	20.00	3.76	16.20
6	20.00	11.30	8.74	20.00	8.62	11.40	20.00	12.00	7.97	20.00	5.90	14.10	20.00	6.67	13.30	20.00	3.76	16.20
7	20.00	11.30	8.67	20.00	11.80	8.17	20.00	11.40	8.64	20.00	4.84	15.20	20.00	7.92	12.10	20.00	2.85	17.20
8	20.00	11.40	8.62	20.00	10.80	9.25	20.00	11.00	8.97	20.00	5.25	14.80	20.00	5.72	14.30	20.00	5.63	14.40
9	20.00	10.90	9.14	20.00	11.10	8.94	20.00	11.70	8.29	20.00	7.70	12.30	20.00	7.62	12.40	20.00	4.27	15.70
10	20.00	11.80	8.24	20.00	11.50	8.47	20.00	11.60	8.37	20.00	4.93	15.10	20.00	6.88	13.10	20.00	5.74	14.30
11	20.00	11.80	8.23	20.00	11.70	8.34	20.00	14.30	5.74	20.00	4.87	15.10	20.00	7.15	12.90	20.00	5.90	14.10
12	20.00	10.90	9.12	20.00	13.20	6.78	20.00	11.10	8.86	20.00	5.79	14.20	20.00	7.83	12.20	20.00	5.66	14.30
13	20.00	11.10	8.93	20.00	11.40	8.58	20.00	12.50	7.48	20.00	4.33	15.70	20.00	7.55	12.50	20.00	4.90	15.10

14	20.00	12.20	7.79	20.00	12.70	7.32	20.00	12.60	7.43	20.00	6.72	13.30	20.00	8.77	11.20	20.00	7.83	12.20
	AC	149.19		148.05				159.87			78.91			94.79			72.83	
	(g)																	
	PC	38.86		38.56				41.64			20.55			24.69			18.97	
	(g)																	

AB: Alimento Brindado

AC: Alimento Consumido

AR: Alimento Residual

PC: Proteína consumida

ANEXO 32: Ficha de control del peso en los animales de control para la determinación del NPR

Grupo	MA107		
Replicas	R1	R2	R3
Día 0	69.15	69.7	43.24
Día 3	76.54	75.98	55.2
Día 6	82.54	82.28	68.1
Día 10	89.94	90.24	79.45
Día 14	95.14	101.23	88.2
Peso Ganado (g)	25.99	31.53	44.96

ANEXO 33: Resultado del análisis de varianza para el contenido proteico.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Humedad %	2	8.2556	4.12778	2317.05	0.000
Temperatura °C	2	6.0329	3.01646	1693.23	0.000
Humedad %*Temperatura °C	4	0.0941	0.02353	13.21	0.000
Error	18	0.0321	0.00178		
Total	26	14.4147			

Análisis de tukey para el contenido proteico

Humedad %	N	Media	Agrupación		
12	9	26.5633	A		
14	9	25.8800		B	
16	9	25.2089			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Temperatura %	N	Media	Agrupación		
140	9	26.4589	A		
160	9	25.8922		B	
180	9	25.3011			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Humedad %*Temperatura °C	N	Media	Agrupación						
12 140	3	27.0367	A						
12 160	3	26.6033		B					
14 140	3	26.4600			C				
12 180	3	26.0500				D			
16 140	3	25.8800					E		

14 160	3	25.8800					E		
14 180	3	25.3000						F	
16 160	3	25.1933						F	
16 180	3	24.5533							G

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 34: Resultado del análisis de varianza para el índice de gelatinización

Análisis de varianza del índice de gelatinización

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Humedad %	2	7.6572	3.8286	3652.73	0.000
Temperatura °C	2	24.6637	12.3318	11765.37	0.000
Humedad %*Temperatura °C	4	0.0058	0.0015	1.39	0.278
Error	18	0.0189	0.0010		
Total	26	32.3456			

Análisis de tukey para el índice de gelatinización

Humedad %	N	Media	Agrupación		
12	9	94.5344	A		
14	9	93.8778		B	
16	9	93.2300			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Temperatura °C	N	Media	Agrupación		
180	9	95.0500	A		
160	9	93.8833		B	
140	9	92.7089			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Humedad%*Temperatura °C	N	Media	Agrupación							
12 180	3	95.7267	A							
14 180	3	95.0467		B						
12 160	3	94.5367			C					
16 180	3	94.3767				D				
14 160	3	93.8767					E			
12 140	3	93.3400						F		
16 160	3	93.2367							G	
14 140	3	92.7100								H
16 140	3	92.0767								I

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 35: Resultado del análisis de varianza para la firmeza

Análisis de varianza para la firmeza (N)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Humedad %	2	2.7911	1.39556	88.20	0.000
Temperatura °C	2	4.2009	2.10045	132.75	0.000
Humedad %*Temperatura °C	4	15.1338	3.78346	239.12	0.000
Error	18	0.2848	0.01582		
Total	26	22.4107			

Análisis de tukey para la firmeza (N)

Humedad %	N	Media	Agrupación		
16	9	9.95222	A		
14	9	9.63111		B	
12	9	9.16889			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Temperatura °C	N	Media	Agrupación		
180	9	10.0233	A		
140	9	9.6622		B	
160	9	9.0667			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Humedad %*Temperatura °C	N	Media	Agrupación						
16 140	3	11.3767	A						
14 180	3	10.6967		B					
12 180	3	10.1867			C				
14 160	3	9.3433				D			
16 160	3	9.2933				D			
16 180	3	9.1867				D	E		
14 140	3	8.8533					E	F	
12 140	3	8.7567						F	
12 160	3	8.5633						F	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 36: Resultado del análisis de varianza para la consistencia (N.s)

Análisis de varianza para la Consistencia (N.s)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Humedad %	2	1.140	0.57010	6.05	0.010
Temperatura °C	2	1.903	0.95148	10.10	0.001
Humedad %*Temperatura °C	4	7.783	1.94566	20.66	0.000
Error	18	1.695	0.09418		
Total	26	12.521			

Análisis de tukey para la Consistencia (N.s)

Humedad %	N	Media	Agrupación	
16	9	9.20111	A	
14	9	8.94444	A	B
12	9	8.69778		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Temperatura °C	N	Media	Agrupación	
180	9	9.30222	A	
140	9	8.87778		B
160	9	8.66333		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Humedad %*Temperatura °C	N	Media	Agrupación				
16 140	3	9.97667	A				
12 180	3	9.68667	A	B			
14 180	3	9.47667	A	B	C		
14 160	3	9.09667		B	C	D	
16 160	3	8.88333		B	C	D	E
16 180	3	8.74333			C	D	E
12 140	3	8.39667				D	E
14 140	3	8.26000				D	E
12 160	3	8.01000					E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 37: Análisis de varianza para la cohesividad (N)

Análisis de varianza para la Cohesividad (N)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Humedad %	2	0.000052	0.000026	7.00	0.006
Temperatura %	2	0.000052	0.000026	7.00	0.006
Humedad %*Temperatura °C	4	0.000237	0.000059	16.00	0.000
Error	18	0.000067	0.000004		
Total	26	0.000407			

Análisis de tukey para la Cohesividad (N)

Humedad %	N	Media	Agrupación	
12	9	0.0133333	A	
16	9	0.0122222	A	B
14	9	0.0100000		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Temperatura °C	N	Media	Agrupación	
180	9	0.0133333	A	
160	9	0.0122222	A	B
140	9	0.0100000		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Humedad %*Temperatura °C	N	Media	Agrupación	
12 180	3	0.0200000	A	
16 160	3	0.0166667	A	
14 140	3	0.0100000		B
16 180	3	0.0100000		B
12 140	3	0.0100000		B
12 160	3	0.0100000		B
14 160	3	0.0100000		B
14 180	3	0.0100000		B
16 140	3	0.0100000		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 38: Análisis de varianza para la viscosidad (N.s)

Análisis de varianza para el Índice de viscosidad (N.s)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Humedad %	2	0.3746	0.18729	2.42	0.117
Temperatura °C	2	0.8057	0.40283	5.21	0.016
Humedad %*Temperatura °C	4	7.2092	1.80230	23.31	0.000
Error	18	1.3916	0.07731		
Total	26	9.7811			

Análisis de tukey para el Índice de viscosidad (N.s)

Humedad %	N	Media	Agrupación
16	9	7.90778	A
14	9	7.68889	A
12	9	7.63556	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Temperatura °C	N	Media	Agrupación
180	9	7.96889	A
140	9	7.71444	A B
160	9	7.54889	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Humedad %*Temperatura °C	N	Media	Agrupación
16 140	3	8.76333	A
12 180	3	8.30333	A B
14 160	3	8.06667	A B C
14 180	3	8.06667	A B C
16 180	3	7.53667	B C D
12 140	3	7.44667	C D
16 160	3	7.42333	C D
12 160	3	7.15667	D
14 140	3	6.93333	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 39: Análisis de varianza para la humedad

Análisis de varianza para el contenido de humedad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	1	0.06000	0.060000	10.47	0.032
Error	4	0.02293	0.005733		
Total	5	0.08293			

Análisis de tukey para la humedad

Muestra	N	Media	Agrupación
MA101	3	8.70333	A
MA107	3	8.50333	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 40: Análisis de varianza para la grasa

Análisis de varianza para el contenido de grasa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	1	4.28415	4.28415	911.52	0.000
Error	4	0.01880	0.00470		
Total	5	4.30295			

Análisis de tukey para la grasa

Muestra	N	Media	Agrupación
MA101	3	10.48	A
MA107	3	8.79	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 41: Análisis de varianza para los carbohidratos

Análisis de varianza para el contenido de carbohidratos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	1	12.8773	12.8773	29716.96	0.000
Error	4	0.0017	0.0004		
Total	5	12.8791			

Análisis de tukey para los carbohidratos

Muestra	N	Media	Agrupación	
MA107	3	54.0967	A	
MA101	3	51.1667		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 42: Análisis de varianza para las cenizas.

Análisis de varianza para el contenido de cenizas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	1	0.001667	0.001667	1.41	0.301
Error	4	0.004733	0.001183		
Total	5	0.006400			

ANEXO 43: Análisis de varianza y tukey para la fibra.

Análisis de varianza para el contenido de fibra

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	1	1.14407	1.14407	429.03	0.000
Error	4	0.01067	0.00267		
Total	5	1.15473			

Análisis de tukey para la fibra

Muestra	N	Media	Agrupación	
MA101	3	2.78000	A	
MA107	3	1.90667		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 44: Análisis de varianza y tukey para la acidez.

Análisis de varianza para el contenido de acidez

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	1	0.001067	0.001067	32.00	0.005
Error	4	0.000133	0.000033		
Total	5	0.001200			

Análisis de tukey para la acidez

Muestra	N	Media	Agrupación	
MA101	3	0.273333	A	
MA107	3	0.246667		B

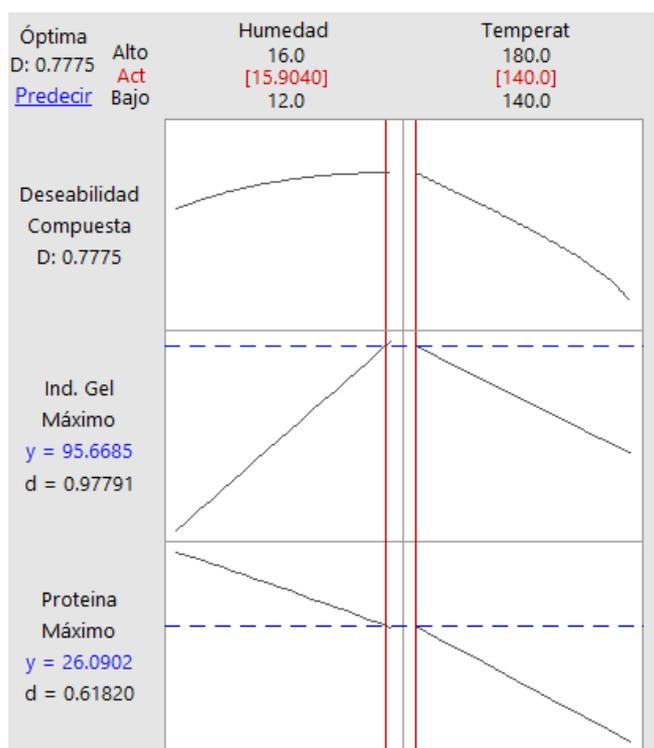
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 45: Análisis de varianza para las propiedades sensoriales.

Análisis de varianza para el análisis sensorial

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	1	0.0200	0.02000	0.08	0.774
Error	198	47.9800	0.24232		
Total	199	48.0000			

ANEXO 46: Optimización de la humedad y temperatura sobre las proteínas y el índice de gelatinización.



ANEXO 47: Panel fotográfico del proyecto.



Realizando el deshidratado la carne de alpaca



Lavando de la quinua Salcedo INIA para eliminar el contenido de saponina



Acondicionando el porcentaje de humedad de la mezcla para la determinación de la ecuación mediante la tendencia lineal



Pesando las materias primas y el agua para el mezclado



Mezclando las materias primas en harinas y el agua



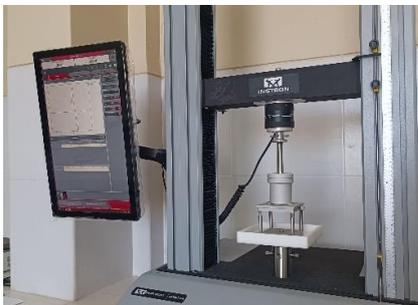
Alimentando al equipo extrusor



Maquina extrusora monotornillo



Productos extruidos sometido a las diferentes variables de estudio



Realizando el análisis textural de la mezcla extruida (MA101)



Realizando el análisis textural de la mezcla extruida (MA107)



Desarrollando el análisis sensorial a niños de 4 años (I.E.I. 357 San José)



Ejecutando el análisis sensorial a niños de 4 años (I.E.I. 357 San José)



Evaluando el análisis sensorial a niños de 5 años (I.E.I. 357 San José)



Observando las reacciones de los niños de 5 años en la evaluación sensorial (I.E.I. 357 San José)



Dando las instrucciones a los niños para la evaluación sensorial (I.E.I. 357 S.J.)



Dando las instrucciones para el análisis sensorial a los niños (I.E.I. 72230 H.A.)



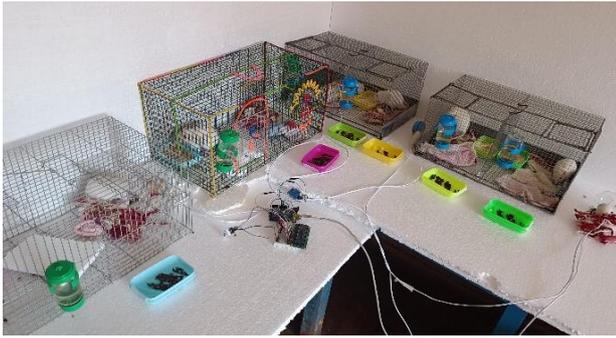
Realizando el análisis sensorial a niños de 5 años (I.E.I. 72230 H.A.)



Ejecutando el análisis sensorial a niños de 5 años (I.E.I. 72230 H.A.)



Pesando las dietas (mezcla alimenticia)



Limpieza Inter diaria de los animales de experimentación



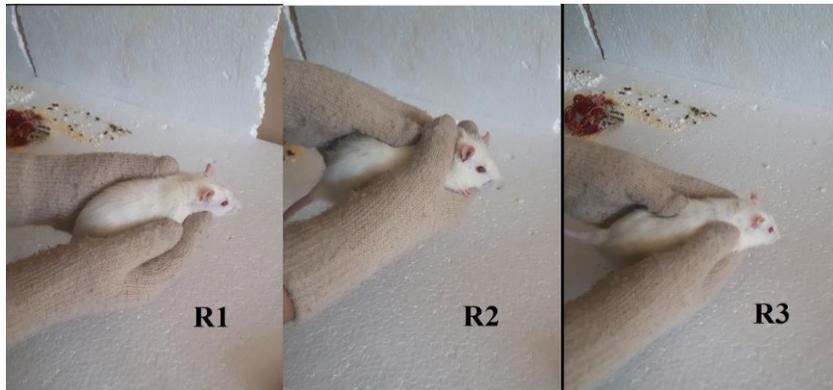
Seguimiento del crecimiento de los animales de experimentación



Inspeccionando diariamente del ambiente proporcionado a los animales de experimentación



Pesando a los animales de experimentación a lo largo de los días



Comparación final del crecimiento de los animales de experimentación



Comparación final del crecimiento de los animales de control

ANEXO 48: Ficha de información del equipo extrusor.

	<p>INVERSIONES AQUAPROYECT EIRL RUC:20600789661 Email: aquaproject@hotmail.com Cel:952683605 Calle Perú Nº 830, Leoncio Prado, Tacna-Perú</p>
---	---

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA MAQUINA EXTRUSORA DE ALIMENTO BALANCEADO

La extrusora de alimento flotante para peces es un procesamiento de nuevo diseño para mejorar el mercado de alimentos para pellets flotantes de peces, que se ha desarrollado con éxito gracias a nuestros muchos años de experiencia en investigación sobre maquinaria para alimentos de animales.

Características:

La carcasa de la extrusora es de acero de grado 45, el tornillo es de acero de grado 45, con motor principal de 15 Kw, motor de alimentación 0.4 Kw, motor de cortador 0.4 Kw.

Especificaciones técnicas

- Capacidad : 120-150 Kg/hora
- Motor principal : 15.0 Kw
- Motor cortador : 0.4 Kw
- Motor de alimentación: 0.4 Kw
- Diámetro tornillo : 60 mm
- Voltaje : Trifásico 380 V/60 Hz
- Accesorios : Moldes de 2 mm, 4 mm, 6 mm. y 8 mm.



